

**BIOFERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill)
CON ACOLCHADO PLÁSTICO Y EVALUACIÓN DE SUS CARACTERES
BIOQUÍMICOS Y AGRONÓMICOS.**

DIANA MARIA SIFUENTES SAUCEDO

TESIS

Presentado como Requisito Parcial para

Obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias

en Horticultura

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

JULIO de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

**BIOFERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN TOMATE (*Lycopersicon
esculentum* Mill) CON ACOLCHADO PLÁSTICO Y EVALUACIÓN
DE SUS CARACTERES QUÍMICOS Y AGRONÓMICOS**

TESIS POR

DIANA MARÍA SIFUENTES SAUCEDO


Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN HORTICULTURA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal

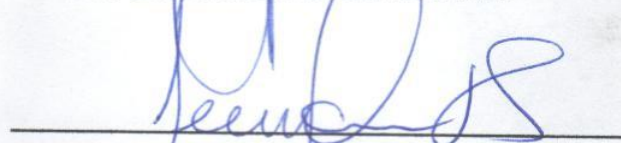
Asesor



Dr. Valentín Robledo Torres

Asesor

Dr. Adalberto Benavides Mendoza



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Posgrado

Saltillo, Coahuila. Julio de 2010

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por conservarme con vida y salud y permitirme llegar hasta este momento, gracias señor por llenarme de bendiciones siempre y por amarme tanto como yo a ti, porque a pesar de todo permitiste que siguiera adelante.

A mi **ALMA TERRA MATER** que siempre llevare en alto donde quiera que me encuentre, por haberme brindado la oportunidad seguir formando como profesionista.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**),
gracias.

A la **Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal**, por darme la oportunidad de trabajar con ella, por su tiempo, su comprensión por todos sus consejos y el apoyo que me ha brindado todo el tiempo que tengo de conocerla, principalmente por su paciencia y amistad. Gracias.

Al **Dr. Valentín Robledo Torres**, por sus sugerencias, apoyo y cooperación para la realización de este trabajo.

Al **Dr. Adalberto Benavides Mendoza**, por las observaciones hechas a la investigación realizada.

Al **Ing. Juan Manuel Ramírez Cerda** por el apoyo brindado en el trabajo de campo, por su amistad.

Al **T. A. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** encargado del laboratorio del departamento de Nutrición Animal. Por las aportaciones y cooperación a este trabajo en análisis de laboratorio

Al **T.A. QFB. Carlos Alberto García Agustince** encargado del laboratorio de investigación del departamento de Ciencias básicas. Por el apoyo en el análisis de laboratorio.

A la **Sria. Juana María Almanza**, por el apoyo incondicional y su amistad.

A la **Dra. María de Lourdes Día Jiménez**, del CINVESTAV por el apoyo brindado.

DEDICATORIAS

La vida no nos permite elegir a la familia pero a mí me tocó la mejor por eso les dedico esto con todo el amor del mundo

A ti mamá que eres la persona más maravillosa de todo el mundo. Gracias por el apoyo moral, tu cariño y comprensión que siempre me has brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles por estar siempre que te necesito por ser mi mejor amiga por todas esas cosas que tú me das, pero sobretodo por amarme tanto como yo a ti.

A ti papa porque siempre te he admirado, por ser como eres, por ser un ejemplo para salir adelante, por haber colaborado en la realización de este trabajo, gracias. Te amo

A mi esposo Angel Yamir Espinoza Cornejo, por haber llegado a mi vida en uno de los momentos más importantes, por ser el hombre más maravilloso del mundo y compartir mis triunfos y fracasos, por todo el apoyo que me das, por amarme tanto como yo a ti. Gracias amor y principalmente por haberme ayudado en la realización de este trabajo.

A mi hijo José Miguel, te amo pedacito eres la razón de mi existir, tu eres el motivo por el cual salimos adelante, gracias por llenar la casa de alegría

“porque no hay nada más hermoso que tenerte entre mis brazos te amo mi pequeño saltamontes”.

A mi hermana Alejandra, eres una persona muy importante, inteligente y valiosa para mi sigue siendo como eres, gracias también por todo el apoyo que me has brindado, sabes que te amo.

A la familia Hernández Sifuentes; Carolina, te amo hermana, eres una persona maravillosa estoy muy orgullosa de ti, eres un ejemplo de mujer; **Ramiro Badillo,** mi amigo y mi cuñado eres un gran ser humano, sabes, porque lo sabes, que te quiero mucho, gracias por ser así, y ha ambos gracias por tener una niña muy linda, e inteligente **Valentina** un gran tesoro y una bendición de dios, que yo amo mucho.

A la familia Saucedo Sifuentes; por el apoyo incondicional que siempre me han dado a mí y a mi familia, por sus consejos y por su amistad.

A la familia Espinoza Cornejo, porque ahora formo parte de su familia, gracias por haberme aceptado con cariño, por sus consejos y palabras de aliento. Por su apoyo incondicional y porque son un ejemplo de vida. Mil gracias.

A mis abuelos los cuatro son un ejemplo a seguir cada uno por merito propio.

A mis amigos. Antonio García, Carlos Rivera, Aurelia Mendoza, Rosa del Carmen, Auri Gutiérrez, Araceli Rojas, Cesar Márquez, Emilio Bautista, Hermes Rebollosa y a su familia, Pedro Guillen, Adalberto Hernández. Gracias a todos por su apoyo y su amistad. Y a todas las personas que forman parte especial en mi vida.

COMPENDIO

**BIOFERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill)
CON ACOLCHADO PLASTICO Y EVALUACIÓN DE SUS CARACTERES
BIOQUIMICOS Y AGRONÓMICOS**

POR:

DIANA MARIA SIFUENTES SAUCEDO

MAESTRIA EN CIENCIAS

EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Julio de 2010

Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal –Asesora

Palabras claves: Tomate, *Azospirillum*, Acolchado Negro, Rendimiento

El experimento se desarrollo con el propósito de conocer el efecto que tienen las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico del género *Azospirillum* en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio grande en suelo desnudo y con acolchado plástico, evaluando parámetros agronómicos y bioquímicos, se desarrollo en campo abierto en el ciclo primavera verano 2009, se inocularon las semillas de tomate con un formulado liquido de las cepas 3, 5 y 7 y las mezclas de ellas, distribuidas en siete tratamientos y un testigo químico (Fertidrip Urea BB) como octavo tratamiento, las cepas fueron extraídas de las raíces de maíz (3 y 7) y trigo (5) en Saltillo y Torreón, Coahuila respectivamente, a una concentración de 10^9 UFC ml⁻¹. Las variables fueron área foliar, altura de planta, rendimiento, forma (diámetro polar y ecuatorial), firmeza, sólidos solubles, minerales y antioxidantes (vitamina C y licopeno).

En el suelo que estuvo cubierto se obtuvieron los mejores resultados en la mayoría de las variables, excepto en firmeza, sólidos solubles, Manganeso y Fierro.

La inoculación con *Azospirillum* sp., favoreció en el rendimiento y el área foliar pues la mezcla de las cepas 5-7 supera al testigo un 30 por ciento, y un 24 por ciento respectivamente, en las demás variables no afecto la inoculación

pues se comportan de manera similar al testigo, sin embargo si son mejores las plantas inoculadas. Los minerales en fruto, el Nitrógeno incrementó un 24 por ciento con la mezcla de cepas 5 y 7 así mismo en los demás minerales en los cuales la inoculación si es favorable puesto que aumenta los contenidos de minerales con respecto al testigo.

ABSTRACT

**LIQUID BIOFERTILIZACIÓN IN TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill) WITH
QUILTED PLASTIC AND EVALUATION OF HIS BIOCHEMICAL AND AGRONOMIC
CHARACTERS**

BY

DIANA MARÍA SIFUENTES SAUCEDO

MASTER IN SCIENCE

HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila. July 2010.

DRA. ROSALINDA MENDOZA VILLARREAL –Adviser-

Key words: Tomato, *Azospirillum*, Quilted Black, Performance

The experiment I develop with the intention of knowing the effect that there have the fixing bacteria of atmospheric nitrogen of the kind *Azospirillum* in the culture of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variety big Rio in naked soil and with quilted plastic, evaluating agronomic and biochemical parameters, I develop in field opened in the cycle spring summer 2009, the seeds of tomato inoculated with a formulated liquid of the vine-stocks 3, 5 and 7 and the mixtures with them, distributed in seven treatments and a chemical witness (Fertidrip Urea BB) as eighth treatment, the vine-stocks were extracted from the roots of maize (3 and 7) and wheat (5) in Forecastle and Tower, Coahuila respectively, to a concentration of 10^9 UFC ml⁻¹. The variables were an area to foliate, height of plant, performance, form (polar and equatorial diameter), firmness, solid soluble, mineral and antirust (vitamin C and licopeno).

In the soil that was covered the best results were obtained in the majority of the variables, except in firmness, solid soluble, Manganese and Iron.

The inoculation with *Azospirillum* sp., it favored in the performance and the area the mixture of the vine-stocks foliated so 5-7 overcomes the witness 30 per cent, and 24 per cent respectively, in other variables I do not affect the inoculation since they behave in a way similar to the witness, nevertheless if the inoculated plants are better. The minerals in fruit, the Nitrogen increased 24 per

cent with the mixture of vine-stocks 5 and 7 likewise in other mineral in which the inoculation if it is favorable since it increases the contents of minerals with regard to the witness.

INDICE DE CONTENIDO

	Pagina
INTRODUCCION	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Clasificación agronómica.....	4
Calidad del Fruto.....	4
Valor Nutritivo.....	4
Acolchado Plástico.....	5
Ventajas del Acolchado Plástico.....	6
Desventajas del Acolchado Plástico.....	6
Efecto del Acolchado Plástico en Hortalizas.....	7
Biofertilizantes.....	7
Género <i>Azospirillum</i>	8
Distribución y Aislamiento.....	9
Identificación.....	9
Inoculación y Respuesta Agronómica.....	10
Componentes de Calidad del Tomate.....	14
Firmeza.....	14
Forma.....	15
Contenido de Azúcar (° Brix).....	15
Componentes Químicos del Tomate.....	15
Minerales.....	15

	Pagina
Antioxidantes.....	20
ARTICULO.....	21
CONCLUSIONES.....	49
LITERATURA CITADA.....	50

INDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1. Resultados del Análisis del Suelo realizado en campo, antes del trasplante, en el departamento de Horticultura.	32
CUADRO 2. Comparación de medias del efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de <i>Azospirillum</i> sp a 10^9 UFC ml ⁻¹ en variables agronómicas y de calidad en fruto de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill). Variedad Río grande UAAAN, 2009.	33
CUADRO 3. Comparación de medias en el contenido de minerales (N, P, K, Ca, Mg) en fruto de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) Variedad Río grande utilizando biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de <i>Azospirillum</i> sp a concentración de 10^9 UFC ml ⁻¹ . UAAAN, 2009.	34
CUADRO 4. Comparación de medias en el contenido de minerales (Cu, Zn, Mn, Na y Fe) en fruto de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) Variedad Río grande utilizando biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de <i>Azospirillum</i> sp a concentración de 10^9 UFC ml ⁻¹ . UAAAN, 2009.	35

CUADRO 5. Comparación de medias del efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum sp* a concentración de 10^9 UFC ml^{-1} en área foliar y longitud de tallo en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio grande UAAAN, 2009. 37

CUADRO 6. Comparación de medias del efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezclada con *Azospirillum sp* a concentración de 10^9 UFC ml^{-1} , en la calidad del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio grande UAAAN, 2009. 39

CUADRO 7. Comparación de medias efecto de la biofertilización líquida de cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum sp* a concentración de 10^9 UFC ml^{-1} , en el contenido de minerales en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio grande UAAAN, 2009. 41

CUADRO 8. Comparación de medias efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum sp* a concentración de 10^9 UFC ml^{-1} , en el contenido de minerales (ppm) en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Variedad Rio grande UAAAN, 2009. 42

CUADRO 9. Prueba de comparación de medias en la interacción de suelo acolchado y sin acolchar y cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum sp* (10^9 UFC ml^{-1}), sobre el contenido de minerales en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Río grande, UAAAN, 2009. 44

CUADRO 10. Comparación de medias del efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum sp* a concentración de 10^9 UFC ml^{-1} , en el contenido de antioxidantes en fruto de tomate (*Lycopersicon* 45

esculentum Mill.) variedad Río grande UAAAN, 2009.

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezclas de *Azospirillum* sp a concentración de 10^9 UFC ml⁻¹ en la variable rendimiento en tomate (*lycopersicon esculentum Mill.*) Variedad Río grande. UAAAN, 2009. Valores con la misma letra son iguales (DMS a $P \leq 0.05$) 36

INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas más utilizadas en la dieta alimenticia. La producción nacional del tomate de acuerdo al Servicio de la Información Estadística y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, la producción total mexicana en el 2009 fue de 1, 559, 800 t ha⁻¹ (SIAP, 2009). Dentro de los diferentes factores que determinan la producción del tomate, la nutrición y las condiciones en las que se encuentra son fundamentales para el buen desarrollo. La utilización de plásticos en la agricultura es una técnica empleada en los cultivos para disminuir las condiciones adversas del ambiente y favorece el rendimiento y la calidad de las cosechas. El acolchado es una práctica que consiste en cubrir total o parcialmente los surcos o las áreas de siembra con bandas de plástico de diferente color y espesor.

Dentro de los biofertilizantes se destacan las bacterias rizofericas entre ellas; *Azospirillum* una de las mas estudiadas. El género *Azospirillum* pertenece a la subclase alfa de las proteobacterias (Young, 1992) ya que habitan en la rizosfera de las plantas, y tienen un efecto positivo al fijar nitrógeno atmosférico (Puente y Peticari, 2006) e impactar el desarrollo vegetal (Zhang *et al.*, 1996), incrementando el rendimiento en plantas de importancia agrícola (Bashan *et al.*, 1996; Dobbelaere *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2002).

Estudios en sorgo con la cepa nativa CBG – 497 de *A. Brasilense* en la zona norte de Tamaulipas muestran incrementos de 5 y 23 por ciento (Mendoza *et al.*, 2004) en trigo duro de 27 a 45 % en la variedad jupare inoculado foliarmente con cepas nativas de *Azospirillum* sp en Coahuila Mendoza *et al.*, (2009). Además, Hernández *et al.*, (2007) evaluaron tres cepas del genero *Azospirillum* sp (C3, C5 y C7) utilizaron una concentración de 10^9 ufc ml^{-1} , en pimiento morrón incrementando el rendimiento y contenido de minerales en fruto. Así mismo en tomate se han encontrado incrementos significativos en el contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales en las plantas inoculadas y biofertilizadas (Terry *et al.*, 2005). En base a lo anterior se plantean el siguiente objetivo.

OBJETIVO

Biofertilizar el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con *Azospirillum* sp. con acolchado plástico a la concentración de 10^9 UFC ml^{-1} y evaluar el efecto que tiene en los caracteres agronómicos y químicos.

HIPOTESIS

El uso de cepas de *Azospirillum* incrementa el rendimiento y los caracteres químicos en el cultivo de tomate.

REVISION DE LITERATURA

El género *Lycopersicon* es originario de la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, sin embargo en México se domesticó, ya que crecía como mala hierba entre los huertos.

Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, que servían como alimento en España e Italia. En países como Alemania solo se utilizaban como medicinas manteniéndose hasta el inicio del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Infoagro, 2009).

La clasificación taxonómica según Villarreal (2005)

Reino: Metaphyta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum* Mill

Clasificación Agronómica

Determinadas. Las plantas determinadas son de tipo arbustivo, de porte bajo, pequeño y de producción precoz, se caracteriza por la forma de inflorescencia en el extremo del ápice.

Indeterminadas. La planta de tipo indeterminada crece hasta alturas de dos metros, o más, según el entutorado que se aplique. El crecimiento vegetativo es continuo. Unas seis semanas después de la siembra inicia su comportamiento generativo produciendo flores en forma continua y de acuerdo a la velocidad de su desarrollo. La inflorescencia no es apical sino lateral.

Calidad del Fruto

La calidad del fruto de tomate está principalmente relacionada en su color, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia, Castilla (2001).

Valor nutritivo

Berenguer (2003), menciona que el tomate es un cultivo de valor comercial y de enorme importancia mundial, por la aceptación general del fruto en la alimentación y su utilización en forma muy variada, además de sus excelentes cualidades organolépticas, su alto valor nutricional, contenido de vitamina C (26,6 mg) y licopeno, demostrando que está inversamente relacionado con el desarrollo de ciertos tipos de cánceres, comparado con otros vegetales.

El tomate tiene bajo valor calórico 17 Kcal 100 g⁻¹ y se caracteriza por su elevado contenido de agua 90-94%, un importante contenido de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa, menor proporción de proteínas, fibra y ácidos orgánicos (cítrico y málico) y un destacado aporte de vitaminas (A y C), carotenoides y elementos minerales. Entre los minerales, destaca su contenido en potasio (250 mg), hierro (0,70 mg), magnesio (8,30 mg) y fósforo (27 mg). (USDA, 1996; Fernández *et al.*, 2004).

Acolchado Plástico

La utilización de plásticos en la agricultura es una técnica empleada en los cultivos para disminuir las condiciones adversas del ambiente y favorece el rendimiento y la calidad de las cosechas. En México los plásticos se utilizan en los cultivos de alta demanda en el mercado exterior o que llegan a tener un alto valor agregado al ser procesados, como las hortalizas: tomate, sandía, chile, melón, pepino y calabazas; ornamentales como flores: rosa y clavel; frutos: cítricos, manzana, fresa, e industriales: vid y tabaco (Reyes, 1992).

El acolchado plástico favorece: a) el proceso fotosintético al optimizar una mayor apertura estomática, b) el crecimiento de las plantas se ve favorecido por un mayor potencial de agua en las hojas, c) la temperatura de las hojas se mantiene estable evitando el sobrecalentamiento que afecta el desarrollo del cultivo en general y d) se promueve la elongación y el crecimiento celular

debido a una mayor presión de turgencia en el interior de las células, Hernández (1992).

El uso de los plásticos en la agricultura ha permitido mejorar el ambiente de producción, aumentando la producción y calidad en diferentes especies hortícolas, como es el caso de la lechuga donde la tecnología ha duplicado los rendimientos de unas regiones, (Robledo, 2004).

Ventajas del Acolchado Plástico

Ayuda a conservar la humedad, los nutrientes del suelo, incrementa la temperatura del suelo en la raíz, permitiendo una más ágil y rápida germinación, por lo que se pueden lograr cosechas más tempranas, permite tener frutos más limpios, ya que la planta no está en contacto directo con el polvo o suelo y evita que se forme lodo.

El plástico, según sea su color, provoca cierta reflexión, la luz que le da a la hoja hace que se active la fotosíntesis. Así, la planta acelera su crecimiento y puede alcanzar mejor tamaño. Cortés (2002).

Desventajas del Acolchado Plástico

El acolchado negro cuenta con las siguientes características; la transmisión de radiación es nula, no hay crecimiento de malas hierbas, la absorción de calor es elevada, el plástico es de larga duración, la defensa de bajas temperatura es regular, el rendimiento de cosechas es alto y la precocidad es mediana Robledo y Martín (1998).

Efecto del Acolchado Plástico en Hortalizas

Etez y Tüzel, (1994) trabajando en tomate bajo invernadero, encontraron que el acolchado de polietileno blanco produjo mayor rendimiento total y mayor precocidad que el negro en otoño, mientras que el negro produjo mayor rendimiento total y menor precocidad que el blanco en primavera. La ventaja del polietileno blanco en invierno está dada por el beneficio que trae la reflexión de la luz sobre las plantas.

Por su parte Ibarra *et al.*, (2001) indican que el acolchado plástico blanco, acolchado plástico negro y acolchado coextruido blanco sobre negro registraron los mayores rendimientos con 35.4, 35.2 y 31.1 t·ha⁻¹, respectivamente, mientras que en el testigo sin acolchar se alcanzó un valor de 21.4 t·ha⁻¹ en *Cucúrbita pepo* L.

Biofertilizantes

El uso de los Biofertilizantes es una de las técnicas empleadas por el hombre para obtener elevados rendimientos en los cultivos, sin causarle daños al ambiente. Se plantea que una tecnología que está vinculada con este concepto es la inclusión de microorganismos en las semillas (inoculación), tales como hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de N₂ y/o solubilizadoras de fósforo, los cuales producen efectos aditivos, de particular importancia en la productividad de los cultivos y en mejor calidad fitosanitaria, además de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo (Noda, 2009). Estos

microorganismos trabajan, básicamente, sobre el abastecimiento de nitrógeno y fósforo hacia el vegetal; también se informan otras funciones no menos importantes: desarrollo radical más abundante y efecto protector contra enfermedades fúngicas de la raíz (<http://www.produccion.com.ar>, 2004).

Género *Azospirillum*

Actualmente son reconocidas siete especies en el género *Azospirillum*; *lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, *A. halopraeferans*, *A. irakense* y *A. largomobile* siendo el nombre de esta especie corregido a *A. largimobile* y fue recientemente transferida del género *Conglomeromonas* al género *Azospirillum* con base a algunas relaciones filogenéticas (Ecker *et al*, 2001 y Bashan *et al.*, 2004). La de mayor valor agronómico es *A. brasilense*, además de fijar nitrógeno atmosférico, produce sustancias reguladoras de crecimiento vegetal, (Michiels *et al.*, 1989); estimula la tasa de aparición de pelos radiculares, aumenta la superficie específica de las raíces, provocando mayor absorción de agua y minerales, y con ello, la tasa de respiración y actividades enzimáticas específicas (Okon y Labandera, 1994). En trigo *A. brasilense*, estimula el desarrollo de la planta al aportar nitrógeno, aún en suelos pobres en nitrógeno, y por producir ácido indol-acético, el cual es un promotor de crecimiento en las plantas, además de que no es peligroso para el ambiente o la salud.

Distribución y Aislamiento

El género *Azospirillum* muestra una muy amplia distribución geográfica alrededor del mundo. Las especies de *A. Brasilense* mas allá de ser bacterias

de la rizosfera de plantas o cultivos económicamente importantes, son habitantes naturales de plantas y en ocasiones pueden promover su crecimiento (Holguin *et al.*, 1999). Se han aislado de numerosos cultivos alimenticios, cereales y hierbas silvestres, de regiones tropicales, subtropicales y templadas en todo el mundo (Eckert *et al.*, 2001), con una prevalencia variable (Bashan 1999).

El medio de cultivo usado por excelencia para el enriquecimiento de las especies de *Azospirillum* ha sido el NFB semigelificado “libre” de nitrógeno y con malato como fuente de carbono (Döbereiner *et al.*, 1976). El cultivo puro se logra en diferentes medios de laboratorio, al que se le añade color rojo congo (Rodríguez, 1982). En este medio de cultivo *A. brasilense* y *A. lipoferum*, toman un color rojo escarlata que permite la diferenciación de otros géneros bacterianos.

Identificación

El género *Azospirillum* pertenece a la subclase alfa de las protobacterias (Young, 1992), siendo *A. lipoferum* la especie tipo (Tarrand, *et al.*, 1978).

Existen diversas pruebas para el reconocimiento de las especies de *Azospirillum* entre ellas las bioquímicas y las inmunológicas. Algunas características útiles en la identificación rutinaria son la forma vibroide, el pleomorfismo y su movilidad en espiral (Döbereiner, 1992).

Inoculación y Respuesta Agronómica

Inicialmente *Azospirillum* fue probado para la explotación agronómica como resultado de su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y su íntima asociación con raíces de cereales y céspedes. Lo cual puede resultar en importantes cambios en varios parámetros significativos para la planta, pudiendo o no tener efectos en la producción de la cosecha. En experimentos realizados a lo largo de 20 años en todo el mundo, se ha reportado que se puede incrementar el rendimiento de los cultivos hasta cerca de un 30 por ciento, pero la reproducibilidad es baja, por lo que se consideran estos resultados inconsistentes e impredecibles.

En varios trabajos se ha otorgado a la bacteria mayor importancia a la producción de sustancias como las auxinas más que a la fijación de nitrógeno, observándose un decremento en la longitud de la raíz y un incremento en la formación de pelos radiculares. Dobbelaere *et al.*, (1999) demostraron que la inoculación de *A. brasilense* en semillas tienen un efecto pronunciado sobre el desarrollo y la morfología de las raíces; a bajas concentraciones como 10^6 UFC ml^{-1} es casi tan alta como para inducir la elongación de la raíz y fuertemente inhibida a altas concentraciones celulares (10^{-9} UFC ml^{-1}). También se ha observado en plantas inoculadas un aumento en la absorción de minerales y agua en plantas de trigo, maíz y sorgo en invernadero y campo (German *et al.*, 2000).

Mendoza (1996) analizó el efecto de cepas nativas de *Azospirillum* spp., aisladas de raíces de maíz sobre el rendimiento y calidad de grano de maíz Lucio Blanco, AN-361) y comparó estos efectos con los obtenidos con fertilización química bajo condiciones de invernadero y campo. Comparando el efecto de estas, la fertilización química y el testigo. Los mejores efectos en la fenología del cultivo (emergencia, floración, altura de planta y madurez fisiológica) fueron aquellos en los que se inoculó el cultivo con *Azospirillum* sp y *A. brasilense*.

Mendoza *et al.*, (2006), Determinaron la concentración de UFC ml⁻¹ en *Azospirillum* sp, por el método de dilución y la concentración que utilizaron fue de 3 x 10⁶ UFC ml⁻¹ en granos de trigo.

Medina *et al.*, (1997) al evaluar la respuesta del tomate al inocularse con *A. brasilense* y *A. lipoferum* en concentraciones de 10⁷ y *A. Chroococcum* con 10⁸, reportaron diferencia significativa en tratamientos para la altura de la planta y la masa fresca al momento del trasplante, en comparación del testigo sin inocular.

Hernández *et al.* 2008) evaluaron tres cepas del género *Azospirillum* sp (C3 y C5 (aisladas de raíces de trigo) y C7 (maíz)) utilizaron una concentración de 10⁹ UFC ml⁻¹, y fertilización química en la producción de pimiento morrón, reportaron diferencias estadísticas (p< 0.05) ara la variable peso seco del tallo en la primera evaluación, estacando la cepa 7 con 47 y 30 por ciento más que el testigo y fertilizante químico; la biofertilización con *Azospirillum* sp. (Cepa 5)

manifiesta una mayor influencia sobre el área foliar de las plantas y superó al testigo 30 por ciento.

Mendoza *et al.* (2007) reportan que la variedad de trigo jupare al biofertilizarse con *Azospirillum* a una concentración 10^9 ufc ml^{-1} . El rendimiento incrementó en 44% en el ejido Tokio, 27.6 % en Los Lirios y 45% en Cerro de agua.

La mezcla de diferentes cepas de *Azospirillum* también es una buena alternativa Molina *et al.*, (2009) al inocular semillas de tomate cherry con cepas 3, 5 y 7 (individuales, la combinación de dos cepas y la mezcla de las tres) a una concentración de 10^9 UFC ml^{-1} , un testigo comercial (Biosyme) testigo absoluto (agua destilada) obtienen como resultado que la C5 y C3+C5 de *Azospirillum sp* promueven la germinación y aumenta en contenido de materia seca en plántulas.

La inoculación con *Azospirillum* a diferentes tiempos no tiene influencia significativa en el rendimiento aéreo y radicular del sorgo, sin embargo, a diferentes dosis, (1 y 3 ml) y concentraciones de (10^4 y 10^8 UFC ml^{-1}) los resultados difieren (Hernández *et al.*, 1996).

Dos variables que contribuyen a la respuesta del rendimiento a la inoculación son los cultivares, los cuales muestran respuestas diferentes a la inoculación, el genotipo y la fertilización nitrogenada son dos variables que contribuyen en respuesta del rendimiento, por lo tanto, la inoculación de

Azospirillum sp puede considerarse un sustituto parcial de la fertilización nitrogenada (Schloter y Hartmann, 1998).

Según Bashan (1998) *Azospirillum* provoca una absorción más efectiva de nutrientes, lo que explica la acumulación de compuestos nitrogenados en las plantas sin existir una aparente fijación biológica de nitrógeno.

Terry (1998), encontró resultados sobresalientes en siete cultivos diferentes con la inoculación con *Azospirillum brasilense* incrementando el rendimiento de las plantas, así como cambios en la fisiología de plantas de tomate, berenjena, pimiento y algodón; el incremento del rendimiento fue entre 18 y 16%.

Terry (2005), al seleccionar el género microbiano predominante en las rizosfera inoculó y evaluó el efecto en respuesta del cultivo, y reporta que los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces*, forman parte de la comunidad microbiana de la rizosfera del tomate, en las condiciones estudiadas, y que *Azospirillum* es el género dominante. La inoculación artificial de esta rizobacteria causó un efecto positivo sobre el crecimiento de las plántulas, así como en el estado nutricional de las plantas, con un rendimiento agrícola superior, las plantas inoculadas obtuvieron una producción de 1.365 kg por planta y el testigo 1.211, superando un 11 %.

Díaz Vargas *et al.* (2001), al realizar inoculaciones en el cultivo de lechuga con bacterias promotoras de crecimiento vegetal, como *P. fluorescens* S2PS y

Beijerinckia indica (S5-BE y R2P2B) se incrementó el área foliar en 253.8 y 209.2 cm² respectivamente, en relación al testigo con 74.62 cm²

Componentes de Calidad del Tomate

En la actualidad el consumir hortalizas ha sido una actividad importante por el valor nutritivo que las caracterizan y además por la infinidad de variedades, color y sabor que hacen que estas sean atractivas. Se ha tomado el interés de consumirlas por el contenido de nutrientes que contienen y que ayudan a llevar una vida saludable. Las condiciones del cultivo, las variedades, climas y formas de preparación del alimento, influyen en el valor nutritivo (López, 2003).

Firmeza

La reducción de consistencia de los frutos es una consecuencia de la actividad de la enzima poligalactouronasa (PG) sobre las pectinas y las paredes celulares, provocando cambios en las características de los tejidos que conducen al ablandamiento. En los frutos verdes no existe actividad enzimática PG, pues solo existe información de su actividad durante la maduración la consistencia de los frutos es percibida por el tacto entre los dedos y durante la masticación y puede determinarse instrumentalmente empleando un penetrometro (Nuez *et al.*, 1996).

Forma

Es una variable según los cultivares (esférica, achatada, forma de esfera). El tamaño es otro de los factores empleados en la tipificación del tomate para consumo fresco (según el diámetro ecuatorial) (Nuez *et al.*, 1996).

Contenido de azúcares (° Brix)

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta. Se determinan empleando un refractómetro calibrado y a 20 °C. Si la pulpa o jugo se hallan a diferente temperatura se podrá realizar un ajuste en grados Brix, según la temperatura en que se realice la lectura. (<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p7.htm>)

Componentes Químicos del Tomate

Minerales

Durante el desarrollo de un cultivo, los elementos nutritivo deben suministrarse en proporciones adecuadas, es decir, debe haber un balance nutricional para lograr una buena calidad (forma, color, tamaño, firmeza, etc.) y altas producciones por unidad de superficie (Konrad, 1982).

Los minerales en plantas son necesarios para su crecimiento, intercambio energético, formación de nuevos órganos, continuidad de la especie, entre otros procesos (Sánchez, 1984). Influencian en el crecimiento, y en la tolerancia y resistencia de las plantas a patógenos (Velasco, 1999). Las funciones de los minerales en la planta son muy variados y diversos, debido a que cada uno tiene una multifuncionalidad. Forman parte de las enzimas que aceleran y hacen posible las reacciones químicas en las plantas (Sánchez, 1984).

Serrano (1990) plantea que el nitrógeno actúa sobre el desarrollo vegetativo (crecimiento); forma parte de los compuestos orgánicos; es un componente esencial de la molécula de clorofila actuando fundamentalmente en la formación de este pigmento, retrasa la maduración de los frutos y estos, con exceso de nitrógeno, tienen menos azúcar.

La fuente final del nitrógeno utilizado por las plantas es el gas inerte N₂, que constituye aproximadamente el 78% de la atmósfera terrestre. Sin embargo, esta forma elemental no es utilizable por las plantas superiores.

Los caminos principales por los que el nitrógeno es convertido en formas utilizables son los siguientes (Tisdale y Nelson, 1991).

- Fijación biológica por Rizobia y otros microorganismos que viven Simbióticamente en las raíces de las leguminosas y otras plantas
- Fijación biológica por microorganismos que viven libremente en el suelo, y quizás por organismos que son endófitos de plantas tropicales.
- Fijación química como alguno de los óxidos de nitrógeno, por las descargas eléctricas atmosféricas.

Según Papadopoulus (1991) el nitrógeno contribuye más a los componentes vegetativos (hojas y tallos) de las plantas que a los componentes reproductivos (frutos). Altos índices de nitrógeno inducen un crecimiento vegetativo, vigoroso con el detrimento de la producción de frutos. Sin embargo, bajo condiciones de calor y luminosidad, elevados niveles de nitrógeno pueden ser incrementados para permitir que la planta continúe creciendo y realice el máximo de producción potencial de frutos.

Un exceso de nitrógeno se evidencia por tallos fuertes y gruesos, hojas encrespadas en la base de la planta, grandes racimos y flores así como pobre endurecimiento de los frutos.

Fosforo: En el cultivo de 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 aparecen las hojas viejas es un verde negruzco o azulado que puede estar acompañado con tintes o bronceados purpuras (Wilcox, 1996).

El fósforo es de gran importancia para la germinación de las semillas, el metabolismo de las plántulas y el desarrollo de las raíces (Tisdale y Nelson 1991).

Aunque el fósforo es usado en cantidades más pequeñas que el nitrógeno y el potasio, su presencia es necesitada continuamente. Inicialmente, el fósforo es importante para el crecimiento de las raíces especialmente bajo condiciones

de frío, pero este también tiene un profundo efecto tanto en el crecimiento vegetativo como en el endurecimiento del fruto. Los síntomas de deficiencia incluye un color púrpura de las venas y el tallo, así como pobre desarrollo de los racimos (Papadopoulus, 1991).

Las plantas de tomate deficientes de fósforo producen brotes raquíticos, con hojas pequeñas de color glauco que se tiñen fuertemente de morado opaco y foliolos curvados hacia atrás sufriendo una caída prematura de las hojas más viejas (Djassi, 1994). Específicamente en el tomate, una deficiencia de fósforo atrasa el momento del trasplante, así como retarda la diferenciación de las yemas florales, resultando en una disminución del número de frutos por planta.

El papel del fósforo en la fructificación ha sido planteado por numerosos autores. El elemento ayuda a la mejor regulación entre los órganos vegetativos y generativos y es importante para la obtención de rendimientos tempranos o precoces (Hacho, 1995).

Peña (1991), plantea que un déficit de fósforo entre los 15 y 25 días posteriores a la germinación, puede llegar a retrasar la recolección en dos o tres semanas. Un síntoma característico es la presencia de una coloración violeta, debido a la antocianina, que generalmente ocupa el ápice y los bordes de las hojas hasta cubrirlas completamente si la deficiencia persiste.

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

El potasio es un elemento esencial para un buen desarrollo del cultivo del tomate, y su extracción puede alcanzar hasta 112 kilos por hectárea. Este elemento tiene importancia preponderante en la firmeza y la calidad organoléptica del fruto e interfiere en la uniformidad de la maduración (Maestrey, 1986).

Este elemento se encuentra en el suelo en tres formas: no intercambiable o fijo, intercambiable y soluble. Aunque el contenido total en el suelo es relativamente elevado, la mayor parte es no intercambiable y por ello no puede ser aprovechado directamente por la planta (Jacho, 1995).

Así mismo, Ruiz (1991) plantea que debido a que la absorción de potasio se realiza principalmente en las últimas semanas y que debe mantenerse en equilibrio adecuado de nitrógeno. Se aconseja, en muchos casos, fraccionar la aportación de este elemento de modo similar a como se hace con el nitrógeno, sobre todo en los cultivos intensivos.

Antioxidantes

Vitamina C. La vitamina C o enantiómero L del ácido ascórbico, es un nutriente esencial para los mamíferos. La presencia de esta vitamina es requerida para un cierto número de reacciones metabólicas en todos los animales y plantas y es creada internamente por casi todos los organismos, siendo los humanos una notable excepción.

El ácido ascórbico es cofactor para numerosas enzimas como las hidroxilasas y dioxigenasas, algunas de las cuales están implicadas en la biosíntesis de fitohormonas y en metabolitos secundarios (Lorence *et al.*, 2004). En las plantas la síntesis del ácido ascórbico es por vía L-galactosa y L-galactona (Chen *et al.*, 2003).

Esta vitamina se encuentra presente en tomate; un tomate de 100 g cubre el 45% de las necesidades diarias de un adulto sano, que al consumirse en forma cruda mantiene intacto el contenido de vitamina C, que es de 26.6 mg; en caso de zumo debe consumirse inmediatamente después de haberlo obtenido para evitar su descomposición.

La vitamina c tiene un importante papel en la formación del colágeno, sustancia que cohesiona las células en los tejidos de la piel, aumentando la resistencia a las infecciones (Martínez, 2001).

**BIOFERTILIZACIÓN LÍQUIDA EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) CON
ACOLCHADO PLÁSTICO Y EVALUACIÓN DE SUS CARACTERES BIOQUÍMICOS
Y AGRONÓMICOS**

**Diana María Sifuentes Saucedo^{1*}, Rosalinda Mendoza Villarreal¹, Valentín
Robledo Torres¹, Adalberto Benavides Mendoza, Luis Rodríguez Gutierrez²,
Ángel Y. Espinoza Cornejo², Blanca Araceli Rojas Méndez²**

¹ Departamento de horticultura, ² Departamento de Ciencias Básicas, ³ Departamento de Estadística y Cálculo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP: 25315, tel. 844 4 11 02 88.

**Autor para correspondencia (rosalindamendoza@hotmail.com)*

RESUMEN

Una alternativa muy importante que puede utilizar la agricultura ecológica es la utilización de Biofertilizantes como alternativa viable para incrementar la producción y disminuir el uso de fertilizantes químicos, entre los que se encuentran microorganismos del género *Azospirillum*. El experimento se realizó en el ciclo primavera-verano 2009, con el objetivo de evaluar el efecto de *Azospirillum* en el cultivo de tomate. Iniciando con la inoculación de semillas de tomate de la variedad rio grande con un formulado líquido obtenido en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se aplicaron tres cepas nativas del género *Azospirillum sp.* (Cepa 3, 5, 7 y las mezclas de ellas) aisladas de las raíces de trigo (5) de Saltillo, Coahuila y maíz (3 y 7) de Torreón, Coah. Utilizando una concentración de 10^9 UFC ml^{-1} distribuidas en siete tratamientos y un testigo químico (Fertidrip Urea BB) como octavo tratamiento. En campo se distribuyeron bajo un diseño de bloques al azar, en surcos con acolchado plástico y sin él. Las variables evaluadas fueron; rendimiento, área foliar, altura de planta, diámetro polar y diámetro ecuatorial, firmeza, vitamina C sólidos solubles y minerales. En rendimiento se encontró que la mezcla de las cepas 5-7, incremento un 30% en comparación con el testigo; el área foliar se incrementó con la mezcla de las cepas 5-7 en 24.3%, mientras que en altura de la planta, sólidos solubles vitamina C y firmeza no hubo diferencia significativa, en las concentraciones ni en la interacción que causa el aplicar cepas y tener el suelo cubierto o sin cubrir con acolchado plástico. En el contenido de minerales

en fruto no hay diferencia significativa en los macro elementos, excepto el potasio que supera al testigo un 29 % con la mezcla de la cepa 5-7, en la interacción de cepas y suelo acolchado la cepa 5-7 son mejores y en el suelo sin acolchar la cepa 7. En los micronutrientes existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en Cu, Mn y Fe. El cobre el tratamiento con la cepa 7 supera al testigo un 40 %, en Mn la cepas 3-7 supera al testigo 43 % en el suelo acolchado; en Fe el mismo tratamiento sigue comportándose de la misma manera superando al testigo sin embargo en la interacción el contenido de Fierro esta en el suelo sin acolchar. Conforme a los resultados obtenidos la inoculación con cepas de *Azospirillum* sp incrementa el rendimiento, área foliar y longitud de tallo en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Palabras clave: Inoculación, Tomate, *Azospirillum* sp., Rendimiento, acolchado plástico negro.

**LIQUID BIOFERTILIZACIÓN IN TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill) WITH
QUILTED PLASTIC AND EVALUATION OF HIS BIOCHEMICAL AND AGRONOMIC
CHARACTERS**

ABSTRACT

A very important alternative that can be used in organic farming is the use of bio-fertilizers as a viable alternative for increasing production and reducing the use of chemical fertilizers, among which are micro-organisms of the genus *Azospirillum*. The experiment was conducted during the spring-summer 2009, with the aim of assessing the effect it has in the *Azospirillum* tomatoes. Starting with the inoculation of tomato seeds of the variety Rio Grande with a formulated liquid obtained at the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro were applied three native strains of the genus *Azospirillum* sp. (Race 3, 5, 7 and mixtures thereof) isolated from the roots of wheat (5) Saltillo, Coahuila, and corn (3 and 7) from Torreon, Coah. Using a concentration of 10^9 CFU ml⁻¹ distributed in seven treatments and chemical control (Urea Fertidrip BB) as the eighth treatment. In the field, were distributed under a randomized block design in drills with and without plastic mulch, Variables evaluated were yield, leaf area, plant height, diameter, polar and equatorial diameter, firmness, soluble solids, vitamin C and

minerals. return we found that the mixture of strains 5-7, a 30% increase compared with the control, leaf area increased with the mixture of strains 5-7 in 24.3%, while in height of the plant soluble solids and firmness, vitamin C was no significant difference in concentrations or in the interaction that causes strains and have applied the soil covered or not covered with plastic mulch. The mineral content of fruit no significant difference in the macro elements, except potassium which exceeds the control by 29% with the mixture of strain 5-7, in the interaction of strains and strain padded floor are 5-7 best and soil without mulch strain 7. In the micronutrients significant difference ($P \leq 0.05$) in Cu, Mn and Fe Copper strain treatment 7 than the control by 40%, Mn 3-7 strains exceeds the 43% witnessed the padded floor; Fe in the same treatment continues to behave in the same way by beating the witness in the interaction but the iron content is on the floor without padding. According to the results of inoculation with *Azospirillum* sp strains increases the yield, leaf area and stem length in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Key words: Inoculation, Tomato, *Azospirillum* sp. Performance, black plastic mulch.

INTRODUCCION

En México el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza más importante por la superficie plantada, producción obtenida, captación de divisas, generación de empleos y porque forma parte de la dieta alimenticia de los mexicanos. De acuerdo al Servicio de la Información Estadística y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, la producción total nacional en el 2009 fue de 1, 559, 800 toneladas (SIAP, 2009).

El ambiente está siendo afectado por diversos factores como los fertilizantes químicos y para disminuir el daño se han propuesto varias alternativas que abarcan desde la modificación genética de las plantas además de los biofertilizantes orgánicos (Peter et al, 2001).

Entre los biofertilizantes se encuentran las bacterias del género *Azospirillum* clasificadas como proteobacterias (Young, 1992) ya que habitan en la rizósfera de las plantas, y tienen un efecto positivo al fijar nitrógeno atmosférico (Puente y Peticari, 2006) lo que impacta el desarrollo vegetal (Zhang *et al.*, 1996). Incrementando el rendimiento en plantas de importancia agrícola (Bashan *et al.*, 1996; Dobbelaere *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2002). Estudios en sorgo muestran el incremento de rendimiento en 5% y 23% con la cepa nativa CBG – 497 de *A. brasilense* en parcelas establecidas en la zona norte de Tamaulipas (Mendoza, *et al.*, 2004), en trigo duro de 27 a 45 % en la

variedad jupare inoculado foliarmente con cepas nativas de *Azospirillum* sp en Coahuila (Mendoza *et al.*, 2009) además, Hernández *et al.*, (2002) reporta efectos significativos en rendimiento de 30 a 40% en cultivos básicos (cereales y leguminosas). Hernández *et al.*, (2008) en pimiento morrón, obtuvo incrementos en rendimiento así como el área foliar con cepas nativas 3, 5 y 7 de *Azospirillum* sp.

La concentración de inoculo (*Azospirillum*) aplicado a semilla o foliar varía de acuerdo al cultivo; por ejemplo Mendoza *et al.* 2006), determinaron la concentración de UFC ml⁻¹ en *Azospirillum* sp, por el método de dilución y la concentración que utilizaron en granos de trigo fue de 3 x 10⁶ UFC ml⁻¹. Abril *et al.*, (2005) utilizaron concentraciones de 10⁸ UFC ml⁻¹ para cereales, y Hernández, *et al.*, 2008, utilizó 10⁹ UFC ml⁻¹ en pimiento morrón.

Terry, (2005) inoculó los géneros *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces*, aislados de la rizósfera del tomate, encontrando que *Azospirillum* es el género dominante, éste causó un efecto positivo sobre el crecimiento de las plántulas y estado nutricional además de un rendimiento agrícola superior a un 11 % con respecto al testigo.

El uso de los plásticos en la agricultura ha permitido incrementar la calidad y producción de tomate con el uso de acolchado negro (Robledo, *et al.*, (2007), así como la retención de humedad y la conservación de los nutrientes en el suelo (Cortés, 2002; y Robledo, 2004). El objetivo de este trabajo es

biofertilizar el cultivo de tomate con tres cepas de *Azospirillum sp* individuales y mezcladas a 10^9 UFC ml⁻¹ utilizando acolchado negro y evaluar su efecto en los caracteres agronómicos y bioquímicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Saltillo, en primavera del 2009. Antes de establecer el experimento se realizó un análisis de suelo para conocer el nivel de fertilidad Cuadro 1; posteriormente se inoculó semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio Grande de crecimiento determinado imbibiendo la semilla por 24 h con un formulado líquido con 10^9 UFC ml⁻¹ con cepas nativas de *Azospirillum sp* que fueron extraídas de raíces de maíz (3 y 7 de Torreón, Coahuila) y trigo (5 de Saltillo Coahuila), la siembra se realizó en ocho charolas de poliestireno de 200 cavidades en peat moss, una vez emergidas (90-95% de germinación) se hicieron 2 aplicaciones de cepas (con diferencia de 15 días entre aplicaciones). Al mes de la siembra se realizó el trasplante en campo en Buenavista Coahuila, bajo un diseño de bloques completos al azar, con ocho tratamientos que incluye cepas individuales y mezcladas: T1: cepa 3, T2: Cepa 5, T3: cepa 7, T4: cepas 3-5, T5: cepas 3-7, T6: cepas 5-7, T7: cepas3-5-7, T8: Testigo químico (Fertidrip Urea BB 2.5 g L⁻¹), se distribuyeron al azar en nueve surcos con acolchado negro (de 37.5 µm de espesor calibre 150 de 1.20m de ancho) y nueve sin

acolchado, los surcos de 22 m de largo, un sistema de riego por cintilla, a una distancia entre surcos fue de 1.20 m y entre plantas de 0.30 cm. Durante el desarrollo del cultivo se aplicó en el riego P, K, Fe, Ca, Mg y Cu. Las cepas y el testigo químico (Urea BB) se aplicaron foliarmente.

El análisis estadístico incluyó los factores; suelo (acolchado y sin acolchar) y cepas (individuales y mezcladas).

Las variables agronómicas se obtuvieron durante el desarrollo del cultivo se midió la altura de planta en tres etapas fenológicas (trasplante, floración y corte de fruto) se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta el ápice final, el área foliar se determinó con el medidor portátil de área foliar (portable área meter Li-cor mod. LI-3000^a), midiendo todas las hojas.

La cosecha se realizó en los meses de julio- agosto 2009, obteniendo el rendimiento en siete cortes, se seleccionaron tres frutos para las variables de calidad de fruto; para el tamaño de frutos (diámetro polar y ecuatorial) se utilizó un vernier, la firmeza se determinó con un penetrómetro (FT01 de 500 g) y los sólidos solubles totales (°Brix) se obtuvieron moliendo los tomates seleccionados con un refractómetro (ATC-1E a 32°).

Los frutos de tomate se pusieron a secar en una estufa a 60°C para la determinación de minerales, los macrominerales nitrógeno y fósforo se determinaron por el método microKjeldahl (A.O.A.C., 1980) y el fósforo por colorimetría con el método molibdato de amonio (Eaton *et al.*, 1995)

respectivamente, el resto de los macrominerales (Ca, Mg y K) y microminerales (Na, Zn, Cu y Mn) se realizó con el método de digestión húmeda con el equipo de absorción atómica (A. O. A. C. , 1980)

Antioxidantes

Vitamina C (por el método volumétrico de Padayatt *et al.*, 2001)

Se pesaron 20 g de tomate se molió y se le agregaron 10 ml de ácido clorhídrico al 2%, se colocó en el vortex para que se homogeneizaran las muestras durante 20 minutos, enseguida las muestras fueron filtradas en matraces, aforándolas con 100 ml de agua destilada, después se procedió a titular con el reactivo de Thielman y anotando los mililitros gastados de cada muestra para calcular el contenido de vitamina C reportado en mg L^{-1} de cada tratamiento basados en la fórmula según (Chechetkin *et al.*, 1984).

Donde; K es 0.088, VT= volumen total, VA= volumen alícuota, W= peso de la muestra.

CUADRO 1. Resultados del Análisis del Suelo realizado en campo, antes del trasplante, en el departamento de Horticultura.

Registr o	No. de muestra	Prof undi dad	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CO ₃ %	CIQ meq/10 Ogr	pH	CE mmhos/cm	Textura			Clase textural
											Arena %	Arcilla %	Limo %	
1	2		2.9	0.15	55.8	200	11.0		8.3	1.2	18	40	42	Arcilla Limosa
2	1		2.9	0.15	77.4	200	9.0		8.3	1.0	12	40	48	Arcilla Limosa

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Suelo Con y Sin Cubierta Plástica

Se realizó el ANVA y la prueba de comparación de medias (DMS) resultando diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) en las plantas que estuvieron en el suelo con cubierta plástica en las variables agronómicas (área foliar, altura de planta y rendimiento) y de calidad del fruto (firmeza y forma), (Cuadro 2) este comportamiento puede explicarse al hecho de que el acolchado plástico es una técnica empleada en los cultivos para favorecer las condiciones adversas del medio ambiente estos resultados reflejan principalmente las ventajas de utilizar acolchado plástico, que nos permite la conservación de la humedad y los nutrientes del suelo, (Cortes, 2002), favoreciendo el incremento y calidad de la producción en diferentes especies hortícolas (Robledo, *et al.*, 2004). A si mismo Robledo, *et al.*, (2007) reporta que el utilizar acolchado negro

incrementa el rendimiento en el cultivo de tomate, a su vez Eltez y Tüzel, (1994) al evaluar el comportamiento de tomate en invernadero con cubierta color blanca y negro en ciclo primavera y otoño, obtienen incrementos en rendimiento total y mayor precocidad en el ciclo primavera con el plástico color negro. Por su parte Ibarra *et al.*, (2001) indica que el acolchado plástico blanco, acolchado plástico negro y acolchado coextruido blanco sobre negro registraron los mayores rendimientos con 35.4, 35.2 y 31.1 t·ha⁻¹, respectivamente, mientras que en el testigo sin acolchar alcanzó un valor de 21.4 t·ha⁻¹ en *Cucúrbita pepo* L. coinciden con los resultados obtenidos en tomate en este experimento el suelo con cubierta superó al suelo desnudo un 30% en rendimiento.

CUADRO 2. Comparación de medias del efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum* sp a 10⁹ UFC ml⁻¹ en variables agronómicas y de calidad en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Variedad Rio grande UAAAN, 2009.

Tratamiento	AF (cm ²)	L (m)	R Kg	DP (cm)	DE (cm)	SS (g)	F (kgf)	VIT C (mg 100 g ⁻¹)
Acolchado	68.49a	31.75a	2067.929a	59.30a	48.07a	5.06b	2.30b	18.98a
Sin acolchar	48.57b	27.59b	1427.794b	56.92b	45.88b	5.40a	2.55a	13.52b
C.V.%	18.60	10.58	19.70	6.86	5.51	7.08	23.93	27.61

En el contenido de minerales en el fruto de tomate, no hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) sin embargo las plantas que estuvieron en el suelo acolchado su contenido fue más alto, difiere en el magnesio (Mg) que en suelo sin acolchar es mejor numéricamente un 5 % (Cuadro 3); este comportamiento puede explicarse por el hecho de que el acolchado plástico participa en la asimilación de nutrientes,; promoviendo así la nitrificación y la disponibilidad de nutrimentos en el suelo para las plantas, Cortes (2002) menciona que el utilizar acolchado plástico permite la conservación de la humedad y los nutrientes del suelo. En el caso del hierro (Fe) muestra diferencia significativa y el mejor tratamiento fue el suelo sin acolchar, Cuadro 3.

CUADRO 3. Comparación de medias en el contenido de minerales (N, P, K, Ca, Mg) en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Variedad Río grande utilizando biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum* sp a concentración de 10^9 UFC ml⁻¹. UAAAN, 2009.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg
	%	%	ppm	ppm	ppm
Con Acolchado	2.28a	0.319a	11170.83a	1375.00a	890.83a
Sin Acolchado	2.24a	0.307a	6014.58 b	1160.41a	933.33a
C.V. %	28.34	23.57	10.26	52.28	24.89

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS a $P \leq 0.05$)

CUADRO 4. Comparación de medias en el contenido de minerales (Cu, Zn, Mn, Na y Fe) en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Variedad Río grande utilizando biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum* sp a concentración de 10^9 UFC ml⁻¹. UAAAN, 2009.

Tratamientos	Cu	Zn	Mn	Na	Fe
Con acolchado	6.16 a	44.14 a	6.43 a	2656.25 a	814.58 b
Sin acolchado	5.35 a	42.81a	5.81 a	3356.25 a	1239.58 a
C.V.%	38.46	27.25	28.10	41.75	31.72

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS a $P \leq 0.05$)

Rendimiento

Con relación al rendimiento se realizó el ANVA, existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) se realizó la prueba de comparación de medias DMS, los resultados muestran que hubo un efecto favorable al inocular con *Azospirillum* sp., específicamente la mezcla de las cepas 5-7 (Figura 1). ante el resto de los tratamientos, con un incremento de hasta un 30 por ciento en comparación con el testigo, demostrándose así la eficiencia de esta rizobacteria haciendo referencia que el suelo estaba extremadamente pobre en relación al nitrógeno, con estos resultados aumentamos la posibilidad de utilizar microorganismos del suelo que pueden aumentar el rendimiento y el contenido de nutrientes, Bashan y Vázquez, (2000) argumentan que el efecto de la inoculación con *Azospirillum* sp sobre el rendimiento total aumenta generalmente con el crecimiento de las plantas y está en un rango de 10- 30%, aunque tratamientos la mezcla de las

tres cepas 3-5-7 y 3-7 también incrementaron el rendimiento en 24.3 y 23.5% respectivamente estos incrementos coinciden con lo que reportan (Hernández *et al.*, 2002), en cultivos básicos (cereales y leguminosas) que tiene un aumento del 30 y 40 % inoculando con *Azospirillum*.

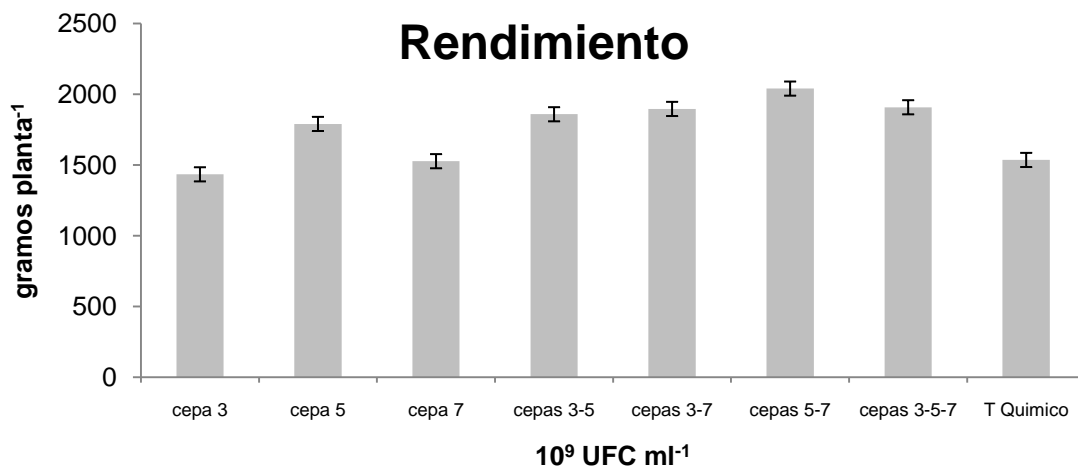


FIGURA 1. Efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezclas de *Azospirillum* sp a concentración de 10^9 UFC ml⁻¹ en la variable rendimiento en tomate (*lycopersicon esculentum* Mill.) Variedad Río grande. UAAAN, 2009. Valores con la misma letra son iguales (DMS a $P \leq 0.05$)

Área Foliar y Altura de Planta

El Cuadro 5 muestra los resultados obtenidos al realizar el ANVA en las variables área foliar y altura de la planta con diferencia estadística ($P \leq 0.05$) en área foliar, se realizó la prueba de comparación de medias DMS, la variable altura de planta no existe diferencia significativa y la aplicación de cepas de *Azospirillum* sp se comporta de manera similar al testigo, los resultados ilustran

que la aplicación de *Azospirillum sp.* Incrementó 24.3% el área foliar de las plantas en comparación con el testigo, siendo la mezcla de las cepas 5-7 la mejor, estos resultados coinciden con lo que reportan (Terry *et al.*, 2005) al inocular tomate con *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* y *Streptomyces*, obtuvieron plantas más vigorosas con la inoculación de *Azospirillum*. Las plantas inoculadas con *Azospirillum brasilense* estimulan su crecimiento y desarrollo presentan una mayor capacidad de absorber agua y nutrientes del suelo a través del estímulo del sistema radicular. Hernández *et al.*, (2008), obtiene resultados similares con la biofertilización con *Azospirillum sp.* (Cepa 5) y manifiesta una mayor influencia sobre el área foliar de las plantas que superaron al testigo 30%, en pimiento morrón.

CUADRO 5. Comparación de medias del efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum sp* a concentración de 10^9 UFC ml^{-1} en área foliar y longitud de tallo en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) variedad Rio grande UAAAN, 2009.

Tratamientos	Área Foliar (cm^2)	Altura de Planta (cm)
cepa 3	50.52 ba	24.45 a
cepa 5	57.31 ba	28.93 a
cepa 7	47.77 b	27.88 a
cepa 3-5	59.0 ba	28.5 a
cepa 3-7	63.8 ba	31.58 a
cepa 5-7	68.35 a	30.09 a
cepa 3-5-7	60.87 ba	30.65 a
Testigo químico	60.48 ba	31.28 a

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS a $P \leq 0.05$)

Calidad del Fruto

En la prueba de comparación de medias (DMS) podemos observar los resultados obtenidos en las variables firmeza, diámetro polar, ecuatorial y sólidos solubles, no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) podemos decir que la inoculación con *Azospirillum* sp., favorece respecto a la calidad del fruto ya que existe diferencia numérica en relación a la fertilización química, en firmeza superó al testigo en 22 % con la mezcla de cepas 5-7. Cuadro 6. La calidad de los tomates está influenciada por la dureza de la epidermis, la firmeza de la pulpa y la estructura interna del fruto, cuanto mayor sea su firmeza mayor será su vida de anaquel, y los consumidores preferirán un fruto firme para consumirlo en fresco (Jurado, 2008). En diámetro polar y ecuatorial incrementan 5 y 8 por ciento comparando con el testigo químico (Urea BB).

En sólidos solubles totales el testigo es el que tiene frutos con mayor contenido de azúcar, sin embargo, Biacs y Dado (2000), menciona que sabor óptimo está entre 4 y 6 ° brix, con esto podemos decir que la aplicación de *Azospirillum* no altera el contenido de azúcar del tomate ya que los resultados muestran que los tratamientos con las cepas están dentro del nivel óptimo.

Cuadro 6. Comparación de medias del efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezclada con *Azospirillum* sp a concentración de 10^9 UFC ml⁻¹, en la calidad del fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio grande UAAAN, 2009.

Tratamiento	Diámetro Polar (cm)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Sólidos solubles totales(° Brix)	Firmeza (Kgf)
Cepa 3	59.00 a	48.71 a	5.15 a	2.17 a
Cepa 5	59.24 a	47.22 a	5.20 a	2.44 a
Cepa 7	59.12 a	47.65 a	5.48 a	2.47 a
Cepa 3-5	59.36 a	48.21 a	5.16 a	2.09 a
Cepa 3-7	56.33 a	46.66 a	5.40 a	2.51 a
Cepa 5-7	58.28 a	46.69 a	5.42 a	3.08 a
Cepa 3-5-7	56.13 a	45.78 a	5.16 a	2.21 a
Testigo Químico	57.46 a	44.86 a	5.88 a	2.41 a
CV %	6.86	5.51	7.08	23.93

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS a $P \leq 0.05$)

Minerales

La prueba de comparación de medias (DMS) muestra que no existe diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el contenido de nitrógeno total en fruto, pero fue superior la mezcla de las cepas 3-7 con 24 % respecto al testigo químico, (Cuadro 7) coincide con lo que resultados de Hernández *et al.*, (2008) donde la cepa 5 fue al mejor en plantas de pimiento morrón inoculadas con *Azospirillum* sp en formulado líquido. En P, Mg y Ca no ha diferencia estadística, la aplicación de *Azospirillum* aumenta el contenido de nutrientes en el fruto de tomate 19, 33, 31 % en relación al testigo respectivamente; en el caso de

potasio hubo diferencia significativa, en las concentraciones y en la interacción con el acolchado la cepa 7 y la mezcla de la cepas 5-7 presentaron mayor contenido de potasio superó al testigo un 28 %, en la interacción el contenido de potasio en frutos que estuvieron en suelo acolchado la mezcla de cepa 5-7 es la mejor 35 %, y el suelo sin acolchar la cepa 7, siguen superando al testigo un 42 % (Cuadro 9), el resultado de la inoculación con la rizobacteria, es favorable puesto que el contenido de nutrientes en frutos si supero al testigo esto se debe a que *Azospirillum* hace disponibles los nutrientes presentes en el suelo y la planta los asimila mejor su vez Guerrero, (1996) reporta que el uso de *Azospirillum* como inoculante microbiano en la agricultura aumenta la productividad en los cultivos e interviene en la fijación biológica de nitrógeno, aumenta la disponibilidad de nutrientes en la solubilización y absorción de elementos minerales.

CUADRO 7. Comparación de medias efecto de la biofertilización líquida de cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum* sp a concentración de 10^9 UFC ml⁻¹, en el contenido de minerales en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio grande UAAAN, 2009.

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg
	%	%	ppm	ppm	ppm
Cepa 3	1.65 a	0.256 a	8716.66 b	1250.00a	900.00 a
Cepa 5	2.49 a	0.340 a	8133.33 bc	1425.00a	983.00 a
Cepa 7	2.22 a	0.313 a	10191.66 a	1083.33 a	975.00 a
Cepa 3-5	2.26 a	0.317 a	8633.33 b	1308.33 a	1000.00a
Cepa 3-7	2.83 a	0.374 a	9058.33 b	1741.66 a	958.33 a
Cepa 5-7	2.31 a	0.290 a	10250.00 a	1033.33 a	841.00 a
Cepa 3-5-7	2.20 a	0.311 a	6433.33 d	1100.00a	963.33 a
Testigo Químico	2.13 a	0.304 a	7325.00 cd	1200.00 a	675.00a
C.V%	28.34	23.57	10.26	52.28	24.89

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

CUADRO 8. Comparación de medias efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum* sp a concentración de 10^9 UFC ml⁻¹, en el contenido de minerales (ppm) en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Variedad Rio grande UAAAN, 2009.

Tratamientos	Zn	Fe	Mn	Na	Cu
Cepa 3	38.58 a	991.66bc	6.66 a	3000.00 a	4.75bc
Cepa 5	54.16 a	675.00 c	6.83 a	2533.33 a	7.25ab
Cepa 7	45.75 a	750.00bc	6.25 ab	3150.00 a	8.41a
Cepa 3-5	36.33 a	1075.00ab	7.25 a	3333.33 a	5.50bc
Cepa 3-7	44.75 a	1450.00 a	7.75 a	3808.33 a	4.08c
Cepa 5-7	41.50 a	1133.33ab	4.50 bc	2116.66 a	7.33ab
Cepa 3-5-7	49.00 a	1025.00bc	5.91 ab	3416.66 a	3.75c
T. Q.	37.75 a	1116.66ab	3.83 c	2691.66 a	5.00bc
CV %	27.25	31.72	28.10	41.75	38.46

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS a $P \leq 0.05$).

En el caso de los microelementos el Zn y Na no tienen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) sin embargo numéricamente la cepa 5 en el caso del Zn y la mezcla 3-7 el Na superan al testigo 30 % ambos minerales. En Cu hay diferencias significativas la cepa 5 sigue siendo mejor que el testigo un 40 % (cuadro 8), en hierro y manganeso hay diferencia significativa en los tratamientos de las cepas y en la interacción que causó el aplicar *Azospirillum* sp., con el suelo con cubierta plástica y sin ella existe diferencia en la interacción. En el caso del hierro la mezcla de cepas 3-7 tiene una diferencia 30 por ciento, y en la

interacción el mejor tratamiento es el suelo sin cubierta plástica con la mezcla 3-7, (Cuadro 9). El contenido de manganeso incremento con la cepa 3, y en la interacción entre las cepas y el suelo sin acolchar resulto que las plantas que estuvieron en el suelo acolchado, los frutos tuvieron mayor concentración de manganeso (cuadro 9). Según Bashan (1998), *Azospirillum sp.*, provoca una absorción más efectiva de los nutrientes, lo que explica la acumulación de compuestos nitrogenados en las plantas sin existir una aparente fijación biológica de nitrógeno.

Lo anterior nos demuestra que las plantas inoculadas con cepas nativas de *Azospirillum sp.*, incrementó los contenidos de nutrientes en fruto con respecto al testigo, 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 tienen la ventaja de que se extiende a mayor distancia que los pelos radicales, favoreciéndose la absorción de nutrientes por la planta (Reyes *et al.*, 2008). A su vez, Cuevas *et al.*, (1998) plantean que la inoculación origina una interacción sinérgica, obteniéndose incrementos significativos en el crecimiento y los contenidos nutricionales de las plantas.

CUADRO 9. Prueba de comparación de medias en la interacción de suelo acolchado y sin acolchar y cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum* sp (10^9 UFC ml⁻¹), sobre el contenido de minerales en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Río grande, UAAAN, 2009.

Factor B K	FACTOR A		MEDIA
	ACOLCHADO	SIN ACOLCHADO	
Cepa 3	BCD 11133.33 a	BCD 6300.00 b	8716.66
Cepa 5	E 9450.00 a	ABC 6816.66 b	8133.33
Cepa 7	B 12216.66 a	A 8166.66 b	10191.66
Cepa 3-5	BC 11566.66 bc	CDE 5700.00 b	8633.33
Cepa 3-7	CDE 105.50 a	AB 7566.66 b	3836.08
Cepa 5-7	A 15400.00 a	DEF 5100.00 b	10250
Cepa 3-5-7	E 9166.66 a	F 3700.00 b	6433.33
Testigo Químico	DE 9883.33 a	EF 4766.00 b	7324.665
MEDIA	9865.268	6014.498	
Mn			
Cepa 3	A 9.16 a	BC 4.16 b	6.6
Cepa 5	AB 7.33 a	AB 6.33 b	6.83
Cepa 7	BC 5.66 a	AB 6.83 a	6.24
Cepa 3-5	BC 5.83 a	A 8.66 a	7.24
Cepa 3-7	A 9.00 a	AB 6.50 a	7.75
Cepa 5-7	BC 6.00 a	C 3.00 b	4.50
Cepa 3-5-7	C 4.16 b	A 7.66 a	5.9
Testigo Químico	C 4.33 a	C 3.33 a	3.83
MEDIA	6.43375	5.80875	
Fe			
Cepa 3	A 816.66 a	AB 1166.66 a	991.66
Cepa 5	B 226.66 b	AB 1083.33 a	654.99
Cepa 7	B 116.66 b	AB 1383.33 a	749.99
Cepa 3-5	A 866.66 a	AB 1283.33 a	1074.99
Cepa 3-7	A 1333.33 a	A 1566.66 a	1449.99
Cepa 5-7	A 1050.00 a	AB 1216.66 a	1133.33
Cepa 3-5-7	A 1050.00 a	B 1000.00 a	1025
Testigo Químico	A 1016.66 a	AB 1216.66 a	1116.66
MEDIA	809.57	1239.57	

Vitamina C

En vitamina C según los resultados obtenidos, no hay diferencia estadística, sin embargo, la cepa 5 supera al testigo químico, en 26 % (Cuadro 10) quiere decir que la biofertilización con la rizobacteria no altera el contenido de vitamina C lo cual está dentro del rango y que por las condiciones en las que se realizó el experimento no se alcanzan los niveles óptimos que reporta Nuez, (1993) los cuales son de 26.6 mg 100 g⁻¹. La vitamina C tiene un papel importante en la formación de colágeno, sustancia que cohesiona las células de los tejidos y la piel, aumentando la resistencia a las infecciones (Martínez 2001).

CUADRO 10. Comparación de medias del efecto de la biofertilización líquida con cepas individuales y mezcladas de *Azospirillum* sp a concentración de 10⁹ UFC ml⁻¹, en el contenido de antioxidantes en fruto de tomate (*lycopersicon esculentum* Mill.) variedad Rio grande UAAAN, 2009.

Tratamientos	Vitamina C
	(mg)
Cepa 3	18.10 a
Cepa 5	19.43 a
Cepa 7	15.34 a
Cepa 3-5	16.77 a
Cepa 3-7	15.53 a
Cepa 5-7	13.73 a
Cepa 3-5-7	16.39 a
T. Q.	14.68 a
CV %	27.61

CONCLUSIONES

La mezcla de las cepas 5-7 de un formulado líquido con *Azospirillum* sp a plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Incrementaron el rendimiento, área foliar, el contenido de potasio y la firmeza, las cepa 7 los sólidos solubles, la vitamina C y el Cu, la mezcla de cepas 3-7 en N, P, Ca, Mn, Fe, y Na, vitamina C y tamaño de fruto. Se pueden utilizar mezclas de cepas de *Azospirillum* sp en el cultivo de tomate sin mostrar antagonismo, como biofertilizantes nitrogenados para disminuir el uso de fertilizantes químicos en las condiciones en las que se realizó este experimento.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C., 1980. Official Methods of Analysis 13th ed., Association of Official Analytical Chemists Washington, D. C. 15, 547-562.
- ABRIL, A. BIASUTTI, C. MAICH R., DUBBINI L., NOE L. (2005) Inoculación con *Azospirillum* spp en la región semiárida- central de Argentina factores que afectan la colonización rizosférica. Ciencia del suelo *on-line version* ISSN 1850-2067 Cienc. Suelo vol.24 no.1 Buenos Aires Jan.-July 2006.
- AL-ASSIR, I., RUBEIZ, I. y KHOURY, R. 1992. Response of all greenhouse cos lettuce to clear mulch and nitrogen fertilizer. (Resumen). Horticultural Abstracts 62: 3893.
- BASHAN, Y., G HOLGUIN, R. FERRERA- CERRATO (1996) Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos I. *Azospirillum*. Terra 14 (2):159-193
- BIACS, P. A. AND DADO H.G. 2000. Lipoxigenase-catalysed degradation of carotenoides from tomato in the presence of antioxidant vitamins. Biochem Soc. Trans. 28(6):839-45.

- CHECHETKIN, A. V.; N. I. Voronianski and G. G. Pokusa. 1984. Prácticas de Bioquímica del Ganado y aves de corral. Ed. Mir. Cap I. p 253-256.
- CUEVAS- PEREZ, F.; NICOLÁS M. B.; GULLERMO S. D. L. Y ROGELIO M. R. 1998. Efecto de la biofertilización con bacterias rizosfericas en el cultivo del tomate. Instituto nacional de Ciencias Agrícolas. p 53-61
- DOBBELAERE, S A, A CROONENBORGHES, D. THYS, D PTACEK, C LABANDERA G, J CABALLERO M, J AGUIRRE, S BURDMAN, S SANG, J OKON (2001) Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. Aust. J. plant physiol. 28 (9):871-879
- HERNÁNDEZ Y, AND GARCÍA O, M RAMÓN. 2002. Use of soil microorganisms in crops of interest for livestock production. Cuban J. Agric. Sci. 35 (2): 81-92.
- HERNÁNDEZ, F. A. 2008. Efecto de cepas de *Azospirillum sp.* en la productividad del pimiento morrón (*capsicum annum l.*). Tesis de Maestría Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- JURADO MORENO M. E. 2008. Efecto de la fertilización foliar en la calidad, nivel de antioxidantes y rendimiento en tomate Cherry (*Lycopersicum pimpinefolium*). Tesis Maestría Universidad Autónoma de Coahuila Facultad de Ciencias Químicas. Saltillo, Coahuila.
- MANCERA, M. M.; SOTO J. M.; SÁNCHEZ, E.; YAÑEZ, R. M.; MONTES, F.; BALANDRAN, R. R. 2007. Caracterización mineral de manzana 'Red Delicious' y 'Golden Delicious' de dos países productores. Tecnociencia Chihuahua 1(2): 6-17.
- MARTINEZ, F. E.; SARMIENTO, J.; FISCHER, G.; JIMÉNEZ, F. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana L.*). Agronomía Colombiana 26(3): 389-398.
- MARTINEZ, V. NUÑEZ, J. M. ORTIZ, A. CERDA A. 2001. Changes in amino and organic acid composition in tomato and cucumber plants in relation to salinity and nitrogen nutrition. J. Plant NUTR. 17:1359-1368.
- MENDOZA H, A CRUZ M, C HERNÁNDEZ J (2004) aislamiento, producción, selección y evaluación de un inoculante basado en cepas nativas de *Azospirillum* en el norte de Tamaulipas. In memoria Simposio de Biofertilización. A Diaz, N ,Mayek P, A Mendoza H, N Maldonado M (eds) Rio Bravo, Tam. México pp: 87-101.

- MENDOZA, V. R., ZAMORA, V. V., CABELLO C. J., MARTINEZ, G. J., DE ALBA, R. K. 2006. Efecto de biofertilización con *Azospirillum sp.* en trigo (*Triticum durum y aestivum*) sobre Rendimiento en Invernadero. Libro científico anual, agricultura, ganadería y ciencia forestal en la UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- MOLINA A. G.S., MENDOZA V. R., TORRES T. A., SIFUENTES S. D. M., ROJAS M. B. A. 2009. Germinación de semillas de tomate cherry (*Lycopersicon pimpin ellifolium*) Inoculadas con diferentes cepas de *Azospirillum sp* XIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A. C. Memorias de resúmenes.
- PETER, H. GRAHAM AND CARROLL P. VANCE. (2001).** Legumes: Importance and Constraints to Greater Use. Department of Soil, Water, and Climate (P.H.G.) and United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Plant Science Research Unit, Department of Agronomy and Plant Genetics (C.P.V.), University of Minnesota, 1991 Upper Buford Circle, St. Paul, Minnesota 55108 . Plant Physiol,
- PUENTE, M. Y PETICARI A. 2006. Promotores del crecimiento vegetal. Características y uso potencial en el agro argentino. Revista de los CREA año XXXVI No. 304. Febrero 2006. Pag. 66-69.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. 1992. Biología de las plantas. Volumen 2. Traducido al español por Santa María, S.; Lloret, F.; Mas, M., Cardona, M. A. Editorial Reverté. Barcelona, España. 773 p.
- SHAVIV, A.; MIKKELSEN, R. L.1993. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation-a review. Fertilizer Research 35(1-2): 1-12.
- SCHALES, L. 1994. Response of two muskmelon cultivar to six kinds of plastics mulch. Plasticulture N° 104:25-28.
- SCHLOFER, M. HATMANN, A. 1998. Endophytic and surface colonization of wheat roots (*Triticum aestivum*) by different *Azospirillum brasilense* strains studied with strain- specific monoclonal antibodies, symbiosis. 25 (1-3): 159-159.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2009. Anuario estadístico de la producción agrícola 2009; Tomate. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. México. Consulta 7 de Septiembre de 2009; www.siap.gob.mx

- TERRY, A. E., LEYVA, A., HERNANDEZ A. 2005. Microorganismos benéficos como Biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. VII No. 2 Diciembre de 2005. P. 47-54
- YOUNG, J. P. W. 1992. Phylogenetic classification of nitrogen-fixing organisms, pp 43-86. En G. Stacey, R. H. Burris, and H. J. Evans (ed.), Biological Nitrogen Fixation, Chapman and Hall, New York, N. Y.
- ZHANG F., D. NARGES, R. K. HYNES AND D.L. SMITH. 1996. Plant growth promoting rhizobacteria and soybean (*Glycine max* L. Merr) nodulation and nitrogen fixation at suboptimal root zone temperatures. Annals of Botany. 77: 453-459.

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos podemos concluir que con la biofertilización de las cepas 5 y 7 se incrementa el rendimiento, y los caracteres bioquímicos del tomate (*lycopersicon esculentum* Mill), las cepas mezcladas actúan de mejor manera hay una simbiosis entre ellas que permiten que haya mejor respuesta a su inoculación, con respecto a la técnica de utilizar el acolchado plástico nos dimos cuenta que si obtuvimos mejores resultados acolchando el suelo.

LITERATURA CITADA

- BASHAN Y., LEVANONY H. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Can. J. Microbiol. 36, 591-608
- BIACS, P. A. and DADO H. G. 2000. Lipoxigenase – catalysed degradation of carotenoides from tomato in the presence of antioxidant vitamins. Biochem Soc. Trans. 28 (6): 839 – 45.
- BHARGAVA, B. S. y H. P. SINGH. 1991. Potassium and quality of tropical and subtropical fruit crop. Potash Review (5): 1-9.
- CASTAÑOS C.M. 1993. Horticultura: manejo simplificado. 1° Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Dirección General del Patronato Universitario, Chapingo México.
- CASTILLA P. N. 2001. Manejo de cultivo intensivo con suelo (N. F. Nuez (Ed) el cultivo del tomate. Edición Mundi-prensa. México pp191.225
- CHAMORRO .L.J.2001. Anatomía y fisiología de la planta; en: f. Nuez (Ed.) El cultivo de tomate. Ediciones Mundi-prensa, Madrid, España pp.43-47
- CHEN, Z.; YOUNG T. E.; LING, J.; CHANG, S.; GALLIE, D. R. 2003. Increasing vitamin C content of plants through enhanced ascorbate recycling. PNAS 100(6): 3525-3530.
- CORTES, M. J. M. 2002. Efecto del acolchado plástico de diferentes colores en la fotosíntesis y rendimientos en el cultivo de papa. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 75 pp
- DE CONINCK, K., S. HOREMANS, S. RANDOMBAGE, AND K. VLASSAK. 1988. Occurrence and survival of *Azospirillum* spp. in temperate regions. Plant Soil 110:213-218.
- DOBBELAERES., CROONNBORGHS A. THYS A., VANDE S.,VANDERLEYDEN J. 1999. Phytostimulatory affect of *Azospirillum brasilense* wild type and mutant strains altered in IAA production on wheat. Plant and Soil 212, 155-164
- DÖBEREINER, J. 1978. Influence of environmental factors on the occurrence of *Spirillum lipoferum* in soils and roots. Ecol. Bull. (Stockholm) 26:343-352.
- DÖBEREINER, J. 1992. The genero *Azospirillum* and *Herbaspirillum*, p. 2236-2253. En A. Balows, H. G. Trüper, M. Dworkin, W. Harder and K.-H.

Schleifer (ed.), The prokaryotes. A handbook on the biology of bacteria: ecophysiology, isolation, identification, applications. Springer-Verlag. New York.

- ECKER B., BALLER O., KIRCHHOF G. HALBRITTER A., STOFFELS M., HARTMAN A. 2001. *Azospirillum doebereineriae* spp. Nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C₄- grass *Miscanthus*. *Internat. J. Sistem. Evolut. Microbiol.* 51, 17-26.
- ELTEZ, R. y TÜZEL, Y. 1994. Efecto de diferentes materiales utilizados en acolchamiento de suelo sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos de tomate bajo invernadero. *Plasticulture* N° 103: 23 -25.
- FERNÁNDEZ R. V., GALIANA L, SÁNCHEZ M. M. C., *et al.* 2004. Internal quality characterization of fresh tomato fruits. *HortsScience.* 39 (2):339-345.
- GESTER H., 1997. The potential role of lycopene for human health, *J. Am. Coll. Nutr;* 16 (2): 109-126.
- GERMAN M., BURDMAN S., OKON Y. 2000. Effects of *Azospirillum brasilense* on root morphology of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes *Biol. Fert. Soil.* 32, 259-264.
- HERNÁNDEZ, B. M. a. 1992. Análisis de las variables técnicas y de mercadeo a considerar en la exportación de melón de la Comarca Lagunera. Tesis Ingeniero Agrónomo. UAAAN. Saltillo Coahuila. México. 75 PP.
- HERNÁNDEZ, Y., SARMIENTO, M. Y O. GARCÍA. 1991. Influence of *Azospirillum* inoculation model on grass performance. *Cuban Journal of agricultural Science.* 30:219-226.
- IBARRA J. L.;Hernández C. F; Murguía L. J. ; Cedeño R. B. 2001. *Cubiertas flotantes, acolchado plástico y control de mosca blanca en el cultivo de calabacita.* Revista Chapingo Serie Horticultura Vol. VII (2)(2001) p. 159
- LÓPEZ, A. F. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 151. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Balcarce, Argentina. pp. 95-114.

- LORENCE, A.; CHEVONE, B. I.; MENDES, P.; NESSLER, C. L. 2004. *myo*-Inositol oxygenase offers a possible entry point into plant ascorbate biosynthesis. *Plant Physiology* 134: 1200–1205.
- MARTÍNEZ, V. , NUÑEZ, J. M. ORTIZ, A. CERDA A. 2001. Changes in amino and organic acid composition in tomato and cucumber plants in relation to salinity and nitrogen nutrition. *J. plant Nutr.* 17: 1359-1368
- MATAMOROS A. C. 1990. El tomate de industrias técnicas y variedades en la mecanización de su recolección. *Agrícola Vergel.* 9 (108): 955-963.
- MEDINA, B. NICOLAS *et al.*, efecto de la biofertilización con bacterias rizofericas en el cultivo de tomate. Instituto nacional de ciencias agrícolas. Artículo científico. 1996-1997.
- MENDOZA V. R. 1986. Respuesta del maíz (*Zea maíz L.*) variedad Lucio Blanco (AN-361) a la inoculación de *Azospirillum lipoferum*, *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum sp* en Derramadero Coahuila. Tesis. Maestría. UAAAN. Mexico. 81 p.
- MICHIELS, K., J. VANDERLEYDEN, AND A. VAN GOOL. 1989. *Azospirillum* plant root association: A review. *Biol. Fertil. Soils.* 8:356-368.
- NGUYEN, M. L. Y SCHWARTZ, S. J. 1999. Licopeno: propiedades químicas y biológicas en "Tecnología de los Alimentos", vol. N ° 58 (2), pp.
- NUEZ, R. F. 1996. El cultivo de tomate. Editorial Aedos. S. A. Primera Edición. Barcelona, España.
- OKON, Y., AND C. A. LABANDERA-GONZÁLEZ. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.* 26:1591-1601.
- OLIVES B. A., CAMARA H. M., SÁNCHEZ M., FERNANDEZ R. V. LOPEZ S. T., 2006. Application of a UV misdetection- HPLC method for a rapid determination of lycopene and beta- carotene in vegetable *Food Chem.* 95:328-336.
- PAPASEIT, P. J.; BADIOLA J. Y ARMENGOL. 1997, los plásticos y la Agricultura. Ediciones de horticultura, S. L. España. 204 p.
- PERKIN-VEAZIE, P., COLLINS, J., PAREJA, D. Y ROBERTS, W., 2001. El contenido de licopeno es diferente entre los cultivares de sandía de carne roja es "J. SCI. Agric Food ", Vol. N ° 81, pp 983-087.

- REYES M.H. 1992. La agroplasticultura en México. XII Congreso Internacional de plásticos en la agricultura. Comité de plásticos en agricultura (CEPLA). Granada España. P. A67-A83
- ROBLEDO, F. Y L. MARTÍN, 1998. Aplicaciones de los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid, España. 150 p
- SÁNCHEZ, L. 1984. La alimentación mineral de las plantas. Instituto de recursos naturales y agrobiología. Temas de divulgación. España. Ceresnet. Consulta 30 de Octubre de 2009. www.ceresnet.com
- SCHALES, L. 1994. Response of two muskmelon cultivar to six kinds of plastics mulch. *Plasticulture* N° 104:25-28.
- SIAP 2006. Consultado Diciembre 2009.
- TERRY, A. E., LEYVA, A., HERNANDEZ A. 2005. Microorganismos benéficos como Biofertilizantes eficientes para el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. VII No. 2 Diciembre de 2005. P. 47-54
- USDA; Nutrient Data laboratory for standart reference. U. S. Departamente of Agriculture, Agricultural, Research Service. Beltsville Human Nutrition Resrarch Center. NDL Bullentin Board. 1999, 301: 734-5078.
- VELASCO, V. A. 1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *Terra* 17(3): 193-200
- VILLARREAL. Q.J.A. 2005. Apuntes de la Materia Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- WILCOX, G. E. 1996. Tomate. En: Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants- USA:APS PRESS- p. 137-141.
- YOLAI NODA 2009. Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. E-mail: nota@indio.atenas.inf.cu versión impresa ISSN 0864-0394 Pastos y Forrajes v.32 n.2 Matanzas abr.-jun. 2009*
- YOUNG, J. P. W. 1992. Phylogenetic classification of nitrogen-fixing organisms, p. 43- 86. En G. Stacey, R. H. Burris, and H. J. Evans (ed.), *Biological Nitrogen Fixation*, Chapman and Hall, New York, N. Y.
- ZAADY E. OKON Y. PEREVOLOTSKY A. 1994. Growth response of mediterranean herbaceous swards to inoculation with *Azospirillum brasilense*. *J. Range Manage* 47:12-15.

ZAPATA M; P. CABRERA,S. BAÑON Y P. ROTH. 1989. El melón. Ediciones Mundi prensa. Madrid, España. P.41-45.