

Consumo de Agua y Nitrógeno en Espárrago (*Asparagus officinalis L.*) de Baja Población de Plantas con Riego por Cinta

Adán Fimbres Fontes* y José Lizárraga Navarrete

Campo Experimental Caborca, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Apdo. Postal 125, Caborca, Sonora, México. 3ra. De los Jardines No. 4. Caborca, 83600, Son., México. Tel. 637 37 27069. E-mail: ifimbres@prodigy.net.mx (*Autor responsable).

Abstract

Because of its high demand in the international markets asparagus (*Asparagus officinalis L.*) is the most profitable culture in the Caborcan region of the Mexican state of Sonora, besides of the its economic revenues, and employment generation during harvest time. Nevertheless, it is a culture that demands a great amount of water -a scarce element in the region- to obtain a good production, to this must be added the high electricity charges due to water extraction from deep wells. The aim of this research was to determine the right N dose, and the best percentage of reference evapotranspiration (ETo) for low density asparagus plants. The experiment was carried out at the INIFAP's experimental station at Caborca, during the cycle 2004-2005 with the variety Atlas, eight years old. The treatments were: 200 and 600 kg ha⁻¹ N; as well as 72, 128 and 217 % of ETo, in a completely randomized design, with 6 treatments, and 4 replications in factorial adjustment AxB, where A = N fertilization and B = reference evapotranspiration (ETo). The evaluated variables were height of the plant, length of turions, and yield. The results indicated that the low density asparagus plants not only require a constant humidity rate, but also N enough to obtain good quality turions. Therefore, it is recommended to apply 600 kg ha⁻¹ N and at least 128% ETo.

Key words: Irrigation, tape irrigation, vegetables, reference evapotranspiration, turion.

Resumen

El espárrago (*Asparagus officinalis L.*) es la hortaliza más rentable de la región de Caborca, Son., en México, ya que tiene alta demanda en el mercado internacional y además ocasiona una gran derrama económica, principalmente por los empleos que genera durante la cosecha. Sin embargo, es un cultivo que demanda gran cantidad de agua para obtener buenas producciones el cual es un elemento escaso en esta región, además de costoso debido al alto consumo de energía en su extracción de pozos profundos. El objetivo de esta investigación fue determinar la dosis de N y el mejor porcentaje de la evapotranspiración de referencia (ETo) para espárrago de baja densidad de plantas. El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Caborca, del INIFAP, durante el ciclo 2004-2005 en la variedad Atlas de 8 años de edad. Los tratamientos fueron: 200 y 600 kg ha⁻¹ N; así como 72, 128 y 217 % de ETo, en un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones en arreglo factorial AXB, en donde A = fertilización nitrogenada y B = evapotranspiración de referencia. Las variables evaluadas fueron, altura de la planta, longitud de turiones y rendimiento. Los resultados indicaron que el espárrago de baja densidad de plantas no sólo requiere humedad constante, sino también N para obtener una buena calidad de los turiones. Por lo tanto, se recomienda aplicar 600 kg ha⁻¹ N y al menos 128 % de ETo.

Palabras clave: Irrigación, riego por goteo, hortalizas, evapotranspiración de referencia, turión.

Introducción

El espárrago (*Asparagus officinalis L.*) es el principal cultivo de la región de Caborca, Sonora, México; ya que presenta buena rentabilidad debido a que tiene buena demanda en el mercado internacional; además, de

que ocasiona gran derrama económica y generación de empleos (280 jornales/ha) para la zona durante todo el año, pero principalmente en cosecha.

En cuanto a los requerimientos de agua Robinson *et al.* (1984) indicaron que 4.2 cm de lámina de agua aplicada

dos veces por semana durante toda la temporada, acumularon una lámina de agua de 336 cm en un suelo arenoso del sureste de California y fueron suficiente para una buena cosecha.

Sterrett *et al.* (1990) probando diferentes tratamientos y sistemas de riego presurizado sobre el rendimiento del espárrago, concluyeron que la manguera enterrada resultó con el mayor incremento en la producción, en comparación con el testigo (agua residual).

Ojeda *et al.* (1999) indican que los adelantos tecnológicos recientes en sensores y controles han promovido mejores sistemas para monitorear en forma más precisa y casi continua el tiempo atmosférico, de vital importancia en varios procesos de interés agrícola como la evapotranspiración, lo cual ha propiciado la obtención de ecuaciones más precisas, como las de tipo Penman, para estimar los requerimientos hídricos de los cultivos.

Robles (2001) señala que todos los modelos probados para estimar la evapotranspiración potencial o de referencia, presentan una buena correlación ($r=0.95-0.99$) con la evapotranspiración real observada y resultaron confiables para estimar la evapotranspiración real diaria en el cultivo de chile bell en el Valle del Yaqui, Sonora, sin embargo, los modelos de Penman, Penman-Monteith y Shuttleworth, presentaron variaciones diarias muy fuertes, debido a la forma de obtener el valor diario del déficit de presión de vapor.

Gruber *et al.* (2002) comparando algunos métodos para estimar la evapotranspiración en el cultivo de melón bajo invernadero, encontraron que la evapotranspiración medida (ETc) fue menor para Penman Monteith que con los otros métodos estudiados.

Navarro *et al.* (1997) en un estudio con espárrago en la región de Caborca concluyen que es mejor regar cuando la humedad aprovechable se encuentra en 35 %, en el periodo de postcosecha del cultivo, lo cual significa una frecuencia de riego durante primavera y otoño de 19 días y en el verano de 14 días (durante cosecha los riegos fueron más frecuentes). La lámina total aplicada a este tratamiento fue de 278 cm y el más húmedo de 374 cm.

Fimbres *et al.* (1998) indican que la lámina aplicada al espárrago bajo riego por goteo en el tratamiento más húmedo fue de 246 cm de agua y al tratamiento más seco de 122 cm.

Fimbres (2001) trabajando con tanque evaporímetro tipo A en espárrago de alta densidad de plantas y riego con cinta, encontró que este cultivo requiere de humedad constante, que aunque resiste sequía, no es posible castigarlo en tiempo de cosecha, ya que esto pudiera traer consecuencias graves afectando el grosor y turgencia de

los turiones. El rendimiento en el tratamiento húmedo fue de 489 cajas ha^{-1} y lámina de riego aplicada de 188.88 cm.

La región de Caborca cuenta actualmente con una superficie de espárrago aproximada de 4,200 ha. Este cultivo tradicionalmente se tiene sembrado (plantado) a dos metros de separación entre hileras, lo cual requiere gran cantidad de agua para obtener buenas producciones, agravando la problemática que se tiene en la región de escasez de agua debido al abatimiento del manto acuífero y a los altos costos de energía eléctrica por la extracción del subsuelo. Para reducir el problema, algunos productores están plantando espárrago a cuatro metros de separación entre hileras; pero se desconoce la cantidad de agua real que requiere el nuevo sistema de plantación. Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue determinar para espárrago de baja densidad de plantas, la dosis de N y el mejor porcentaje de la evapotranspiración de referencia (ET₀).

Materiales y Métodos

Este trabajo se realizó en el Campo Experimental Caborca del INIFAP, ubicado en el Km 22 carretera al Desemboque, Caborca, Sonora, México, en un suelo de textura migajón arenoso (60 cm), durante el ciclo 2004-2005 en la variedad Atlas, el cual se había sembrado por semilla el 10 de febrero de 1997. Originalmente se sembró a doble hilera con una densidad de población de 40 000 plantas ha^{-1} . Sin embargo, en abril de 2003, se redujo eliminando un surco a 20,000 plantas ha^{-1} . Las dosis de N en el factor B, fueron de 200 kg ha^{-1} N y 600 kg ha^{-1} N. Los tratamientos de riego aplicados (A) fueron el 72, 128 y 217 % de la evapotranspiración de referencia (ET₀) calculada por el método de Penman-Monteith dato obtenido de una estación meteorológica automática. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones en arreglo factorial. Se usaron tres tipos de cinta con gotero de flujo turbulento de gasto de 0.566 LPH (8 mil), 1.02 LPH (10 mil) y dos cintas, una de 1.13 LPH (10 mil) y la otra de 0.566 LPH, que totalizaron 1.696 LPH. El espaciamiento entre goteros fue de 30 cm. Las líneas regantes se colocaron en medio de las hileras de plantas y a 4 m de separación. Se aplicaron riegos diarios de lunes a viernes, pero en primavera y otoño fueron cada tercer día, de acuerdo a la evapotranspiración de referencia obtenidos en la estación Los Sapos, ubicada a 18 km al noroeste del sitio experimental. El tiempo de riego se calculó con la ecuación $T = K_c \cdot ET_0 \cdot A \cdot Q^{-1}$. Donde T = tiempo en horas, K_c el coeficiente de cultivo, ET₀ = Evapotranspiración de referencia (mm), A = área (m^2) y Q = gasto del gotero (LPH). Los coeficientes (K_c) fueron: 1.0 durante enero y febrero, y 0.60 de marzo a octubre. El período de cosecha del espárrago fue del 25 de febrero a 15 de abril y los cortes se hicieron cada tercer día (20

cortes). En cuanto a calidad, los turiones se clasificaron en tres tamaños: pequeño, mediano) y grande para, de esta forma poder determinar mejor los efectos del agua sobre el cultivo. Las variables medidas fueron: altura de planta, rendimiento por tamaño así como el rendimiento total.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestra la altura de planta y la lámina de riego aplicada, se observó una diferencia significativa entre tratamientos: el tratamiento de 217 % de ETo fue el que provocó mayor altura de planta (200 cm); pero también, el de mayor cantidad de agua aplicada (189 cm). El tratamiento de 72 % de ETo fue el de menor altura con 124 cm y lámina de agua aplicada de 63 cm. Cabe señalar, que la altura de planta fue proporcional a la cantidad de agua aplicada, es decir, a mayor cantidad de agua aplicada, se obtuvo mayor altura y a menor cantidad menor altura. La mayor altura de la planta es consecuencia de una mayor acumulación de sustancias de reserva en la corona del espárrago, lo cual incrementa el número de turiones y el tamaño del mismo.

Cuadro 1. Altura de planta y lámina aplicada en espárrago de baja densidad de plantas, bajo riego por cinta; 2004-2005.

Tratamiento (% ETo)	LA (cm)	AP (cm)
217	189	200 a
128	114	171 b
72	63	124 c

LA = Lámina aplicada; AP = Altura de planta. Cifras con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

En el Cuadro 2 se muestra la eficiencia del uso del agua y el rendimiento total de espárrago. Se observa que no hubo diferencia significativa en el rendimiento; sin embargo, si hubo diferencias en eficiencia en el uso del agua, siendo 72 % ETo el de mayor eficiencia con 0.39 kg m⁻³. La misma tendencia encontraron Fimbres y Uranda (2003) en espárrago de alta densidad de plantas con este mismo porcentaje de evapotranspiración de referencia. Los tratamientos de 217 % ETo y 128 ETo, fueron iguales en rendimiento, pero diferentes en eficiencia en el uso del agua. Tampoco hubo diferencia significativa en rendimiento con respecto a las dosis de N (Cuadro 3). Lo mismo encontró Navarro *et al.* (2005) en una plantación joven de espárrago al probar una combinación de niveles de humedad aprovechable y dosis de N.

Cuadro 2. Eficiencia y rendimiento total en espárrago de baja densidad de plantas, bajo riego por cinta. 2004-2005.

ETo (%)	Eficiencia Kg m ⁻³	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)
217	0.13	2437.87 a
128	0.24	2707.62 a
72	0.39	2473.87 a

Cifras con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

Cuadro 3. Rendimiento en espárrago con dos tratamientos de N de baja densidad de plantas, bajo riego por cinta. 2004-2005.

N (Kg ha ⁻¹)	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)
200	2504.42 a
600	2575.16 a

Cifras con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

En el Cuadro 4 se observa que no hubo diferencia significativa entre tratamientos para clasificación de espárrago (sólo mayor peso en el grande), en donde los tres porcentajes de evapotranspiración fueron iguales.

Sin embargo, en la interacción agua y N (600 kg ha⁻¹ N) para la clasificación grande, sí se encontró diferencia significativa, siendo el tratamiento de 72 % de ETo con lámina aplicada de 63 cm, el de menor clasificación grande (1009.62 kg ha⁻¹), mientras que los tratamiento con mayor humedad (128 y 217 %), con lámina de agua aplicada de 114 y 189 cm, produjeron mayor cantidad de turiones de clasificación del tipo grande, por lo que se observa, que la lámina de agua aplicada y el N influyeron positivamente en la clasificación grande del espárrago aún bajo este sistema de plantación (Cuadro 5).

Con respecto al N y al agua Roth y Gardner (1989) indicaron que se requieren aplicaciones de 400 a 500 kg ha⁻¹ N con una lámina de agua que varía de 270 a 310 cm. Los mismos autores (Roth y Gardner, 1990) mencionaron que, aplicaciones reducidas de N no sólo disminuyen el rendimiento total, sino también afectan la distribución del tamaño de los turiones (mayor porcentaje de tamaños chicos y medianos).

Cuadro 4. Clasificación en espárrago de baja densidad de plantas bajo riego por cinta. 2004-2005.

ETo (%)	CH	M (Kg ha ⁻¹)	G
217	420.75 a	767.37 a	1221.12 a
128	493.75 a	961.12 a	1254.75 a
72	527.87 a	907.13 a	1009.62 a

CH = Chico; M = Mediano; G = Grande. Cifras con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

Cuadro 5. Clasificación Grande para la interacción agua y N (600 kg ha⁻¹ N) en espárrago de baja densidad de plantas bajo riego por cinta. 2004-2005.

ETo (%)	Grande (Kg ha ⁻¹)
217	1172.00 ab
128	1463.75 a
72	778.25 b

Cifras con la misma literal son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

Conclusiones

Con base en lo anterior se concluye que el cultivo de espárrago de baja densidad de plantas no sólo requiere humedad constante, sino también N para obtener una buena calidad de turiones. Por lo tanto, se recomienda aplicar 600 kg ha⁻¹ N y al menos 128 % de ETo.

Agradecimiento

Al Sr. Juan Manuel Torres Aceves por su valiosa ayuda en la disponibilidad de los recursos.

Literatura Citada

- Fimbres, F. A. 2001. Optimización del riego con cinta superficial y enterrada en espárrago. Terra. 19: 191-195.
Fimbres, F. A., y A. Uranda, A. 2003. Programación del

riego en espárrago usando una estación meteorológica automatizada. Biotecnia. (2): 3-9.

- Fimbres, F. A., R. L. Grijalva, C., y M. J. Valenzuela, R. 1998. Study of the regular and high application of water with drip irrigation in asparagus. Hort. Sci. 33(3):455.
Gruber, L. L., L. Tijerina, R. Acosta, y G. Carrillo. 2002. Comparación de algunos métodos micrometeorológicos para estimar la evapotranspiración en el cultivo de melón, en condiciones de invernadero. Resúmenes del XXXI Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Torreón, Coahuila, México.
Navarro, A. J. A., F. Robles, C., A. Fimbres, F., y R. L. Grijalva, C. 1997. Necesidades de agua y fertilización en espárrago. VII Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A. C. p. 93.
Navarro, A. J. A., A. Fimbres, F., y A. López, C. 2005. Productividad del espárrago en condiciones de riego y fertilización nitrogenada. Terra. 23: 121-127.
Ojeda, B. W., E. Sifuentes, I., J. M. González, C., J. A. Guillen, G, y H. Unland, W. 1999. Pronóstico del riego en tiempo real. Manual de capacitación técnica. Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos. México. 224 pp.
Robinson, F. E., W. L. Berry., D. J. Scherer and T. R. Thomas. 1984. Yield potential of asparagus irrigated with geothermal and ground water on Imperial East Mesa Desert, California. Hort. Sci. 19(3):407-408.
Robles, C. F. 2001. Comparación de cinco modelos para la estimación de evapotranspiración diaria en chile bell en el valle del Yaqui, Sonora. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Cd. Obregón, Sonora.
Roth, R. L., and B. R. Gardner. 1989. Asparagus yield response to water and nitrogen. Transactions of the ASAE 32:105-112.
Roth, R. L., and B. R. Gardner. 1990. Asparagus spear size distribution and earliness as affected by water and nitrogen applications. Transactions of the ASAE 33: 480-486.
Sterrett, S. B., B.B. Ross, and Jr. C. P. Savage. 1990. Establishment and yield of asparagus as influenced by planting and irrigation method. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(1):29-33.