
MICORRIZA ARBUSCULAR *Glomus intraradice*, *Azospirillum brasilense* Y BRASSINOESTEROIDE EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN MERIDA-YUCATAN, MEXICO.

ARBUSCULAR MYCORRHIZAL *Glomus intraradice*, *Azospirillum brasilense* AND BRASSINOSTEROID IN THE YIELD OF MAIZE IN MERIDA-YUCATAN, MEXICO

Uribe V, Gabriel, Petit A, Judith, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Mérida - Uxmal, Yucatán. México (uribe.gabriel@inifap.gob.mx)

** Escuela Técnica Superior Forestal. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela (jcpetita@ula.ve)

Resumen

En México se destina una superficie de 6.8 millones de has para el establecimiento del cultivo de maíz y se obtiene un rendimiento medio de 1.798 t.ha⁻¹/año (promedio de 25 años). En ese mismo periodo el estado de Yucatán destina 150 mil hectáreas y obtiene rendimiento medio de 0.836 t.ha⁻¹, bajo condiciones de temporal, lo que es poco sostenido y para lograr esa sostenibilidad en la producción de granos básicos es necesario complementar la fertilización química con formas biológicas. Se evaluó la aplicación de micorriza (*Glomus intraradice*), la bacteria fijadora de nitrógeno (*Azospirillum brasilense*) y la fitohormona brassinoesteroide, y se comparó con el tratamiento fertilización química 40-100-00 y testigo absoluto 00-00-00, durante cinco años (2000-2004). Se observó una respuesta favorable de las plantas en los días utilizados para la emisión de la flor masculina con la variedad V-539 con el tratamiento de brassinoesteroide complementado con el tratamiento 26-66-00, este mismo tratamiento generó un incremento en rendimiento del orden del 6.2% en comparación con el tratamiento 40-100-00 y de 14.5% en comparación con el testigo absoluto con la variedad V-539, en tanto que con la variedad V-527 el incremento fue del orden de 18.6% y 29.4% , respectivamente. Además con esta misma variedad la aplicación de brassinoesteroide generó un aumento en rendimiento del 12.2% en comparación con el tratamiento 40-100-00 y del 22.5% en comparación con el testigo absoluto.

Palabras clave: Maíz, micorriza, *Azospirillum brasilense*, brassinoesteroide, rendimiento, fertilización química,

Abstract

In Mexico, 6.8 millions of hectares are dedicated to corn cultivation, with a yield average of 1.798 t.ha⁻¹ during 25 years. In that same period Yucatan State has dedicated 150 thousand hectares to obtain a yield average of 0.836 t.ha⁻¹, under storm conditions, and to achieve sustainable production of basic grains, it is necessary to supplement the chemical fertilization with biological forms. The micorrhizal application (*Glomus intraradice*), the bacteria nitrogen-fixing (*Azospirillum brasilense*) and the phytohormone brassinosteroid were evaluated , and

compared with chemical fertilization treatment 40-100-00 and absolute witness 00-00-00, during five years (2000-2004). A favorable answer of the plants in the utilized days for the emission of the male flower with variety V-539 was observed. The brassinosteroid treatment supplemented with the treatment 26-66-00, have generated an increment in yield of 6.2% in contrast with the treatment 40-100-00 and 14.5% with the absolute witness by the variety V-539, as long as with the variety V-527 the increment was 18.6% and 29.4%, respectively. Also with same variety the brassinosteroid application have produced an increase in yield of 12.2% in contrast with the treatment 40-100-00 and 22.5% in compare with the absolute witness.

Key words: Corn, micorrhiza, *Glomus intraradice*, *Azospirillum brasilense*, brassinosteroid, yield, chemical fertilization.

Introducción

En México se establecen cerca de 6.8 millones de hectáreas con el cultivo de maíz, con un rendimiento medio de 1.798 t.ha⁻¹ (promedio de 25 años 1980-2004, SIAP, 2005). En tanto en el estado de Yucatán se establece en ese mismo periodo una superficie de poco más de 150 mil hectáreas, con un rendimiento medio de 0.836 t.ha⁻¹, (promedio de 25 años 1980-2004, SIAP, 2005), dichas superficies son en su totalidad bajo condiciones de temporal en diferentes condiciones de potencial productivo, desde no apto y bajo hasta muy buen potencial, en dos sistemas de producción que son a) mecanizado y b) roza, tumba, quema.

En las áreas de cultivo señaladas para el estado de Yucatán se han aplicado distintas dosis de fertilizantes químicos principalmente, para satisfacer las necesidades de nitrógeno y fósforo con fuentes comerciales como la fórmula 18-46-00, que es la más utilizada. Las cantidades que se aplican oscilan entre nulas, insuficientes con menores cantidades a las requeridas por el cultivo hasta excesivas en el menor de los casos, estas cantidades están asociadas a la experiencia y posibilidad económica del productor.

Para lograr una producción de granos básicos en forma sostenida es necesario complementar la fertilización química con formas biológicas. Mediante los sistemas biológicos en los cultivos es posible lograr un impacto en la producción y conservación del medio. El uso de los recursos microbiológicos del suelo en los sistemas agrícolas se postula como una alternativa para reducir el uso de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, con el mantenimiento de la estructura física y química del suelo y su balance biológico.

Los microorganismos de la rizósfera han mantenido una relación estrecha con las plantas desde que éstas últimas iniciaron la colonización de la tierra (Selosse y Le Tacon, 1998) y han mantenido el funcionamiento y la estabilidad de los ecosistemas a través de la influencia de la composición de las especies en las comunidades vegetales (Read, 1998).

El estudio de bacterias asociadas a las plantas es una línea que en México avanza muy lentamente (Okon y Labandera, 1994), no obstante se han obtenido resultados satisfactorios al inocular diversas especies con *Azospirillum*, *Pseudomonas* y otros microorganismos. Estos pueden alterar la velocidad de toma de nutrientes de las plantas por un efecto directo en las raíces y hacer más eficiente la absorción de los mismos (Aguirre y Velazco, 1994; Alarcón, 2000; Young *et al.*, 1988; Brown y Bethlenfalvay, 1988; De la Cruz *et al.*, 1988; Linderman, 1993; Bethlenfalvay, 1993; Bashan *et al.*, 1993).

Las bacterias y los hongos convierten en asimilables por las plantas diferentes nutrientes. Esto puede ocurrir mediante procesos de fijación, mineralización, inmovilización, oxidación,

reducción y solubilización. Como ejemplo se cita a las micorrizas que al inocular las plantas incrementan la toma de agua y solubilizan minerales mediante la fosfatasa ácida y transforman el fósforo que se encuentra formando compuestos estables y al no ser disponibles para la planta lo ponen a disposición de esta (Shafir *et al.*, 1972; Aguirre y Velazco, 1994; Mosse, 1986; Bethlenfavay, 1993, Linderman, 1993).

Los microorganismos se aplican al suelo para desempeñar funciones específicas las cuales benefician la productividad de las plantas, la fijación del nitrógeno, solubilización de minerales, producción de estimuladores del crecimiento vegetal y biocontrol de patógenos (Shafir *et al.*, 1972).

Las alternativas para incrementar el desarrollo de los cultivos son diversas y algunas de ellas como las hormonas, han tenido relevancia en las actividades agropecuarias durante las últimas décadas. El Brassinoesteroide es un nuevo producto natural que estimula el desarrollo vegetal con una estructura esteroidal (Cluouse y Sasse, 1998; Gross y Parthier, 1994). Este tipo de hormonas se han evaluado en Japón para incrementar el rendimiento (Gregory, 1981), en trigo, aumentó el peso de las espigas y el tallo principal. En maíz, las plantas aumentaron significativamente la producción entre un 18 y 33%. En general, en maíz, trigo, tomate, calabacita y berenjena los rendimientos se incrementaron cuando las plantas se trataron con Brassinoesteroide (Mandava, 1988).

El uso de microorganismos, así como, el de sustancias que estimulan el crecimiento de las plantas pueden mejorar la eficiencia en la aplicación de los fertilizantes fosfatados (Young *et al.*, 1988; Brown y Bethlenfalvay, 1988; Dela Cruz *et al.*, 1988, Werner, 1992).

Materiales y métodos

Los trabajos experimentales se establecieron en terrenos del *Campo Experimental Uxmal* perteneciente al *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, -INIFAP- durante cinco años consecutivos (2000-2004), el campo esta situado en las coordenadas 20° 25' de latitud norte y 89° 46' de longitud oeste a una altitud de 50 metros sobre el nivel del mar, en un suelo de tipo Luvisol ródico, denominado en la nomenclatura Maya como K'ankab, algunas de sus características se muestran en el Cuadro 1. El clima es de tipo Aw₀, según la clasificación de Köppen, el cual es el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano y un cociente P/T menor a 43.2, con una temperatura media anual de 25°C y una precipitación media anual de 900 mm.

Los contenidos observados en cada uno de los parámetros se encuentran del nivel medio para materia orgánica y fósforo, muy alto para potasio, alto para calcio y el pH ligeramente alcalino, al realizar los cálculos de las proporciones de Ca/K (7.97) y K/Mg (0.66) indican que el K puede ser un factor limitante para la producción.

La preparación del terreno consistió en la práctica del barbecho, dos pases de rastra y surcado a 80 cm entre surcos, la siembra se realizó en forma manual dejando una distancia entre plantas de 50 cm con dos plantas por cepa con lo cual se tiene una densidad de población de 50,000 plantas por hectárea, en el cultivo de maíz, que sirvió de planta indicadora, mediante la variedad de polinización libre V-539 (ciclo intermedio), durante los años 2000, 2001, 2002 y 2004;.En el año 2003 se utilizó la variedad de polinización libre V-527 (ciclo precoz).

Materiales y métodos utilizados

Los materiales microbiológicos utilizados en la generación de los tratamientos fueron: micorriza (*Glomus intraradice*), bacteria fijadora de nitrógeno (*Azospirillum brasilense*) la

fitohormona Brassinoesteroide, y fertilización química convencional.

Los tratamientos que se evaluaron se presentan en el Cuadro 2, estos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de seis surcos de cinco metros de largo con lo cual se utilizó una superficie de 24 m², para dejar una parcela útil de 6.4 m².

Las variables de respuesta que se observaron fueron altura final de planta (m), días a flor masculina (50% de emisión de la flor masculina), área foliar (durante tres años, únicamente) y rendimiento (t.ha⁻¹). El análisis de las variables de respuesta se realizó mediante análisis de varianza bajo un arreglo de parcelas divididas donde se utilizó el periodo en años como parcela grande y los nueve tratamientos como parcela chica, para los años 2000, 2001, 2002 y 2004; .Para año 2003 se realizó un análisis de varianza bajo el diseño de bloques al azar, debido al uso de una variedad diferente al de los años anteriores, la separación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa a un nivel de significancia de 0.01 y 0.05%.

Resultados y Discusión

Durante los cinco años de evaluación se efectuó un balance hídrico mensual de los meses en los que el cultivo de maíz estuvo presente (meses junio a noviembre) con los datos recabados en la estación meteorológica del *Campo Experimental Uxmal*, (Cuadro 3.)

Durante los cinco años de evaluación, el año 2000 fue el único que durante la etapa de crecimiento presentó un déficit hídrico en cinco de los seis meses observados, lo que ocasionó una pérdida en el rendimiento del cultivo, el total del déficit fue de 17.37 mm durante la fase de crecimiento. Como se observa en el Cuadro 3, para el resto de los años, sólo en dos meses se presentó un déficit, con excepción del 2002 donde el déficit se presentó en tres meses. En este año en particular, durante el mes de septiembre, la precipitación fue muy abundante (616 mm) debido a la incidencia del **huracán Isidoro**. El comportamiento de las variables climáticas tiene un efecto directo sobre el comportamiento de las variables de respuesta observadas en cada uno de los años.

Altura de la planta (m).

Se realizaron dos tipos de análisis, uno como parcelas divididas para los años 2000 al 2002 y 2004 que fue cuando se empleó la variedad de polinización libre V-539, y el año 2003 se analizó como bloques al azar al usar la variedad de polinización libre V-527; de la misma forma, se efectuó para el resto de las variables de respuesta (días a flor masculina, área foliar y rendimiento).

El análisis de varianza aplicado para los años 2000 al 2002 y 2004 solo causa diferencias estadísticas significativas entre los años de evaluación ($P < F < 0.001$) y no sobre los tratamientos evaluados ($P > F = 0.664$); el coeficiente de variación obtenido para este análisis fue de 5.81%. De acuerdo a la separación de medias, el año 2001 registró la mayor altura (2.52 m), lo anterior está asociado con el comportamiento de la precipitación (Cuadro 3) ya que durante los meses de crecimiento (julio – septiembre), se registró un superávit de humedad. Situación similar se observa durante los años 2002 y 2004, con alturas similares de 2.31 y 2.29 m, respectivamente; en tanto que en el año 2000 se registró la menor altura de todos los años de evaluación, con tan solo 1.18 m, lo cual esta asociado con la precipitación ocurrida durante el periodo de crecimiento, ya que fue el año con menor precipitación (Cuadro 3).

Durante 2003 la altura de planta con la variedad V-527, no registró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados ($P>F=0.568$) con un coeficiente de variación de 3.39%, lo cual indica que el uso de micorriza, *Azospirillum* y la fitohormona Brassinoesteroide en las diferentes formas presentan un comportamiento similar, estadísticamente hablando, al observado con el tratamiento de fertilización química y el testigo absoluto.

Los resultados obtenidos contrastan con lo reportado por Bethlenfalvay, 1993 y Lindereman, 1993; quienes informan que se mejora el crecimiento vegetal mediante el uso micorriza, y a los de Mitchell and Gregory, 1972 quienes reportan un incremento en el crecimiento de frijol, soya y plantas maderables con brassinoesteroide, ya que no se observó su contribución en la altura de las plantas, pero concuerdan con lo reportado por Gregory y Mandava, 1982; Steffens *et. al.* 1979 y Yopp *et. al.* 1981; quienes indican que el crecimiento puede ser menor cuando el brassinoesteroide se aplica en plantas con algún deterioro y con estrés. También concuerda con los de Gregory y Mandava 1982, refieren que el brassinoesteroide puede no tener efecto o ser muy pequeño en condiciones de órganos maduros y con los resultados de Key, 1969; Krizek y Mandadva, 1982; Krizek y Mandava, 1982a; Krizek y Worley. 1973 y Yopp *et al.* 1981, quienes indican que el brassinoesteroide puede no tener efecto sobre el crecimiento de las plantas, porque es afectado por el espectro cuántico e intensidad de la luz usados para el crecimiento de las plantas. Además la promoción del crecimiento puede ser afectado, en ocasiones, por el ácido absícico y otros inhibidores del crecimiento (Yopp *et al.* 1981), en plantas de tabaco Roth *et al.*, 1989 determinaron que mediante la aplicación del brassinoesteroide se inhibió el crecimiento de la planta y redujo el peso fresco y seco, el cual se acompañó de una pérdida en el contenido de humedad, éste efecto se le atribuyó a la concentración de aplicación del brassinoesteroide.

Días a flor masculina (días naturales).

Los días de flor masculina, se refieren a los días correlativos que utiliza la planta para emitir la flor masculina, esto se inicia con la fecha de siembra y termina cuando la población tenga aproximadamente un 50% de presencia de espigas.

El análisis de varianza efectuado para los años 2000 al 2002 y 2004 con la variedad V-539, detectó diferencias estadísticas significativas entre los años de evaluación ($P>F<0.001$), los tratamientos evaluados ($P>F=0.032$) y la interacción entre los años de evaluación y los tratamientos ($P>F=0.012$), el coeficiente de variación para esta variable fue de 2.11%. La variable presentó un comportamiento estadísticamente diferente en cada uno de los años de evaluación, donde el año 2000 fue el que registró el mayor número de días utilizados para la emisión floral (67.6 días en promedio), le siguió en orden descendente el año 2004 con 65 días en promedio, el cual es estadísticamente diferente al anterior, seguido del 2002 con 64.3 días y estadísticamente diferente a los anteriores y, por último el año 2001 el cual utilizó el menor número de días de los cuatro años de evaluación (Cuadro 4), el comportamiento anterior se asocia con la precipitación ocurrida en cada uno de los años como sucedió con la variable altura.

De los tratamientos evaluados el testigo absoluto fue el que registró el mayor número de días (65.8 promedio) para la emisión floral, lo que es estadísticamente igual al tratamiento micorriza + *Azospirillum* + Brassinoesteroide con 65.4 días en promedio, en contraste el tratamiento de Brassinoesteroide complementado con el tratamiento de fertilización química 26-66-00 fue el que menor número de días utilizó para la emisión floral (64.2 días en promedio), al igual que el tratamiento de fertilización química 40-100-00.

De acuerdo al resultado obtenido para la variable días a flor masculina, se determinó que el brassinoesteroide complementado con el tratamiento de fertilización química 26-66-00, tiene un efecto directo y estadísticamente diferente al observado con los tratamientos de micorriza y *Azospirillum* sobre la emisión de la flor masculina en maíz, pero estadística y numéricamente igual al observado con el tratamiento de fertilización 40-100-00 los que difieren en un 1.6 días del tratamiento testigo absoluto. En tanto que la variedad V-527 no registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamiento evaluados, por tanto estos son estadísticamente iguales.

Área foliar (cm²).

Tanto la variedad V-539 como la V-527 no reportaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados ($P>F=0.191$ y $P>F=0.203$, respectivamente,) con coeficientes de variación observados de 12.65% para la variedad V-539 y de 12.13% para la V-527. Sin embargo, se observó que con la variedad V-539 el tratamiento Brassinoesteroide + 26-66-00 reporta la mayor área foliar con 426.2 cm², que es superior en 12.5% al tratamiento de fertilización química 40-100-00, y en 11.8% al testigo absoluto (Gráfico 1). En contraste con la variedad V-527, la mayor área foliar, se observó con el tratamiento de micorriza + *Azospirillum* + 13-33-00 con 266.0 cm², que superó en un 22.6% al tratamiento de fertilización química 40-100-00 y en un 17.7% al tratamiento testigo absoluto.

Rendimiento (t.ha⁻¹) con la variedad de polinización libre V-539.

La evaluación realizada durante cuatro años con la variedad V-539, y mediante el análisis de varianza efectuado a los resultados encontrados en cada uno de los tratamientos que se evaluaron, se detectó una diferencia estadística significativa entre los años de evaluación ($Pr>F<0.001$), observándose un comportamiento diferencial en cada uno de ellos, por tanto el año que mayor rendimiento registró, fue el año 2001 con 5.18 t.ha⁻¹, el cual fue estadísticamente diferente al que se presentó durante 2002, y lo supero en un 50 %. El año 2004 produjo aproximadamente un 60 % menos que el año de 2001, y el año 2000 produjo un 76% menos que el año 2001 (Gráfico 2).

Con respecto a los tratamientos evaluados no se registraron diferencias estadísticas significativas ($P>F=0.811$) en el análisis de varianza practicado para la variedad V-539, durante los cuatro años de prueba, pero se pudo observar que los tratamientos con microorganismos benéficos de micorriza y *Azospirillum* superaron al testigo con fertilización química 40-100-00, en un 0.66% para el tratamiento que emplearon únicamente los microorganismos, con un 1.64% para el tratamiento que utilizó los microorganismos y, además se complementó con el tratamiento de fertilización química con una dosis de 13-33-00 y el de la fitohormona Brassinoesteroide, complementada con la fertilización química 26-66-00 con 6.23% el cual fue el mayor incremento observado (Cuadro 5).

Cuando se compara el rendimiento obtenido con los tratamientos de los microorganismos benéficos y los de la fitohormona brassinoesteroide con el tratamiento testigo absoluto (00-00-00), se aprecia que con excepción del tratamiento donde se aplicó únicamente la fitohormona los demás produjeron mayor cantidad de grano de maíz, que el tratamiento con el que se compara, destacándose el tratamiento de brassinoesteroide complementado con el tratamiento de fertilización química 26-66-00, con un incremento próximo al 14.5%. Los resultados obtenidos para la presente variedad concuerdan con lo reportado por Mitchell y Gregory, 1972; Menudt

et al. 1983 y 1984; Galston, 1983; Hamada, 1986; Takematsu *et al.* 1983; Yokota y Takahashi, 1986 y Mandava 1988 quienes indican que el cultivo de maíz reporta un incremento en el rendimiento del 18-33%, aun cuando el porcentaje obtenido fue inferior, y puede ser atribuido a la estimulación del crecimiento de la raíz, lo que permite tener un efecto sobre el rendimiento y la eficiencia de los cultivos (Mitchell y Gregory, 1972).

Durante el año 2003 fue necesario utilizar la variedad V-527 (precoz) debido, a que las condiciones climáticas, no permitieron realizar la siembra durante el tiempo óptimo para las variedades de ciclo intermedio, razón por la cual se efectuó un análisis de varianza por separado para la variable de respuesta como bloques al azar durante este año, se observó una diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados ($P>F=0.043$).

De los resultados obtenidos se determinó que los tratamientos donde se utilizó la fitohormona brassinoesteroide, fueron los que superaron el rendimiento registrado por el tratamiento testigo con fertilización química (40-100-00) en un 13.73%, y el testigo absoluto (00-00-00) en un 32.57%. Por el contrario, los tratamientos donde se evaluaron los microorganismos benéficos micorriza y *Azospirillum* registraron los rendimientos más bajos en comparación con el tratamiento de fertilización química. Este grupo produjo un 19.6% menos, y con el tratamiento testigo absoluto un 12.3% menos (Gráfico 3).

En el Gráfico 3, se observa que los mejores tratamientos fueron el uso de brassinoesteroide sin aplicación de fertilizante químico, el cual superó el rendimiento obtenido con el tratamiento de fertilización química en un 12.2%, y al testigo absoluto en un 22.5%. El uso de brassinoesteroide complementado con el tratamiento de fertilización química 26-66-00, superó el rendimiento obtenido con el tratamiento de fertilización química en un 18.6% y del testigo absoluto en un 29.4%, porcentajes que se encuentran dentro del rango indicado por Mandava, 1988; para el incremento en rendimiento en el cultivo de maíz, resultados estos que fueron estadísticamente diferentes. El tratamiento que registró los rendimientos más bajos fueron aquellos que incorporaron los microorganismos micorriza, *Azospirillum* y la fitohormona brassinoesteroide, con un rendimiento medio de 1.38 t.ha⁻¹.

Conclusiones

De los cinco años de evaluación durante el año 2000, se registro´ la menor precipitación con un déficit en cinco de los seis meses de la etapa de crecimiento, por lo que se le define como el año más seco y con la peor distribución de la precipitación.

El cultivo de maíz en suelo de tipo Luvisol ródico no registró una respuesta en el crecimiento de la planta con la aplicación de micorriza, *Azospirillum* y brassinoesteroide.

La aplicación de brassinoesteroide en dosis de 30 vaha⁻¹ y complementada con la fertilización química 26-66-00 tiene una influencia sobre el tiempo de emisión de la flor masculina en el cultivo de maíz con la variedad V-539.

Las variedades de polinización libre V-539 y V527 no presentaron una respuesta favorable a la aplicación de micorriza, *Azospirillum* y brassinoesteroide en la variable de respuesta área foliar.

El rendimiento obtenido con la variedad V-539 mediante la aplicación de brassinoesteroide complementada con la fertilización química 26-66-00 incremento el rendimiento en un 6.2% en comparación con el tratamiento 40-100-00, y del 14.5% en comparación con el testigo absoluto (00-00-00).

La variedad V-527 reporta un mayor rendimiento con la aplicación de brassinoesteroide del orden del 13.7% en comparación con el tratamiento 40-100-00 y del 32.7% en comparación con el testigo absoluto.

Los tratamientos donde se estableció la simbiosis doble de micorriza y *Azospirillum* reportan los rendimientos más bajos que fueron del orden del 19.6% que el tratamiento 40-100-00 y del 12.3% menos que el testigo absoluto.

Los tratamientos que reportaron el mayor rendimiento con la variedad V-527 fueron la aplicación de brassinoesteroide en dosis de 30 vaha⁻¹, el cual reportó un 12.2% más de producción que el tratamiento 40-100-00 y de 22.5% en comparación con el testigo absoluto. Además la aplicación de brassinoesteroide en la dosis ante citada complementada con el tratamiento 26-66-00 el cual supero el rendimiento obtenido con la fertilización química 40-100-00 en un 18.6% y al testigo absoluto en un 29.4%.

Bibliografía

Aguirre-Medina, J. F. y Velasco-Zebadúa, E. 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium loti* J. Agricultura. Técnica. México. Vol. 20 (1): 43-45.

Alarcón, A. y R. Ferrera-Cerratos. 2000. Biofertilizantes: Importancia y Utilización en la agricultura. Agricultura Técnica en México. Vol. 26(2): 191-203.

Bashan, Y.; G. Holguin; M. E. Puente; Al Carrillo; L. Alcaraz-Mendez; A. López-Cortes; and J. L. Ochoa. 1993. Critical Evaluation of plant inoculation whit beneficial bacteria from the genus *Azospirillum*. In: Agroecología, sostenibilidad y educación. Ed. Ferrera-Cerratos y L. R. Quintero. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Estado de México.

Bethlenfalvay, G. J. 1993. The mycorrhizal plant-soil system in sustainable agriculture. In: Agroecología, sostenibilidad y educación. Ed. Ferrera-Cerratos y L. R. Quintero. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Estado de México.

Brown, M. S. and G. J. Bethlenfalvay. 1988. The *Glycine-Glomus-Rhizobium* symbiosis. VII. Photosynthetic nutrient use efficiency in nodulate mycorrhizal soybeans. *Plant Physiol.* 86:1292-97.

Clouse, S. D. and J. M. Sasse. 1988. Brassinosteroids: Essential regulators of plant growth and development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 49: 427-451.

De la Cruz, R. E.; M. Q. Manalo; N. S. Aggangan and J. D. Tambalo. 1988. Growth of three legume trees inoculate whit VA mycorrhizal fungi and *Rhizobium*. *Plant and Soil* 108:111-15.

Galston, A. W. 1983. Polymines as modulators of plant development. *BioScience* 33:382-83.

Gregory, L. E. 1981. Acceleration of plant growth through seed treatment with brassin. *Am. J. Bot.* 68:586-88.

Gregory, L. E. and N. B. Mandava. 1982. The activity and interaction of brassinolide and gibberellic acid in mung bean apicotyls. *Physiol. Plant.* 54:239-43.

Gross, D. and B. Parthier. 1994. Novel natural substances acting in plant growth regulation. *Journal of Plant Growth Regulation.* 13: 93-114.

Hamada, K. 1986. Brassinolide: some effects for crop cultivations. *Cnf. Proc. Int. Seminar Plant Growth Regul. Tokyo, Japan. Oct. 15. 1985.*

Key, J. L. 1969. Hormones and nucleic acid metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 20:449-74.

Krizek, D. T. and N. B. Mandava. 1982. Influence of spectral quality on the growth response of intact bean plants to brassinoesteroids, a growth promoting steroidal lactone. I. Stem elongation and morphogenesis. *Physiol. Plant.* 57:317-23

Krizek, D. T., Mandava, N. B. 1982a. Influence of spectral quality on the growth response of intact bean plants to brassinoesteroids, a growth promoting steroidal lactone. II. Assimilate partitioning and

chlorophyll content. *Physiol. Plant.* 57:324-29.

Krizek, D. T., Worley, J. F. 1973. The influence of high intensity on the internodal response of intact bean plants to brassins. *Bot. Gaz.* 13:147-50

Linderman, R. G. 1993. Effect of microbial interactions in the mycorrhizosphere on plant growth and health. In: Agroecología, sostenibilidad y educación. Ed. Ferrera-Cerratos y L. R. Quintero. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Estado de México.

Mandava, N. 1988. Plant growth-promoting brassinosteroids. Annual review of plant physiology and plant molecular biology. Vol. 39 pp 23-52.

Meudt, W. J., Thomson, M. J., Bennett, H. W. 1983. Investigations on the mechanism of the brassinosteroid response. III. Techniques for potential enhancement of crop production. *10th Proc. Plant Growth regul. Soc. Am.*, pp. 312-18.

Meudt, W. J., Thompson, M. J., Mandava, N. B., Worley, J. F. 1984. Method for promoting plant growth. *Can. Patent N° 1173659*. Assigned to USA. 11 pp.

Mitchell, J. W. and L. E. Gregory. 1972. Enhancement of overall growth, a new response to brassins. *Nature* 239-54.

Mosse, B. 1986. Micorriza in sustainable agricultura. *Biol. Agric. Hortic.* 3:191-209.

Okon, Y. and C. Labandera. 1994. Agronomic Applications of *Azospirillum* evaluation of 20 years world wide field inoculation. *Soil Biology.* 26 (12): 1591-1601.

Read, D. 1998. Plants on the web. *Nature.* 396; 22-23.

Roth P., Bach T. and Thompson M. 1989. Brassinosteroids: Potent inhibitors of growth of transformed tobacco callus cultures. *Plant Science, Vol 59 pp63-70.*

Selosse, M-A. and Le Tacon, F. 1998. The land flora: a phototroph-fungus partnership? *Tree.* 13 (1); 15-20.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2005. Con información de los estados.

Shafir, G. R.; J. S. Boyer and J. W. Gerdeman. 1972. Nutrient status and mycorrhizal enhancement of water transport in soybean. *Plant physiology.* 49:700-03.

Steffens, G. L., J. G. Buta, L. E. Gregory, N. B. Mandava, W. J. Meudt, J. F. Worley. 1979. New plant-growth regulators from higher plants. In *Advances in Pesticide Science*. Ed. H. Geissbuhler, pp. 343-46. London. Academic.

Takematsu, T., takenchi, Y., Koguchi, M. 1983. New plant growth regulators, Brassinolide analogues: their biological effects and application to agriculture and biomass production. *Chem. Regul. Plants* 18:2-15.

Werner, D. 1992. Physiology of nitrogen-fixing legume nodules. Compartments and functions- In: Stacey, G. Burris, R. H. and Evans, H. J. (eds). *Biological nitrogen fixation*. Chapman & Hall. New York, N. Y. U. S. A. pp 399-431.

Yokota, T., Takahashi, N. 1986. Chemistry, physiology and agricultural application of brassinolide and related steroids. In *Plant Growth Substances 1985*, ed. M. Bopp, pp. 129-38. Berlin/Heidelberg:Springer-Verlag

Yopp, J. H., N. B. Mandava, J. M. Sasse. 1981. Brassinolide, a growth promoting steroidal lactone. I. Activity in selected auxin bioassays. *Physiol. Plant.* 53:445-52.

Young, C. C.; T. C. Juang; and C. C. Chao. 1998. Effects of *Rhizobium* and vesicular arbuscular mycorrhiza inoculations on nodulation, symbiotic nitrogen fixation and soybean yield in subtropical-tropical fields. *Biol. Fertil. Soils* 6:165-69.

Cuadro 1. Características químicas del suelo Luvisol ródico (K'ankab).

Parámetro	Contenido
Materia Orgánica (%)	2.96
Fósforo (ppm)	24.28
Potasio (ppm)	306.78
Magnesio (ppm)	465.36
Calcio (ppm)	2446.07
pH	7.09
CIC meq/100 g	17.55

Cuadro 2. Lista de tratamientos evaluados durante cinco años consecutivos (2000-2004) en un suelo de tipo Luvisol ródico y Cambisol.

Número	Tratamiento
1	Micorriza + Azospirillum sin fertilización química (M+A)
2	Micorriza + Azospirillum + 13-33-00 de fertilización química (M+A+13-33-00)
3	Micorriza + Azospirillum + 26-66-00 de fertilización química (M+A+26-66-00)
4	Brassinoesteroide sin fertilización química (B)
5	Brassinoesteroide + 26-66-00 de fertilización química (B+26-66-00)
6	Brassinoesteroide + 40-100-00 de fertilización química (B+40-100-00)
7	Micorriza + Azospirillum + Brassinoesteroide sin fertilización química (M+A+B)
8	Fertilización química (40-100-00)
9	Testigo absoluto sin microorganismos, sin fitohormona y sin fertilizante químico

Cuadro 3. Balance hídrico durante los años de evaluación de los tratamientos (2000 – 2004). Campo Experimental Uxmal.

Mes	2000			2001			2002			2003			2004		
	Prec	Evap	Def	Prec	Evap	Def	Prec	Evap	Def	Prec	Evap	Def	Prec	Evap	Def
Jun	165	168.6	-3.6	155.7	182.78	-27.08	350.8	160.2	190.6	341.91	201.1	140.81	46.7	250.08	-203.38
Jul	51.3	199	-147.7	201.6	172.48	29.12	93.7	166.42	-72.72	93.8	170.35	-76.55	146	224.18	-78.18
Ago	147.7	152.5	-4.83	211.0	143.34	67.66	201.3	174.6	26.7	191.9	165.44	29.46	209.7	194	15.7
Sep	330.2	106.8	223.4	177.7	140.32	37.38	616	246.7	369.3	101.2	146.7	-45.5	210.4	159.63	
50.77															
Oct	82.6	122.8	-40.24	27.7	111.06	-83.36	58.2	134.79	-76.59	147.9	116.07	31.83	318.9	129.72	189.18
Nov	66.5	110.9	-44.4	154.4	110.37	44.03	10.4	101.5	-91.1	114.1	92.01	22.09	148.5	92.01	56.49

Cuadro 4. Número de días utilizados por los tratamientos evaluados para la emisión del 50% de flor masculina en el cultivo de maíz durante los años de evaluación.

Tratamiento	2000	2001	2002	2003	2004	Promedio
M+A	68.0a	62.5a	64.3b	54.3a	65.3b	65.0 ab
M+A+13-33	67.8a	62.8a	64.0b	53.5a	64.3bc	64.7 ab
M+A+26-66	67.5a	63.8a	63.0b	53.8a	65.5b	64.9 ab
B	66.3a	62.3a	63.8b	52.5a	65.8ab	64.9 ab
B+26-66	67.5a	62.0a	64.0b	52.3a	64.5bc	64.2 b
B+40-100	67.8a	62.8a	64.3b	52.5a	64.8bc	64.8 ab
M+A+B	67.8a	62.3a	64.0b	53.5a	67.8a	65.4 a
40-100-00	68.0a	62.3a	64.0b	52.5a	62.8c	64.2 b
00-00-00	62.5a	63.3a	67.3a	52.5a	64.5bc	65.8 a
Promedio	67.6 a	62.6 d	64.3 c	53.0	65.0 b	

Media con la misma letra en cada columna es estadísticamente igual con $DMS_{0.01}$. En el promedio para cada uno de los años media con la misma letra en la fila es estadísticamente igual con $DMS_{0.01}$.

Cuadro 5.- Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$) medio obtenido con microorganismos benéficos y la fitohormona Brassinoesteroide, durante cuatro años de evaluación (2000-2002 y 2004) en un suelo de tipo Luvisol ródico.

Tratamiento	Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$)	% Incremento	
		40-100-00	00-00-00
M + A	3.07	0.66	8.48
M + A + 13-33-00	3.10	1.64	9.54
M + A + 26-66-00	3.00	-	6.01
B	2.82	-	-
B + 26-66-00	3.24	6.23	14.49
B + 40-100-00	2.91	-	2.83
M + A + B	2.84	-	0.35
40-100-00	3.05		7.77
00-00-00	2.83		

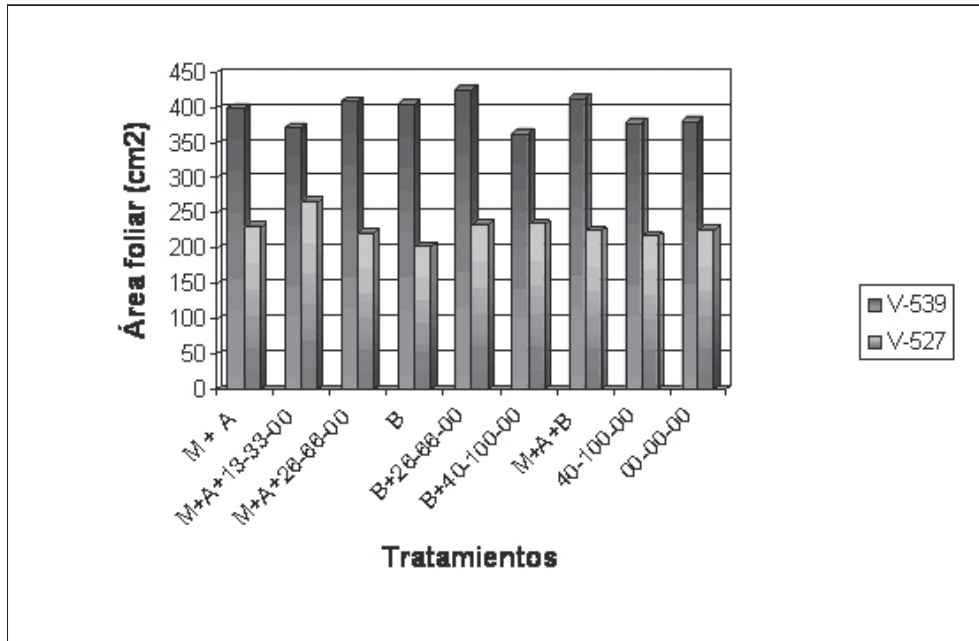
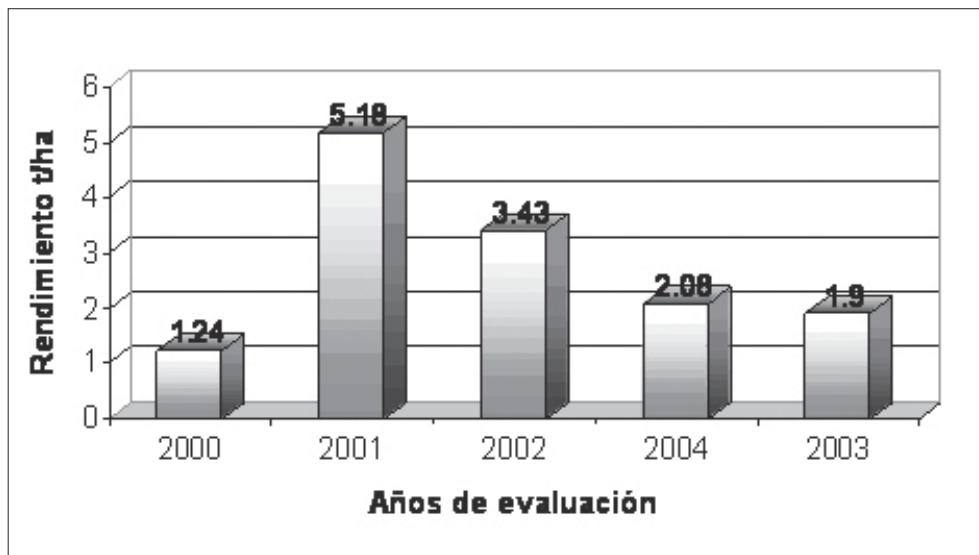


Gráfico 1. Área foliar (cm²) observada en las Variedades de polinización libre V-539 y V-527, con los tratamientos evaluados de micorriza, *Azospirillum* y Brassinoesteroide en un suelo de tipo Luvisol ródico.



2.- Rendimiento obtenido (t.ha⁻¹) durante los años de evaluación en un suelo Luvisol ródico con la variedad V-539 y V-527.

Rendimiento (t.ha⁻¹) con la variedad de polinización libre V-527.

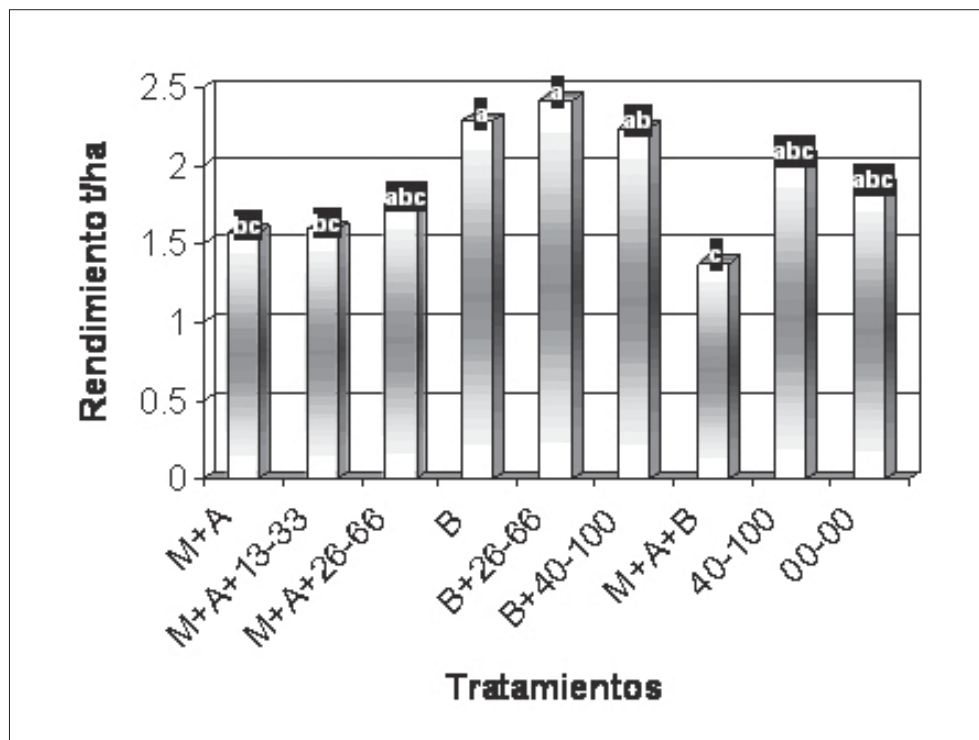


Gráfico 3.- Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$) obtenido en un suelo de tipo Luvisol ródico con la variedad de polinización libre V-527 en el año 2003.