

EFECTIVIDAD DE LA COMBINACIÓN BIOFERTILIZANTES-ANÁLOGO DE BRASINOESTEROIDES EN LA NUTRICIÓN DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill)

Elein Terry[✉], Miriam Núñez, María de los A. Pino y N. Medina

ABSTRACT. A field experiment was conducted on a compacted Red Ferralitic soil in 1998 and 1999, with the objective of studying the effect produced by the combination of biofertilizers (AZOFERT and ECOMIC) and brassinosteroid analog (BIOBRAS-16) on tomato growth, development and yield. Simngle and mixed combinations of biofertilizers and BIOBRAS-16 were made. The results showed that AZOFERT-ECOMIC coinoculation and BIOBRAS-16 applied at the beginning of flowering stage increased crop yield; besides, it allowed to save 60 kg.ha⁻¹ nitrogen. A high rhizobacterial population was obtained in the rhizosphere as well as a positive infection percentage of the mycorrhizal fungus.

Key words: tomato, *Lycopersicon esculentum*, biofertilizers, brassinosteroids, yield, plant nutrition

RESUMEN. Con el objetivo de estudiar el efecto producido por la combinación de biofertilizantes (AZOFERT y ECOMIC)-análogo de brasinoesteroides (BIOBRAS-16) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del tomate, se llevó a cabo un experimento de campo en los años 1998 y 1999, sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado. Se realizaron combinaciones simples y mixtas de los biofertilizantes más el BIOBRAS-16, obteniéndose como resultados que la coinoculación AZOFERT-ECOMIC más la aplicación del BIOBRAS-16 al inicio de la floración del cultivo del tomate fue la combinación que permitió incrementar el rendimiento del cultivo, además de permitir el ahorro de 60 kg.ha⁻¹ de nitrógeno. Se logró una alta población de la rizobacteria en la rizosfera del cultivo así como un porcentaje de infección positivo del hongo micorrizógeno.

Palabras clave: tomate, *Lycopersicon esculentum*, abonos orgánicos, brasinoesteroides, rendimiento, nutrición de las plantas

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, puede considerarse al tomate como el producto hortícola de mayor importancia económica a escala mundial (1).

En Cuba, constituye la principal hortaliza tanto por el área que ocupa como por su producción; del área total de estas, el tomate comprende el 50 % y anualmente se siembran más de 20 000 hectáreas (2).

Afortunadamente, las ciencias agronómicas disponen de alternativas que hacen a los fertilizantes químicos menos imprescindibles; así mismo, el uso de bioproductos para la nutrición de las plantas ha ido en ascenso en la medida que estos demuestran que son capaces de minimizar el uso de los fertilizantes minerales, todo lo cual resulta de gran valor en la actualidad, en que se van trazando pautas para modificar la llamada agricultura mo-

derna por aquella que propugna la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social.

Hasta la fecha, se ha acumulado un gran número de informes acerca de microorganismos, que aislados de diversos ecosistemas naturales son capaces de excretar sustancias reguladoras del crecimiento vegetal. Estas sustancias orgánicas en pequeñas concentraciones influyen sobre el metabolismo de las plantas superiores, conllevando a variaciones en su crecimiento y desarrollo; entre ellas las más conocidas son las fitohormonas, sustancias de elevada actividad biológica y que son producidas en gran medida por rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (3). De igual manera, los hongos MVA juegan un papel crucial en facilitar las funciones de la planta y los microorganismos, por actuar como mediador del intercambio de nutrientes entre ellos; así existe una cadena cerrada en la relación causa - efecto en el rol de los hongos MVA (4).

Por otra parte, los brasinoesteroides también pueden ser considerados como un nuevo grupo de hormonas vegetales con función reguladora en el alargamiento y la división celular, a la vez que interactúan con las hormonas vegetales y otras sustancias del crecimiento, todo lo que indica que los brasinoesteroides pueden jugar un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas (5).

Ms.C. Elein Terry, Investigador Agregado y Dr.C. María de los A. Pino, Investigador Auxiliar del Departamento de Fitotecnia; Dr.C. Miriam Núñez, Investigador Titular del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal y Dr.C. N. Medina, Investigador Titular del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

✉ terry@inca.edu.cu

En la práctica agrícola se ha comprobado el efecto agrobiológico producido por el análogo de brasinoesteroide BIOBRAS-16 sobre diferentes cultivos de importancia agrícola en Cuba, lográndose incrementos de los rendimientos así como una mayor resistencia de las plantas a condiciones adversas del medio (6).

Teniendo en cuenta los aspectos referidos anteriormente, el presente trabajo estuvo dirigido a estudiar el efecto producido por la combinación de biofertilizantes y distintos momentos de aplicación del BIOBRAS-16 sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola del cultivo del tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este trabajo, se llevaron a cabo dos experimentos de campo en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado con una fertilidad de media a alta (7) (Tabla I), en el período temprano de agosto-septiembre de 1998 y 1999, mostrándose las condiciones meteorológicas de este período en la Tabla II.

Tabla I. Características químicas del suelo

Fases	Profundidad (cm)	K ⁺ (cmol.kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	P asimilable (ppm)	Materia orgánica (%)	PH-H ₂ O
Semillero	0-20	0.59	10.80	1.80	540	2.11	7.1
Campo	0-20	0.61	9.95	1.80	468	2.18	7.1

Tabla II. Variables meteorológicas registradas en la región. Estación Meteorológica de Tapaste, San José de las Lajas

Meses del año	Temperatura (°C)		Precipitaciones (mm)		Humedad relativa (%)	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Agosto	26.70	26.00	753.8	164.8	85.0	85.0
Septiembre	25.70	26.40	248.8	367.4	87.0	87.0
Octubre	24.70	25.40	398.9	127.0	86.0	84.0
Noviembre	22.10	23.60	265.0	79.7	85.0	798.0
Diciembre	22.50	20.90	21.10	11.7	82.0	81.0

La variedad de tomate empleada fue *Amalia*, obtenida en el INCA y caracterizada por un crecimiento determinado ligeramente abierto, de ciclo biológico entre 90-120 días y un rendimiento potencial de 28 t.ha⁻¹ (8).

Las atenciones culturales se realizaron según el instructivo técnico del cultivo (9), excepto la fertilización nitrogenada, la cual se varió en función de los tratamientos (Tabla III). Se utilizó como portador nitrogenado la urea y no se realizaron aplicaciones de fósforo y potasio, por encontrarse niveles adecuados para el normal desarrollo del cultivo en el suelo escogido para la ejecución de los experimentos.

Tabla III. Tratamientos estudiados

No.	Semillero	Trasplante	Inicio de la floración
1	Az -MVA + 30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N
2	Az - MVA + 30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N + BB-16	30 kg.ha ⁻¹ N
3	Az - MVA + 30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N + BB-16	30 kg.ha ⁻¹ N + BB-16
4	Az - MVA + 30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N + BB-16
5	Az + 30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N + BB-16
6	MVA + 30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N + BB-16
7	30 kg.ha ⁻¹ N	60 kg.ha ⁻¹ N	60 kg.ha ⁻¹ N (TP)
8	30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N	30 kg.ha ⁻¹ N + BB-16

Az: *Azospirillum brasilense* Sp7

N: nitrógeno

TP: testigo de producción

MVA: *Glomus clarum*

BB-16: BIOBRAS-16

Los bioproductos utilizados fueron ECOMIC a base del hongo formador de micorriza *Glomus clarum* (1500 esporas.100 g⁻¹ de suelo) y AZOFERT a base de *Azospirillum brasilense* Sp-7 (1.3 x 10⁸ ufc.g⁻¹ de suelo), los cuales se aplicaron peletizando las semillas según la tecnología descrita por diferentes autores (10) a una dosis de 100 g.kg⁻¹ de semilla. En el caso del análogo de brasinoesteroide BIOBRAS-16, se aplicó a una dosis de 1 mg.L⁻¹ en diferentes etapas del desarrollo de la planta: trasplante e inicio de la floración (45 días después de la germinación).

La fase de semillero contó con un área de 2 m² por tratamiento, aplicándose un diseño completamente aleatorizado con 10 repeticiones; el área de siembra para el trasplante fue en parcelas de 35 m² con un diseño de bloques al azar, ocho tratamientos y cuatro réplicas, siendo el marco de plantación de 1.40 x 0.30 m.

Evaluaciones realizadas. A los 20 y 60 días de germinadas las semillas, a una muestra de 10 plantas por tratamiento se les evaluó el vigor correspondiente a: altura (cm), longitud radical (cm) y biomasa fresca y seca de las plantas (g).

Igualmente, a una muestra similar y también a los 20 y 60 días de la inoculación, se les evaluó la colonización micorrízica teniendo en cuenta el porcentaje de infección, la densidad visual y el peso del endófito (mg), según la metodología descrita en algunos trabajos (11). Así mismo, la población de células de *Azospirillum* en la rizosfera se determinó a través de siembras realizadas en medio King B, determinándose el número más probable según la tabla de Mc Grady (12).

En la fase de floración del cultivo, se escogieron muestras aleatorias por tratamiento para realizar análisis foliares de nitrógeno (método de Nessler), fósforo (técnica de azul de molibdeno) y potasio (método de Maslova).

Finalmente, antes de comenzar la fase de cosecha, se evaluó el número de racimos, número de flores y número de frutos por planta. Posteriormente, se calculó el rendimiento agrícola (t.ha⁻¹), la masa promedio de los frutos (g) y el incremento del rendimiento (%) producido por efecto de los tratamientos con respecto al testigo de producción.

Los análisis estadísticos realizados fueron de clasificación simple y doble, así como se aplicó la Dócima de Rangos Múltiples de Duncan, al existir diferencias significativas entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia de los tratamientos sobre el vigor de las plantas. Las Figuras 1 y 2 muestran el efecto producido por la inoculación de los biofertilizantes en semillero y la combinación de estos con el análogo de brasinoesteroide BIOBRAS-16, sobre algunos indicadores del crecimiento de las plantas a los 20 y 60 días de la germinación respectivamente.

No existieron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados a los 20 días de la germinación (Figura 1), lo que muestra que en esta etapa inicial de crecimiento de las plantas, no existe un reconocimiento efectivo entre los microorganismos y las plantas inoculadas para expresar alguna señal en respuesta a la inoculación.

En cambio, a los 60 días de germinadas las plantas, sí comienzan a apreciarse diferencias estadísticas entre los tratamientos con respecto al testigo de producción (Figura 2); así, los tratamientos que mostraron un comportamiento superior para cada uno de los indicadores evaluados eran aquellos en los que se combinó la inoculación mixta de los biofertilizantes más el BIOBRAS-16 en el trasplante (T2) o aplicado en el trasplante e inicio de la floración (T3) o solamente al inicio de la floración del cultivo (T4). Este resultado sugiere que para lograr un crecimiento adecuado de las plantas y mayor ahorro del producto, se realice la aplicación del BIOBRAS-16 tal y como se describe en los tratamientos 2 ó 4.

A su vez, la inoculación mixta sin aplicación del BIOBRAS-16 (T1) y la inoculación simple de cada biofertilizante acompañado del BIOBRAS-16 al inicio de la floración (T5 y T6) no difirieron entre sí. Lo contrario ocurrió entre los tratamientos no inoculados (T7 y T8), los cuales difieren entre sí, alcanzándose un mayor crecimiento de las plantas asperjadas con el BIOBRAS-16 al inicio de la floración y con 30 kg.ha⁻¹ de nitrógeno menos con respecto a la norma técnica.

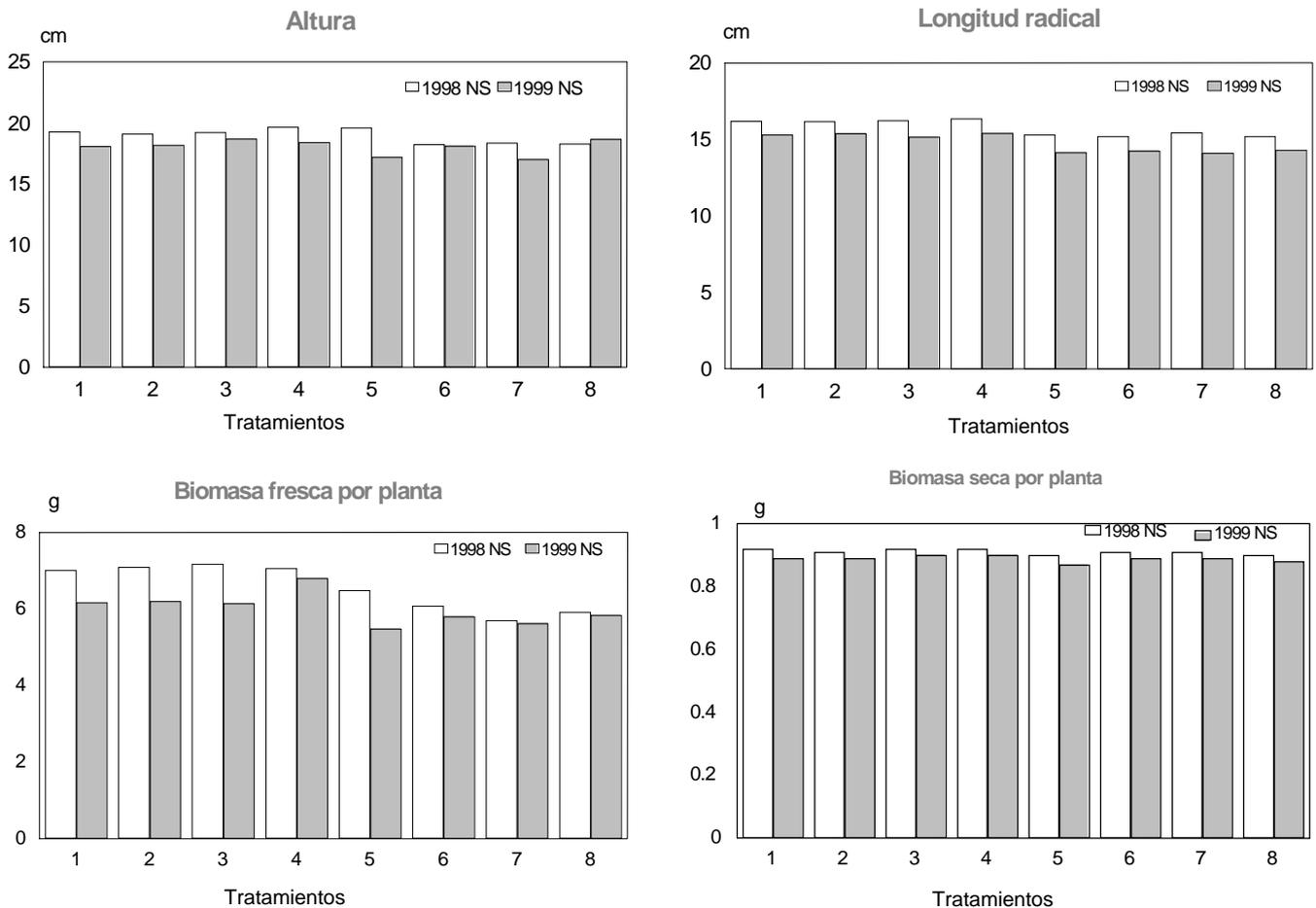


Figura 1. Vigor de las plántulas a los 20 días de la germinación

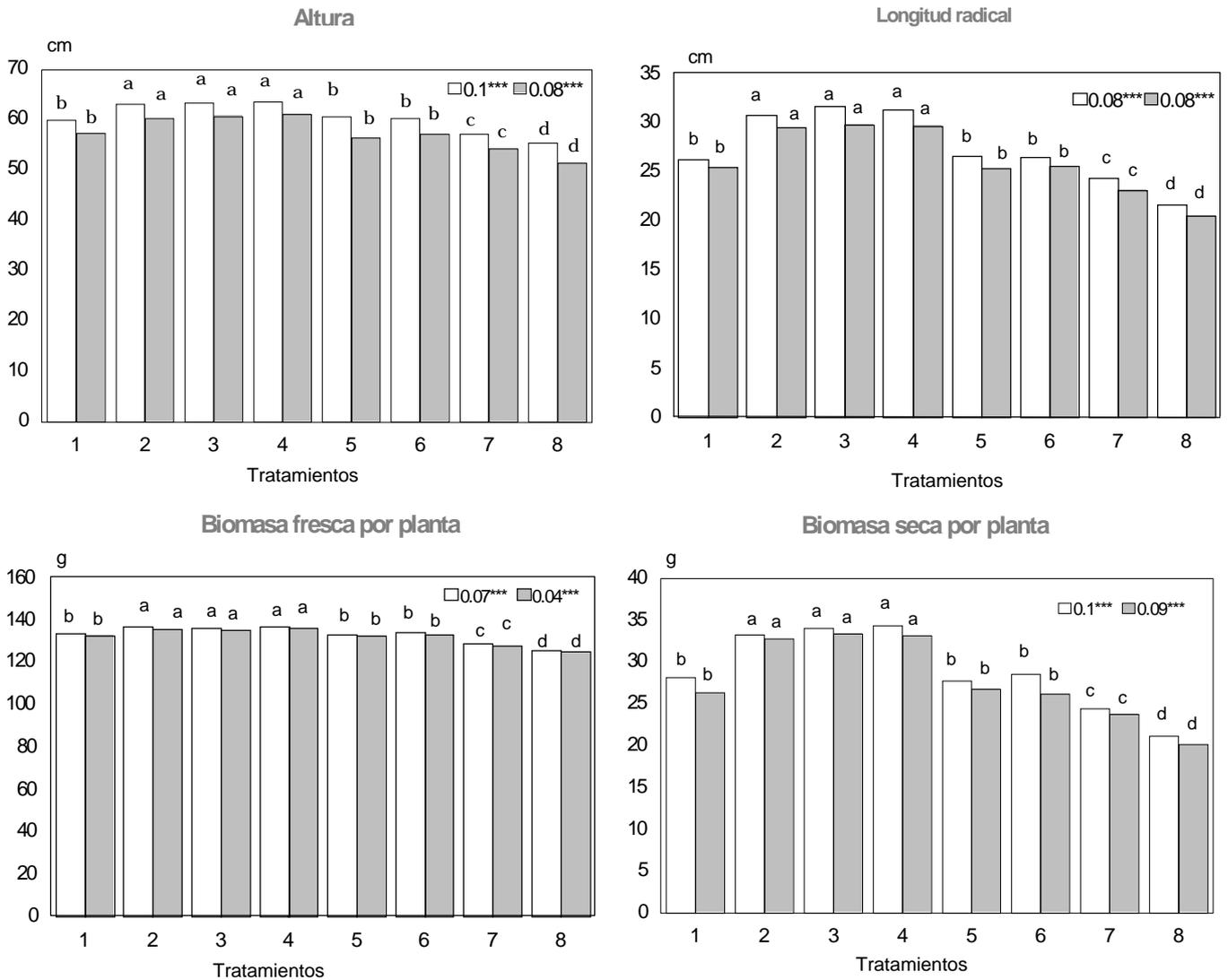


Figura 2. Vigor de las plantas a los 60 días

Tal y como ha sido informado en varios trabajos, ya en esta fase ocurre una explosión del crecimiento y desarrollo del vegetal, debido al aumento del volumen radical y a una mayor capacidad y eficiencia en la absorción de nutrientes y agua, provocado por la presencia de hifas externas del hongo, donde en simbiosis con la planta ésta le cede al hongo heterótrofo productos carbonados derivados de la fotosíntesis; en contrapartida, el microsimbionte le permite a la planta tener una mayor accesibilidad a recursos distantes del sistema radical (4).

Por otra parte, la colonización efectiva de las células de *Azospirillum*, que como rizobacteria estimuladora del crecimiento vegetal es capaz de producir sustancias estimuladoras que intervienen en el alargamiento y la división celular (13), así como el efecto producido por el análogo de brasinoesteroide, el cual también tiene un efecto sinérgico con las auxinas (5), conllevó a que se obtuviera un mayor estímulo en el crecimiento de las plantas.

Analizándose este resultado independientemente en cada año, no se aprecian amplias diferencias entre ellos,

lo que puede estar dado porque las condiciones meteorológicas en cada año fueron muy similares.

Comportamiento de la colonización fúngica a los 20 y 60 días de la inoculación. Es conocida y citada por diferentes autores la dependencia micorrízica que muestra el tomate (14), señalándose una alta dependencia para suelos con fertilidad baja y media y una mediana dependencia para aquellos con alta fertilidad.

En la Tabla IV se muestran los resultados de algunos indicadores de la colonización fúngica en las raíces de tomate, apreciándose que a los 20 días de la inoculación, prácticamente es mínima la diferencia entre las plantas inoculadas y la micorriza nativa (testigo de producción), resultado que corrobora la ausencia del reconocimiento de la planta a la presencia del hongo.

Sin embargo, a los 60 días se aprecia una notable diferencia entre los tratamientos a favor de los inoculados con respecto a la micorriza nativa, incrementándose los parámetros de colonización evaluados en el tratamiento donde se realizó la coinoculación hongo-rizobacteria, el

cual aportó un peso del endófito (variable que expresa la intensidad infectiva del simbionte tomando en consideración los niveles visuales de ocupación fúngica en el interior radical (4)) superior respecto a los otros dos tratamientos.

Tabla IV. Comportamiento de la colonización fúngica a los 20 (a) y 60 (b) días de la inoculación

Tratamientos	% de infección		Densidad visual (%)		Peso endófito (mg)	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
(a)						
Az-MVA+nitrógeno	23.0	20.2	2.9	3.9	2.39	2.41
MVA+nitrógeno	24.4	23.3	2.5	3.2	2.35	2.37
Testigo de producción	19.3	18.5	2.2	3.5	2.04	2.08
(b)						
Az-MVA+nitrógeno	46.4	45.2	4.16	4.08	5.38	5.41
MVA+nitrógeno	42.8	42.4	3.18	3.07	4.16	4.27
Testigo de producción	20.2	21.5	2.40	2.50	1.07	1.10

Con este resultado se demuestra que el tomate es una planta micotrófica, al obtenerse porcentajes de infección superiores en las plantas micorrizadas con respecto a las no inoculadas.

Comportamiento de las poblaciones de Azospirillum sp presentes en la rizosfera del cultivo a los 20 y 60 días de la inoculación. La única manera de obtener una respuesta positiva de inoculación bacteriana en el desarrollo y rendimiento vegetal, es que la población bacteriana alcance una biomasa significativa en la raíz; por tanto, la característica más importante que debe tener una bacteria que se utilice con fines prácticos, es que sea un colonizador agresivo de las raíces (15).

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 V se muestra el comportamiento de las poblaciones totales de *Azospirillum brasilense Sp-7* asociada a la zona rizosférica de plantas de tomate.

Tabla V. Comportamiento de las poblaciones de Azospirillum presentes en la rizosfera del cultivo a los 20 y 60 días de la inoculación

Tratamientos	Colonización (ufc.g ⁻¹) 20 días		Colonización (ufc.g ⁻¹) 60 días	
	1998	1999	1998	1999
Azospirillum - MVA + N	1.3 x 10 ⁶	1.4 x 10 ⁶	1.8 x 10 ⁵	1.7 x 10 ⁵
Azospirillum+ nitrógeno	0.6 x 10 ⁶	0.5 x 10 ⁶	1.2 x 10 ⁵	1.1 x 10 ⁵
Testigo de producción	0.3 x 10 ⁴	0.4 x 10 ⁴	1.1 x 10 ⁴	0.9 x 10 ⁴

Se obtuvo un nivel de población que en cada año osciló entre 10⁴ y 10⁶ ufc.g⁻¹ de suelo, obteniéndose las mayores concentraciones de bacterias en el tratamiento donde se realizó la inoculación mixta *Azospirillum brasilense Sp-7-Glomus clarum*, manifestándose de esta forma la relación sinérgica entre ambos microorganismos.

La alta presencia de células de esta rizobacteria en el sistema radical puede contribuir a una absorción más eficiente de agua y minerales del suelo.

Influencia de los tratamientos en los contenidos de N, P, K foliar. Está demostrado que las plantas inoculadas con algún microorganismo que estimule su crecimiento y desarrollo o que sean tratadas con algún producto bioestimulante, presentan una mayor capacidad para absorber más eficientemente el agua y los nutrientes del suelo a través del estímulo provocado en el sistema radical y que se evidencia en el estado nutricional de las plantas.

La Tabla VI muestra los contenidos foliares de nitrógeno, fósforo y potasio presentes en las hojas de plantas tratadas con respecto al testigo. Existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos para cada uno de los macroelementos determinados, siendo superiores los porcentajes en los tratamientos tratados con respecto al testigo de producción, destacándose aquellos en que se coinocularon las semillas y se asperjaron las plantas con BIOBRAS-16 en el momento del trasplante (T2 y T3) y al inicio de la floración (T4).

Tabla VI. Contenidos de NPK foliar de plantas de tomate en el momento de la floración

Tratamientos	N (%)		P (%)		K (%)	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
1	2.57 b	2.55 b	0.43 b	0.44 b	1.92 b	1.94 b
2	3.35 a	3.38 a	0.52 a	0.54 a	2.08 a	2.06 a
3	3.37 a	3.47 a	0.51 a	0.50 a	2.05 a	2.09 a
4	3.41 a	3.50 a	0.52 a	0.53 a	2.06 a	2.07 a
5	2.55 b	2.53 b	0.47 b	0.45 b	1.84 b	1.92 b
6	2.53 b	2.51 b	0.45 b	0.44 c	1.90 b	1.87 b
7	2.50 b	2.48 b	0.46 b	0.47 b	1.88 b	1.91 b
8	2.48 b	2.50 b	0.44 b	0.45 b	1.93 b	1.89 b
ESx	0.41 ***	0.40 ***	0.05***	0.04***	0.17***	0.19***

Medias con letras comunes no difieren significativamente para p<0.001

Según ha sido informado por diferentes autores (13), *Azospirillum sp* provoca que la absorción de nutrientes sea más efectiva, lo que explica la acumulación de compuestos nitrogenados en las plantas sin existir una aparente fijación biológica de nitrógeno; por otra parte, las plantas micorrizadas tienen la ventaja de que el micelio externo se extienda a mayor distancia que los pelos radicales, favoreciéndose la absorción de nutrientes por la planta (16). A su vez, otros autores (17) plantean que la inoculación mixta (hongo-bacteria) origina una interacción sinérgica, obteniéndose incrementos significativos en el crecimiento y los contenidos nutricionales de las plantas.

A lo referido anteriormente se le suma el efecto del análogo de brasinoesteroide, que cuenta con una fuerte actividad biológica, lo que provoca un desarrollo acelerado del vegetal, que se refleja en una mejor asimilación de los nutrientes por las plantas.

Influencia de los tratamientos sobre el rendimiento agrícola y algunos de sus componentes. Son varios los estudios que informan la influencia de diferentes microorganismos con actividad biológica, como potenciadores del incremento de los rendimientos agrícolas; de igual forma, el análogo de brasinoesteroides BIOBRAS-16, ha sido descrito como producto capaz de incrementar la producción de diferentes especies de importancia agrícola.

La Tabla VII muestra el efecto de los diferentes tratamientos sobre algunos componentes del rendimiento agrícola. Para cada evaluación realizada, existieron diferencias significativas entre los tratamientos en cada año de realizado el estudio. Los tratamientos donde se realizó la inoculación (simple o mixta) más la aplicación del BIOBRAS-16 fueron superiores a aquellos que sólo se inocularon (T1), sólo recibieron fertilización nitrogenada (T7) o se les aplicó el BIOBRAS-16 (T8); el tratamiento 4 fue el que sobresalió entre todos ellos, aportando mayor número de racimos/planta, flores/planta, frutos/planta y masa promedio de los frutos.

AZOFERT-ECOMIC y se aplicó el BIOBRAS-16 al inicio de la floración del cultivo, lo que propicia un incremento del rendimiento agrícola en un 21.83 y 23.76 % respectivamente en cada año en relación con el tratamiento testigo de producción; este resultado concuerda con lo informado por diferentes autores en cuanto a incrementos producidos por efectos de los bioproductos aplicados (5 y 13).

Este resultado permite además disminuir parte del fertilizante nitrogenado que requiere el cultivo de 150 kg.ha⁻¹ que recomienda el Instructivo técnico a 90 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, resultado que desde el punto de vista ecológico y económico resulta factible a tener en cuenta en la producción agrícola.

De los resultados descritos en el presente trabajo, puede concluirse que la combinación exitosa entre los microorganismos utilizados como biofertilizantes y la utilización de un análogo de brasinoesteroide, puede constituir una alternativa promisoría para la producción de tomates para consumo fresco, en las condiciones de este tipo de suelo.

Tabla VII. Influencia de los tratamientos sobre algunos componentes del rendimiento

Tratamientos	No. racimos/planta		No. flores/planta		No. frutos/planta		Masa promedio/frutos (g)	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
1	15.26 c	14.23 c	27.18 c	24.18 c	23.34 c	22.51 c	81.08 c	80.14 c
2	18.35 b	16.34 b	30.19 b	28.10 b	26.14 b	25.64 b	83.12 b	84.17 b
3	18.42 b	16.85 b	30.41 b	28.21 b	25.21 b	26.08 b	83.42 b	84.05 b
4	22.09 a	20.25 a	33.22 a	31.16 a	28.31 a	27.26 a	88.32 a	87.22 a
5	17.83 b	16.45 b	29.21 b	27.41 a	26.42 b	25.31 b	84.08 b	83.14 b
6	18.14 b	16.28 b	30.07 b	27.26 b	26.32 b	25.18 b	83.16 b	83.35 b
7	12.71 d	12.21 d	23.12 d	20.11 d	20.26 d	19.31 d	78.21 d	76.18 d
8	13.24 d	12.35 d	23.71 d	20.62 d	20.51 d	19.72 d	78.32 d	77.26 d
ESx	0.08***	0.09***	0.07***	0.08***	0.06***	0.06***	0.07***	0.07***

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

Por otra parte, la diferencia existente entre el tratamiento 1 y el 7 sugiere que los 60 kg.ha⁻¹ de nitrógeno que dejaron de aplicarse pueden ser sustituidos por la biofertilización; de igual manera, la ausencia de diferencias entre los tratamientos 7 y 8 permite inferir que también los 30 kg N.ha⁻¹ requeridos por el cultivo al inicio de la floración, perfectamente pueden ser sustituidos por la aplicación del BIOBRAS-16 en ese momento.

Comparando ambos años, puede observarse un comportamiento similar, aunque con una tendencia a ser superiores en el año 1998, donde las temperaturas fueron $\pm 1^\circ\text{C}$ menor y el acumulado de precipitaciones durante el período fue superior con respecto a 1999 (Tabla II), todo lo cual ayudó a un mejor estado de desarrollo de la planta durante su fase reproductiva.

Por otra parte, en la Tabla VIII puede apreciarse que todos los tratamientos fueron diferentes entre sí, excepto el 7 y 8, lo que corrobora el resultado descrito anteriormente. Los mayores rendimientos fueron alcanzados en el tratamiento 4, en el cual se realizó la coinoculación

Tabla VIII. Rendimiento agrícola y su incremento

Tratamientos	Rendimiento (t.ha ⁻¹)		Incremento (%)	
	1998	1999	1998	1999
1	28.37 c	28.04 c	11.82	13.70
2	29.09 b	29.45 b	14.66	19.42
3	29.19 b	29.41 b	15.05	19.26
4	30.91 a	30.52 a	21.83	23.76
5	29.42 b	29.32 b	15.96	18.89
6	29.10 b	29.17 b	14.70	18.28
7	25.37 d	24.66 d		
8	25.41 d	25.04 d	1.57	1.54
ESx	1.07***	1.05***		

REFERENCIAS

- Gómez, O.; Casanova, A.; Laterrot, H. y Anais, G. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana. Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova» 2000.

2. Situación de la producción de tomate y pimiento. Proyección y demandas tecnológicas. Informe y presentación al Polo Científico del oeste. La Habana, 2000.
3. Bashan, Y. Azospirillum plant-promoting strains are nonpathogenic on tomato, pepper, cotton and wheat. *Canadian Journal of Microbiology*, 1998, vol. 44, no. 2, p. 166-174.
4. Azcón, R. Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetativo y sostenibilidad agrícola. Ecología, Fisiología y Biotecnología de la micorriza arbuscular. México : Mundi Prensa, 2000.
5. Núñez, M. y Robaina, C. M. Brasinoesteroides. Nuevos reguladores del crecimiento vegetal con amplias perspectivas para la Agricultura. Campinas : Instituto agronómico (IAC). 2000.
6. Almenares, J. C. /et al./ Influencia de diferentes dosis y momentos de aplicación del BIOBRAS-16 en el cultivo del maíz (*Zea mays*). *Cultivos Tropicales*, 1999, vol. 20, no. 3, p. 77-81.
7. Cuba. Ministerio de la Agricultura. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana : Agrinford, 1999. 64 p.
8. Alvarez, M.; Armas, G. de y Martínez, B. Amalia y Mariela, dos nuevas variedades de tomate para consumo fresco. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 1, p. 83.
9. Cuba. MINAGRI. Instructivo técnico del cultivo del tomate. 1992.
10. Gómez, R. Tecnología para peletizar semillas con biofertilizantes, una nueva opción para sustituir o reducir los insumos químicos para lograr una agricultura más ecológica y sostenible. En: II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Libro resúmenes. 1995.
11. Fernández, F. /et al./ The effect of commercial arbuscular mycorrhizal fungi (AFM) inoculants on rice (*Oryza sativa*) in different types of soils. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 1, p. 5-9.
12. Hernández, A. N. selección de rizobacterias para la biofertilización en el cultivo del maíz. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Biológicas, La Habana, 1996.
13. Bashan, Y. Inoculants of plant growth - promoting bacteria for use in Agriculture. *Biotechnology Advances*, 1998, vol. 16, p. 729-770.
14. Barrera, J. L. El papel de las micorrizas en la nutrición vegetal. Sevilla : Agrotecnia, 1995, 6 p.
15. Bashan, Y.; Moreno, M. y Troyo, E. Growth promotion of the oilseed halophyte *Salicornia bigelovii* in seawater inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and *Azospirillum*. *Biology and Fertility of Soils*, 2000, vol. 32, p. 265-272.
16. Blanco, A. F. y Salas, A.E. Micorrizas en la Agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 1997, vol. 21, no. 1, p. 55-59.
17. Bashan, Y.; Holguin, G. y Ferrera-Cerrato, R. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. II. Bacterias asociativas de la rizosfera. *Terra*, 1996, vol. 14, no. 2, p. 195-210.

Recibido: 4 de mayo del 2001

Aceptado: 29 de junio del 2001

Cursos de Verano

Precio: 320 USD

Agroecosistemas: su conducción en una agricultura sostenible

Coordinador: Dr.C. Angel Leyva Galán

Duración: 40 horas

Fecha: 8 al 12 de julio



SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (64) 6-3773
Fax: (53) (64) 6-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu