

MEJORAMIENTO EN LA EFICIENCIA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS CON BIOFERTILIZANTES PARA PRODUCIR MAÍZ EN SUELO ALFISOL (*Chac-lu'um*)

Chemical fertilizer efficiency improvement with biofertilizer to produce maize in Alfisol soil (Chac-lu'um)

Gabriel Uribe V.¹, Judith Petit² y Roberto Dzib E.¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Mérida, Yucatán-México.

E-mail uribe.gabriel@inifap.gob.mx, dzib.roberto@inifap.gob.mx

²Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida-Venezuela. E-mail: jcpetita@ula.ve

RESUMEN

El estado de Yucatán destina 160 mil hectáreas en el cultivo de maíz y obtiene un 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, comparados con el tratamiento de fertilización química 40-100-00 y testigo absoluto 00-00-00, durante cinco años (2000-2004). El comportamiento de la variedad V-539 fue estadísticamente diferente en los años de evaluación en las variables de respuesta observadas y la aplicación de la fitohormona Brassinoesteroide, del hongo micorrízico y de la bacteria *Azospirillum* complementada, con diferentes tratamientos de fertilización química, tienen un comportamiento estadísticamente igual al observado con el tratamiento de fertilización química 40-100-00, con lo que se muestra que mediante el uso de biofertilizantes es posible mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes químicos tradicionales.

Palabras clave: maíz, micorriza, *Azospirillum brasilense*, Brassinoesteroide, rendimiento, fertilización química.

ABSTRACT

The state of Yucatan assigns 160 thousand hectares for maize crop with a 0,836 t.ha⁻¹ yield average during the rainfall season meaning no sustainability and to obtain that sustainability in the maize production, it is necessary to complement the chemical fertilization with biological forms. The application of mycorrhiza (*Glomus intraradice*), the nitrogen fixing bacteria (*Azospirillum brasilense*) and phytohormone Brassinoesteroide compared with the treatment of chemical fertilization 40-100-00 and absolute witness 00-00-00, were evaluated during five years (2000-2004). The behavior of the V-539 variety was statistically different during the evaluation years in the observed variables answer and the application of Brassinoesteroide phytohormone, the mycorrhitic fungi and the *Azospirillum* bacteria, complemented with chemical fertilization treatments have a statistically similar behavior to that observed in the treatment with 40-100-00 chemical fertilization showing that using biofertilizers improves the efficiency in the traditional chemical fertilizer use.

Key words: Maize, biological inoculation, *Azospirillum brasilense*, chemical fertilizers, grain yield, agronomic characteristics.

INTRODUCCIÓN

El estado de Yucatán destina una superficie de poco más de 160 mil hectáreas, para la siembra del cultivo de maíz con un rendimiento medio estatal de 0,836 t ha⁻¹, (promedio de 25 años 1980-2004), (SIAP, 2005), esta superficie corresponde en su totalidad bajo condiciones de temporal en diferentes tipos de potencial productivo que va desde no apto y bajo hasta muy buen potencial en dos sistemas de producción que son a) mecanizado y b) roza, tumba, quema. En dicha área se aplican distintas dosis de fertilizante químico que se asocian 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. 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, pero con el mantenimiento de la estructura física y química del suelo y su balance biológico. 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 eficiente la absorción de los mismos (Aguirre y Velazco, 1994; Alarcón y Ferrera, 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 ésta (Aguirre y Velazco, 1994; Mosse, 1986; Bethlenfalvay, 1993, Linderman, 1993).

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 (Clouse y Sasse, 1998; Gross y Parthier, 1994). Este tipo de hormonas se han evaluado en Japón para incrementar el rendimiento (Gregory, 1981). En maíz, las plantas aumentaron significativamente la producción entre un 18 y 33% (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; De la Cruz *et al.*, 1988).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio experimental

Los trabajos experimentales se establecieron en terrenos del productor cooperante, Sr. Anselmo Dzib Balam, en la localidad de Tinum, municipio del mismo nombre del Estado de Yucatán, durante cinco años consecutivos (2000-2004), dicha localidad se sitúa en las coordenadas 20° 46' de latitud norte y 88° 23' de longitud oeste a una altitud de 50 metros sobre el nivel del mar, en un suelo de tipo Alfisol,

denominado en la nomenclatura Maya como Chac-lu'um, algunas de sus características se muestran en el Cuadro 1. El clima es de tipo Aw₀, según la clasificación de Köeppen 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 que varía de 900 a 1000 mm.

Los contenidos observados de acuerdo con Castellanos *et al.* (2000) se consideran como muy alto para materia orgánica, moderadamente bajo para fósforo, muy alto para potasio, medio para calcio, muy alto para magnesio y el pH neutro, al realizar los cálculos de la proporción K/Mg (1,08), se considera como adecuada para la producción de granos básicos de acuerdo con lo estipulado por Tisdale *et*

Cuadro 1. Características químicas del suelo Alfisol (*Chac-lu'um*) en los primeros 20 cm de profundidad.

Característica	Contenido
Materia Orgánica (%)	4,68
Nitrógeno total (%)	0,30
Fósforo (ppm)	15,30
Potasio (ppm)	1500
Magnesio (ppm)	1384
Calcio (ppm)	1590
pH 1:1	7,31

al. (1993) (Cuadro 1).

La preparación del terreno consistió en la roza de las arvenses existentes y de la caña del cultivo anterior, que fue quemada como práctica de preparación de la cama de siembra, ésta se realizó en forma manual a una distancia entre surcos de 80 cm y de 50 cm entre plantas, dejándose dos plantas por cepa para una densidad de población de 50.000 plantas por hectárea, en el cultivo de maíz variedad de polinización libre V-539 (ciclo intermedio), durante el periodo de evaluación del 2000 al 2004.

Materiales y métodos utilizados

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

brasiliense) y la fitohormona Brassinoesteroide. Además se utilizó la fertilización química con los tratamientos 13-33-00, 26-66-00 y 40-100-00.

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 24 m² y la 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 un análisis de varianza bajo un arreglo de parcelas divididas donde se utilizó a los años como parcela grande y los nueve tratamientos como parcela chica, la comparación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa, a un nivel de significancia del 0,01%.

Cuadro 2. Lista de tratamientos evaluados durante cinco años consecutivos (2000-2004) en suelo Alfisol.

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

1 Kg por hectárea

2. 380 g ha en presentación de turba

3. 30 g ha en tres aplicaciones de 10 g cada una, la primera embebida a la semilla, la segunda a los 30 días y la tercera previo a la floración masculina

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta (m). El análisis de varianza mostró una diferencia estadística significativa entre los años de evaluación ($P>F<0,001$) y no significativas para los tratamientos evaluados ($P>F=0,236$), el coeficiente de variación fue de 5,29%. Al realizar la comparación de medias el año 2004 registró la mayor altura de planta (2,78 m) el cual fue estadísticamente diferente al resto de los años, el año 2002 presentó una altura de 2,62 m, igual comportamiento presentaron los años 2001 y 2003 con alturas muy similares (2,43 y 2,41 m), respectivamente y el año 2000 mostró una altura promedio de 1,57 m, tal comportamiento está regido por el comportamiento climático en cuanto a la cantidad y distribución de la precipitación ocurrida durante el periodo de crecimiento. Los resultados obtenidos contrastan con lo reportado por Alarcón y Ferrera-Cerrato (2000); Bethlenfalvay (1993) y Linderman (1993), quienes señalan que se mejora el desarrollo y crecimiento vegetal mediante el uso de micorrizas. También a los de Mitchell y 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 planta, pero concuerdan con lo reportado por Gregory y Mandava (1982) y Steffens *et al.* (1979); quienes indican que el crecimiento puede ser menor cuando el brassinoesteroide se aplica en plantas con algún deterioro y cuando están con estrés; además, con los de Gregory y Mandava (1982), quienes refieren que el brassinoesteroide puede no tener o ser muy pequeño el efecto en condiciones de órganos maduros. 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, este efecto se le atribuyó a la concentración de aplicación del brassinoesteroide.

Días a flor masculina (al 50% de la emisión).

Se observaron diferencias estadísticas significativas entre los años de evaluación ($P>F<0,001$), así como también a los tratamientos de prueba ($P>F<0,001$) con un coeficiente de variación de 2,01%, los años 2004 y 2002 fueron los de menor número de días utilizados (Figura 1), seguidos por 2000 y 2001 con el número intermedio de días y el que mayor tiempo utilizó fue el año 2003.

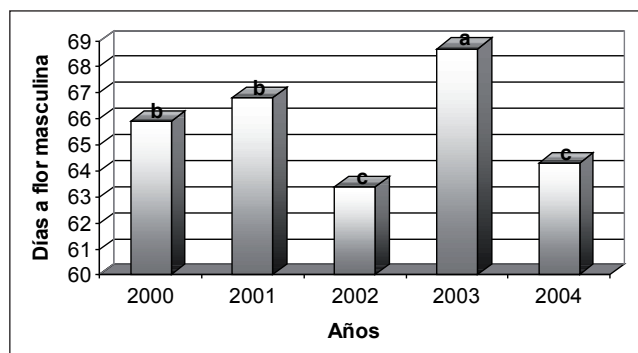


Figura 1. Días requeridos para la emisión del 50% de la flor masculina en el cultivo de maíz en un suelo Alfisol.

El testigo absoluto fue el que mayor tiempo necesitó para la emisión de la flor masculina con 67,2 días y el menor tiempo lo requirió el brassinoesteroide complementado con el tratamiento de fertilización química 40-100-00 con 65 días en promedio (Cuadro 3).

El tratamiento donde se aplicó Brassinoesteroide en dosis de 30 g ha⁻¹ complementado con el tratamiento de fertilización inorgánica 40-100-00 tuvo un efecto directo sobre la emisión de la flor masculina en el cultivo de maíz, lo anterior puede ser benéfico ya que esto podría permitir escapar a una condición de estrés hídrico o bien permitir una madurez fisiológica más temprana y escapar de igual forma a los efectos de algún huracán, pero es estadísticamente igual al reportado mediante el uso de micorriza y

Cuadro 3. Días requeridos por cada uno de los tratamientos evaluados para la emisión del 50% de la flor masculina en el cultivo de maíz en un suelo Alfisol.

Tratamiento	Promedio*
Micorriza + <i>Azospirillum</i>	66,2 ab
Micorriza + <i>Azospirillum</i> + 13-33-00	66,0 bc
Micorriza + <i>Azospirillum</i> + 26-66-00	65,6 bc
Brassinoesteroide	65,7 bc
Brassinoesteroide + 26-66-00	65,4 bc
Brassinoesteroide + 40-100-00	65,0 c
Micorriza + <i>Azospirillum</i> + Brassinoesteroide	65,9 bc
40-100-00	65,5 bc
00-00-00	67,2 a
DMS _{0,01}	1,08

* Promedio con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con DMS_{0,01}.

Azospirillum en simbiosis doble complementada con los tratamientos de fertilización química 13-33-00 y 26-66-00. De igual forma este tratamiento puede generar el mismo efecto que antes indicado. Estos resultados concuerdan con lo expresado por Alarcón y Ferrera-Cerrato (2000), quienes estipulan que los hongos micorrízicos en las plantas impactan sobre su desarrollo definiéndose éste como crecimiento + diferenciación de la planta.

Área foliar (cm²). La presente variable de respuesta se evaluó únicamente por tres años de 2002 al 2004, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los años de prueba ($P > F < 0,001$) y no se observaron diferencias entre los tratamientos evaluados ($P > F = 0,250$). El área foliar disminuyó gradualmente del 2002 al 2004, durante este periodo, la pérdida fue de 47,3%. El coeficiente de variación para esta variable fue de 12,65%.

Rendimiento (t.ha⁻¹). Se observaron diferencias estadísticas significativas entre los años de prueba ($P > F < 0,001$), los tratamientos evaluados ($P > F < 0,001$) y a la interacción entre los años de prueba y los tratamientos evaluados ($P > F = 0,009$). De los cinco años de evaluación el 2004 fue el que mayor rendimiento reportó, con 3,06 t ha⁻¹, el cual superó al rendimiento del 2003 en un 35%, al 2002 en un 27%, al 2001 en un 7,4% y al 2000 en un 343,5% (Cuadro 4). El comportamiento anterior puede estar directamente relacionado con la cantidad y distribución de la precipitación ocurrida durante la etapa de crecimiento que fue del mes de junio a noviembre.

Los tratamientos con fertilización química son estadísticamente diferentes a aquellos sin fertilización, pero con biofertilizantes y en su conjunto produjeron un 52% más que los no fertilizados. El tratamiento 40-100-00, reportó el mayor rendimiento 2,82 t ha⁻¹ y le siguieron los tratamientos con la aplicación de 30 g ha⁻¹ de la fitohormona brassinoesteroide + fertilización química, con un rendimiento medio de 2,79 t ha⁻¹ y 2,69 t ha⁻¹ y por último los que tenían la simbiosis doble de micorriza y *Azospirillum* complementada con fertilización química, con rendimientos medio de 2,54 t ha⁻¹ y 2,45 t ha⁻¹ (Cuadro 4). El comportamiento del brassinoesteroide puede estar relacionado con lo que señalan Gregory y Mandava (1982), y Mandava y Thompson (1983), al indicar que el brassinoesteroide puede inhibir la emergencia de raíces adventicias

lo que puede generar una menor exploración radicular en el suelo y por tanto una menor absorción de nutrientes y agua. Estos resultados son contrarios a los de Mitchell y Gregory (1972) quienes indican que el brassinoesteroide puede tener un efecto sobre el rendimiento y eficiencia de los cultivos.

De los tratamientos sin fertilizar químicamente el que mayor rendimiento registró fue la aplicación de brassinoesteroide en dosis de 30 g.ha⁻¹ con un rendimiento medio de 1.89 t.ha⁻¹ (Cuadro 4), lo cual puede estar relacionado con la promoción del crecimiento de la raíz como lo estipula Hewitt *et al.* (1985), Mitchell y Gregory (1972) quienes demostraron que el brassinoesteroide tiene un efecto sobre el rendimiento y la eficiencia de los cultivos y con lo indicado por Mandava (1988), quien indica que el potencial del brassinoesteroide puede estar en el incremento de biomasa, rendimiento, control de enfermedades y del estrés ambiental en los cultivos.

En lo que respecta a los hongos micorrízicos, el efecto observado concuerda con lo estipulado por Alarcón y Ferrera-Cerrato (2000), al mencionar que su aplicación en campo es limitada debido principalmente a la cantidad de inoculante requerida y sobre todo a que estos hongos tienen como característica poseer lento crecimiento y baja capacidad competitiva ante otros microorganismos y su establecimiento en el sistema radical. Por lo que es necesario realizar un método de desinfección del suelo para que sea exitoso.

CONCLUSIONES

El cultivo de maíz mediante la variedad de polinización libre V-539, presentó un comportamiento estadísticamente diferente en los años de evaluación en las variables de respuesta: altura de planta (m), días a flor masculina, área foliar (cm²) y rendimiento (t.ha⁻¹).

La aplicación de la fitohormona brassinoesteroide, del hongo micorrízico *Glomus intraradice* y de la bacteria *Azospirillum brasilense* complementada con diferentes tratamientos de fertilización química (13-33-00 y 26-66-00), tiene un efecto estadísticamente igual al observado con el tratamiento de fertilización química 40-100-00 en la variable de respuesta rendimiento, lo que nos indica que los biofertilizantes contribuyen a mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 en México* 20: 43-45.
- ALARCÓN, A. y R. FERRERA-CERRATO. 2000. Biofertilizantes: Importancia y Utilización en la agricultura. *Agricultura Técnica en México* 26: 191-203.

Cuadro 4. Rendimiento de grano de maíz (t.ha⁻¹) obtenido en cada uno de los tratamientos durante los años de prueba, en un suelo Alfisol (*Chac-lu'um*).

Tratamiento	2000*	2001*	2002*	2003*	2004*	Promedio ¹
M+A	0,53 a	2,36 cd	1,24 d	1,34 c	2,61 ab	1,62 b
M+A+13-33	0,67 a	3,67 ab	2,62 abc	2,73 a	3,00 ab	2,54 a
M+A+26-66	0,87 a	2,55 bcd	3,20 a	2,63 a	3,02 ab	2,45 a
B	0,69 a	2,04 d	1,66 cd	2,00 abc	3,09 ab	1,89 b
B+26-66-00	0,69 a	3,54 ab	3,03 ab	3,03 a	3,16 ab	2,69 a
B+40-100-00	0,84 a	3,41 abc	3,32 a	2,69 a	3,67 a	2,79 a
M+A+B	0,60 a	2,13 d	1,44 d	1,43 bc	2,48 b	1,62 b
40-100-00	0,78 a	4,18 a	3,22 a	2,52 ab	3,41 ab	2,82 a
00-00-00	0,56 a	1,73 d	1,94 bcd	2,01 abc	3,10 ab	1,87 b
Promedio	0,69 d	2,85 ab	2,41 bc	2,26 c	3,06 a	

* Media no la misma letra en cada columna son estadísticamente igual mediante $DMS_{0,01}=1,12$.

¹ Media con la misma letra en la columna son estadísticamente igual mediante $DMS_{0,01}=0,50$.

² Media con la misma letra en la fila son estadísticamente igual mediante $DMS_{0,01}=0,50$.

- BASHAN, Y., G. HOLGUIN; M. E. PUENTE; A. L. CARRILLO; L. ALCARAZ-MENDEZ; A. LÓPEZ-CORTES; and J. L. OCHOA. 1993. Critical Evaluation of plant inoculation with beneficial bacteria from the genus *Azospirillum*. *Agroecología, sostenibilidad y educación*. Ed. Ferrera-Cerratos y L. R. Quintero. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.
- BETHLENFALVAY, G. J. 1993. The mycorrhizal plant-soil system in sustainable agriculture. *Agroecología, sostenibilidad y educación*. Ed. Ferrera-Cerratos y L. R. Quintero. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, 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.
- CASTELLANOS, J. Z., J. X. UVALLE-BUENO y A. AGUILAR-SANTELISES. 2000. *Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas*. Segunda edición. Colección INCAPA.
- CLOUSE, S. D. and J. M. SASSE. 1998. 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 inoculated with VA mycorrhizal fungi and *Rhizobium*. *Plant and Soil* 108:111-15.
- 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.
- HEWITT F., T. HOUGH, P. O'NEIL, J. SASSE, E. WILLIAMS and K. ROWAN. 1985. Effect of Brassinolide and other growth regulators on the germination and growth of pollen tubes of *Prunus avium* using a multiple hanging-drop assay. *Australian Journal of Plant Physiology* 12: 201-211.
- LINDERMAN, R. G. 1993. Effect of microbial interactions in the mycorrhizosphere on plant growth and health. *Agroecología, sostenibilidad y educación*. Ed. Ferrera-Cerratos y L. R. Quintero. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.
- MANDAVA, N. 1988. Plant growth-promoting brassinosteroids. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology* 39: 23-52.
- MANDAVA, N. B., y THOMPSON, M. J. 1983. Chemistry and functions of brassinolide. *Proceedings of the Isopentenoid Symposium*, ed. W. D. Nes, G. Fuller, L. S. Tsai, pp. 401-31. New York: Dekker.
- MITCHELL, J. W. and L. E. GREGORY. 1972. Enhancement of overall growth, a new response to brassins. *Nature* 239: 253-254.
- MOSSE, B. 1986. Micorriza in sustainable agriculture. *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: 1591-1601.
- ROTH P., BACH T. and THOMPSON M. 1989. Brassinosteroids: Potent inhibitors of growth of transformed tobacco callus cultures. *Plant Science* 59: 63-70.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN Y ESTADÍSTICA AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2005. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- STEFFENS, G. L., J. G. BUTA, L. E. GREGORY, N. B. MANDAVA, W. J. MEUDT y J. F. WORLEY. 1979. New plant-growth regulators from higher plants. *Advances in Pesticide Science*. Ed. H. Geissbuhler, pp. 343-346. London.
- TISDALE, S. L., W. L. NELSON, J. D. BEATON y J. H. HAVLIN. 1993. *Soil-Fertility and Fertilizers*. 5th Ed. Macmillan. New York.
- YOUNG, C. C., T. C. JUANG and C. C. CHAO. 1988. Effects of *Rhizobium* and vesicular arbuscular mycorrhiza inoculations on nodulation, symbiotic nitrogen fixation and soybean yield in subtropical-tropical fields. *Biol. Fertil. Soils* 6:165-169.