

EFFECTO DE APLICACIÓN DE *Glomus Intraradices* EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y RADICULAR DE PLÁNTULAS DE *Cucurbita Pepo* L. Effect of Application of *Glomus Intraradices* on the Vegetative and Root Growth of *Cucurbita Pepo* L. Plantlets

Manuel Reveles Hernández¹, Luis Roberto Reveles Torres¹, Rodolfo Velásquez Valle¹ y Jaime Carrillo Fernández¹

INIFAP, Campo Experimental Zacatecas, Km. 24.5 Carretera Zacatecas – Fresnillo, Calera de V. R., Zacatecas, México. CP 98500.
E mail: mrevels@zacatecas.inifap.gob.mx

RESUMEN

La aplicación de micorriza *Glomus intraradices*, como tratamiento a la semilla e incorporado al sustrato fue evaluada con el objetivo de estudiar el efecto de su dosificación y formas de aplicación en el desarrollo vegetativo y de raíz de plántulas de calabacita (*Cucurbita pepo* L.). El ensayo fue conducido mediante un diseño experimental completamente al azar, con cinco repeticiones cada tratamiento. Se evaluó el desarrollo de la plántula de calabacita, por medio de variables como altura, volumen de raíz, número de hojas, diámetro de cuello y hojas y medición de materia seca. Se observaron resultados significativos ($p \leq 0.01$) en el desarrollo de plántulas (hasta 650 gramos) con el tratamiento correspondiente a la aplicación de *Glomus intraradices* en semilla. Otros tratamientos produjeron rendimientos similares al testigo absoluto.

Palabras clave: Micorriza, Desarrollo de plántula, Tratamiento a la semilla.

SUMMARY

The application of mycorrhiza, *Glomus intraradices*, as seed treatment and incorporated to the substrate was evaluated with the aim to study the effect of its dosage and form of application on vegetative and root growth of squash (*Cucurbita pepo* L.) plantlets. The assay was carried out in a completely random experiment design. Each treatment was replicated five times. Squash plantlets growth was evaluated by measuring

plantlet height, root volume, leaves number, neck and leaves diameter as well as dry matter weight. Significant results ($p \leq 0.01$) on plantlet growth (up to 650g) were obtained when *G. intraradices* was applied as seed treatment. Other treatments were similar to control.

Key words: Mycorrhiza, Growth plantlet, Seed treatment.

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos han formado parte de los ecosistemas terrestres desde que iniciaron las plantas la colonización de la tierra (Remy *et al.*, 1994), se les considera como fundamentales en los procesos fisiológicos de los ecosistemas y están invariablemente presentes en la región de la raíz de las plantas en crecimiento, esta unidad planta-microorganismo ha contribuido al mantenimiento, funcionamiento y estabilidad de los ecosistemas (Read, 1998). Los mecanismos por los cuales los microorganismos promueven el crecimiento vegetal involucran procesos, como la extracción de fosfatos, fijación de nitrógeno, producción de clorofila, producción de reguladores del crecimiento, incremento en la síntesis de componentes de carbono y producción de carbohidratos, competencia en la rizósfera e inducción de resistencia sistémica en las plantas (Kapulnik y Okon, 2002; Demir 2004; Loredó-Ostí *et al.*, 2007, Parniske, 2008).

En el desarrollo de agricultura sustentable es necesario buscar e implementar tecnologías capaces de garantizar el suministro de alimentos

sin afectar la salud ambiental por lo que los biofertilizantes constituyen una herramienta útil en esta terea (Martínez-Viera *et al.*, 2010) ya que la agricultura basada en principios ecológicos constituye uno de los principales contribuyentes al combate a la pobreza y el establecimiento de la seguridad alimentaria en países en vías de desarrollo (IFOAM, 2006; Restrepo, 2006) ya que permite mantener la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno, por lo que trae consigo beneficios económicos, sociales y ambientales (Carvajal y Mera, 2010).

En general se recomienda la inoculación con micorrizas en la semilla para siembra, sin embargo se han realizado inoculaciones en sustrato con resultados divergentes ya que la efectividad y respuesta de la inoculación está determinada por diversos factores relacionados con las condiciones de manejo y de la especie cultivada (Tapia-Goné *et al.*, 2000).

Al evaluar la aplicación de *Glomus intraradices* en plántula de lechuga han reportado su eficiencia al incorporarlo al sustrato para la producción de plántula, dicho efecto se expresó en mayor vigor y tamaño, así como en rendimiento y calidad de los frutos cosechados (Melgares *et al.*, 2004).

Se ha reportado respuesta al uso de micorrizas para inocular plantas encontrándose respuesta tanto en crecimiento como en acumulación de materia seca de chícharo silvestre.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la dosificación y formas de aplicación de *Glomus intraradices* en el desarrollo de plántula de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias que se localiza en el municipio de Calera, estado de Zacatecas, México, entre los 22° 54' 10" de

latitud norte y los 102° 29' 28" longitud oeste a una altura sobre el nivel del mar de 2198 m.

Durante 2011 se realizó el experimento en un invernadero tipo túnel de 10x27 metros con una altura de 4 m, con cubierta de plástico transparente, ventilación lateral y calefacción para protección contra heladas.

Se aplicó biofertilizante a base de *Glomus intraradices* en tratamiento a la semilla y al sustrato de acuerdo a la recomendación del INIFAP para semillas de hortalizas, para el cálculo de los tratamientos se tomó medio kilogramo de biofertilizante a base de *Glomus intraradices* del INIFAP para la semilla de una hectárea recomendada por Aguirre y colaboradores (2010) y de allí se ajustaron dosis más altas y más bajas en un 30 por ciento, quedando los tratamientos que se enumeran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Relación de tratamientos de inoculación y dosificación de biofertilizante aplicado en la producción de plántula de calabacita (*Cucurbita pepo* L.).

Número	Tratamiento
1	Testigo sin biofertilizante
2	350 gramos de biofertilizante en sustrato
3	500 gramos de biofertilizante en sustrato
4	650 gramos de biofertilizante en sustrato
5	350 gramos de biofertilizante en semilla
6	500 gramos de biofertilizante en semilla
7	650 gramos de biofertilizante en semilla

Se sembraron semillas de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) SQUASH Gray Succhini (Pacífica) en macetas de 400 mililitros, colocando una semilla por maceta, el sustrato utilizado para la siembra fue a base de turba con una textura fina y es recomendado para la producción de plántula de hortalizas en contenedores (Reveles-Hernández *et al.*, 2010).

La germinación de las semillas en los vasos se llevó a cabo dentro del invernadero a una temperatura aproximada entre 25 – 30 °C y una humedad relativa de 60 y 70 por ciento.

A los 35 días después de la siembra, se procedió a medir las variables:

Altura total: Se midió la altura de la plántula en pie desde el cuello de la planta hasta la parte

final de las hojas usando una regla graduada en milímetros y centímetros.

Diámetro del cuello: se tomó en el inicio de la parte aérea de la planta, se realizó con la ayuda de un calibrador Vernier.

Longitud de Pecíolo: se midió a partir del inicio del pecíolo en el tallo hasta llegar al inicio de la hoja, para esta práctica se empleo una regla graduada en milímetros.

Volumen de raíz: se realizó introduciendo la raíz en una probeta graduada de 25 mililitros que contenía agua y se observó el aumento de volumen dentro de la misma, dando como resultado el volumen buscado.

Diámetro de las hojas, con el apoyo de una regla graduada se realizó la medición del diámetro de la primera, segunda y tercer hoja de la plántula.

Peso de materia seca: las plantas se sometieron a deshidratación en una estufa a una temperatura constante de 60 °C por un tiempo de 24 horas, después de ser deshidratadas, la planta fue separada en hojas, tallo y raíz, para pesarlas por separado con el apoyo de una balanza de precisión.

El ensayo fue conducido por un diseño establecido completamente al azar, con cinco repeticiones cada tratamiento, en donde cada tratamiento estuvo representado por cuatro vasos con una planta en cada uno de ellos. Para la evaluación final se tomó una planta por cada tratamiento y repetición.

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente con el paquete de diseños experimentales FAUNAL versión 2.5. (Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 1994). Con el uso del paquete citado se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de diferencia mínima significativa a niveles de significancia $p \leq 0.01$ y 0.05 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de varianza para la altura de planta se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) entre tratamientos que al realizar la comparación de medias el tratamiento correspondiente a la aplicación de biofertilizante en semilla en dosis de 650 gramos con una altura media de 22.5 centímetros, resultó estadísticamente superior al resto de los tratamientos.

El tratamiento con 500 gramos de biofertilizante aplicados en semilla, resultó estadísticamente diferente al tratamiento de 650 gramos aplicado a semilla pero igual al testigo absoluto, y estos a su vez son superiores que el resto de los tratamientos. Las alturas promedio de los tratamientos aplicados al sustrato y el de 350 gramos aplicados a semilla resultaron estadísticamente iguales. Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación de medias para la variable, altura de planta, diámetro de tallo, volumen de raíz, diámetro de primera, segunda y tercera hoja por el método de DMS con un nivel de significancia de 0.01, en plántulas de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en condiciones de invernadero.

Numero de Tratamientos	Altura de planta	Diámetro de tallo	Volumen de raíz	Diámetro de primera hoja	Diámetro de segunda hoja	Diámetro de tercera hoja	Longitud del pecíolo
1	15.86bc	3.23b	1.7b	5.06b	4.20c	1.70c	6.10c
2	14.6 c	3.28b	2.4b	5.58b	4.60c	2.48bc	7.22c
3	14.8 c	3.26b	2.1b	5.38b	4.46c	2.42bc	6.44c
4	14.6 c	3.31b	1.9b	5.34b	4.40c	2.34bc	7.42c
5	14.9 c	3.48b	1.9b	5.20b	4.32c	1.70c	7.40c
6	17.7 b	4.39a	2.5b	7.80a	5.80b	3.20b	9.60b
7	22.5 a	4.58a	3.6a	8.86a	7.88a	5.66a	11.94a

Se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) entre tratamientos al realizar el análisis de varianza del diámetro del tallo, al realizar la comparación de medias realizado por el método de DMS, se determinó que los tratamientos correspondiente a la aplicación de biofertilizante en semilla con una dosis de 500 y 750 gramos de biofertilizante son estadísticamente iguales, los cuales adquirieron el mayor diámetro registrado con diferencia al testigo absoluto, siendo superiores estadística-mente a los tratamientos aplicados a sustrato y al de 350 gramos de biofertilizante en semilla los cuales resultaron estadísticamente iguales entre sí.

El análisis de varianza para volumen de raíz mostró que es altamente significativa ($\alpha=0.01$) la diferencia entre tratamientos, realizando el método de DMS y dando como resultado una comparación de medias con nivel de significancia de (0.01), sólo el tratamiento siete, que corresponde a la aplicación de biofertilizante en semilla con una dosis de 750 gramos, mostrando un aumento en el volumen de raíz, a diferencia de todos los demás tratamientos, los cuales resultaron estadística-mente iguales, es decir, obtuvieron un desarrollo de raíz similar al testigo absoluto, indicando que no hay efecto de la micorrización de los tratamientos respectivos expresado en volumen de raíz.

Al realizar el análisis de varianza para el crecimiento de las hojas, expresado en diámetro de ellas, se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) para las tres hojas con que contaba la plántula al momento del muestreo.

En cuanto a diámetro de las hojas, en general, el tratamiento correspondiente a la aplicación de 650 gramos de biofertilizante a semilla resultó con una media estadísticamente superior que el resto de los tratamientos, pero siendo estadísticamente igual el diámetro de la primera hoja que el tratamiento de 500 gramos de biofertilizante aplicado a semilla.

Al realizar la comparación de medias del diámetro de la tercera hoja de la plántula los resultados sitúan al tratamiento de 650 gramos de biofertilizante aplicado en la semilla por encima de los demás.

Se observa también que el tratamiento de 500 gramos de biofertilizante aplicado a semilla es

estadísticamente superior al testigo y al tratamiento más bajo de biofertilizante aplicado a semilla (350 gramos), pero estadísticamente igual a los tratamientos de biofertilizante en sustrato.

La similitud estadística en mayor número de tratamiento para el diámetro de la tercera hoja posiblemente se deba a que esta hoja aun no estaba totalmente desarrollada por lo que no se había expresado plenamente el efecto de los tratamientos sobre su crecimiento.

Longitud de Pecíolo

El análisis de varianza realizado para esta variable, con un nivel de significancia de (0.01) expresa que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados, que al realizar la comparación de medias expresa la superioridad de el tratamiento de 650 gramos en semilla, siendo además diferente al tratamiento de 500 gramos en semilla y este a su vez superior al resto de los tratamientos los cuales resultaron con una longitud del pecíolo estadísticamente iguales.

Acumulación de Materia Seca

Los datos de acumulación de materia seca para los diferentes órganos de la plántula de calabacita sometidas a los tratamientos con biofertilizante así como su comparación de medias por el método de DMS se presentan en el Cuadro 3.

Al realizar el análisis de varianza para la materia seca de hojas reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos resultando estadísticamente iguales los tratamientos de en donde se aplicó 500 y 650 gramos de biofertilizante a la semilla, pero esto a su vez resultaron estadísticamente superiores al resto de los tratamientos, lo anterior indica que la aplicación del biofertilizante a la semilla reporta mayor acumulación de biomasa que los tratamientos en donde la aplicación se realizó al sustrato o cuando la dosis aplicada a la semilla fue baja.

Cuadro 3. Acumulación de materia seca en diversos órganos de plántula de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) tratada con biofertilizante a base de *Glomus intraradices*.

Trat.	Peso seco de hojas	Peso seco del tallo	Peso seco de raíz	Peso seco total
1	0.3189b	0.1573c	0.1851c	0.6769c
2	0.3389b	0.1729bc	0.3121b	0.8910bc
3	0.3385b	0.1641c	0.2507bc	0.7712bc
4	0.3762b	0.2168bc	0.2293bc	0.7628bc
5	0.3621b	0.1816bc	0.2195bc	0.7224bc
6	0.6782a	0.2437ab	0.3054b	1.0664b
7	0.8488a	0.3123a	0.4245a	1.6553a

Al analizar estadísticamente el peso seco del tallo, aplicando el análisis de varianza, se encontró que los tratamientos son estadísticamente diferentes, reportándose una media estadísticamente superior para el tratamiento de la semilla con biofertilizante en dosis de 650 gramos. La comparación de medias expresó la materia seca del tallo para los tratamientos 350 y 500 gramos a semilla, así como 250 y 650 gramos a sustrato es estadísticamente iguales pero superiores al testigo y al tratamiento de 500 gramos aplicado en sustrato. Lo anterior expresa una respuesta favorable a la aplicación del inoculante al sustrato, sin embargo se nota una incongruencia en la respuesta del tratamiento correspondiente a 500 gramos aplicados en sustrato al no reportar respuesta en cuanto a acumulación de materia seca en tallo, hecho que pudiera estar relacionado con el método de muestreo o con errores en la toma de datos.

Al realizar el análisis de varianza para materia seca de raíz se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos que al realizar la comparación de medias muestran la superioridad del tratamiento de 650 gramos de inoculante aplicados a semilla, seguido por el resto de los tratamientos con inoculante que resultaron estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al testigo.

Los datos de acumulación de materia seca en la raíz demuestran que invariablemente de la

dosis o forma de aplicación existe respuesta de la aplicación del inoculante por parte de la plántula de calabacita, situación similar se refleja en la comparación de medias realizada para la acumulación de materia seca de la suma de las partes de la planta (peso seco total)

CONCLUSIONES

La inoculación en semilla con *Glomus intraradices*, en comparación con la inoculación en sustrato, afectó positivamente el desarrollo radicular y vegetativo de plántula de calabacita (*Cucurbita pepo* L.).

Los resultados indicaron que la inoculación de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) con *Glomus intraradices* aplicado a la semilla en dosis de 500 y 650 gramos, tuvieron efecto positivo en el crecimiento expresado en mayor altura, mayor área foliar y acumulación de materia seca.

La acumulación de biomasa expresada en términos de peso seco resultó un buen indicador del crecimiento de plántulas de calabacita, tanto de sus raíces como de la parte aérea por lo que esta se considera una variable útil para evaluar crecimiento en esta especie.

Los tratamientos con inoculación de *Glomus intraradices* en sustrato no tuvieron efecto sobresaliente sobre el desarrollo de la plántula de calabacita, produciendo rendimientos similares al obtenido con el testigo absoluto.

LITERATURA CITADA

- Aguirre M., J. F.; Irizar G., M.B.; Durán P., A.; Grajeda C., O.; Peña del R., M A.; Loredo O. C. y Gutiérrez B. A. 2010. Los Biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Folleto Técnico Num. 5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Rosario Izapa. 68 p
- Carvajal M., J. S.y Mera B. A.C. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. Producción + Limpia, 5: 77-96
- Demir, S. 2004. Influence of Arbuscular Mycorrhiza on Some Physiological Growth Parameters of Pepper. Turk. J. Biol. 28: 85-90
- INFOAM, 2006; www.infoam.org; consultado en línea el 21 de junio 2011.

- Kapulnik, Y. and Okon Y., 2002. Plant growth promotion by rhizosphere bacteria. In: Waisel, Y., A Eshell and U. Kafkafi (Eds.). Plant roots. The hidden half. Third edition. Marcel Dekker, New York. p. 869-895
- Loredo-Otsi C., Beltrán S. L. y Peña del R. A. 2007. Uso de biofertilizantes para la producción de maíz forrajero en condiciones de temporal. Folleto científico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación del Noreste. Campo Experimental San Luís. 60 pág.
- Martínez-Viera, R.; Dibut, B. y Ríos Y. 2010. Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. Cultivos Tropicales 31: 27-31
- Melgares de A., J.; González-Martínez D.; Gutiérrez, A.; Honrubia, M.; Morte, A. 2004. Efectos del hongo endomicorrícico *Glomus intraradices* en el cultivo ecológico de lechuga tipo Iceberg. VI Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Almería, España.
- Parniske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. Nature Reviews. 6:763-775
- Read, D. 1998. Plants on the web. Nature. 396; 22-23.
- Remy W, Taylor TN, Hass H, Kerp H (1994) Four hundred – million - year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. PNAS. USA 91: 11841-11843.
- Restrepo R., J. 2006; Taller de Agricultura Orgánica, Fundación Produce Zacatecas A.C.; pp 7- 10.
- Reveles-Hernández M.; Huchín-Alarcón, S.; Velásquez-Valle, R.; Trejo-Calzada, R.; y Ruiz-Torres, J. 2010. Producción de Plántula de Chile en Invernadero. Folleto Técnico Núm. 41. Campo Experimental Valle del Guadiana, CIRNOC-INIFAP, 40p.
- Tapia-Goné, J.J. ; Ferrera-Cerrato, R.; Varela-Fregoso, L.; Rodríguez-Ortiz , J. C.; Soria-Colunga, J. C.; Tiscareño-Iracheta, M. Á.; Loredo-Osti, C.; Alcalá-Jáuregui, J.; Villar- Morales, C. 2000. Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), Revista Mexicana de Micología 31: 69-74.