



EFFECTO DE LA FERTIGACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN EL CULTIVO DE ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis* L.) EN LA REGIÓN DE CABORCA, SONORA

EFFECT OF NITROGEN AND POTASSIUM FERTIRRIGATION IN ASPARAGUS (*Asparagus officinalis* L.) IN THE CABORCA, SONORA REGION

Adán Fimbres Fontes*^{1,2}, Alejandro Rivas Dominguez³ y J.A. Cristóbal Navarro Ainza⁴

¹Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Sonora URN. Av. K S/N CP 83670 Caborca, Sonora, México,

²Sitio Experimental Caborca, CECH, CIRNO, INIFAP. Av. S No. 8 N, Colonia Centro 83600, Caborca, Sonora, México., ³Egresado de la UNISON URN. Colonia Loma Bonita, Ej. Pápago calle 14, S/N 83570. Plutarco Elías Calles, Sonora, México., ⁴Campo

Experimental Todos Santos. Agricultura S/N, Colonia Emiliano Zapata 23070 La Paz, B.C.S. México.

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación consistieron en determinar el efecto de las dosis de nitrógeno y potasio para espárrago de baja densidad de plantas y determinar el mejor porcentaje de la evapotranspiración de referencia. El experimento se llevó a cabo en el sitio experimental Caborca del INIFAP, durante el ciclo 2005-2006, en la variedad Atlas de ocho años de edad. Los tratamientos estudiados de nitrógeno y potasio fueron 100,0 kg ha⁻¹ y 300,50 kg ha⁻¹, respectivamente y también aplicar el 72%, 128% y 217% de la ETo en un arreglo factorial con diseño completamente al azar de cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron, lámina de agua aplicada, altura de planta, clasificación del espárrago y rendimiento. Los resultados indican que no se encontró efecto de las dosis de nitrógeno y potasio aplicadas, por lo que se recomienda continuar con estos experimentos probando otras dosis en espárrago. El mayor efecto del agua en la clasificación "grande" del espárrago de baja densidad de plantas, se logró con el tratamiento de 217% ETo y lámina aplicada de 191 cm.

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

ABSTRACT

The objectives of the present investigation were to determine the effect of the doses of nitrogen and potassium on asparagus of low plant density, and the best percentage of reference evapotranspiration. The experiment was carried out in the Experimental Site of Caborca of the INIFAP, during the 2005-2006 growing season in asparagus var. Atlas of eight years old. The treatments of nitrogen and potassium were 100.0 kg ha⁻¹ and 300.50 kg ha⁻¹, respectively and the treatments of reference evapotranspiration (ETo) were: 72%, 128% and 217% ETo in a completely randomized experimental design with four replications. The evaluated variables were the amount of water applied, plant height, asparagus class and yield. The results indicate that there was no effect of nitrogen and potassium doses applied. Furthermore, it is recommended to continue with this kind of experiments testing other doses on asparagus. The greatest effect of water applied was found in the large asparagus classification of low plants density with the 217% ETo treatment and 191 cm of water depth.

Key words: Irrigation, drip irrigation, asparagus, reference evapotranspiration, spears.



INTRODUCCIÓN

El espárrago 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, ocasiona gran derrama económica y generación de empleos (280 jornales ha⁻¹) para la zona durante todo el año, pero principalmente en cosecha (Navarro y López, 2002; Uranda, 2002). Sin embargo, es un cultivo que demanda gran cantidad de agua para obtener buenas producciones, el cual es un elemento escaso en la región, además de costoso debido al alto consumo de energía en su extracción de pozos profundo (Fimbres y Mollinedo, 2005).

En cuanto a los requerimientos de agua por este cultivo, Roth y Gardner (1989) indicaron que para obtener máximos rendimientos (10872 a 18718 kg ha⁻¹), es necesaria una lámina de agua que varía entre 270 cm y 310 cm; mientras que Robinson *et al.*, (1984) indicaron que 4,2 cm de lámina de agua aplicada dos veces por semana durante toda la temporada en un suelo arenoso del sureste de California, era suficiente para una buena cosecha, con lo cual se acumula una lámina de agua de 336 cm. Roth y Gardner (1990) indican que reducir las aplicaciones de agua no afecta la producción del espárrago durante los primeros 20 días del período de cosecha; sin embargo, los rendimientos se reducen en los siguientes 40 días. Por su parte, Sterrett *et al.* (1990) probando diferentes tratamientos y sistemas de riego presurizado sobre el rendimiento del espárrago, concluyen que la cinta enterrada resultó con un 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.

Con respecto al cultivo de espárrago, Navarro *et al.* (1997) en un estudio llevado a cabo 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 la cosecha los riegos fueron más frecuentes). La lámina total aplicada a este tratamiento fue de 278 cm y el más húmedo de 374 cm. Por otra parte, 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. Igualmente, 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 (5868 kg ha⁻¹) y lámina de riego aplicada de 188,88 cm.

Actualmente, esta región cuenta actualmente con una superficie de espárrago aproximada de 7000 ha

(INIFAP, 2010). 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. 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, los objetivos de la presente investigación fueron determinar el efecto de la dos dosis de nitrógeno y potasio para espárrago de baja densidad de plantas y el mejor porcentaje de la evapotranspiración de referencia (ET_o) obtenido de una estación automática. Evaluando la lámina de agua aplicada, altura de planta, clasificación del espárrago de acuerdo a su tamaño, así como su rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó durante el ciclo 2005-2006 en terrenos del Sitio Experimental Caborca, INIFAP, ubicado en el Km 22 carretera Caborca-Desemboque, Caborca, Sonora, México (30°42'55" N y 112°21'28" O y a 200 metros sobre el nivel del mar). Las temperaturas máximas se presentan en los meses de junio a septiembre, pudiéndose registrar frecuentemente en este período temperaturas mayores de 40 °C. La evaporación promedio registrada en la región oscila de 2400 a 2700 mm (INIFAP, 1985). El suelo en donde se realizó el experimento fue de textura migajón arenoso (60 cm) con las siguientes características físico químicas: pH 7,3, CE 0,40 dS m⁻¹ y HCO₃⁻¹ de 1,60 meq l⁻¹. No se determinó N, P, K en el suelo ni en el agua. La capacidad de campo fue de 10,50% y 12% de humedad en base a peso de suelo seco para profundidades de 30 y 60 cm, respectivamente. Las características físico químicas del agua utilizada fueron: pH 7,6, C.E. 0,6 dS m⁻¹, y HCO₃⁻¹ de 2,16 meq l⁻¹. La variedad utilizada fue Atlas, la cual se había sembrado (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 20000 plantas ha⁻¹. Se utilizó un arreglo factorial con diseño experimental completamente al azar con 4 repeticiones. Las dos dosis de nitrógeno y potasio en el factor B fueron: 100, 0 kg ha⁻¹ y 300,

50 kg ha⁻¹, respectivamente (no se realizaron análisis foliares). Se aplicaron adicionalmente 50 kg ha⁻¹ de fósforo en forma manual y uniforme a toda la parcela experimental. Los tratamientos de riego aplicados en el factor A fueron 72%, 128% y 217% de la evapotranspiración de referencia (ET_o) calculada por el método de Penman-Monteith, obtenida de la estación meteorológica automática. 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 totalizaban 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. Los riegos se aplicaron de lunes a viernes (diario) 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 (30°47'42" N y 112°27'56" O). El tiempo de riego se calculó con la ecuación que indica Mendoza (2003) donde $T = Kc \cdot ET_o \cdot A \cdot Q^{-1} \cdot 1000$, donde Kc es el coeficiente de cultivo, ET_o (m), A = área (m²), Q = gasto del gotero por el No. de goteros (Lhr⁻¹) y T = tiempo (hr). Los coeficientes (Kc) fueron: 1.0 durante enero y febrero y 0.60 de marzo a octubre. La cosecha del espárrago se desarrolló en el periodo de febrero hasta mediados de abril y los cortes se hicieron cada tercer día. En cuanto a calidad, los turiones se clasificaron en tres tamaños: chico, mediano y grande para de esta forma determinar mejor los efectos del agua sobre la calidad del cultivo. Las variables medidas fueron: lámina de agua aplicada, altura de planta (medida con cinta métrica), rendimiento por tamaño (chico, mediano y grande) así como el rendimiento total. La lámina de agua aplicada (L = Kc · ET_o) fue un dato indirecto al calcular el tiempo de riego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la altura de planta obtenida por los tratamientos y la lámina de riego, donde se puede observar que de acuerdo con el análisis estadístico de la variable altura de planta, se encontró que los tratamientos de 145%, 128% y 72% de ET_o son estadísticamente diferentes entre ($P \geq 0,05$), siendo el



tratamiento de 217% ETo, el de mayor altura con 196 cm y también el de mayor cantidad de agua aplicada (191 cm). El tratamiento de 72% ETo fue el de menor altura con 149 cm y lámina de agua aplicada de 64 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 altura de la planta (grande) 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.

Tabla 1 Altura de planta y lámina aplicada en espárrago de baja densidad de plantas, bajo riego por cinta.

Table 1 Plant height and water depth in asparagus of low plant density under drip irrigation.

Evapotranspiración de referencia (% ETo)	Lámina aplicada (cm)	Altura de planta (cm)
217	191	196 ^a
128	115	164 ^b
72	64	149 ^c

Valores con igual superíndice son estadísticamente iguales ($P \geq 0,05$)

En la Tabla 2 se muestra la eficiencia del uso del agua y el rendimiento total de espárrago, donde se puede observar que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0,05$) entre los tratamientos en el porcentaje de evapotranspiración de referencia (ETo); sin embargo, si hubo diferencia en eficiencia del uso del agua, siendo 72% ETo el de mayor eficiencia, con 0,22 kg m⁻³. La misma tendencia encontró Fimbres y Uranda (2003) en espárrago de alta densidad de plantas con este mismo porcentaje de evapotranspiración de

referencia. Con respecto a los tratamientos de 217% ETo y 128% ETo en relación a la eficiencia en el uso del agua, se encontró que 128% ETo fue más eficiente que 217% ETo con 0,11 Kg m⁻³.

Tabla 2 Uso eficiente del agua (UEA) y rendimiento total en espárrago de baja densidad de plantas, bajo riego por cinta.

Table 2 Water use efficiency (WUE) and total yield in asparagus of low plant density under drip irrigation.

Evapotranspiración de referencia (% ETo)	UEA kg m ⁻³	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
217	0,08	1541,89 ^a
128	0,11	1319,17 ^a
72	0,22	1437,86 ^a

Valores con igual superíndice son estadísticamente iguales ($P \geq 0,05$)

En la Tabla 3, se muestra el rendimiento con dos dosis de nitrógeno y potasio. No hubo diferencias significativas ($P \geq 0,05$) en rendimiento entre los tratamientos de dosis de nitrógeno y potasio, ya que de acuerdo a esto las dos dosis de fertilizante probadas fueron estadísticamente iguales. Cabe señalar que Navarro *et al.* (2005) estudiando humedad del suelo y nitrógeno en una plantación de espárrago, tampoco encontraron diferencias en rendimiento con respecto a nitrógeno. Esto mismo encontraron Fimbres *et al.* (2007) al probar dosis de nitrógeno en el cultivo del olivo. Por otro lado, hablando de potasio, Grijalva *et al.* (2010) mencionan que los suelos en la región de Caborca son ricos o muy ricos en potasio; por lo que tiene lógica que no se haya encontrado diferencia significativa al aplicar o no aplicar potasio como se hizo en el presente experimento.

Tabla 3 Rendimiento en espárrago con dos dosis de nitrógeno y potasio de baja densidad de plantas, bajo riego por cinta.

Table 3 Yield with two doses of nitrogen and potassium in asparagus of low plants density under drip irrigation.

Dosis de Nitrógeno y Potasio (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
100,0	1371,86 ^a
300,50	1494,82 ^a

Valores con igual superíndice son estadísticamente iguales ($P \geq 0,05$)

Tabla 4 Clasificación en espárrago de baja densidad de plantas bajo riego por cinta.

Table 4 Classification of asparagus of low plants density under drip irrigation

Evapotranspiración de referencia (% ETo)	Chico	Mediano (kg ha ⁻¹)	Grande
217	245,6 ^a	589,49 ^a	708,56 ^a
128	254,9 ^a	560,91 ^a	515,5 ^{ab}
72	307,82 ^a	591,62 ^a	502,28 ^b

Valores con igual superíndice son estadísticamente iguales ($P \geq 0,05$)

En la Tabla 4 se observa que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0,05$) entre tratamientos para clasificación de espárrago chico y mediano. Sin embargo, en la clasificación "grande" sí se encontró diferencia significativa, siendo el tratamiento de 72% ETo con lámina aplicada de 64 cm, el de menor clasificación "grande" (502,28 kg ha⁻¹), mientras que el tratamiento más húmedo (217%), con lámina de agua aplicada de 191 cm, produjo mayor cantidad de espárrago clasificación "grande" (708,56 kg ha⁻¹) y fue el de mayor altura de planta (Tabla 1), por lo que se observa que la lámina de agua aplicada es proporcional a la clasificación "grande" del espárrago aún bajo este sistema de plantación. Cabe señalar que este último

fue estadísticamente igual a 128% ETo en esta misma clasificación con 515,51 kg ha⁻¹, pero éste a su vez fue estadísticamente igual a 72% ETo ($P \geq 0,05$).

CONCLUSIONES

Con base en lo anterior se concluye que no se encontró efecto en la aplicación de las dosis de nitrógeno y potasio probadas. Por lo anterior, se recomienda continuar con este tipo de experimentos probando otras dosis en el cultivo del espárrago. El mayor efecto del agua en la clasificación "grande" del espárrago de baja densidad de plantas se logró con el tratamiento de 217% ETo y lámina aplicada de 191 cm.



AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Juan Manuel Torres Aceves del SECAB-INIFAP, Raymundo Miranda López, José Ramón Navarrete Miranda, Felipe Palacios Hernández y José Jesús Lizárraga Navarrete, Ingenieros Agrónomos egresados de la UNISON-URN por su valioso apoyo manual y técnico en el desarrollo del presente estudio.

REFERENCIAS

- Fimbres, F.A. 2000. Riego por goteo en espárrago. Avances de investigación. INIFAP. CIRNO. CECAB. Publicación Técnica No. 4. pp. 17-19.
- Fimbres, F.A. 2001. Optimización del riego con cinta superficial y enterrada en espárrago. *Terra*. 19: 191-195.
- Fimbres, F.A. y Uranda A.A. 2003. Programación del riego en espárrago usando una estación meteorológica automatizada. *Biotecnia*. V(2):3-9.
- Fimbres, F.A., Grijalva C.R.L. y Valenzuela R.M.J. 1998. Study of the regular and high application of water with drip irrigation in asparagus. *HortScience*. 33(3):455.
- Fimbres, F.A. y Mollinedo U.F.L. 2005. Estimación del consumo de agua en espárrago de baja población de plantas con riego por cinta. *Biotecnia*. VII(2):15-17.
- Fimbres, F. A., Palacios H. F., Navarro A. J. A. C., Macías D. R. y López C. A. 2007. Eficiencia en el uso del agua y nitrógeno en función del riego por goteo en olivo (*Olea europea* L.). *Biotecnia*. IX(1):16-23.
- Gruber, L.L., Tijerina L., Acosta R. y Carrillo G. 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.
- Grijalva, C.R. L., López C.A., Navarro A.J.A.C. y Fimbres F.A. 2010. El cultivo del olivo bajo condiciones desérticas del norte de Sonora. INIFAP. CIRNO. CECH. SECAB. Folleto técnico No. 41. pp. 52.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 1985. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Experimental Región de Caborca. Caborca, Sonora, México. pp. 10.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 2010. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México. pp. 126.
- Mendoza, R.J.L. 2003. Manejo de cultivos para grano mediante riego por goteo. INIFAP. CIRNO. CEVF. Folleto Técnico No. 18. pp. 21.
- Navarro, A.J.A.C., Robles C F., Fimbres F.A. y Grijalva C.R.L. 1997. Necesidades de agua y fertilización en espárrago. VII Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A. C. pp. 93.
- Navarro, A.J.A. y López C.A. 2002. Tecnología para el manejo del espárrago en el noroeste de Sonora. INIFAP. CIRNO. CECAB. Publicación Técnica No. 6. pp. 1.
- Navarro, A.J.A., Fimbres F.A. y López, C.A. 2005. Productividad del espárrago en condiciones de riego y fertilización nitrogenada. *Terra*. 23:121-127.
- Ojeda, B.W., Sifuentes I.E., González C.J.M., Guillen G.J.A. y Unland W.H. 1999. Pronóstico del riego en tiempo real. Manual de capacitación técnica. Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos. México. pp. 224.
- Robinson, F.E., Berry W.L., Scherer D.J. y Thomas T.R. 1984. Yield potential of asparagus irrigated with geothermal and ground water on Imperial East Mesa Desert, California. *HortScience*. 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. y B.R. Gardner. 1989. Asparagus yield response to water and nitrogen. *Transactions of the ASAE* 32:105-112.
- Roth, R.L. y Gardner B.R. 1990. Asparagus response to water, nitrogen and temperature. *Visions of the Future. Proceedings of the third National Irrigation Symposium*. ASAE. Phoenix, AZ. pp. 507-512.
- Sterrett, S. B., Ross B.B. y Savage Jr. C. P. 1990. Establishment and yield of asparagus as influenced by planting and irrigation method. *J. Amer. Soc. HortScience*. 115(1):29-33.
- Uranda, A. A. 2002. Optimización del agua en espárrago (*Asparagus officinalis* L) bajo riego presurizado en Caborca, Sonora. Tesis de Licenciatura. UNISON. URN. Caborca, Sonora.