

## Ensayos

# La nutrición mineral y la biofertilización

en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

### Resumen

El presente trabajo recoge algunos aspectos relacionados con las características de la nutrición mineral en el cultivo del tomate y su efecto en el crecimiento, desarrollo, producción y calidad de las cosechas. Se hace énfasis en las funciones del nitrógeno, fósforo y potasio, en la absorción y acumulación de nutrientes por el cultivo y en los requerimientos de fertilizantes. Se abordan además aspectos esenciales de la biofertilización con bacterias rizosféricas y micorrizas arbusculares que incluye: orígenes, mecanismos de acción, beneficios y métodos de inoculación. El estudio finaliza con una revisión sobre el efecto de la biofertilización con estos microorganismos en el desarrollo y producción del tomate para las condiciones de Cuba. Con una búsqueda de 117 citas bibliográficas se intenta poner a disposición de estudiantes, especialistas, ingenieros y técnicos un material de consulta que permitirá profundizar en el tema e incrementar los conocimientos existentes.

### Abstract

This study brings together some aspects related to the characteristics of tomato mineral nutrition, and their effect on the growth, development, production and quality of crops. Emphasis is placed on the functions of nitrogen, phosphorus and potassium, in the absorption and accumulation of nutrients for cultivation, and also fertilizer requirements. The study also addresses essential aspects of biofertilization with rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus which include: origins, action mechanisms, benefits and methods of inoculation. Finally, the study offers a review of the effects of biofertilization with these microorganisms in the development and production of tomatoes for conditions in Cuba. Through a search of 117 bibliographical references an attempt is made to offer information to students, specialists, engineers and technicians that would enable them to deepen their understanding and add to existing knowledge about this topic.

### Abstrait

Ce travail rassemble quelques aspects en rapport avec les caractéristiques de la nutrition minérale dans la culture de la tomate et son effet sur la croissance, le développement, la production et la qualité des récoltes. On fait une emphase sur les fonctions du nitrogène, du phosphore et du potassium, sur l'absorption et l'accumulation de nutriments par la culture et sur ce que requiert les fertilisants. On aborde aussi des aspects essentiels de la bio-fertilisation par bactéries rhizosphériques et par mycorhizes arbusculaires qui comprennent : les origines, les mécanismes d'action, les bénéfices et les méthodes d'inoculation. L'étude termine par une révision sur l'effet de la bio-fertilisation avec ces microorganismes sur le développement et la production de la tomate pour les conditions de Cuba. Avec une recherche de 117 citations bibliographiques, on essaie de mettre à la disposition des étudiants, des spécialistes, des ingénieurs et des techniciens un matériel de consultation qui permettra d'approfondir le sujet et d'accroître nos connaissances

María Isabel Hernández Díaz\*  
Marisa Chailloux Laffita\*

## 1. Introducción

El tomate representa uno de los componentes más frecuentes de la dieta alimenticia. Basta revisar los anuarios estadísticos para constatar que es mundialmente consumido y apreciado, su empleo está generalizado en el arte culinario por su color, aroma y sabor. El valor nutritivo del tomate es inferior al de muchas hortalizas y según López (1994), el tomate ocupa el lugar 20 en cuanto a concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas y minerales. No obstante, por su apetencia y alto nivel de consumo se considera una de las principales fuentes de vitaminas y minerales de muchos países (Santiago *et al.*, 1998).

La producción mundial de tomate se sitúa alrededor de las 88 millones de toneladas métricas en 3 167 000 ha con un rendimiento promedio

\* Instituto de investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", La Habana, Cuba.

de 27.8 t/ha. No obstante, no todas las zonas geográficas alcanzan altas producciones. En América por ejemplo, mientras Estados Unidos y Canadá llegan a 65 y 57 t/ha respectivamente como rendimiento promedio mesoamérica y El Caribe logran solo 18 t/ha. De la misma forma, el consumo per cápita en los países desarrollados es 4 veces mayor al de los países en vías de desarrollo (FAO, 1997 y Jones *et al.*, 1997).

Entre los países de América Latina y El Caribe, Cuba se ubica en el lugar 29 en cuanto a rendimiento, en el sexto lugar en superficie cosechada y en el décimo lugar en cuanto a producción en toneladas métricas (FAO, 1997). Se destaca entre los países de latinoamérica por su consumo per cápita (27 kg/habitantes/año), calificado como uno de los mayores consumidores de tomate conjuntamente con México y República Dominicana (Nuez, 1995).

En Cuba, representa alrededor del 36 % de las áreas destinadas al cultivo de hortalizas. Su alta demanda no es sólo por sus propiedades nutritivas, sino también, por el buen sabor que le imparte a las diferentes especialidades de la cocina cubana. La producción de este cultivo además de destinarse al consumo fresco de la población, constituye una de las materias primas principales de la industria conservera (Cuba MINAG, 1997).

Dentro de numerosos factores que determinan el desarrollo y producción del tomate, la nutrición es uno de los fundamentales. Este cultivo es exigente en niveles de nutrición mineral apropiados debido al gran volumen de frutos producidos por unidad de superficie. La cantidad de nutrientes encontrados en los frutos cosechados es relativamente superior cuando se les compara con otras hortalizas, especialmente en potasio (Menezes Dos Santos, 1992).

En Cuba, en la década del 70 el consumo de fertilizantes fue de 43 700 toneladas y ya en 1988 la aplicación de fertilizantes llegó a alcanzar las 88 000 toneladas. Sin embargo, el arribo de los 90 trajo nuevas concepciones acerca de la nutrición vegetal, condicionada por una preocupación creciente por el entorno a escala internacional. Las investigaciones en este terreno se orientaron entonces hacia el empleo de una nutrición más integral que incluyera alternativas de fertilización menos dependiente de los insumos contaminantes. En este sentido, los sistemas de inoculación y manejo cultural de microorganismos con propiedades biofertilizantes constituyeron tecnologías racionales y aparecieron

como una de las prácticas más promisorias e innovativas para los sectores agrícolas y forestales (Martínez y Hernández, 1995).

Dentro de los biofertilizantes se destacan las bacterias rizosféricas y los hongos micorrizógenos, su utilización como inoculantes microbianos en la agricultura incrementan la productividad de los cultivos, intervienen en la fijación biológica del nitrógeno, aumentan la disponibilidad de nutrientes debido a su efecto en la solubilización y absorción de elementos minerales, estimulan el crecimiento vegetal e intervienen en el control de patógenos mediante mecanismos de antibiosis (Guerrero, 1996).

El presente trabajo constituye una recopilación bibliográfica donde se resumen algunos aspectos relacionados con las características de la nutrición mineral en el cultivo del tomate y su efecto en el crecimiento, desarrollo, producción y calidad de las cosechas. Se abordan además aspectos esenciales de la biofertilización con microorganismos rizosféricos, contribuyentes dentro de un sistema agrario cuyos objetivos fundamentales son: la obtención de alimentos de máxima calidad y el cuidado del medio ambiente.

## 2. Nutrición mineral del tomate

### 2.1 Función del nitrógeno

El estudio del nitrógeno abarca un vasto período en la historia de la química, que cubre desde la época de los alquimistas hasta la moderna era de la síntesis química del siglo XX. Forma parte de la materia viva y es un constituyente de los más importantes compuestos y complejos órgano-minerales de la planta como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, amidas y aminos. La clorofila, componente esencial en la fotosíntesis, es una sustancia nitrogenada (Domínguez, 1989).

La deficiencia de nitrógeno, en el cultivo del tomate, produce retardo en el crecimiento vegetativo, las hojas adquieren tonalidades que van desde el verde pálido hasta el amarillo, los folíolos se tornan pequeños, con sus nervaduras arrosadas y con tonalidades púrpuras. (Silva, 1989 y Siviero, 1996).

Matamoras (1990) y Subbiah (1994) establecieron que el exceso de nitrógeno provoca una serie de inconvenientes como: vegetación excesiva, retraso y prolongación de la floración, escaso cuajado de los frutos, frutos blandos con pobre coloración, frágiles, con me-

nor riqueza en azúcares y menor resistencia a la conservación.

Resulta evidente que el nitrógeno tiene notable incidencia tanto en el desarrollo vegetativo como en la productividad del cultivo. En este sentido, Mohamed *et al.* (1987) detectaron aumentos en los contenidos de aminoácidos libres, clorofila, proteínas y actividad fotosintética en las hojas a medida que las dosis nitrogenadas se hicieron mayores, mientras que Batista y Felipe (1990) observaron incrementos ligeros en el peso seco foliar, área foliar/planta y área foliar/m<sup>2</sup> con dosis por encima de los 100 g de N /m<sup>2</sup> en condiciones de semillero.

Csizszky (1994) obtuvo aumentos en el tamaño de los frutos y número de frutos comerciales con niveles adecuados de nitrógeno. Por su parte, Vicente y Rene (1998) encontraron que altas concentraciones del elemento provocaron reducción en el número de frutos por planta y como consecuencia en la producción del cultivo.

## 2.2 Función del fósforo.

El fósforo forma parte de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos, de las coenzimas NAD y NADP y lo que es especialmente importante, como parte integrante del ATP. En los tejidos meristemáticos de las regiones de la planta que son sede de un activo crecimiento se encuentran fuertes concentraciones de fósforo.

Según Domínguez (1989), el fósforo participa en el proceso de reproducción y en la constitución genética de las plantas por ser un componente de los ácidos nucleicos. Interviene además en muchas reacciones bioquímicas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas en las que obra como intermediario, donando o aceptando energía en reacciones específicas.

En el cultivo del tomate, la insuficiencia de fósforo se asocia con el raquitismo, la maduración tardía, el retardo de la floración y la caída de las flores y frutos. El síntoma más común que aparece en las hojas viejas es un verde negruzco o azulado que puede estar acompañado con tintes bronceados o púrpuras (Wilcox, 1996).

Giaconi y Escaff (1993) afirman que la presencia del elemento es indispensable para la buena fecundación de las flores, estimula el desarrollo del sistema radical y aumenta la resistencia del vegetal a las

enfermedades. Es uno de los nutrientes que regula los efectos derivados de la presencia de un exceso de nitrógeno.

En las condiciones edafoclimáticas de Cuba, Maestrey (1986) plantea que cuando el nivel de fósforo en el suelo es bajo (3 mg/100 g de suelo por Oniani) el desarrollo vegetativo y la producción del cultivo se reducen hasta niveles de un 85 %. En tanto, Díaz *et al.* (1984) en un suelo Pardo Grisáceo del Escambray, encontraron una respuesta significativa del tomate a la fertilización fosfórica (60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) con incrementos de casi 14 t/ha sobre el tratamiento testigo, similares resultados obtuvieron González *et al.* (1984) en un suelo Aluvial de textura arenosa con dosis de 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

La carencia de fósforo se produce no sólo por un contenido inadecuado de este nutriente en el suelo, niveles elevados de aluminio por encima de 2 ppm interfieren drásticamente en el metabolismo del fósforo, inducen una precipitación más intensa del fosfato de aluminio en el espacio libre aparente de la raíz y trae como consecuencia una menor disponibilidad de este elemento para su absorción, transporte y asimilación (Chude, 1994).

De igual forma, este nutriente resulta ser el principal elemento limitante de la producción en suelos salinos (Moyano, 1990). En este sentido, Maestrey *et al.* (1992) encontraron que la aplicación de fertilizantes fosfóricos provocó aumentos crecientes en los rendimientos del tomate en suelos con altos contenidos de sales en relación a la no aplicación del elemento.

## 2.3 Función del potasio

A diferencia de otros elementos esenciales el potasio no entra en la composición de los constituyentes importantes de los vegetales que se relacionan con el metabolismo como las proteínas, los carbohidratos y la clorofila. Se destaca entre los demás elementos por su movilidad y solubilidad dentro de los tejidos, propiedades que explican, sin dudas, la rapidez con que puede ser reutilizado cuando está deficiente (Yagodin, 1986).

La importancia del potasio en la vida de las plantas es diversa, influye en el intercambio de carbohidratos, en la síntesis de proteínas, regula la actividad de otros elementos minerales, participa en la activación de múltiples enzimas como la piruvato quinasa que interviene en el proceso de respiración y coordina los movimientos de apertura y cierre de los estomas con

lo cual regula el régimen hídrico de las plantas (Kemmmler, 1988).

Según Silva (1989), cuando existe deficiencia de potasio en el cultivo del tomate se observa acortamiento de los entrenudos del tallo, en las hojas aparecen tonalidades amarillas por los bordes con manchas necróticas de color marrón pálido, los frutos adquieren un color rosado y son menos resistentes a la conservación. Behboudian y Anderson (1990) plantean que la deficiencia de potasio trae como consecuencia reducciones en el potencial hídrico y en la capacidad fotosintética en las plantas de tomate.

El potasio posee una influencia marcada en el tamaño del fruto y en la firmeza que determina la vida postcosecha del cultivo, aumenta el contenido de sólidos solubles totales y vitamina C, así como el sabor y el color del fruto (Bhargava y Singh, 1991).

Desde finales de siglo se conoce de los efectos benéficos que sobre la salud de las plantas ejerce el potasio, un reporte de 1988 mostró que de los 170 vegetales estudiados el 63 % presentó cierta resistencia al ataque de enfermedades con aplicaciones de potasio y el tomate fue uno de los cultivos que más se favoreció (Sen, 1991).

La nutrición potásica actúa positivamente sobre el desarrollo del cultivo en condiciones salinas, Maestrey *et al.* (1992) encontraron que la fertilización con potasio disminuyó el consumo y posterior acumulación de sodio en los tejidos vegetales en un 13.79 % en relación a la no aplicación del elemento. Por su parte, Satttle y López (1994) observaron que la adición de potasio a un medio salino tuvo efectos positivos en la altura de la planta, la floración y fructificación del tomate cuando se comparó con la ausencia del elemento.

#### 2.4 Absorción y acumulación de nutrientes por el cultivo

La absorción de las sustancias nutritivas no es igual en los diferentes períodos de desarrollo de los cultivos. La información acerca de la variación de las concentraciones de nutrientes en los vegetales es necesaria como criterio para el análisis de planta con fines de diagnóstico, para el estimado de la extracción de nutrientes con las cosechas, como índice de los requerimientos de fertilizantes y como dato complementario acerca del valor potencial del vegetal en elementos proteicos y minerales para la dieta humana (Cuevas, 1998).

Cardoza *et al.* (1985) encontraron que las plantas durante los primeros 40 días absorbían menos de un 5 % del total de los nutrientes extraídos durante el ciclo del cultivo, en tanto, Maestrey *et al.* (1987) calcularon para este período un consumo diario aproximado de 6.73, 1.3 y 9.66 mg/planta de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, mientras que de los 30-70 días este fue de 19.7, 3.5 y 28.3 mg/planta. Estos autores señalan que durante el período de maduración de los frutos, a finales del ciclo, el consumo de nutrientes disminuye.

La extracción y acumulación de nutrientes por el cultivo del tomate aumenta conforme se incrementa el crecimiento de ésta, de tal manera que la absorción antogénica de elementos corresponde con la curva de crecimiento de la planta (Cerdas *et al.*, 1989).

La floración y fructificación son las etapas donde se producen los cambios más acentuados en la absorción de los nutrientes en el tomate. Cerdas *et al.* (1989) plantean que la absorción de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio se incrementa intensamente a partir de la floración (45 días) y hasta el inicio de la maduración de los frutos (90 días). Por su parte, Hideaki *et al.* (1993) indican que la tasa máxima de acumulación de nutrientes ocurre a los 90 días, siendo el potasio el elemento que en mayor proporción toma la planta ya que aproximadamente el 73.8 % se absorbe en el proceso de fructificación.

Resultados similares obtuvo Wilcox (1996), al estudiar la variación en la composición mineral del cultivo en diferentes estadios de crecimiento. Este autor encontró que en el momento de la cosecha (105 días) los frutos habían acumulado 68 %, 70 % y 75 % de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Las extracciones de macronutrientes que realiza la planta de tomate están relacionadas con las condiciones de desarrollo del cultivo (suelo, clima y técnicas de cultivo), con el destino de la producción, con la variedad sembrada y el rendimiento agrícola. Por eso no es extraño que en la bibliografía se encuentren informaciones muy diversas acerca de las extracciones que realiza el cultivo para producir una tonelada de fruto (Tabla 1).

<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	
unidades	unidades	<b>Kg/t</b>		unidades		
2.28	0.91	5.53	-	-	-	Cardoza
5.16	0.86	5.62	-	-	-	Rodrigue
1.04	0.138	1.72	0.123	0.092	0.046	Menezes
2.81	0.79	4.90	-	0.87	-	Maroto (
2.67	1.01	5.3	1.168	-	-	Bennett

TABLA 1.- CANTIDADES DE NUTRIENTES EXTRAÍDAS PARA PRODUCIR UNA TONELADA DE FRUTOS.

### 2.5 Requerimientos de fertilizantes

Muchos de los cultivos que se intercalan en una rotación hortícola tienen un ciclo muy corto frente a exigencias nutritivas relativamente grandes, ello exige del suelo un suministro puntual en los momentos críticos en los que se producen demandas muy elevadas de nutrientes (Miele, 1996).

En el cultivo extensivo existe la idea de que la fertilización es uno de los factores de producción más importantes y que el volumen que se utiliza se relaciona directamente con la cantidad de la cosecha que se obtiene. Esto hace que sea muy frecuente la aplicación excesiva de fertilizantes minerales lo que provoca, no sólo perjuicios económicos, sino que también se pueden producir daños considerables sobre el entorno donde se asiente el cultivo, trayendo como consecuencia la contaminación de suelos y aguas y la acumulación de altos niveles de nitratos en los productos agrícolas que constituyen una importante fuente de fitotoxicidad para el hombre (Nuez, 1995 y Siveiro *et al.*, 1996).

Las aplicaciones de fósforo y potasio son importantes para lograr niveles de rendimiento satisfactorios, sin embargo, en el 50 % de los suelos dedicados al cultivo del tomate estos elementos se encuentran en cantidades suficientes para obtener la máxima productividad y calidad biológica, por lo que la respuesta a la fertilización nitrogenada es el aspecto de la nutrición que más se estudia en la mayor parte de las áreas destinadas al cultivo del tomate a escala mundial (Peet, 1998).

En este sentido, Pedroza (1984) propone aplicar 100 kg N/ha para alcanzar rendimientos máximos equiva-

lentes a 20.11 t/ha. Por su parte, Matamoros (1990) recomienda la dosis de 60 kg de N /ha como la más idónea para garantizar los mejores resultados en el cultivo del tomate, dando lugar a una maduración más precoz y a una mejor relación entre el desarrollo vegetativo y productivo de la planta.

En Cuba, la fertilización nitrogenada del tomate se efectúa considerando el tipo de suelo. Cardoza *et al.* (1992) en la variedad Campbell 28 cultivada en suelos Ferralíticos Rojos obtuvieron los mejores rendimientos con dosis de 80 a 120 kg N/ha, mientras que en un suelo arenoso con bajo contenido de materia orgánica Fonseca *et al.* (1992), encontraron rendimientos óptimos con aplicaciones de 120 kg N/ha. Adhanoboun *et al.* (1996) en un suelo Ferralítico Rojo con altos contenidos de fósforo y potasio obtuvieron una dosis económica de 158 kg N/ha para el cultivo del tomate.

Para la fertilización fosfórica y potásica puede ser de gran utilidad el análisis de suelo. Silva (1989) obtuvo rendimientos máximos con 230 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 130 kg K<sub>2</sub>O/ha en suelos con bajos contenidos de estos elementos. En similares condiciones, Matamoros (1990) recomienda 150 y 200 Kg/ha. de fósforo y potasio respectivamente. Por su parte, Faria y Pereira (1993) señalan como dosis óptima 180 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha para un suelo con 1.7 ppm de fósforo disponible.

En Cuba, González *et al.* (1984) encontraron los mayores incrementos en el rendimiento con aplicaciones de 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha y 100 kg K<sub>2</sub>O/ha, en un suelo arenoso de Pinar del Río. En tanto, Almaguer *et al.* (1985) en un suelo Pardo Grisáceo señalaron como dosis más adecuada 52 y 136 Kg/ha de fósforo y potasio respectivamente, mientras que Fonseca *et al.* (1992), en un suelo

Aluvial con bajo contenido de  $P_2O_5$ , alto en  $K_2O$  y bajo en materia orgánica, encontraron que niveles de 79.19 kg  $P_2O_5$ /ha y 100 kg  $K_2O$ /ha produjeron los mejores rendimientos.

No es necesario insistir en el papel importante que en la nutrición de las plantas desempeñan los fertilizantes minerales para mantener y aumentar la producción agrícola. Sin embargo, en la naturaleza los compuestos orgánicos, los inorgánicos y los productos derivados de la actividad de los microorganismos del suelo coexisten y constantemente se encuentran en interacción. Esta realidad permite prever los resultados positivos del uso combinado de la fertilización mineral con las fuentes orgánicas y biológicas en el marco de un "Sistema integrado de nutrición de las plantas" (SINP) (Tandón, 1992).

Roy (1992) en un amplio análisis de la documentación sobre el tema estableció, como aspectos esenciales a considerar en el SINP, las posibilidades de la complementación de la nutrición mineral mediante el uso de fuentes orgánicas y biológicas. Este autor plantea que además de mejorar el estado físico y microbiológico del suelo, los efectos sinérgicos entre las fuentes permiten incrementar la eficiencia en el uso de los fertilizantes.

Este enfoque no es nuevo, desde hace años se practica el empleo simultáneo y complementario de fertilizantes químicos y abonos orgánicos en diversas partes del mundo, se siguen elaborando prácticas y sistemas de cultivo para conservar y mejorar la fertilidad de los suelos, han surgido nuevas tecnologías y métodos para la producción y empleo de los fertilizantes, para la reutilización de materias orgánicas y para potenciar el uso general de los biofertilizantes.

### 3. La fertilización biológica en una agricultura sostenible

Ciertos microorganismos del suelo pueden incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, otros producen compuestos como vitaminas, hormonas y antibióticos que contribuyen a la salud vegetal y a la obtención de altos rendimientos. El hombre con el desarrollo tecnológico aplicó métodos microbiológicos para estudiar estos microorganismos y utilizarlos posteriormente, bajo el nombre genérico de biofertilizantes, en las prácticas agrícolas contemporáneas (Campagnoni, 1997).

Desde 1972, con la fundación de la IFOAM (Internacional Federation of Organic Agriculture Movements) se estableció que la agricultura orgánica debía aumentar la fertilidad de los suelos y su actividad microbiana e incrementar el reciclaje de los nutrientes. En la década de los 90, los biofertilizantes se convirtieron en un punto común de investigación teniendo en cuenta los serios problemas ambientales causados con la aplicación irracional de los fertilizantes químicos (IFOAM, 1998)

Desde el punto de vista ecológico, la aplicación correcta de estos productos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes. En adición, mantienen la capacidad productiva del sistema, preservan la biodiversidad y contribuyen con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno. Constituye una tecnología racional, que responde a la Agenda 21 de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo firmada en Río de Janeiro en junio de 1992 (Mesa *et al.*, 1995) y da cumplimiento a algunos postulados de su Capítulo 3 como son:

- Encontrar sustitutos o mejoras ecológicamente racionales de los procesos de producción que son nocivos para el medio ambiente.
- Elaborar aplicaciones para reducir al mínimo la necesidad de insumos químicos sintéticos insostenibles y para utilizar al máximo productos ecológicamente adecuados incluidos los naturales.
- Elaborar nuevas tecnologías para la selección rápida de organismos que puedan tener propiedades biológicamente útiles.

Dentro de los biofertilizantes se encuentran las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y las micorrizas arbusculares. Los mecanismos que utilizan estos microorganismos para mejorar el crecimiento, desarrollo, productividad y estado nutricional de las plantas se abordarán en acápites posteriores.

#### 3.1. Biofertilizantes y mecanismos de acción

##### 3.1.1 Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)

El término PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) se conoce desde 1978 y se acepta para describir a las bacterias que habitan en la rizosfera de las

plantas y que pueden tener un efecto positivo sobre los cultivos (Dileep y Dubet, 1992).

Según Kloepper *et al.* (1989), el efecto beneficioso de las rizobacterias radica en diferentes mecanismos mediante los cuales ellas ejercen su acción. Bashan y Levanony (1990) plantean que los cambios más marcados de la inoculación ocurren en el sistema radical de las plantas, lo que conlleva posteriormente a un incremento en la adquisición de sustancias nutritivas y agua.

Según Fendrik *et al.* (1995) y Martínez *et al.* (1997), las bacterias rizosféricas son capaces de producir sustancias fisiológicamente activas como vitaminas, giberelinas, citoquininas, ácido indol-acético en cantidades importantes, las cuales mediante su acción conjunta estimulan la germinación de la semilla, aceleran el desarrollo de las plantas e incrementan el rendimiento de los cultivos. Por otra parte, Martínez y Dibut (1996) plantean que ciertos géneros bacterianos, fundamentalmente los de vida libre, fijan el nitrógeno atmosférico en proporciones considerables.

Goendi *et al.* (1995) encontraron que los géneros *Azospirillum* y *Azotobacter* producen polisacáridos extracelulares durante su crecimiento y proliferación. Estos compuestos son efectivos en la formación de agregados del suelo, lo que trae como consecuencias mejoras en el intercambio gaseoso y en la capacidad hídrica de los suelos.

*Las PGPR intervienen en el control de patógenos mediante la producción de antibióticos, inducción de resistencia, activación de los mecanismos de defensa y producción de sideróforos; compuestos con alta afinidad por el Fe III, que son elaborados por una gran variedad de microorganismos, fundamentalmente por el género Pseudomonas. Estos metabólicos suprimen las enfermedades a través del secuestro de Fe convirtiéndolo en un factor limitante para el crecimiento de patógenos en la rizosfera de los cultivos (Miranda et al., 1998).*

Aunque las propuestas anteriores están basadas en evidencias experimentales, son cuantitativamente insuficientes para soportar el hecho de que alguno de los mecanismos sea sólo el responsable de los cambios que se producen en el crecimiento de las plantas. Bashan (1993) propone una "Hipótesis Aditiva" donde, "probablemente más de un mecanismo participa en la asociación, ya sea simultánea o en sucesión. La suma de

sus actividades en la condición ambiental específica resulta en los cambios observados en el crecimiento de las plantas".

Dentro del grupo de las PGPR se incluyen varios géneros bacterianos. Se destacan entre ellos los géneros *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter* y *Serratia* (Kloepper *et al.*, 1989) *Azospirillum*, *Pseudomonas* y *Azotobacter* constituyen candidatos ideales dentro de este grupo (Bashan, 1993).

### 3.1.2 El género *Azospirillum*

Las primeras especies de *Azospirillum* se aislaron de un suelo pobre en nitrógeno en Netherland por Beijerinck en 1925. Inicialmente se le llamó *Spirillum lipoferum* (Bashan y Levanony, 1990). Este género está formado por bacterias diazotróficas, Gram negativas y su nombre se deriva de los términos *azo* que significa capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y *spirillum* que significa movimientos espirales de la célula (Coscuturca, 1995 y Bastelaere, 1996).

No muchos reportes sucedieron a los trabajos que realizó Beijerinck, hasta que en 1970 el grupo de la Dra Johanna Dobereiner redescubrió al género *Azospirillum* como resultado de las investigaciones realizadas en las rizosferas del maíz y *Digitaria decumbens* (Dommelen, 1998 y Murphy, 1998).

En el presente existen 5 especies que componen el género *Azospirillum*, ellas son: *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum amazonense* (aislado de algunas gramíneas en la zona amazónica del Brasil), *Azospirillum halaproeferens* (especie tolerante a la salinidad) y *Azospirillum irakense* (Palazzo *et al.*, 1997).

Se caracterizan por su motilidad y respuesta a factores quimiotácticos y por permanecer durante un largo período en la rizosfera de los cultivos. Estas características le confieren al género facilidad competitiva con la microflora nativa. Se pueden encontrar en un gran número de suelos tropicales, incluso en tundras y sitios semidesérticos (Bashan y Holguin, 1997)

Las bacterias del género *Azospirillum* son organismos versátiles, capaces de usar una amplia gama de fuentes de carbono como malato, succinato, lactato y piruvato para la producción de energía y biomasa microbiana. Fijan el nitrógeno molecular en condiciones de microaerofilia (Moens, 1996), *Azospirillum brasilense*, por ejemplo, puede fijar nitrógeno en condiciones

extremas de 0.05 a 0.1 atmósferas de oxígeno (Dom-melen , 1998).

De todo el nitrógeno que fija la bacteria, menos del 5 % se incorpora al interior del vegetal, estas cantidades son insuficientes para explicar el incremento de N en plantas, además existen mutantes incapaces de fijar nitrógeno atmosférico (*Nif<sup>-</sup>*) que pueden promover el crecimiento vegetal hasta un 18 %, por lo que está claro que la fijación biológica del nitrógeno no es el mecanismo principal que promueve el crecimiento vegetal (Bastelaere *et al.*, 1993 y Moens, 1996).

En Cuba se dan pasos acelerados en la elaboración de biopreparados a base de *Azospirillum*, a partir de cepas aisladas de la rizosfera de los cultivos de interés económico como maíz y caña de azúcar. La obtención y caracterización de especies autóctonas a través de programas de prospección se realizan con la finalidad de seleccionar las de mejores potencialidades para su producción y de mayor eficiencia en campo (Pazos *et al.*, 1996).

### 3.1.3 El género *Pseudomonas*.

*Pseudomonas* constituye uno de los principales grupos de rizobacterias con actividad promotora del crecimiento vegetal. Pertenece a la familia *Pseudomonadaceae* y se divide en dos grandes grupos que se determinan por la producción de pigmentos, encontrándose especies fluorescentes y no fluorescentes que pueden resultar beneficiosas o patógenas a plantas o animales. Se destacan dentro de este género las especies *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas cepacia* (Hernández *et al.*, 1997).

Hernández *et al.* (1998) y Fernández *et al.* (1998) señalan que entre sus mecanismos de acción se destacan el aumento de la toma de agua y nutrientes por la planta, la producción de fitohormonas y el biocontrol de patógenos, por lo que es de gran importancia el aislamiento y caracterización de cepas que estén incluidas en esta clasificación y que puedan ser utilizadas como futuros biofertilizantes en los cultivos de interés agrícola.

El género *Pseudomonas* es capaz de producir auxinas durante su proceso metabólico. En un estudio de caracterización de 29 cepas bacterianas, Hernández *et al.* (1998) encontraron que ciertas cepas de *Pseudomonas cepacia* producían ácido-indol-acético. Similares resultados obtuvieron Santander *et al.* (1998).

Las bacterias pertenecientes al grupo de las fluorescentes, tales como, *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas putida*, pueden colonizar un amplio rango de cultivos y son antagonistas de varios patógenos que se encuentran asociados a las raíces de las plantas como *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Sclerotium* (Durkhead *et al.*, 1995).

*Pseudomonas fluorescens* produce sideróforos del tipo catecol y *Pseudomonas cepacia* del tipo hidroxamato. Ambas especies producen una gran variedad de metabolitos fitotóxicos y sideróforos con propiedades antibióticas contra hongos y bacterias fitopatógenas (Fernández *et al.*, 1998).

### 3.1.4 El género *Azotobacter*

H. Jordin sugiere la existencia de microorganismos que fijan nitrógeno en 1862, sin embargo, no fue hasta 1896 que S. Winogradsky estableció de modo irrefutable la fijación no simbiótica del nitrógeno atmosférico al aislar *Clostridium pasteurianum*. En 1901, M. W. Baierinck demostró que la fijación biológica del nitrógeno se realizaba también por bacterias aeróbicas pertenecientes al género *Azotobacter*, aisló *Azotobacter chroococcum* del suelo y *Azotobacter agilis* del agua. Poco tiempo después, en 1904, K. Lipman describió la especie *Azotobacter vinelandii* y en 1966 surge *Azotobacter paspali* propuesta por Johanna Dobreiner (Hasnain *et al.*, 1993 y Murphy, 1998).

Las bacterias pertenecientes al género *Azotobacter* poseen un complejo enzimático capaz de reducir el nitrógeno del aire a amonio y que puede ser asimilado por las plantas. Bhattacharya y Chaudhuri (1993) plantean que fijan de 20 a 30 kg de nitrógeno/ha/año, sin embargo, en determinadas condiciones ambientales el efecto beneficioso de estas bacterias no se debe a la cantidad fijada, sino a la presencia de vitaminas y sustancias fisiológicamente activas que sintetizan. Por ejemplo, *Azotobacter chroococcum* sintetiza tiamina (50-100 µg/g de sustancia celular seca), ácido nicotínico (240-260 µg/g), ácido patoteico (más de 500 µg/g), biotina (6-16 µg/g), vitaminas, aminoácidos y auxinas (Martínez y Hernández, 1995 y Martínez y Dibut, 1996).

La capacidad para fijar nitrógeno atmosférico varía considerablemente en dependencia del medio nutritivo. Requieren fundamentalmente molibdeno y vanadio, microelementos que participan en la activación de la enzima nitrogenasa y de los genes (*Nif A*) que están

involucrados en la biosíntesis de este sistema enzimático (Kennedy, 1998).

*Azotobacter chroococcum* es uno de los biofertilizantes que más se aplica e investiga en Cuba. Sus propiedades beneficiosas se ponen de manifiesto en una gran variedad de hortalizas, granos y viandas. Las cepas cubanas producen mayor cantidad de sustancias biológicamente activas que las indicadas para países templados. En este sentido, Dibut *et al.* (1992) determinaron 6 aminoácidos y 2 citoquininas más que las reportadas por la literatura internacional así como otras hormonas vegetales de los tipos auxinas y gibberelinas que aún no están identificadas.

### 3.1.5 Hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA)

El término micorriza aparece por primera vez en 1885. Fue propuesto por el botánico Alemán Albert Bernard Frank y proviene del griego *mico* que significa hongo y del vocablo latino *rhiza* que significa raíz (LePage *et al.*, 1997). Sin embargo, existen evidencias que indican la existencia de estas asociaciones desde hace 400 millones de años (Taylor *et al.*, 1995).

La mayoría de las plantas terrestres establecen en sus raíces al menos uno de los 3 tipos de asociaciones micorrízicas, siendo las del tipo arbuscular la simbiosis más extendida sobre el planeta, no solo por el número de plantas hospederas que son capaces de colonizar, sino también, por su amplia distribución geográfica (Rivas-Platero, 1997 y Shascha-Hill *et al.*, 1998).

Más del 95 % de las especies vegetales existentes en el globo terráqueo se encuentran micorrizadas de forma nativa y a su vez, en el 95% de los casos, las micorrizas son del tipo arbuscular (Bever *et al.*, 1995). Su nombre está asociado con estructuras especializadas denominadas arbuscúlos que se forman en las células corticales de la raíz como resultado de la interacción planta-hongo. Estas estructuras constituyen el punto de intercambio de metabólicos entre los dos participantes de la simbiosis (Ayling *et al.*, 1997 y Bago *et al.*, 1998).

La simbiosis micorrízica aumenta de forma marcada la absorción de nutrientes como el nitrógeno, potasio, calcio, zinc, magnesio y especialmente el fósforo (Merryweather y Fitter, 1996 y Alkaraki y Clark, 1998), mejora el transporte y absorción del agua en el vegetal así como la resistencia de la planta huésped a la se-

quía (Rivas-Platero, 1997 y Alkaraki, 1998), contrarresta el ataque de patógenos, ya sea por la ocupación previa del espacio de raicillas o por la estimulación de los mecanismos de defensa bioquímica (Dassi *et al.*, 1998) y contribuye a la formación de agregados de suelo (Cuenca *et al.*, 1998).

Las raíces de las plantas inoculadas con micorrizas presentan un micelio externo que se extiende a mayor distancia que los pelos radicales y se estima que 1 cm de raíz colonizada contiene entre 80-3000 cm de micelio extraradical. Además, las plantas micorrizadas transfieren hacia el hongo entre el 6-12 % del carbono fijado en comparación con las no colonizadas, esto representa un notable aumento del carbono disponible para la actividad microbiana del suelo (Bethlenfalvay y Linderman, 1992).

Hasta hace pocos años el uso de los HFMA se encontraba restringido a aquellos cultivos que necesitan de una fase inicial de establecimiento y crecimiento antes de quedar definitivamente establecidos en el campo como semilleros de hortalizas, viveros de frutales y fase de adaptación en vitroplantas, en esos casos los volúmenes de inóculo eran aceptables, sin embargo no se recomendaban para cultivos de siembra directa aún cuando los efectos eran positivos (Blanco y Salas, 1997 y Fernández *et al.*, 1997).

A partir de 1994, comenzó en Cuba a desarrollarse una tecnología novedosa y de bajo costo, con insumos nacionales, demostrada a nivel de campo y que consistía en revestir la semilla con cierta cantidad de inóculo microbiano capaz de establecer la simbiosis con la planta y garantizar la infección de las raíces, permitiendo un ahorro del 99 % del inóculo microbiano y entre un 25-50 % del fertilizante químico, dependiendo de la fertilidad del suelo y tipo de biofertilizante. El recubrimiento de semilla posibilita actualmente el uso de los HFMA en cultivos de siembra directa (Gómez *et al.*, 1996).

Las endomicorrizas arbusculares favorecen la proliferación de microorganismos productores de antibióticos, fijadores de nitrógeno, solubilizadores y mineralizadores de nutrientes, incluso aquellos que se involucran en los procesos de agregación y estabilidad de los suelos. Mediante la red de micelio externo, pueden traslocar de forma más efectiva los productos de la actividad de las rizobacterias cuando se encuentran juntas en la rizosfera de los cultivos, por lo que las ino-

culaciones mixtas pueden crear interacciones sinérgicas entre los microorganismos biofertilizantes (Siqueira y Franco, 1988).

La coinoculación Micorriza-*Azospirillum* 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, por otra parte, se ha comprobado que las hormonas vegetales que produce *Azospirillum* en medio de cultivo estimulan la formación y desarrollo de la simbiosis micorrízica en una diversa gama de plantas hospederas (Coscatunca, 1995).

Glandfor, (1994) demostró que la inoculación de *Pseudomonas fluorescens* en tomate estimula la colonización micorrízica en la raíz e incrementa significativamente la producción del cultivo. Por su parte, Guerrero (1996) y Edwards *et al.* (1998) señalan que las micorrizas podrían captar los iones fosfatos que se liberan por acción de las bacterias solubilizadoras de fósforo, debido a la mayor capacidad que poseen para explorar el suelo a través de las hifas. Estos autores indican que la inoculación con *Azotobacter* y *Azospirillum* incrementa los niveles de colonización micorrízica y que las poblaciones de *Pseudomonas fluorescens* aumentan en presencia de los HFMA pertenecientes a la especie *Glomus mosseae*.

Son evidentes los efectos beneficiosos que pueden aportar las inoculaciones mixtas al sistema planta-suelo-microorganismo. Sin embargo, esta práctica puede conllevar a la alteración de las poblaciones nativas del suelo por la introducción de una o más especies microbianas en un mismo ecosistema agrícola. Entre las consecuencias inmediatas y a largo plazo se destacan cambios en la composición de especies microbianas en el suelo y efectos antagónicos entre las poblaciones de dos o más biopreparados (Fernández, 1994).

### 3.2 Biofertilización del tomate.

La producción de posturas de tomate en semilleros a raíz desnuda representa en Cuba más del 95 % del total que se produce actualmente (Cuba MINAG, 1999). En esta primera fase la planta presenta un crecimiento pobre tanto foliar como radical. Sin embargo, su buena conducción y manipulación determinará la calidad del trasplante, el número de plantas por unidad de superficie y el éxito de la cosecha final. Por tales motivos, las prácticas agrícolas que se realizan en la

fase de semillero deben estar encaminadas a promover el desarrollo vegetativo y la eficiencia del sistema radical que es por lo general poco profundo.

Estas particularidades permiten prever el posible efecto beneficioso de los HFMA y bacterias rizosféricas en el cultivo del tomate. Su utilización favorecerá la producción de posturas más vigorosas, con un sistema radical más desarrollado y por tanto mejor adaptadas a las condiciones de estrés que se producen durante el trasplante.

Los estudios en la temática de biofertilización en el cultivo del tomate son numerosos e incluyen tanto la inoculación individual de microorganismos como la coinoculación. En este sentido, Dibut *et al.* (1992) plantean que los efectos de la inoculación con *Azotobacter chroococcum* (cepa INIFAT-12) sobre el vigor general de la planta, la aceleración del desarrollo y el incremento de la floración, fructificación y el rendimiento en general se deben a la cantidad y la variedad de sustancias biológicamente activas que produce.

Resultados similares detectaron Acosta *et al.* (1992) al estudiar el efecto de *Azotobacter chroococcum* sobre el metabolismo, crecimiento y desarrollo en el cultivo del tomate. El área foliar y los contenidos de clorofila b y carotenoides fueron mayores en las plantas inoculadas al compararlas con las no inoculadas y su aplicación permitió aumentar el rendimiento agrícola entre 30 y 50%.

Martínez y Dibut (1996) encontraron que la inoculación con *Azotobacter* en semilleros de tomate permite obtener aumentos en la población de plántulas entre 30-40 %. Estos autores plantean que las sustancias activas elaboradas por las bacterias aceleran el crecimiento de las plantas. La fructificación ocurrió más temprano y el número de frutos por planta fue 35 % superior en la época normal y 60 % fuera de época, el rendimiento aumentó en un 38-60 %.

En un suelo Pardo Grisáceo, la inoculación de la variedad Campbell 28 con *Pseudomonas fluorescens* incrementó el rendimiento en los tratamientos no fertilizados con fósforo sin igualar al testigo de producción, sin embargo, en un suelo Ferralítico Cuarácico amarillo rojizo lixiviado permitió ahorros de fertilizantes fosforados entre 50-75 % (Tetro y Arzola, 1993).

En un estudio de 8 cepas de micorrizas arbusculares Ferrer *et al.* (1992) encontraron efectos positivos sobre la altura, diámetro del tallo, número de flores y

masa seca del follaje con la inoculación de *Glomus fasciculatum* y *Glomus manihoti*.

Gómez *et al.* (1996) recomiendan la inoculación del tomate con *Glomus manihoti*, *Glomus mosseae*, *Azospirillum brasilense* y *Azospirillum lipoferum* con ahorros entre 25-100 % del fertilizante químico en dependencia de la fertilidad y tipo de suelo. Por su parte, Terry *et al.* (1997) encontraron que la inoculación con *Azospirillum brasilense* y *Azotobacter chroococcum* en fase de semillero permitió incrementar la altura de las plántulas (97.60 y 99.20 %), el diámetro del tallo (50%), la longitud radical (36.70 y 24.60 %), la masa seca foliar (100 y 136 %) y la masa seca radical (55.50 y 66.60 %) en suelos con fertilidad de media a alta.

Llonin *et al.* (1998) indican que los beneficios de la fertilización mineral sobre el rendimiento del cultivo del tomate se potenciaron con la inoculación de la especie *Glomus fasciculatum* en un suelo Ferralítico Rojo compactado, su aplicación permitió incrementos de un 25 % en la producción total.

En un suelo Pardo con carbonatos y con el objetivo de conocer el efecto de la biofertilización con HFMA y *Azotobacter chroococcum* en el tomate, Alarcón *et al.* (1998) encontraron que los productos inoculados incrementaron el rendimiento del cultivo en un 38.68 % en comparación con el tratamiento testigo.

Medina *et al.* (1998) indican que la coinoculación con *Azospirillum* y hongos micorrizógenos fue capaz de producir plantas más vigorosas y se evidenció la capacidad de dichos hongos, de garantizar las necesidades nutricionales de las plantas en no menos de un 50 % ya sea de forma independiente o combinados con bacterias rizosféricas.

En cuanto a las dosis de aplicación, Ruíz (1994) propone aplicar en la siembra del semillero y después del trasplante una dosis de 20 L/ha de la cepa *Azotobacter chroococcum* MB-23 en solución final de 400 L/ha de H<sub>2</sub>O (0.005 L/m<sup>2</sup>), mientras que Almenares *et al.* (1996) llegaron a la conclusión de que los tratamientos correspondientes a 30 L/ha en el momento de la prefloración y 15 L/ha en germinación + 15 L/ha en floración permitieron incrementar los rendimientos de un 9-37 % en el cultivo del tomate con relación al testigo de producción (30 L/ha en el trasplante).

Para el género *Azospirillum*, Moya *et al.* (1995) mostraron en experimentos de campo que las dosis más efectivas oscilan entre 20 y 40 L/ha en el momento del

trasplante con incrementos en el rendimiento del tomate entre 62.5 y 100%. Por su parte, Fraser *et al.* (1997) indican como satisfactoria la imbibición de las raíces de las posturas de tomate en una solución de agua y concentrado de inoculo de *Azospirillum lipoferum* en relación 1:1.

La inoculación de HFMA en semilleros de tomate se realiza utilizando tanto el método tradicional de inoculación al suelo a razón de 1 kg/m<sup>2</sup> como el de peletización de semillas. Este último método se recomienda también para *Azospirillum* y *Pseudomonas* que se comercializan en soporte sólido (Gómez *et al.*, 1997). Para los HFMA, Ruíz *et al.* (1997) señalaron la utilización de una relación inoculo/semilla de 1:7.5 lo que equivale a aplicar el 13.3 % de inoculo con relación al peso de la semilla.

## 4. Conclusiones

De lo antes expuesto queda demostrado las ventajas y beneficios de la aplicación de biofertilizantes. Su utilización permite complementar la nutrición del tomate y lograr rendimientos satisfactorios. Los estudios sobre el tema deben continuar para disponer de mayores resultados que puedan ser transferidos a la producción y deben estar dirigidos fundamentalmente, a la selección e identificación de las especies autóctonas que predominan en la rizosfera de los cultivos en cada condición edafoclimática. Cabe destacar, que cualquier proyecto que pretenda manipular las poblaciones microbianas del suelo con vistas a su uso óptimo desde el punto de vista tanto vegetal como edáfico debe tener en cuenta los factores que afectan la interacción microorganismo-planta-suelo <sup>Ⓣ</sup>

## 5. Bibliografía

- ACOSTA, MARÍA DEL C., R. MARTÍNEZ Y B. DIBUT.  
1992 Efecto de la inoculación con *Azotobacter* sobre distintas características fisiológicas de las plantas de tomate en etapa de semillero. En: VIII Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Programa y Resúmenes.— La Habana, p. 44.
- ADHANOHOON, A., J. A. HERNÁNDEZ Y T. BERENQUER.  
1996 Respuesta del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) a la fertirrigación nitrogenada en un suelo Ferralítico Rojo. *Cultivos Tropicales* 17(2):23-24.

- ALARCÓN, A., P. RODRÍGUEZ, E. FURRAZOLA Y T. BOICET.  
1998 Evaluación de la efectividad de endomicorrizas arbusculares nativas de la región de Bayamo en el cultivo del tomate. En: XI Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Programa y Resúmenes.—La Habana, p. 191.
- ALKARAKI, G. M.  
1998 Benefit, cost and water use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress. *Mycorrhiza* 8(1):41-45.
- ALKARAKI, G. M. Y R. B. CLARK.  
1998 Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *Journal of plant Nutrition* 21(2):263-276.
- ALMAGUER, J., A. PÉREZ, A. DÍAZ Y C. GONZÁLEZ.  
1985 Fertilización NPK en tomate de trasplante Variedad Campbell 28. En: V Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Programa y Resúmenes.—La Habana, p.324.
- ALMENARES, J. C., R. CUÑARRO Y R. RAVELO.  
1996 Efecto de la aplicación de *Azotobacter* en diferentes momentos y su influencia en el rendimiento del cultivo del tomate en la variedad Campbell-28. En: II Seminario Científico Internacional Agroisla'96. Programa y Resúmenes.—Isla de la Juventud, p. 36.
- AYLING, S. M., S. E. ESMITH Y P. KOLESIK.  
1997 Transport processes at the plant fungus interface in mycorrhizal associations physiological studies. *Plant and Soil* 196:305-310.
- BAGO, B., C. AZCÓN-AGUILAR, C. GOULET Y V. PICHE.  
1998 Branched absorbing structures a feature of the extraradical mycelium of symbiotic arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 139(2):375-388.
- BASHAN, Y.  
1993 Potencial use of *Azospirillum* as biofertilizer. *Turrialba* 23(4):286-291.
- BASHAN, Y. Y H. LEVANONY.  
1990 Current Status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Canadian Journal of Microbiology* 36:591-608.
- BASHAN, Y. Y G. HOLGUIN.  
1997 *Azospirillum* plant relationship: Environmental and physiological advances (1990-1996). *Canadian Journal of Microbiology*. 43:103-121.
- BASTELAERE, E. V.  
1996 Isolation and characterization of plant inducible genes in *Azospirillum brasilense* sp 7. *Dissertationes de agriculture* 5:35-50.
- BASTELAERE, V., E. DE MOT Y K. MICHIELS.  
1993 Differential genes expression in *Azospirillum spp* in the presence and absence of plant roots exudates. Analysis of protein profiles by two dimensional polyacrylamide Gel electrophoresis. *FEMS Microbiological Lett.* 112:335-342.
- BATISTA, B. Y E. FELIPE.  
1990 Densidad de siembra y nivel de fertilización en almácigos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista Facultad de Agronomía* 16(2):115-132.
- BEHBOUDIAN, M. H. Y D. R. ANDERSON.  
1990 Effects of potassium deficiency on water relations and photosynthesis of the tomato plant. *Plant and Soil* 127:137-139.
- BENNETT, F. W.  
1996 Nutrient, deficiencies and toxicities in crop plants.—USA:American Phytopathological Society, 202 p.
- BETHLENFALVAY, G. Y R. G. LINDERMAN.  
1992 Mycorrhizae in sustainable agriculture.—Madison, USA:ASA, p.45-70.
- BEVER, J. D., J. B. MORTON, J. ANTONOVICS Y D. A. SCHULTZ.  
1995 Host specificity and diversity of arbuscular fungi in glomales: An experimental approach using an old field soil. *Journal of Ecology* 84:71-82.
- BHARGAVA, B. S. Y H. P. SINGH.  
1991 Potassium and quality of tropical and subtropical fruit crop. *Potash Review* (5):1-9.
- BHATTACHARYA, P. Y S. R. CHAUDHURI.  
1993 Biofertilizer: Opening a new horizon. *Yohana* 37(9):12-31.
- BLANCO, F. A. Y E. A. SALAS.  
1997 Micorrizas en la agricultura. Contexto mundial e investigaciones realizadas en Costa Rica. *Agro-nomía Costarricense* 21(1):55-67.
- CARDOZA, HORTENCIA, MARISA CHAILLOUX Y M. GONZÁLEZ.  
1992 Influencia de la fertilización mineral NPK sobre los rendimientos de frutos y semillas de tomate variedad Campbell 28 sobre suelos Ferralíticos Rojos compactados con altos contenidos de p.y K. En: VIII Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Programa y Resúmenes.—La Habana, p 67.

- CARDOZA, HORTENCIA, MARISA CHAILLOUX Y A. NUÑEZ.  
1984 Consumo y dinámica de la absorción de los nutrientes NPK en tomate Campbell 28. En: II Seminario Científico Técnico Estación Experimental de Nutrición Vegetal "La Renee".—La Habana.—p 110.
- CARDOZA, HORTENCIA, A. NUÑEZ Y MARISA  
1985 Chailloux. Extracción de nutrientes por el cultivo del tomate variedad Campbell 28. En: V Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Programa y Resúmenes.—La Habana.—p 356.
- CERDAS, J. C., M. A. MOREIRA Y F. BERTSCH.  
1989 Concentración y absorción de nutrientes durante el ciclo de la planta de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) c.v. Catalina en Alajuela. *Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit. M.* 22(4):1-11.
- CHUDE, V. O.  
1994 Response of tomato to nitrogen fertilization and irrigation frequencies in a semiarid tropical soil. *Fertilizer research* 4(20):85-88.
- COMPAGNONI, A.  
1997 Cambiando le regole Europee per l'agricultura biologica. *L'Informatore Agrario* 53(31):60-61.
- COSCATURCA, ANTONIA.  
1995 Genetic studies on the auxin hypothesis in the *Azospirillum*/plant interaction. *Dissertationes de agriculture* (275):1-25.
- CSIZINSZKY, A. A.  
1994 Yield response of bell pepper and tomato controlled release fertilizer on sand. *Journal of plant nutrition.* 17(9):1535-1549.  
1997 Cuba. MINAG. Principales producciones en 1997.—Cuba: CIDA.  
1999 Cuba, MINAG. Informe de la campaña 98/99,— Ciudad de la Habana, Cuba: CIDA.—30 p.
- CUENCA, G., Z. DE ANDRADE Y G. ESCALANTE.  
1998 Arbuscular Mycorrhizae in the rehabilitation of fragile degraded tropical land. *Biology and Fertility of Soils.* 26(2):107-11.
- CUEVAS, F. R.  
1998 Evaluación agronómica de la nutrición mineral con NPK y la aplicación de biopreparados en el cultivo del tomate en un suelo Hidromórfico Gley Nodular ferruginoso.—1998.—80 p. Tesis (Msc en nutrición y biofertilización de las plantas).-INCA.
- DASSI, B., E. DUMAS, S. GIANINAZZI.  
1998 Do pathogenesis-related proteins play a role in bioprotection of mycorrhizal tomato roots towards *Phytophthora parasitica*?. *Physiology and Molecular Plant Pathology* 52(3):167-183.
- DÍAZ, E., C. GONZÁLEZ, A. AVILA, ALBINA MAESTREY Y HORTENCIA CARDOZA.  
1984 Manejo de la fertilización en tomate de invierno resultados preliminares En: II Seminario Científico Técnico de la Estación Experimental "La Renee" Programa y Resúmenes.—La Habana.—p 87.
- DIBUT, B., MARÍA DEL C. ACOSTA, R. MARTÍNEZ, B. NIKANDER Y H. LJUNGGREN.  
1992 Producción de aminoácidos y citoquininas por una cepa cubana de *Azotobacter chroococcum*. En: VIII Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Programa y Resúmenes.—La Habana.—p 35.
- DILEEP, B. C. Y H. C. DUBET.  
1992 Seed bacterization with a fluorescens *Pseudomonas* for enhanced plant growth, yield and disease control. *Soil Biology and Biochemistry* 24(6):539-542.
- DOMÍNGUEZ, A.  
1989 Abonado de hortalizas aprovechadas por sus frutos.— Madrid: Ministerio de la Agricultura. Pesca y Alimentación.—16p.
- DOMMELEN, A. V.  
1998 Ammonium transports in *Azospirillum brasilense*. *Dissertationes de agriculture* 1:1-9.
- DURKHEAD, P., A. DAVID, PATRICIA SLININGER.  
1995 Bioautografy shows antibiotic production by soil bacterial isolated antagonistic to fungal dry rot of potatoes. *Soil Biology and Biochemistry* 27(12):1611-1616.
- Edwards, S.G., J. P. Young y A. H. Fitter.  
1998 Interactions between *Pseudomonas fluorescens* biocontrol agents and *Glomus mosseae* an arbuscular mycorrhizal fungus, within the rhizosphere. *FEMS Microbiol Lett.* 166(2):297-303.
- FAO.  
1997 Yearbook production. 51:125-127.
- FARIA, C. M. Y J. R. PEREIRA.  
1993 Phosphorus movement in the soil and application methods for an industrial tomato crop. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 28(12):1363-1370.

- FENDRIK, I., M. DEL GALLO, J. VANDERLEYDEN Y M. DE ZAMAROCZY.  
1995 *Azospirillum!* V and relate microorganisms genetic-physiology-Ecology. *Ecological Sciences* 37(12):577.
- FERNÁNDEZ, C. R.  
1994 Riesgos ambientales asociados con la aplicación de biofertilizantes y biocontroles. *Cultivos Tropicales* 15(3):72.
- FERNÁNDEZ, F., R. GÓMEZ, M. MARTÍNEZ Y L. PJEIRA.  
1997 Tecnología de recubrimiento de semilla con biofertilizantes micorrizógenos. Alternativa sostenible de bajo costo. En: III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Programa y Resúmenes.—Villa Clara, p 76.
- FERNÁNDEZ, Y., P. M. VILLA, A. FRÍAS Y M. A. DÍAZ DE VILLEGAS.  
1998 Evaluación de diferentes métodos para la producción de metabolitos secundarios a partir de dos cepas de *Pseudomonas sp.* En: XI Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Programa y Resúmenes.—La Habana, p 189.
- FONSECA, R., HORTENCIA CARDOZA, ALBINA MAESTREY Y V. TAMAYO.  
1992 Niveles de fertilización fósforica del tomate sembrado en canteros en suelos aluviales de Granma. En: VIII Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Programa y Resúmenes.—La Habana, p 40.
- FRASER TERESA, MARÍA M SARRÍA, L. GÁLVEZ, IRIS MARTÍN Y RAMONA HERNÁNDEZ.  
1998 Efecto de métodos de aplicación de *Azospirillum sp.* Sobre el rendimiento y algunos parámetros de calidad del tomate HC 3880. En: MINAG.IIHLD. Producción de cultivos en condiciones tropicales.—La Habana:Liliana, p 237.
- GIACONI, M. V., M. ESCAFF.  
1993 Cultivo de hortalizas.— Santiago de Chile:Editorial Universitaria, 328 p.
- GLANDORF, D.  
1994 Agglutination, adherence and root colonization by *Pseudomonas fluorescens*. *Applied and environmental microbiology* 60(6):1726-1733.
- GOENDI, D. H. R. SARASWATI, J. A. ADININGSIH.  
1995 Nutrient-solubilizing and aggregate-stabilizing microbes isolated from selected humid tropical soil. *Menara-Perkebunan (Indonesia)* 63(2):60-66.
- GÓMEZ, R., F. FERNÁNDEZ, MARIA E. DOMINIC, M. PINO, BLANCA DE LA NOVAL, J. CORBERA Y G. CABRERA.  
1996 Principales resultados en la aplicación de biofertilizantes en cultivos de interés económico en Cuba utilizando la tecnología de recubrimiento de las semillas. En: IX Seminario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas . Programa y Resúmenes.— La Habana, Noviembre, p. 72.
- GÓMEZ, R., R. IGLESIA, R. CASTRO, F. FERNÁNDEZ, BLANCA DE LA NOVA Y MARÍA. E. DOMINIC.  
1995 Tecnología para peletizar semillas con biofertilizante. 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. Programa y Resúmenes.—Villa Clara, p. 55.
- GÓMEZ, R., F. FERNÁNDEZ, A. HERNÁNDEZ, M.A. MARTÍNEZ, R. CASTRO Y D. SUÁREZ.  
1997 La biofertilización de los cultivos de importancia económica como parte integral de agricultura sostenible en las condiciones tropicales de Cuba. En: III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Programa y Resúmenes.—Villa Clara. p. 75.
- GONZÁLEZ, A., O. RODRÍGUEZ, HORTENCIA CARDOZA, A. LORENZO Y J. PADRÓN.  
1984 Estudio de niveles de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en el cultivo del tomate variedad Campbell 28. En: II Seminario Científico Técnico de la Estación Experimental “La Renee” Programa y Resúmenes.—La Habana. p. 87
- GUERRERO, E.  
1996 Micorrizas recurso biológico del suelo.— Colombia:Fondo FEN. 208 p.
- HASNAIN, S., F. ZAFAR, R. BILAL Y K. A. MALIK.  
1993 Characterization of diazotrophs associated with roots of *Leptochloa fusca* (L) Kunth. *Pertanika Journal of Tropical Agriculture Science* 16(1):17-24.
- HERNÁNDEZ, ANA N., DAMARIS GARCÍA, ANNIA HERNÁNDEZ Y MAYRA HEYDRICH.  
1997 Determinación de algunos géneros bacterianos presentes en la rizosfera del maíz. *Cultivos Tropicales* 18(3):10-14.

- HERNÁNDEZ, ANNIA, A. J. FERNÁNDEZ Y ANA N. HERNÁNDEZ.  
1998 Identificación de cepas de *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas cepacia* aisladas de la rizofera del maíz. *Cultivos Tropicales* 19(1):5-8.
- HIDEAKI, W. T.  
1993 Nutricao e adubacao do tomateiro estaqueado. En: Evaristo. M, P. D. Castellane y Maria Cristina Pessoa da Cruz. Nutricao y adubacao de hortalicas. Anais do Simposio sobre nutricao e adubacao de hortalicas.—Brasil:POTAFOS, p 302-322.
- 1998 IFOAM. What is IFOAM? En: <http://ecoweb.dk/ifoam>,
- JONES, J. P., R. E. STALL Y T. A. ZITTER.  
1997 Botany and culture. En: Compendium of tomato diseases.— Unit States of American:APS-PRESS, p. 2-8.
- KEMMLER, G.  
1988 Potassium nutrition of horticultural crops with special reference to crop quality. *Fertilizer news*. 33(6):11-23.
- KENNEDY, C. K.  
1998 Genes in *Azotobacter venelandii* involved in cellular responses to fixed nitrogen En: <http://solomon.reeusda.gov:80/crgam/nril/pubs/archive/abstract.98/nitrogen.html>, 12 p.
- KLOEPPER, J. W., R. LIFSHITZ Y R. M. ZABLOTOWILZ.  
1989 Free-Living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Tibtech* 7:39-44.
- LEPAGE, B. A., R. S. CURRAH, R. A. STOCKEY Y G. W. ROTHWELL.  
1997 Fossil ectomycorrhizae from middle Eocene. *American Journal of Botany*. 84:410-412.
- LONIN, DESIREE, R. NOVELLA, KALYANNE FERNÁNDEZ BLANCA DE LA NOVAL Y I. DE LA PROVIDENCIA.  
1998 Efecto de la aplicación de fuentes y dosis de fertilización fosfórica en presencia o no de micorrizas arbusculares sobre el desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en época no óptima. En: XI Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Programa y Resúmenes.—La Habana, p 190.
- LÓPEZ, T. M.  
1994 Horticultura.— México:Editorial Trillas, 386 p.
- MAESTREY, ALBINA.  
1986 Fertilización del tomate cultivado en primavera. 97 p. Tesis (Candidato a doctor).—ISCAH.
- MAESTREY, ALBINA, HORTENCIA CARDOZA, A. J. TREMOLS Y R. GÓMEZ.  
1987 Extracción de nutrientes por el tomate cultivado en primavera I. Variaciones de las concentraciones de N, p y K durante el ciclo del cultivo. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Suelos y Agroquímica* 10(2):7-16.
- MAESTREY, ALBINA, M. MORALES, V. GÁLVEZ Y I. VÁZQUEZ.  
1992 Efecto de la fertilización en la producción de materia seca y en la composición de plantas de tomate cultivadas en suelos afectados por sales. *Agrotecnia de Cuba* 24(11):59-65.
- MAROTO, J. V.  
1992 Horticultura herbácea especial.— Madrid: Ediciones Mundiprensa, p 452.
- MARTÍNEZ, R. Y B. DIBUT.  
1996 Los biofertilizantes como pilares básicos de la agricultura sostenible. En: INIFAT. Curso taller “Gestión medio ambiental del desarrollo rural”.— Cuba:INIFAT, p63-81.
- MARTÍNEZ, R., B. DIBUT, IRMA CASANOVA Y MARISEL ORTEGA.  
1997 Acción estimuladora de *Azotobacter chroococcum* sobre el cultivo del tomate en suelo Ferralítico Rojo. Efecto sobre los semillero. *Agrotecnia de Cuba* 27(1):23-26.
- MARTÍNEZ, R. Y G. HERNÁNDEZ.  
1995 Los biofertilizantes en la agricultura cubana. En: II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Conferencias y mesas redondas.—Villa Clara, p 43-47.
- MATAMOROS, A. C.  
1990 El tomate de industria,. Técnicas y variedades en la mecanización para su recolección. *Agrícola Vergel*. 9(108):955-963.
- MEDINA, N., MARÍA DE LOS A. PINO, ELEIN TERRY Y F. CUEVAS.  
1998 Evaluación de diferentes tipos de microorganismos rizoféricos como biofertilizantes y/o bioestimuladores para el tomate. En: Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal. La Habana. p 496.
- MENEZES DOS SANTOS, J.  
1992 Producción de tomate en América Latina y el Caribe. En: FAO. Producción, Postcosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate.—Santiago de Chile:FAO,— p173-215

- MERRYWEATHER, J. Y A. FITTER.  
1996 Phosphorus nutrition of and obligately mycorrhizal plant treated with the fungicide benomyl in the field. *New Phytologist* 132:307-311.
- MESA, A., A. CASANOVA Y P. L. QUINTERO.  
1995 La rotación de los cultivos en los sistemas de agricultura sostenible. En: II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Conferencias y Mesas Redondas.—Villa Clara, p 27.
- MIELE, S.  
1996 Nutrizione e ruolo dei microelementi. *L'Informatore Agrario* 52(10):43-46.
- MIRANDA, SANDRA, ANNIA HERNÁNDEZ, J. PÉREZ, ANA I. FERNÁNDEZ Y J. SANTANDER.  
1998 Producción y purificación de sideróforos a partir de la cepa *Pseudomonas fluorescens* j-143. En: XI Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Programa y Resúmenes.—La Habana.—p 189.
- MOENS, SARA.  
1996 Genetic and Biochemical analysis of the flagellation of *Azospirillum brasilense* sp 7. *Dissertationes de agriculture* 7:5-8.
- MOHAMED, A., J. H. SOKKARY Y T. C. TUCKER.  
1987 Growth and chlorophyll mineral and total amino acid composition of tomato and wheat plants in relation to nitrogen and iron nutrition. Growth and nutrient uptake. *Journal of Plant Nutrition* 10(6):699-712.
- MOYA, N., ANA JULIA RONDON, D. RUÍZ, J. L. ÁLVAREZ, MARTHA LAURENCIA, ANA MARGARITA CASTRO Y G. GONZÁLEZ.  
1995 Tecnología para la producción industrial de *Azospirillum* sp. En: II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Programa y Resúmenes.—Villa Clara.—p60.
- MOYANO, AMELIA.  
1990 Carencias nutricionales en el cultivo del tomate. *Agrícola vergel* 9(108):927-928.  
1998 *Murphy, S. C. Non Leguminous Nitrogen fixation in a hidroponic system and evaluation of potential a ssociation.* En: <http://www.public.iastate.edu/~smurfdog/azospirillum.html>, 16p.
- NÚEZ, F.  
1995 El cultivo del tomate.—España:Ediciones Mundi Prensa,—793 p.
- PALAZZO, D., G. CAPOTORTI, F. MONTEMURRO Y F. SUNSERI.  
1997 Risposte productivite di culture erbacee all inoculo con Azospirillo. *L'Informatore Agrario* 53(12):53-55.
- PAZOS, MABEL, R. BALLY, J. HAURAT, C. JACOUD Y G. ALEXANDER.  
1996 Aislamiento, purificación e identificación de cepas bacterianas fijadoras de nitrógeno del género *Azospirillum* predominantes en un suelo arrocero de Cuba. En: X Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Programa y Resúmenes.—La Habana.—p80.
- PEDROZA, H.  
1984 Influencia de la fertilización y la densidad de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del tomate industrial (UC-82) en el valle del Sébaco.—1984.—69p. Tesis (Ingeniero agrónomo).—Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.  
1998 *Peet, Mary. Sustainable practices for vegetables in the south. Tomato Botany.* En: <http://www.cals.ncsu.edu/sustainable/peet/profiles/bottom.html>.—5 p.
- RIVAS-PLATERO, G. G. MICORRIZAS.  
1997 *Manejo integrado de plagas. Hoja Técnica.* (20):1-3.
- RODRÍGUEZ, M DE J., G. GRANDA Y M. PÉREZ.  
1984 Extracción de macroelementos por el tomate en áreas de producción. En II Seminario Científico Técnico Estación Experimental de Nutrición Vegetal "La Renee". Programa y Resúmenes.— La Habana.—p 114.
- ROY, R. N.  
1992 Integrated plant nutrition systems En: Tandon, H. L. S. Fertilizer Organic Manure, recyclable wastes and biofertilizer: Components of integrated plant nutrition.—New Delhi:Fertilizer Development and Consultation Organization, —p. 1-11.
- RUÍZ, JOSEFA, R. GÓMEZ, D. LARA Y BLANCA DE LA NOVAL.  
1997 Estudios de dosis de ECOMIC en el recubrimiento de semillas de tomate, maíz y soya. *Cultivos Tropicales* 18(1):13-15.
- RUÍZ, L. A.  
1994 Uso combinado de las micorrizas, el *Azotobacter* y la fosforina como una alternativa para la

- fertilización de las hortalizas en Cuba.— La Habana:MINAGRI.
- SANTANDER, J. L., ANNIA HERNÁNDEZ, ANA N. HERNÁNDEZ Y MARISELDA ROQUE.  
1998 Caracterización de cepas bacterianas en cuanto a la producción de ácido indol acético En XI Seminario Científico Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Programa y Resúmenes.—La Habana, —p. 187.
- SANTIAGO, J., M. MENDOZA Y F. BORRERO.  
1998 Evaluación del tomate en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana* 9(1):59-65.
- SATTLE, S. M. Y M. LÓPEZ.  
1994 Effects of increasing levels on growth and yield of tomato. *Soil Science and Plant Analysis* 24(15-16):2807-2823.
- SEN, B.  
1991 Potassium and disease resistance in fruit vegetable crops. *Potash Review* (4):1-7.
- SHASHAR-HILL, Y., P. E. PFEFFER, P. E. DOUDS Y D. OSMAN.  
1995 Partitioning of intermediary carbon metabolism in VAM colonized leek. *Plant Physiology* 108:7-15.
- SILVA, A. A.  
1989 Distúrbios nutricionais em tomateiro exceso e deficiencia de nutrientes perjudican a cultura. *Agropecuaria Cartarinense* 2(2):41-46.
- SIQUEIRA, J. O. Y A. A. FRANCO.  
1988 Biotecnología de suelo: Fundamentos y perspectivas.—Brasilia:MEC.—224 p.
- SIVIERO, P.  
1996 Una capagna pomodoro da dimenticare. *L'Informatore Agrario* 52(3):33-36.
- SIVIERO, P., A. TRIFIRO, L. SANDEI Y M. FRANCESCHINI.  
1996 Il carattere "viscosita" in alcune linee di pomodoro. *L'Informatore Agrario* 52(3):37-39.
- SUBBIAH, K.  
1994 Studies on the effects of N, K and CaCl<sub>2</sub> on fruit cracking, skin thickness and density of tomato. *Madras Agricultural Journal* 81(3):138-140.
- TANDON, H. L.  
1992 Fertilizer Organic Manure, recyclable wastes and biofertilizer: Components of integrated plant nutrition.—New Delhi:Fertilizer Development and Consultation Organization.—148 p.
- TAYLOR, T. N., W. REMY, H. HASS Y H. KERP.  
1995 Fossil arbuscular mycorrhizae from the early Devonian. *Mycologia* 87:560-573.
- TERRY, ELEIN, MARÍA DE LOS A. PINO Y ANA N. HERNÁNDEZ.  
1997 Efectividad agronómica de *Azospirillum brasilense* en posturas de tomate. En: III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Programa y Resúmenes.—Villa Clara.—p. 76
- TRETO, EOLIA Y N. ARZOLA.  
1993 La nutrición de las plantas por vía de la agricultura orgánica. En: I Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Conferencias y mesas redondas.—Villa Clara.—p. 23-28.
- VICENTE, J., H. RENE.  
1998 Fertilidad do solo e rendimento do tomateiro con estufa de plastico. *Ciencia Rural* 28(2):229-233.
- WILCOX, G. E.  
1996 Tomate . En: Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants.— USA:APS PRESS.—p.137-141.
- YAGODIN, B., P. SMINOV Y A. PETERSBURSKI.  
1985 Agroquímica Tomo I. Moscú: MIR.—416 p.