

## RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE AJO (*Allium sativum* L.) EN FUNCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA BAJO RIEGO POR GOTEO EN LA COSTA DE HERMOSILLO

Huez López Marco A.<sup>1</sup>, J. López E.<sup>1</sup>, J. Jimenez L.<sup>1</sup>, S. Garza Ortega<sup>1</sup>, A. Alvarez A.<sup>1</sup>, P. Valenzuela C.<sup>1</sup>, F.A. Preciado F.<sup>1</sup>, J. Rodriguez C.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Sonora. 83000 E-mail: [mhuez@guayacan.uson.mx](mailto:mhuez@guayacan.uson.mx).

### Resumen

A fin de evaluar la respuesta de ajo a varios niveles de fertilizante nitrogenado, un experimento de campo fue realizado en el Campo Experimental de la Universidad de Sonora. Se evaluó el rendimiento y calidad de ajo cv. Tocuambo de acuerdo a cinco dosis de nitrógeno (30, 120, 180, 240 y 300 kg N ha<sup>-1</sup>) en un diseño experimental completamente al azar repetido tres veces. El peso y diámetro de bulbo tuvieron significancia pero no el número de dientes. El peso y diámetro de bulbo y el número y peso de dientes promediaron 68.5 g, 57.7 mm, 14.4 y 4.8 g respectivamente en los tratamientos fertilizados. El rendimiento más alto (22 t ha<sup>-1</sup>) fue logrado con 120 kg N ha<sup>-1</sup>. Por lo tanto, no es necesario fertilizar este cultivo con dosis mayores a esta. La eficiencia en el uso del agua fue de 3.01 kg ajo m<sup>-3</sup> de agua aplicada.

**Palabras clave:** *Allium sativum*, rendimiento, calidad, riego por goteo.

### Abstract

In order to study the response of garlic to varying levels of nitrogen fertilizer a field experiment was carried out during 2009/2010 at Sonora University field experimental. The yield and quality of garlic cv. Tocuambo was evaluated with five N levels (30, 120, 180, 240 and 300 kg N ha<sup>-1</sup>) arranged in a completely randomized experimental design replicated three times. The bulb weight and diameter had significance but not the clove number. The bulb weight, diameter, and clove number and weight averaged 68.5 g, 57.7 mm, 14.4 and 4.8 g respectively for the fertilized treatments. The highest yield (22 t ha<sup>-1</sup>) was reached with 120 kg N ha<sup>-1</sup>. Therefore, it is not necessary to fertilize this crop above this N dosis. The water use efficiency was 3.01 kg garlic m<sup>-3</sup> applied water.

**Key words:** *Allium sativum*, yield, quality, riego por goteo, drip irrigation.

### Introducción

La producción comercial de ajo en México se remonta a mediados del siglo XX, en los últimos años se reportan superficies cultivadas superiores a las 7,000 ha, destacando el año de 1997 en donde se logró la superficie record con 9,400 ha sembradas, con un rendimiento promedio que ha oscilado entre 7.0 ton por hectárea en 1993, hasta 8.34 t ha<sup>-1</sup> reportadas en 2001 (Espinoza y col., 2003). Sin embargo, la superficie de siembra ha ido decreciendo, reportándose en el 2008, una producción de 50,015 toneladas en 5,035 ha, con un rendimiento de 9.93 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2009)

El cultivo del ajo es considerado hoy día como una de las hortalizas más rentable a nivel nacional. Sin embargo, los agricultores enfrentan dificultades para lograr buena calidad y rendimiento al no contar con buenas prácticas de manejo de la fertilización. En este sentido, una buena recomendación de fertilización es clave para lograr producciones rentables. La respuesta del ajo a la fertilización nitrogenada ha sido demostrada en varias regiones productoras de este cultivo. Dosis óptimas de nitrógeno determinadas en numerosos experimentos llevados a cabo por la Universidad de California en los pasados 20 años han variado de 100 a 400 lbs. N per acre (Cantwell et al., 2002). En la Argentina, Gaviola y Lipinski (2008) encontraron que la fertilización nitrogenada incremento los rendimientos de ajo de 10.8 t ha<sup>-1</sup> con una dosis de 75 kg ha<sup>-1</sup> hasta 12.2 t ha<sup>-1</sup> para una dosis de 225 kg ha<sup>-1</sup>, comparados a 7.75 t ha<sup>-1</sup> para ajos no fertilizados. En México, se reportan rendimientos hasta de 12.7 t ha<sup>-1</sup> en Guerrero (Pérez y col., 2005) con 240 kg N ha<sup>-1</sup>; de 23.5 t ha<sup>-1</sup> con aplicación de 285 kg N ha<sup>-1</sup> hasta 32 t ha<sup>-1</sup> con 400 kg N ha<sup>-1</sup> en ajo con

densidad de 300,000 plantas en Guanajuato (Castellanos y col., 2004); y de 15 t ha<sup>-1</sup> en ajo fertilizados con 180 kg N ha<sup>-1</sup> en Chihuahua (Acosta y col., 2008)

En Sonora, el cultivo de ajo es tradicionalmente producido en la parte de la sierra donde es producido en pequeñas parcelas familiares. Según estadísticas de la SAGARPA, la superficie cosechada de ajo fue de 268 ha con una producción de 1917 t dando un rendimiento de 7.15 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2009). Se ha demostrado que las variedades de ajo jaspeado, podrían ser una alternativa atractiva para los productores de Sonora, debido a que presenta varias características sobresalientes y sobre todo las que requiere el mercado de exportación. Tocumbo es una de las variedades desarrolladas en Guanajuato, la cual ya ha sido evaluada en esta región y ha mostrado muy buena adaptación, precocidad y mayor rendimiento y calidad que el ajo morado regional. Bajo condiciones de riego por gravedad, se han logrado rendimientos de 10.0 t ha<sup>-1</sup> en la región de Sahuaripa, Sonora (Valenzuela y col., 2005) y de 10.2 t ha<sup>-1</sup> en la región de Arizpe, Sonora (Valenzuela y col., 2007) contra 4.8 y 6.7 t ha<sup>-1</sup> respectivamente de la variedad de ajo morado regional. Sin embargo, con la tecnología de riego presurizado, en la Costa de Hermosillo se ha incrementado el rendimiento de esta variedad, alcanzando de 23 t ha<sup>-1</sup> (Sabori et al., 2007) hasta 27 t ha<sup>-1</sup> (Huez et al., 2009)

No obstante que se ha demostrado que la aplicación de nutrientes afecta la productividad del ajo, se reconoce que existe poca información sobre esta práctica en nuestra región. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de ajo bajo condiciones de la Costa de Hermosillo.

### **Materiales y Métodos**

El experimento fue realizado en el campo experimental de la Universidad de Sonora (29° 00'47" N, 110°08' 00" O) bajo condiciones de campo y utilizando un sistema de riego por goteo. Se utilizó una cinta de riego con tres emisores por metro lineal y gasto unitario de 1.0 L h<sup>-1</sup> por emisor (Aqua-Traxx\_PC 8000, The Toro Company) instalada superficialmente en camas de 0.8 m de ancho por 20 m de largo. La lámina aplicada en todo el ciclo fue de 71 cm. El número de plantas ha<sup>-1</sup> (312,500) se calculó en base a una separación entre dientes de 0.08 m sembradas a doble hilera separadas a 0.125 m. La siembra se llevó a cabo manualmente el 15 de septiembre del 2009 y se utilizaron dientes de ajo de tamaño mediano de la variedad Tocumbo. Se establecieron cinco tratamientos de fertilización nitrogenada usando como fuente fosfonitrato (33% N, 3.0% P): T0 (30 kg N ha<sup>-1</sup>), T1 (120 kg N ha<sup>-1</sup>), T2 (180 kg N ha<sup>-1</sup>), T3 (240 kg N ha<sup>-1</sup>) y T4 (300 kg N ha<sup>-1</sup>). Las dosis fueron fraccionadas en cinco aplicaciones (1 de octubre, 19 de noviembre y 21 de diciembre del 2009, 19 de enero y 15 de febrero del 2010). La cosecha se realizó del 12 al 16 de abril del 2010. Los tratamientos fueron repetidos tres veces en un diseño experimental completamente al azar. Los parámetros evaluados fueron: peso de bulbo (g), diámetro de bulbo (cm) y número de dientes. Con el peso de bulbo se determinó el rendimiento en t ha<sup>-1</sup> y con estos datos y la lámina aplicada se determinó la eficiencia en el uso del agua en kg m<sup>-3</sup>. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS.

### **Resultados y Discusión**

Aunque el ANOVA muestra un efecto significativo ( $p < 0,0001$ ) sobre los pesos y diámetros de bulbo de ajo (Cuadro 1) y no significativo ( $p = 0.2545$ ) en el número de dientes. El peso y diámetro promedio de bulbo del tratamiento sin aplicación de N (solamente con el N contenido en el suelo) fueron significativamente menores del peso y diámetro obtenido en las parcelas fertilizadas. Los pesos y diámetros de bulbo de ajo aumentaron con el incremento en la dosis de N. Sin embargo, estos fueron estadísticamente similares entre ellos para cualquier dosis de N aplicado. Nuestros resultados coinciden con los obtenidos por Buwalda (1986), quien determinó que la dosis de 120 kg·ha<sup>-1</sup> de N, entre 0 y 240 kg N ha<sup>-1</sup> dio la mejor relación entre rendimiento y calidad del cultivar California tardío. Igualmente, García

(1998) considera como aportaciones normales de este elemento 100-120 kg N ha<sup>-1</sup>. Kilgori y col. (2007) encontraron que la aplicación de 120 kg N ha<sup>-1</sup> produjeron los más altos rendimientos de ajo.

En cuanto al diámetro de bulbo, y de acuerdo con la clasificación de calibres para Estados Unidos (Burba y Lanzavechia, 2003), el tratamiento con 30 kg N ha<sup>-1</sup> produjo bulbos con diámetros promedio clasificados como jumbo (calibre 7, 50-55 mm de diámetro) y los tratamientos con mayores dosis de N produjeron ajos clasificados como extra jumbo (Calibre 8, 55.1-60 mm de diámetro). Estas clases tienen buen mercado y alcanzan altos precios comerciales (Castellanos y col., 2004). Por otra parte, aunque el número de dientes no mostró diferencias significativas entre tratamientos. La producción obtenida puede ser utilizada como semilla. Macías y col. (2010) recomiendan utilizar bulbos que tengan hasta 15 dientes por bulbo. Igualmente, el peso promedio de dientes fue de 4.5 g, peso que es considerado de buen peso para ser seleccionado como semilla.

**Cuadro 1. Productividad del ajo cv. Tocumbo bajo diferentes dosis de nitrógeno**

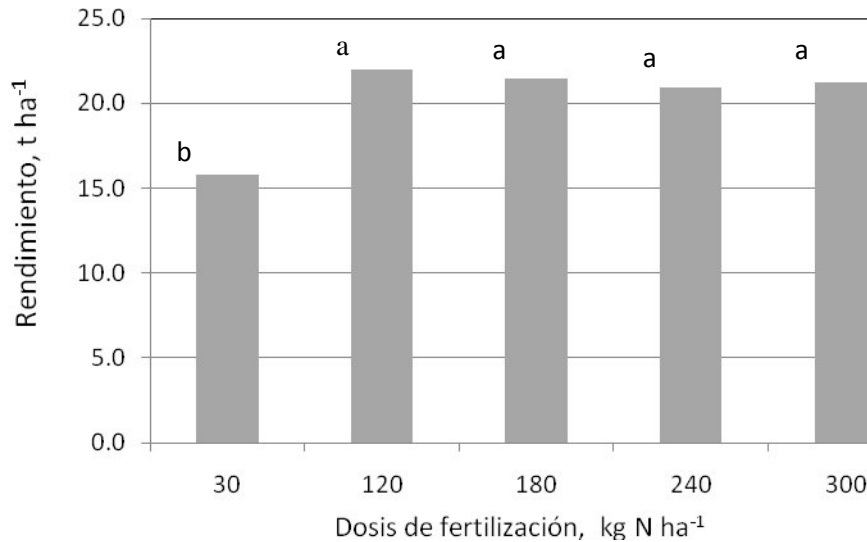
Tratamiento	Peso de bulbo, g	Diámetro bulbo, mm	Número de dientes
T0 ( 30 kg N ha <sup>-1</sup> )	50.50 b	53.32 b	14.74 a
T1 (120 kg N ha <sup>-1</sup> )	70.47 a	58.24 a	14.79 a
T2 (180 kg N ha <sup>-1</sup> )	68.61 a	58.04 a	13.73 a
T3 (240 kg N ha <sup>-1</sup> )	66.97 a	57.35 a	15.55 a
T4 (300 kg N ha <sup>-1</sup> )	68.07 a	57.41 a	13.50 a

En la figura 1 se presentan los resultados experimentales del efecto de los tratamientos de fertilización con diferentes dosis de N sobre el rendimiento promedio. Se observa un incremento en el rendimiento debido la aplicación del fertilizante nitrogenado. La respuesta del ajo a la fertilización nitrogenada ha sido demostrada por otros investigadores. Gaviola y Lipinski, (2005) encontraron que para obtener un rendimiento de 12 t ha<sup>-1</sup>, el cultivo de ajo blanco debe extraer 160 kg·ha<sup>-1</sup> N. En otro estudio, ellos obtuvieron rendimientos promedios de 14.4 t ha<sup>-1</sup> cuando, independientemente, incrementaron la dosis de N entre 225 y 300 kg N ha<sup>-1</sup> (Lipinski y Gaviola, 2006). De acuerdo con los rendimientos (t ha<sup>-1</sup>) obtenidos y con el volumen de agua aplicada (7100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) se obtuvo una eficiencia en el uso del agua de 2.2 kg de ajo m<sup>-3</sup> para el tratamiento con 30 kg N ha<sup>-1</sup> la cual aumento a 3.01 kg ajo m<sup>-3</sup> en promedio para los tratamientos con mayor dosis de fertilización nitrogenada. Estos valores son similares a los reportados por Bravo (2008) para la región de Zacatecas de 2.80 kg de ajo m<sup>-3</sup> de agua aplicada usando la tecnología del riego por goteo y la fertirrigación.

### Conclusiones

A pesar de que el rendimiento promedio de ajo presento diferencias significativas entre los tratamientos, puede ser concluido que una aplicación mayor de 120 kg N ha<sup>-1</sup> implica un costo adicional en la producción de ajo.

La producción obtenida bajo este esquema puede ser utilizada como un banco de semilla debido al calibre y numero de dientes obtenidos en cada bulbo de ajo.



**Figura 1. Efecto de diferentes dosis de fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento de Ajo cv. Tocumbo.**

#### Literatura citada

- Acosta, R. G., Lujan, F.M., Parra, Q. R. 2008. Crecimiento y rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, México. *Agric. Tec. Méx.* 34:177-188.
- ASERCA. 1999. El ajo mexicano, una historia de eficiencia y calidad. *Revista Claridades Agropecuarias.* 68:3-16. Abril 1999. México
- Bravo, L. A. 2008. Ajo. Metodología de riego por goteo. Eficiencia y productividad. Disponible en: [www.inifapzac.sagarpa.gob.mx](http://www.inifapzac.sagarpa.gob.mx)
- Burba, J.L., Lanzavechia, S. 2003. Equivalencia internacional para calibres de ajo. Estación Experimental La Consulta. Proyecto ajo/INTA 068. La Consulta, Mendoza, Argentina. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/laconsulta/info/indices/tematica/ajo/DOC%20068%20Equivalencia%20%20Internacional%20para%20calibres%20de%20ajo.pdf>
- Buwalda, J.G. 1986. Nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum*L.) under irrigation components of yield and indices of crop nitrogen status *Scientia Horticulturae* 29:69-76.
- Cantwell, M., G. Hong, R. Voss, D. May, B. Hanson. 2002. Production practices affect quality and composition of garlic. University of California. Ag & natural resources. Cooperati Extension. Central Valley veg crops report. Vol. 6, No. 1.
- Castellanos, J.Z., P. Vargas-Tapia, J.L. Ojodeagua, G. Hoyos, G. Alcantar-Gonzalez, F.S. Méndez, E. Alvarez-Sánchez y A.A. Gardea. 2004. Garlic productivity and profitability as affected by seed clove size, planting density and planting method. *HortScience.* 39:1272-1277.
- Espinosa Pozo M., S. Enríquez Reyes, A. Cervantes MacSwiney, M. González Castro, J. Ramos Nieves, K. Silva Arteaga. 2003. Plan estratégico de investigación y transferencia de tecnología. Cadena agroalimentaria de ajo. Etapa III. Trayectoria y prospectiva del mercado de ajo. Fundación Produce Querétaro. Disponible en: <http://www.cofupro.org.mx/Publicacion/Archivos/penit2.pdf>
- FAO. 2009. FAOSTAT. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- García, C.R. 1998. El ajo, cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.
- Gaviola, S. y V.M. Lipinski. 2005. Ajo y Cebolla. Capítulo 23. Páginas 455-467. En: H.E. Echeverría y F.O. García (eds.). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos.* Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Gaviola, S. y V.M. Lipinski. 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y el color de cultivares de ajo (*Allium sativum*) colorado. *Cien. Inv. Agr.* 35(1): 67-75.

- Huez, L. M.A., F.A. Preciado, J. López E., A. Álvarez, J. Jiménez, P. Valenzuela. 2009. Productividad del ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo, México. *Biocencia* XI:3-12.
- Kilgori, M.J., M.D: Magaji. A.I. Yakubu. 2007. Productivity of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars as affected by different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers in Sokoto, Nigeria. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2:158-162.
- Lipinski. V.M. y S. Gaviola, 2006. Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertilizados con nitrógeno. *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XXXVIII. N° 2: 37-48.
- Macías, V. L., F.J. Robles, R. Velázquez. 2010. Guía para que los productores de ajo. Selección en su semilla. Folleto para Productores Núm. 27. INIFAP-Fundación PRODUCE Aguascalientes, A.C. Disponible en: <http://www2.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/FP27.html#PESO DEL BULBO>
- Pérez Moreno, L., E. P. Alberto, S. Ayvar S. y E. Cevallos Ruiz. 2005. Adaptación de cultivares de ajo Morado y blanco (*Allium sativum* L.) en Acatlán, Guerrero, México. *Acta Universitaria*. 15: 55-65.
- Sabori, P. R., G.A. Fierros, P. Valenzuela, L. A. Maldonado, M. Chávez. 2007. Evaluación de la productividad y calidad de variedades de ajo en riego por goteo. *Memorias: 2<sup>do</sup> Seminario-Demostración “Tecnología en la producción de ajo en la sierra de Sonora” INIFAP-Universidad de Sonora*. Arizpe, Sonora. México.
- SAGARPA. 2009. Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable del Estado de Sonora. Concentrado Estatal (Desglose). Ciclo agrícola 2008/2009. Disponible en: <http://www.oeidrus-sonora.gob.mx/>
- Valenzuela C, P., J.M. Loaiza V., E. Valenzuela C., H. Núñez M., A. Álvarez A. 2005. El ajo jaspeado, una alternativa para los productores de la sierra de Sonora. *Revista Reconversión*. 6:24.
- Valenzuela C, P., J.M. Loaiza V., E. Valenzuela C., H. Núñez M., 1A. Álvarez A., J. López E. 2007. Comportamiento de genotipos de ajo en la región de Arizpe, Sonora. . *Memorias: 2<sup>do</sup> Seminario-Demostración “Tecnología en la producción de ajo en la sierra de Sonora” INIFAP-Universidad de Sonora*. Arizpe, Sonora. México.