

EFFECTO DE LA MICORRIZA Y GALLINAZA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y LA CALIDAD DE CEBOLLA CABEZONA (*Allium cepa* L. 'Yellow Granex')

Maritza Yolima Agudelo Becerra¹ y Fanor Casierra-Posada²

RESUMEN

En condiciones de campo se evaluó el efecto de hongos micorrizógenos y de gallinaza, comparado con la aplicación de fertilizante mineral, sobre la producción y la calidad de cebolla cabezona (*Allium cepa* L. 'Yellow Granex') en el municipio de Cucaita – Boyacá (Colombia). Las semillas germinaron en suelo, y 70 días después de la germinación, se seleccionaron plántulas de tamaño uniforme, se transplantaron y se inocularon (0,86 ton/ha de Mycofertil) o no con hongos micorrícicos. Se aplicaron tres dosis de gallinaza (0 - 1 y 2 ton/ha) y 0,5 ton / ha de fertilizante comercial 15 – 15 – 15. Se evaluó la producción total, la producción de bulbos de primera y segunda calidad, así como de los bulbos dañados. Se utilizó el diseño de bloques al azar con tres replicaciones. Se hizo un análisis de varianza (ANOVA) para los datos registrados y se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significancia de 0,01. Los resultados mostraron que las micorrizas y la gallinaza incrementaron la producción total y de las cebollas de primera calidad, comparados con la aplicación fertilizante mineral solo o complementado con 1 ó 2 ton/ha de gallinaza. Sin embargo, la producción de cebolla de segunda calidad fue superior en las parcelas tratadas con micorrizas, comparadas con los otros tratamientos sin ellas. Por otro lado, la adición de micorrizas redujo la cantidad de bulbos dañados. El tratamiento con fertilizante mineral solo presentó la producción total más baja y la menor producción de cebolla de primera y segunda calidad, pero la más alta producción de cebollas dañadas, en comparación con los demás tratamientos evaluados. Los resultados se discutieron con base en el incremento en la toma de nutrientes y en la reducción del efecto de patógenos radiculares en las plantas colonizadas con micorrizas.

Palabras claves: Fertilizante, materia orgánica, micorrizas, producción, calidad de bulbos.

Abreviaturas: MVA: micorrizas vesiculo-arbusculares

ABSTRACT

EFFECT OF MYCORRHIZAE AND HEN MANURE FERTILIZATION ON YIELD AND QUALITY OF ONION (*Allium cepa* L. 'YELLOW GRANEX')

Under field conditions, the effects of mycorrhizae and hen manure fertilization, compared to the application of mineral fertilizers, were evaluated in terms of yield and quality of onion (*Allium cepa* L. 'Yellow Granex') in the municipality of Cucaita - Boyacá (Colombia). The seeds germinated in soil, and 70 days after germination

¹ Ingeniera Agrónoma, representante para Boyacá del Programa de Custodia de Productos de Syngenta. Tunja, Colombia. <yoliagu@latinmail.com>

² Profesor Asociado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Apartado Aéreo 661, Tunja, Colombia. <fanor@gmx.net >

uniformly sized seedlings were selected, transplanted, and were either inoculated or not with mycorrhizal fungi (0,86 ton/ha of Mycofertil). Three levels of hen manure (0 - 1 and 2 ton/ha) and 0,5 ton of 15 - 15 - 15 mineral fertilizer/ha were evaluated. Yield and production of first and second quality onion bulbs were evaluated, as well as production of non marketable bulbs. A completely randomized block design was used with three replicates per treatment. The data were analyzed with Analysis of Variance (ANOVA) and a Duncan median comparison test was conducted using a 0.01 significance level. Results showed that mycorrhizae and manure supply improved the total yield and production of first quality onion bulbs in comparison to supplying mineral fertilizer alone or supplying 1 or 2 ton/ha of hen manure. However, the production of second quality bulbs was higher in plots treated with mycorrhizae in comparison to the other treatments without mycorrhizal fungi. On the other hand, mycorrhizae application reduced the amount of non marketable onion bulbs. The treatment of only mineral fertilizer showed a lower total yield and a lower production of first and second quality onion bulbs, but the highest production of damaged bulbs, in comparison with the other treatments. Results are discussed based upon the increase in nutrient uptake and the suppression of root pathogens in plants colonized by mycorrhizal fungi.

Key words: Fertilizer, organic matter, mycorrhizae, yield, bulb quality.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebolla cabeza representa un renglón importante en el sector hortícola del departamento de Boyacá en Colombia, en donde se establecieron 2164 y 2020 ha en el primer y segundo semestres del año 2001, con una producción promedio de 26,1 ton/ha y de 26,2 ton/ha en el municipio de Cucaita, donde se realizó este estudio (Unidad Regional de Planificación Agropecuaria - URPA, 2002). Estos rendimientos se encuentran por debajo de los reportados por los comercializadores de semillas; dependiendo de las condiciones agroecológicas y del manejo, esta variedad puede tener un rendimiento entre 30-70 ton/ha. En la zona donde se realizó este ensayo, es una práctica común entre los cultivadores de cebolla, aplicar 500 kg/ha de fertilizante de grado 15-15-15 complementado o no con gallinaza, con lo cual se obtiene el rendimiento registrado por URPA (2002) para ese municipio. Por esta razón se hace necesario mejorar las prácticas culturales en el cultivo de cebolla cabeza con el objeto de aumentar el rendimiento. El uso de micorrizas es una alternativa promisoría para fomentar la toma de nutrientes y así incrementar la producción y la calidad de la cebolla cabeza.

Las raíces de la mayoría de las plantas que crecen en suelo presentan asociación con micorrizas. En términos generales, las micorrizas se presentan en 83% de las dicotiledóneas y en 79% de las monocotiledóneas; además, están asociadas con todas las gimnospermas (Wilcox, 1991).

Existe una gran cantidad de ejemplos que explican la reducción de problemas patológicos radiculares mediante la inoculación de las plantas con hongos micorrícicos, en particular con micorrizas vesiculo-arbusculares (MVA) (Marschner, 1995). La inoculación de plantas de *Lycopersicon esculentum* con hongos micorrícicos incrementa

su resistencia a *Fusarium oxysporum* (Dehne y Schönbeck, 1979) y a *Pseudomonas syringae* (García-Garrido y Ocampo, 1989), de *Allium cepa* a *Sclerotium cepivorum* (Torres Baragán *et al.*, 1996) y de *Casuarina* sp. a *Fusarium vesicubesum* (Gunjal y Paril, 1992). Por otro lado, la inoculación con micorrizas ayuda a reducir los efectos nocivos de la salinidad en *Lactuca sativa* y en *Allium cepa* (Cantrell y Linderman, 2001).

Con respecto al efecto de la micorriza y la adición de materia orgánica, se encontró un efecto positivo en cuanto altura de la planta, área foliar y peso seco de la parte aérea, pero no hubo respuesta de las variables diámetro del tallo, volumen radical y porcentaje de colonización total en especies arbóreas (Gardezi *et al.*, 1995 y Gardezi *et al.*, 1999).

En un suelo con alto contenido de materia orgánica, la colonización de *Allium cepa* con micorrizas depende del método de aplicación del hongo micorrízico y del contenido de fósforo en el sustrato (Charron *et al.*, 2001a; Tawaraya *et al.*, 1994a y Tawaraya; Sasai y Wagatsuma, 1994b). Este último factor está relacionado con el hecho de que las plantas de *A. cepa* deficientes en fósforo producen exudados que contienen compuestos hidrófobos, los cuales fomentan tanto la formación del apesorio como el crecimiento de las hifas, facilitando así el desarrollo de la micorriza (Tawaraya *et al.*, 1995; Tawaraya; Kashimoto y Wagatsuma, 1998); además, el fomento del desarrollo de *A. cepa* mediante la inoculación de hongos micorrízicos está íntimamente relacionado con la producción de una fosfatasa alcalina en las hifas intrarradicales del hongo (Koyima; Hayatsu y Saito, 1998).

En un suelo mineral la especie de micorriza utilizada no tiene efecto de consideración sobre la producción de biomasa ni sobre el tamaño de los bulbos (Charron; *et al.*, 2001). Los bulbos de plantas de *Allium cepa* con micorriza presentan mayor firmeza que los de aquellas que no lo son. La aplicación de fertilizantes nitrogenados tiene un efecto negativo sobre la firmeza de los bulbos de cebolla. La especie micorrízica utilizada es determinante en la toma de nutrientes en plantas de *A. cepa*; de tal manera, que cuando se inoculan con *Glomus versiforme* presentan un mayor contenido de nitrógeno, fósforo y zinc en sus tejidos, que cuando se inoculan con *Glomus intraradices*; mientras que se presentó el efecto contrario en cuanto al contenido de manganeso (Charron *et al.*, 2001a).

Un suministro adecuado de calcio tiene gran relevancia en la funcionalidad de la micorriza en *A. cepa*, razón por la cual, la aplicación de fertilizantes ricos en magnesio reducen la colonización de las raíces y la esporulación de *Glomus sp.*, dado que incrementan la relación Ca/Mg en los tejidos provocando la senescencia prematura de las raíces, que conlleva a interrumpir la asociación micorrízica (Jarstfer; Farmer y Sylvia, 1998).

Tawaraya; Tokairin y Wagatsuma (2001) encontraron una correlación negativa con respecto a la toma específica de fósforo de plantas de *Allium fistulosum* no colonizadas con micorrizas y plantas dependientes de las especies de micorriza en relación con la concentración de fósforo en los órganos del filoplano y el crecimiento de la planta. La longitud de las raíces de *Allium fistulosum* es un factor determinante en la simbiosis planta-micorriza, de tal manera que los cultivares con raíces cortas tienen mayor

dependencia de la micorriza, que los cultivares que presentan raíces largas (Tawaraya; Kiso y Wagatsuma, 1997 y Tawaraya; Imai y Wagatsuma, 1999).

La magnitud del efecto de las micorrizas sobre la toma de fósforo depende de la especie de la hongo micorrízico, de las plantas hospederas y de las condiciones del suelo. Los factores planta hospedera y especie de hongo son aun poco claros, en comparación con otros factores que determinan la simbiosis. Las diferencias entre los cultivares en cuanto a la colonización micorrizógena se ha observado en plantas de avena, en trigo y en cebada (Koide *et al.*, 1988 citados por Tawaraya, Kiso y Wagatsuma, 1997; Hetrick, Wilson y Cox, 1992; Baon, Smith, y Alston, 1993 citados por Tawaraya, Kiso y Wagatsuma, 1997). La micorriza absorbe fósforo de la solución del suelo y lo suministra a las células de la planta hospedera mediante los arbusculos. En retribución, la planta hospedera le ofrece los fotosintatos al hongo, como fuente de carbohidratos (Smith y Gianinazzi-Pearson, 1988; Smith y Smith, 1990 citados por Tawaraya y Saito, 1994 y Saito; Ueda y Tawaraya, 1992 citados por Tawaraya y Saito, 1994). Las diferencias morfológicas de las raíces de las plantas huésped de las micorrizas afecta el grado de colonización. Baylis (1975) sugiere que las plantas con raíces escasas y cortas (raíz tipo magnolioide) son más dependientes de las micorrizas para la toma de fósforo que las plantas con sistema radicular tipo graminoide. Schweiger; Bobson y Barrow (1995) reportaron una relación inversa entre la longitud de los pelos radiculares y el efecto positivo de las micorrizas en especies de pastos.

Es interesante anotar que la reducción de la acumulación de prolina en las raíces de plantas de cebolla colonizadas con micorrizas puede estar involucrada en la reducción del efecto negativo que ocasionan en estas plantas los factores causantes de estrés (Tawaraya y Saito, 1994).

El objetivo del presente estudio fue la determinación del efecto de la aplicación de micorrizas sobre el rendimiento y la calidad de los bulbos en cebolla cabezona, tomando como parámetros de evaluación la producción total, y la producción de bulbos de primera y segunda calidad, así como la estimación del efecto de la aplicación de micorrizas sobre la reducción de bulbos afectados por pudriciones.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en la finca 'La Capilla' en el municipio de Cucaita (Boyacá, Colombia), ubicada a 2600 msnm. La región presenta una temperatura promedia anual de 14°C y 1382 mm promedio de precipitación por año.

El análisis de suelo, la composición del sitio donde se desarrolló el ensayo son las siguientes: Textura: arcilloso; pH: 7,0; materia orgánica: 0,66 %; Fósforo (Bray II): 9,47 ppm; calcio: 2,2 meq/100 g; magnesio: 1,4 meq/100 g; potasio: 0,14 meq/100 g; sodio: 0,3 meq/100 g; CIC (efectiva): 4,04.

Se utilizó la semilla 'Yellow Granex' (Sunblest) por ser la más utilizada en la región. 70 días después de la germinación en un semillero, se seleccionaron las plantas según su uniformidad y se procedió al transplante a las parcelas definitivas. La distancia de

siembra fue de 20 cm. entre surcos y 15 cm entre plantas, que corresponde a la distancia acostumbrada en la zona de estudio.

Se utilizaron parcelas con un área de 40 m². Para la adición de micorrizas, se utilizó el producto comercial 'Mycofertil' (Agrovecol Ltda. - Colombia), el cual es una mezcla de hongos micorrícicos de diferentes géneros, aplicado en bandas entre los surcos e incorporado al suelo. De acuerdo con las especificaciones del fabricante, se garantiza una composición mínima de 60 esporas de hongos micorrizógenos por gramo de suelo, en donde el suelo es el agente portador. Para la aplicación de gallinaza (abono de galpón de gallinas), se utilizaron tres niveles (0 - 1 y 2 ton / ha) del abono aplicado al voleo antes del transplante e incorporado al suelo. El fertilizante mineral de grado 15-15-15 (Abocol, Colombia) se aplicó un mes después del transplante y se incorporó al suelo junto con las malezas, en la labor conocida en la zona como "pica", que consiste en un desyerbe mediante el cual se incorpora el fertilizante químico. Los tratamientos se describen en la Tabla 1. El tratamiento con sólo fertilizante mineral se tomó como testigo regional, dado que 0,5 ton/ha de 15-15-15 es la cantidad de fertilizante comúnmente utilizado en la región.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados para la evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas y gallinaza sobre la producción y calidad de cebolla cabezona (*Allium cepa* L. 'Yellow Granex').

| Tratamiento | Micorriza ton/ha | Gallinaza | Fertilizante 15-15-15 |
|-------------|---------------------|-----------|--------------------------|
| T0 | 0 | 0 | 0,5 |
| T1 | 0,86 | 0 | 0,5 |
| T2 | 0,86 | 1 | 0,5 |
| T3 | 0,86 | 2 | 0,5 |
| T4 | 0 | 1 | 0,5 |
| T5 | 0 | 2 | 0,5 |

Para el estudio se utilizó el diseño bloques al azar con tres repeticiones. El análisis estadístico se efectuó mediante un análisis de varianza (ANAVA), la prueba de Duncan y un análisis de correlación con una significancia de 1%, con la ayuda de la aplicación SPSS versión 8.0 (SPSS Inc., Chicago/USA). Se evaluaron como variables dependientes, la producción total de cebolla, la producción de cebolla de primera y de segunda calidad, y la obtención de bulbos dañados o afectados por pudriciones, para lo cual se cosechó toda la parcela.

Como cebolla de primera calidad se seleccionaron bulbos de buena calidad, forma y color característicos de la variedad; firmes y compactos; sin perforaciones, tallos duros, ni hinchazones causadas por un desarrollo anormal, que no tenían manchas en la última capa que protege la pulpa. Las cebollas clasificadas como de segunda calidad tenían defectos que no afectaban su aspecto general, calidad, conservación, presentación; con forma y color no característicos de la variedad, con eventual evidencia de crecimiento de retoños (no más del 10% por número o peso), con rastros de frotamiento, con pequeñas manchas ocasionadas por parásitos o enfermedades, pequeñas heridas ya

cicatrizadas y ligeros magullamientos. Estas características son las exigidas por la Norma Técnica Colombiana NTC 1221 establecida por el ICONTEC y citada por la Corporación Colombia Internacional (CCI) (s.f.). En cuanto al tamaño de los bulbos, las cebollas de primera calidad debían tener un diámetro ecuatorial superior a 8 cm., mientras que las cebollas que fueron seleccionadas como de segunda calidad, tenían un diámetro inferior a 8 cm.

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción total de cebolla. Hubo diferencias altamente significativas para la producción total de cebolla con respecto a la aplicación de micorrizas y de gallinaza; pero no se presentó significancia para la interacción de micorriza x gallinaza. También se presentó una correlación significativa ($r = 0,41^*$) entre la aplicación de gallinaza y la producción total de cebolla; así como una correlación altamente significativa ($r = 0,86^{**}$) entre la adición de micorrizas y la misma variable dependiente.

En la Figura 1 se puede observar que la micorriza incrementó significativamente la producción total de cebolla con respecto a los tratamientos sin micorriza, sin embargo, el uso combinado de micorriza y gallinaza registró mayor producción total. El rendimiento más bajo del cultivo se obtuvo con la aplicación del fertilizante mineral solo, que es lo acostumbrado en la zona donde se realizó el ensayo. Muthukumar y Udaiyan (2002) encontraron resultados positivos en cuanto al crecimiento y producción de plantas de *Vigna* sp. inoculadas con micorriza, como respuesta a la aplicación de materia orgánica. También Linderman y Davis (2002) reportan beneficios en plantas cultivadas que habían sido inoculadas con hongos micorrícicos, cuando se les aplicó pulpa comportada de *Vitis* sp. Estos autores interpretan sus resultados con el argumento de que el hongo incrementa la toma de fósforo mediante las hifas extraradicales, lo cual incrementa la eficiencia en el uso de nutrientes. Por su parte Bååth y Spokes (1989) estudiaron el efecto de la adición de fósforo y nitrógeno sobre la infección de micorrizas en plantas de *Allium schoenoprasu* y encontraron que el nitrógeno incrementó el crecimiento de plantas micorrizadas, independientemente del nivel de fósforo aplicado. Por otro lado, Furlan y Bernier-Cardou (1989) evaluaron el efecto de la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el desarrollo de las micorrizas, sobre el crecimiento y la concentración de minerales en plantas de *Allium cepa*. De igual manera, sus resultados mostraron que la fertilización nitrogenada estimuló la colonización de las raíces por las micorrizas y el rendimiento del cultivo se incrementó debido a la adición de nitrógeno. Por su parte, Furlan y Bernier-Cardou (1989) y Hepper (1983) hacen énfasis en la necesidad de mantener una relación N:P:K óptima, así como con los oligoelementos presentes en el suelo, para un hospedero específico de las micorrizas en aras de estimular la simbiosis Planta-Hongo y potencializar, de esta manera, el rendimiento del cultivo. Por el contrario, Sýcorová; Rydlova y Vosátka (2003) no encontraron efecto de la aplicación de estiércol de equinos o de vacunos a plantas de *Gentiana verna* inoculadas con micorriza, sobre la colonización de las raíces, la producción de biomasa ni sobre el número de brotes.

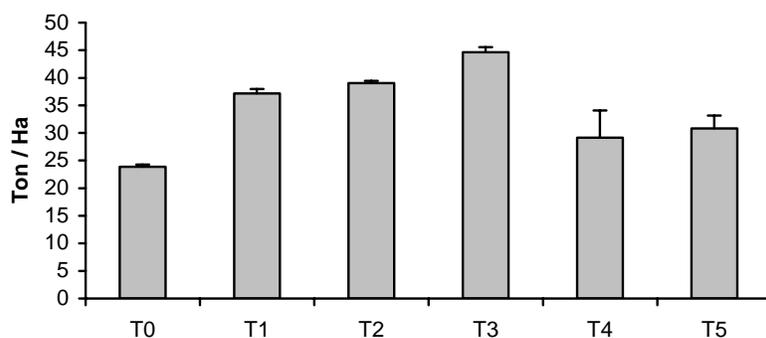


Figura. 1. Respuesta de la cebolla cabezona (*Allium cepa* L. 'Yellow Granex') a la aplicación de micorrizas y gallinaza con respecto al total de cebolla cosechada.

Prueba de Duncan: T3a, T2b, T1b, T5c, T4c y T0d.

Tratamientos: T0: 15-15-15 (0,5 ton/ha); T1: micorriza (0,86 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T2: micorriza (0,86 ton/ha) + gallinaza (1 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T3: micorriza (0,86 ton/ha) + gallinaza (2 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T4: gallinaza (1 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T5: gallinaza (2 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha).

Por otro lado, es indudable que la aplicación de materia orgánica, en cualquiera de sus formas, al suelo, además de contribuir con elementos minerales, mejora sustancialmente las propiedades fisicoquímicas del mismo, mediante el aporte de radicales orgánicos, lo cual aunado al suministro de fertilizante químico y a la acción de las micorrizas, redundan en un incremento del rendimiento del cultivo. Esto se puede observar en la Figura 1, en donde el rendimiento del cultivo se incrementó gracias a la aplicación de micorrizas, mientras que los tratamientos cuatro y cinco, sin la adición de micorrizas rindieron valores intermedios entre el testigo y los tratamientos con la adición de micorrizas.

Cebolla de primera calidad. Para este parámetro se presentaron diferencias altamente significativas con la aplicación de gallinaza y con la adición de micorrizas, pero no hubo significancia con la interacción de gallinaza x micorrizas. También hubo correlación altamente significativa entre la producción de cebolla de primera calidad y la adición de micorrizas ($r = 0,70^{**}$) y la aplicación de gallinaza ($r = 0,55^{**}$), como se observa en la Figura 2.

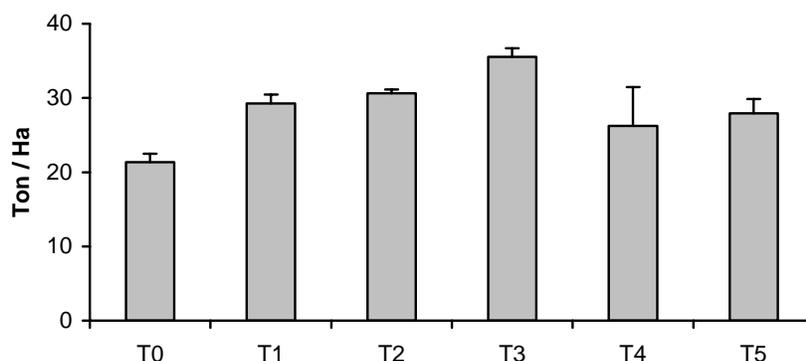


Figura 2. Respuesta de la cebolla cabezona (*Allium cepa* L. ‘Yellow Granex’) a la aplicación de micorrizas y gallinaza con respecto al total de cebolla de primera calidad.

Prueba de Duncan: T3a, T2b, T1b, T5b, T4b y T0c.

Tratamientos: T0: 15-15-15 (0,5 ton/ha); T1: micorriza (0,86 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T2: micorriza (0,86 ton/ha) + gallinaza (1 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T3: micorriza (0,86 ton/ha) + gallinaza (2 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T4: gallinaza (1 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T5: gallinaza (2 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha).

De igual manera que en la variable anterior, los tratamientos en los cuales se adicionaron micorrizas al suelo, presentaron la mayor producción de cebolla clasificada como de primera calidad. El tratamiento en el cual solamente se utilizó fertilizante mineral, presentó la menor cantidad de cebolla de esta calidad. A pesar de que la gallinaza incrementa la producción de cebolla de primera calidad, cuando se utiliza como complemento del fertilizante mineral, no se logra el mismo rendimiento en cuanto a la producción de cebolla de primera, que cuando se aplica al suelo complementada con micorrizas.

La colonización de las plantas de cebolla con hongos micorrizógenos, induce un incremento en la producción de biomasa y por ende, en el diámetro del bulbo, como lo demostraron Charron *et al.*, (2001 y 2001a). Los mismos autores reportan resultados positivos en cuanto a la firmeza de los bulbos inoculados con micorrizas, aunque hubo diferencia en la firmeza de los bulbos de acuerdo con la especie de micorriza utilizada.

Cebolla de segunda calidad. La adición de micorrizas tuvo una influencia altamente significativa sobre la producción de cebolla de segunda calidad; además, se presentó una correlación altamente significativa ($r = 0,96^{**}$) entre la presencia de micorrizas y la producción de cebolla de segunda calidad (Figura 3).

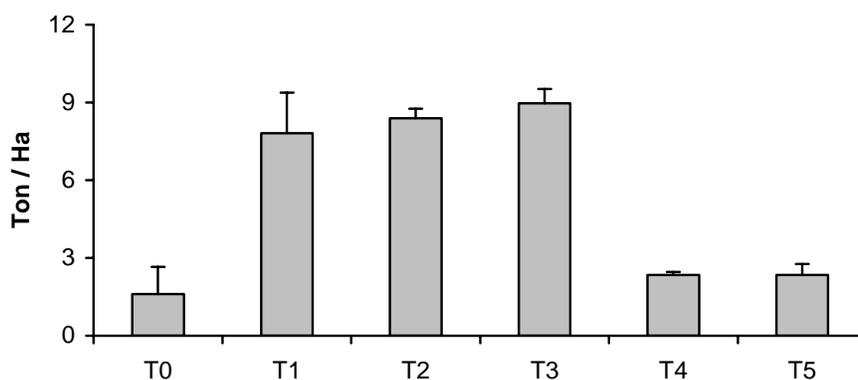


Figura.3. Respuesta de la cebolla cabezona (*Allium cepa* L. ‘Yellow Granex’) a la aplicación de micorrizas y gallinaza con respecto al total de cebolla de segunda calidad.

Prueba de Duncan: T3a, T2a, T1a, T5b, T4b, y T0b.

Tratamientos: T0: 15-15-15 (0,5 ton/ha); T1: micorriza (0,86 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T2: micorriza (0,86 ton/ha) + gallinaza (1 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T3: micorriza (0,86 ton/ha) + gallinaza (2 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T4: gallinaza (1 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T5: gallinaza (2 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha).

Los tratamientos en los cuales se adicionó micorriza al suelo presentaron una producción mayor de cebolla de segunda calidad en comparación con las parcelas sin micorrizas, lo cual era un resultado de esperarse dado que la producción total de cebolla fue superior en los tratamientos complementados con hongos micorrizógenos, por lo tanto, un mayor volumen de cebolla producida da margen a obtener una mayor cantidad de cebollas que no cumplan las exigencias para ser clasificadas como cebolla de primera calidad.

Cebolla dañada. La micorriza disminuyó la producción de cebollas dañadas; de tal manera, que hubo una correlación inversa ($r = -0,80^{**}$) altamente significativa entre la adición de micorrizas y la afección de los bulbos por pudriciones.

La adición de micorrizas redujo la cantidad de bulbos dañados. La mayor cantidad de bulbos afectados por pudriciones se presentaron cuando se aplicó sólo el fertilizante mineral (Figura 4).

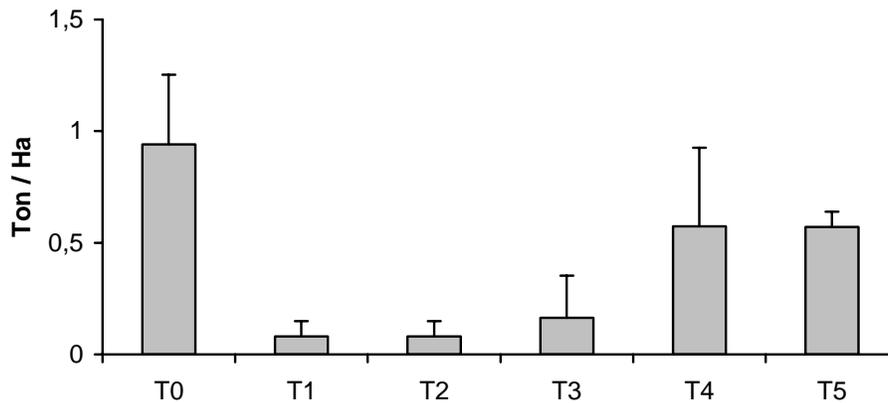


Figura. 4 . Respuesta de la cebolla cabezona (*Allium cepa* L. 'Yellow Granex') a la aplicación de micorrizas y gallinaza con respecto al total de cebolla dañada.

Prueba de Duncan: T0a, T4b, T5b, T3c, T1c y T2c.

Tratamientos: T0: 15-15-15 (0,5 ton/ha); T1: micorriza (0,86 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T2: micorriza (0,86 ton/ha) + gallinaza (1 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T3: micorriza (0,86 ton/ha) + gallinaza (2 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T4: gallinaza (1 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha); T5: gallinaza (2 ton/ha) + 15-15-15 (0,5 ton/ha).

Con respecto a la reducción de pudriciones en las cebollas cosechadas en los tratamientos con la inoculación de micorrizas, existen varios reportes que confirman este resultado. La inoculación de plantas de *Lycopersicon esculentum* con micorrizas incrementa su resistencia a *Fusarium oxysporum* (Dehne y Schönbeck, 1979) y a *Pseudomonas syringae* (García y Ocampo, 1989), de *Allium cepa* a *Sclerotium cepivorum* (Torres *et al.*, 1996), de *Casuarina* sp. a *Fusarium vesicubesum* (Gunjal y Paril, 1992), de *Daucus* sp. a *Fusarium oxysporum*, restringiendo el crecimiento del patógeno (Benhamou *et al.*, 1994) y en otras especies vegetales cultivadas, mediante la inhibición de la esporulación del patógeno (St. Arnaud *et al.*, 1999) e inhibiendo la germinación de esporas (Filion; St-Arnaud y Fortin, 1999); además, se ha encontrado que *Glomus intraradices* reduce la población de nemátodos (Elsen, Declereck y De Waele, 2001). Por otro lado, el incremento en la firmeza de los bulbos de plantas micorrizadas puede ser otro factor que contribuye a la formación de bulbos que toleren mejor los ataques de los patógenos causantes de pudriciones de los bulbos de cebolla.

BIBLIOGRAFÍA

BÅÅTH, E. and SPOKES, J. The effect of added nitrogen and phosphorus on mycorrhizal growth response and infection in *Allium schoenoprasum*. *En: Canadian Journal of Botany*. Vol. 67 (1989); p. 3227-3232.

BAON, J. B.; SMITH, S. E.; y ALSTON, A. M. Mycorrhizal responses of barley cultivars differing in P efficiency. *En: Plant and Soil*. Vol. 157 (1993); p. 97-105. Citados por: TAWARAYA, K.; KISO, H. and WAGATSUMA, T. Responses of phosphorus uptake and growth of *Allium fistulosum* L. cultivars to arbuscular mycorrhizal colonisation. *En: ANDO, T. et al*, ed. Plant nutrition – for sustainable food production and environment. Japón: Kluwer Academic, 1997. p.771.

BAYLIS, G. T. S. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. *En: SANDERS, F. E. et al.*, ed. Endomycorrhizas. Londres: Academic Press, 1975. p. 373-389.

BENHAMOU, N. *et al.* Resistance responses of mycorrhizal Ri T-DNA-transformed carrot roots to infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *chrysanthemi*. *En: Phytopathology*. Vol. 84 (1994); p. 958–968.

CANTRELL, I. C. and LINDERMAN, R.G. Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. *En: Plant and Soil*, Vol. 233, No. 2 (2001); p. 269-281.

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. Cebolla de bulbo - Ficha tecnológica. Bogotá: CCI, s.f. 16 p.

CHARRON, G. *et al.* Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae. Part I. Effects of inoculation method and phosphorus fertilization on biomass and bulb firmness. *En: Mycorrhiza*. Vol. 11, No. 4 (2001); p. 187-197.

_____. *et al.* Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae. Part II. Effects of nitrogen fertilization on biomass and bulb firmness. *En: Mycorrhiza*. Vol. 11, No. 3 (2001a); p. 145-150.

DEHNE, H. W. and SCHÖNBECK, F. Untersuchungen zum Einfluß der endotrophen Mykorrhiza auf Pflanzenkrankheiten. Part I. Ausbreitung von *Fusarium oxysporum* f. sp. *licopersici* in Tomaten. *En : Phytopathology*. Vol. 95 (1979); p.105-110.

ELSEN, A., DECLERCK, S., and DE WAELE, D. Effects of *Glomus intraradices* on the reproduction of the burrowing nematode (*Radopholus similis*) in dioxenic culture. *En: Mycorrhiza*. Vol. 11 (2001); p. 49–51.

FILION, M.; ST-ARNAUD, M. and FORTIN, J. A. Direct interaction between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and different rhizosphere microorganisms. *En : New Phytologist*. Vol. 141 (1999); p.525–533.

FURLAN, V. and BERNIER-CARDOU, M.. Effects on N, P and K on formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae, growth and mineral concentration of onions. *En: Plant Soil*. Vol. 113 (1989); p. 167-174.

GARDEZI, A. K. *et al.* Endomycorrhiza, rock phosphate, and organic matter effects on growth of *Erythrina americana*. *En : Nitrogen Fixing Tree Research*. Vol. 13 (1995); p. 48-50.

_____. *et al.* Crecimiento de *Sesbania emerus* (aubl) urban inoculada con *Glomus* sp. en presencia de vermicomposta. *En : Terra*. Vol. 17, No. 2 (1999); p. 109-114.

GARCIA-GARRIDO, J. M. and OCAMPO, J. A.. Effect of VA mycorrhizal infection of tomato on damage caused by *Pseudomonas syringae*. *En: Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 21 (1989); p. 165-167.

GUNJAL, S. S. and PARIL, P. L. Mycorrhizal control of wilt in casuarina. *En: Agroforestry Today*. (Apr.-Jun., 1992); p. 14-15.

HEPPER, C. M. The effect of nitrate and phosphate on the vesicular and arbuscular mycorrhizal infection of lettuce. *En : New Phytologist*. Vol. 92 (1983); p. 389-399.

HETRICK, B. A. D.; WILSON, G. W. T.; and COX, T. S. Mycorrhizal dependence of modern wheat varieties, landraces, and ancestors. *En: Canadian Journal of Botany*. Vol. 70 (1992); p. 2032-2040. Citados por TAWARAYA, K.; KISO, H. and WAGATSUMA, T. Responses of phosphorus uptake and growth of *Allium fistulosum* L. cultivars to arbuscular mycorrhizal colonisation. *En: ANDO, T. et al (eds.). Plant nutrition – for sustainable food production and environment*. Japón: Kluwer Academic Publishers, 1997. p. 772.

JARSTFER, A. G.; FARMER-KOPPENOL, P. and SYLVIA, D. M. Tissue magnesium and calcium affect arbuscular mycorrhiza development and fungal reproduction. *En: Mycorrhiza*. Vol. 7, No. 5 (1998); p. 237-242.

KOIDE, R. T. *et al.* Role of mycorrhizal infection on growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. I. Wild vs. cultivated oats. *En: Oecologia* Vol. 77 (1988); p. 537-542. Citados por TAWARAYA, K.; KISO, H. and WAGATSUMA, T. Responses of phosphorus uptake and growth of *Allium fistulosum* L. cultivars to arbuscular mycorrhizal colonisation. *En: ANDO, T. et al., ed. Plant nutrition – for sustainable food production and environment*. Japón: Kluwer Academic, 1997. p.771.

KOYIMA, T.; HAYATSU, M. and SAITO, M. Intraradical hyphae phosphatase of arbuscular mycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita*. *En: Biology and Fertility of Soils*. Vol. 26, No. 4 (1998); p. 331-335.

LINDERMAN, R. G. and DAVIS, E. A. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth response to soil amendment with composed grape pomace or its water extract. *En: Phytion- Annales Botanicae*. Vol. 11, No. 3 (2002); p.446- 450.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego, California: Academic Press, 1995. p.566-595.

MUTHUKUMAR, T. and UDAIYAN, K. Growth and yield of cowpea as influenced by changes in arbuscular mycorrhiza response to organic manuring. *En: Journal of Agronomic Crop Science*. Vol. 188, No. 2 (2002); p. 123-132.

SAITO, M.; UEDA, T. and TAWARAYA, K. Taxonomy and physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (en japonés). *En: Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 63 (1992); p. 103-113. Citados por: TAWARAYA, K and SAITO, M. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on amino acid composition in roots of onion and white clover. *En: Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 40, No.2 (1994); p. 342.

SCHWEIGER, P. F.; ROBSON, A. D. and BARROW, N. J. Root hair length determines beneficial effect of a *Glomus* species on shoot growth of some pasture species. *En: New Phytologist*. Vol. 131 (1995); p. 247-254.

SMITH, S. E. and GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *En: Annual Review of Plant Physiology*. Vol. 39 (1988); p. 221-244. Citados por: TAWARAYA, K and SAITO, M. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on amino acid composition in roots of onion and white clover. *En: Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 40, No.2 (1994); p. 341.

_____ and SMITH, F. A. Structure and function of interfaces in biotrophic symbioses as they relate to nutrient transport. *En: New Phytologist*. Vol. 114 (1990); p.1-38. Citados por: TAWARAYA, K and SAITO, M. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on amino acid composition in roots of onion and white clover. *En: Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 40, No.2 (1994); p. 342.

ST-ARNAUD, M. *et al.* Altered growth of *Fusarium oxysporum* f.sp. *chrysanthemi* in an *in vitro* dual culture system with the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* growing on *Daucus carota* transformed roots. *En: Mycorrhiza*. Vol. 5 (1999); p. 431-438.

SÝKOROVÁ, S.; RYDLOVÁ, J. and VOSÁTKA, M. Establishment of mycorrhizal symbiosis in *Gentiana verna*. *En: Folia Geobotanica*. Vol. 38 (2003); p. 177-189.

TAWARAYA, K.; HASHIMOTO, K. and WAGATSUMA, T.. Effect of root exudate fractions from P-deficient and P-sufficient onion plants on root colonisation by the arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. *En: Mycorrhiza*. Vol. 8, No. 2 (1998); p. 67-70.

_____; KISO, H. and WAGATSUMA, T. Responses of phosphorus uptake and growth of *Allium fistulosum* L. cultivars to arbuscular mycorrhizal colonisation. *En: ANDO, T. et al., eds. Plant nutrition – for sustainable food production and environment*. Japón: Kluwer Academic Publishers, 1997. p. 771-772.

TAWARAYA, K. and SAITO, M. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on amino acid composition in roots of onion and white clover. *En: Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 40, No.2 (1994); p.339-343.

_____; IMAI, T. and WAGATSUMA, T. Importance of root length in mycorrhizal colonization of welsh onion. *En: Journal of Plant Nutrition*. Vol. 22, No.3 (1999); p. 589-596.

_____. *et al.* Effect of phosphate application to arbuscular mycorrhizal onion on the development and succinate dehydrogenase activity of internal hyphae. *En: Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 40, No. 4 (1994 a); p. 667-673.

_____. SASAI, K. and WAGATSUMA, T. Effect of phosphorus application on the contents of amino acids and reducing sugars in the rhizosphere and VA mycorrhizal infection of white clover. *En: Soil Science and Plant Nutrition*. Vol. 40, No. 3 (1994 b); p. 539-543.

_____. TOKAIRIN, K. and WAGATSUMA, T. Dependence of *Allium fistulosum* on the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. *En: Applied Soil and Ecology*. Vol. 17 (2001); p. 119-124.

_____. *et al.* Effect of onion (*Allium cepa*) root exudates on the hyphal growth of *Gigaspora margarita*. *En: Mycorrhiza*. Vol. 6, No. 1 (1995); p. 57-59.

TORRES-BARRAGAN, A. *et al.* The use of arbuscular mycorrhizae to control onion white rot (*Sclerotium cepivorum* Berk.) under field conditions. *En: Mycorrhiza*. Vol. 6, No. 4 (1996); p. 253-257.

UNIDAD REGIONAL DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA. Evaluaciones agropecuarias municipales 2001. Tunja: s.n., 2002.

WILCOX, H. E. Mycorrhizae. *En: WAISEL, Y; ESHEL, A. and KAFKAFI, U., eds. Plant roots: The hidden half*. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 731-765.