

RESPUESTA NUTRICIONAL DEL ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis* L.) ANTE DIFERENTES NIVELES DE ESTRÉS HÍDRICO¹

Asparagus (Asparagus officinalis L.) nutritional response to water stress

Raúl Ferreyra E.², Gabriel Sellés van S.², José María Peralta A.², Norbert Fritsch F.³, Felipe Contador F.³ y Alejandro Rubio F.³

SUMMARY

During 1987/88 and 1988/89 seasons two asparagus irrigation field was studied established at La Platina Regional Research Center, on UC-157 F1 cultivar during the first two seasons.

Watering treatments consisted of decreasing applications from 0 to 1.1 times the evapotranspiration based on the Hanks *et al.*(1980) method.

A prospect of the asparagus nutritional response was done when different growth levels were cause by varying degrees of water stress. The aerial and total dry matter yield was positively related to the soil moisture level. Nutrients concentrations showed medium to low correlations when watering level increased. Zn and P concentrations particularly low.

For nitrogen there is a second degree response to increase its concentration, as water level increased while Mg and Cu showed a lineal decrease trend. Ca and K status showed an antagonistic behaviour at high soil moisture levels.

Nutrient extraction was linearly related to dry matter yield. The concentration of elements that suggest a good nutritional condition were around 3.42% N, 0.21% P and 2.05% K.

Key words: asparagus, water stress, irrigation, nutrients.

INTRODUCCIÓN

El efecto del estrés hídrico sobre la producción vegetal ha sido estudiado extensamente y relacionado con procesos estomáticos, de fotosíntesis, respiración, elongación y división celular, actividad hormonal, enzimática y nutricional, entre otros (Hsiao, 1973; Meyer *et al.*, 1970; Pinto, 1984).

La relación existente entre el agua del suelo, la absorción y empleo de los nutrientes vegetales es sumamente compleja. El contenido de agua del suelo y los cambios en las condiciones de ésta tienen un efecto importante en la asimilabilidad de los nutrientes, las pérdidas de nutrientes

tanto en forma como en la cantidad en que las plantas los absorben y utilizan para su desarrollo y rendimiento (FAO, 1986).

El espárrago es una especie perenne cuyo rendimiento está determinado en gran medida por la acumulación de reservas en la temporada anterior (Brown y Carolus, 1965). En una primera etapa del crecimiento anual, los turiones se desarrollan a partir de las reservas de la corona (Krup, 1988; Tapia, 1981) y el consumo de agua es reducido debido al escaso desarrollo del follaje (CORFO, 1982).

En la fase de establecimiento del cultivo (primer a quinto año), la demanda de nutrientes es significativa debido a una activa expansión tanto de raíces como de rizomas y al aumento en la producción de follaje entre temporadas. Posteriormente los órganos de reserva alcanzan un desarrollo tal que ejercen un efecto amortiguador entre el suministro del suelo y las necesidades nutricionales de la planta.

¹Recepción de originales: 29 de marzo de 1995.

Se agradece la colaboración de la señorita Olivia Henríquez H., en la preparación del manuscrito.

²Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

³Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

Una vez terminada la fase de cosecha, comienza el desarrollo del follaje y la fotosíntesis paralelamente. El consumo de agua se incrementa en respuesta a un aumento del área foliar y al incremento de las temperaturas estivales. Finalmente, el espárrago entra en una fase de receso, produciéndose la senescencia paulatina del follaje y la traslocación de un importante porcentaje de nutrientes desde la zona aérea hacia la corona y raíces: órganos que acumulan reservas (CORFO, 1982; Krarup, 1988; Tapia, 1981).

El espárrago ha sido considerado como una especie moderadamente tolerante a la sequía, pues se ha encontrado que la detención total del crecimiento aéreo ocurre con bajos potenciales hídricos en el xilema (-1,8 MPa). Sin embargo, el hecho de que el crecimiento sea afectado con potenciales mátricos relativamente altos (-0,05 a -0,1 MPa), evidencia la importancia de mantener una disponibilidad alta de humedad en el suelo con el fin de maximizar crecimiento, vigor y rendimiento (Wilcox-Lee, 1987).

El objetivo de este experimento fue evaluar las respuestas nutricionales del espárrago frente a la imposición de diferentes niveles de estrés hídrico. Se buscó, además, establecer épocas de muestreo y concentraciones de nutrientes óptimas como herramienta para la prospección del estado nutricional del cultivo mediante el análisis de tejidos.

El presente estudio intenta lograr un mejor entendimiento de las necesidades nutricionales del cultivo en su etapa de establecimiento para un adecuado desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante las temporadas 1987/88 y 1988/89 en la Estación Experimental La Platina (INIA, Santiago, 33°34' lat. S y 70°38' long. W). El clima corresponde al tipo templado cálido con estación seca prolongada, siendo la temperatura media anual de 14,2 °C de acuerdo a la clasificación de Köppen. El régimen hídrico es del tipo Mediterráneo seco, que se caracteriza por un excedente de lluvia en la estación húmeda (110 mm) menor al 20% de la ET potencial (1.127 mm) (INIA, 1993).

El suelo pertenece a la serie Santiago. Es de origen aluvial con una profundidad aproximada de 1 m y textura franco arenosa gruesa. Posee un pH de 7,8 a 8,1. Al inicio del estudio, el suelo presentó un contenido de 10 mg kg⁻¹ de N, 11 mg kg⁻¹ de P₂O₅ y 93 mg kg⁻¹ de K₂O.

Se utilizó la variedad de espárrago UC-157 F1, efectuándose las mediciones durante el primer y segundo año desde su establecimiento. Las coronas se trasplantaron en parcelas experimentales de 5,6 m² a una distancia de 0,25 m sobre la hilera y 1,5 m entre hileras, obteniéndose una densidad de 26,7 plantas/ha. El periodo de cultivo se extendió en ambas temporadas por aproximadamente siete meses (septiembre a comienzos de abril).

El riego se aplicó según el método descrito por Hanks *et al.* (1980), el cual consiste en una línea de aspersión que permite aplicar varios niveles de riego con una variación continua desde exceso a déficit. En este método, los tratamientos se ubican sistemáticamente, por lo que el análisis de los resultados se realiza mediante regresiones simples.

Se utilizaron aspersores Rain Bird 30H con boquilla 11/64" x 3/32"-7° a una presión de 3,38 kg cm⁻². Se aplicó láminas de agua equivalentes a un rango de 0 a 1,1 veces la evaporación de bandeja (Eb), considerándose los siguientes tratamientos de riego (en porcentajes de la Eb): 84,5; 65,7; 51,1; 34,1; 12,4 y 5,2 en la primera temporada y 86,4; 63,7; 49,5; 39,1 y 8,6 en la segunda temporada. La Eb durante el periodo de desarrollo del cultivo correspondió a 1.188 y 1.302 mm en la primera y segunda temporada, respectivamente.

Se usaron frecuencias y alturas de aplicación tales que la percolación profunda fuera mínima. El contenido de humedad del suelo se midió en forma gravimétrica en los primeros 20 cm y con un aspersor de neutrones cada 20 cm hasta 100 cm de profundidad.

La fertilización consistió en la aplicación de 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 75 kg ha⁻¹ de P. El nitrógeno se aplicó en forma de urea en tres parcialidades iguales: antes del inicio de crecimiento, a fines de noviembre y a comienzos de febrero (primer año) y comienzos de enero (segundo año). El fósforo se aplicó como superfosfato triple, incorporándose al fondo de los surcos antes de plantación.

El contenido de NPK del suelo se analizó mediante los métodos de Bremner y Kenney, Olsen, acetato de amonio 1N a pH 7, respectivamente.

Al finalizar las temporadas de crecimiento, se determinó la producción de materia seca total, aérea y subterránea, para lo cual se utilizó el secado en estufa de aire forzado a 65 °C hasta peso constante.

Se realizó un análisis de tejido al finalizar el período de cultivo en ambas temporadas, en el que se determinó los contenidos de N con el método de Kjeldahl, P con el método colorimétrico amarillo vanadato-molibdato, K mediante espectroscopía de emisión y Ca, Mg, Zn, Mn y Cu mediante el método de espectroscopía de absorción atómica. Los tejidos analizados correspondieron a tallos y corona.

En la segunda temporada los valores referidos a la zona subterránea fueron extrapolados de las relaciones encontradas en el primer año con el fin de evitar una disminución excesiva de la población inicial del ensayo por causas de muestreo. Se realizó, además, un seguimiento del contenido de NPK durante el segundo año, para lo que se tomó muestras de ápices de tallos de 15 cm de longitud en dos fechas distintas a lo largo del período de cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia seca

El riego influyó positivamente en la producción de materia seca total (Figura 1a) y la materia seca aérea (Figura 1b), produciéndose en ambos casos una relación de tipo lineal. El incremento en la producción de materia seca en la segunda temporada de crecimiento respecto de la primera, se atribuyó a que el cultivo se encontraba en una fase de expansión, la que duraría hasta la quinta temporada (Krarup, 1988; Tapia, 1981; Tapia, 1987).

Se determinó una relación lineal entre la producción de materia seca del follaje y materia seca total (Figura 2). Ante un aumento del nivel productivo, el crecimiento relativo de la fitomasa disminuye más rápido que la subterránea. Por otra parte, en todos los niveles de producción predomina la materia seca subterránea por sobre la superficial. Estos resultados sugieren que el crecimiento radical es relativamente menos afectado por un escaso suministro de agua que el crecimiento aéreo. Tendencias similares han sido descritas por otros autores (Adler *et al.*, 1984; Fisher y Benson, 1983; Throughton, 1957).

Concentración de nutrientes

En general, existió un nivel de correlación medio a bajo entre el riego y la concentración de elementos en los tejidos. Especialmente baja fue la correlación encontrada en el caso del zinc y fósforo.

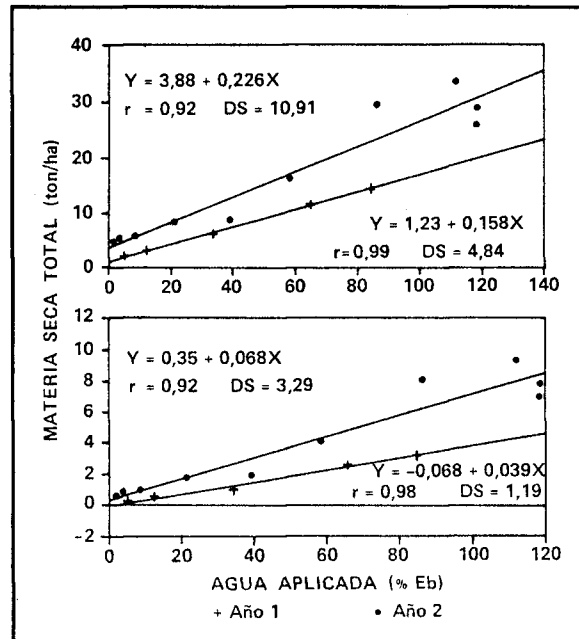


FIGURA 1. Efecto de riego sobre la producción de materia seca total (a) y del follaje (b).

FIGURE 1. Irrigation effect on the total dry matter (a) and leaf production (b).

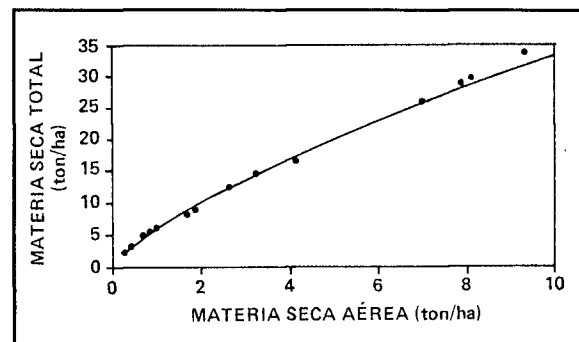


FIGURA 2. Relación entre la producción de materia seca total y aérea.

FIGURE 2. Relationships in dry and leaf matter production.

En el caso del nitrógeno el incremento del nivel de riego se tradujo en una tendencia cuadrática al aumentar su concentración (Figura 3a); mientras que el magnesio y cobre mostraron una leve tendencia a la disminución (figuras 3b y 3c). Es probable que esta respuesta se deba a un efecto de dilución por aumento de la fitomasa.

Numerosas experiencias indican que la importancia del nivel de humedad del suelo en la simulación de nutrientes depende del tipo de movimiento del elemento en el suelo y de los mecanismos de absorción que cada uno de estos

posea. Esto podría ser un reflejo de los distintos niveles de correlación encontrados, además de mantener un equilibrio en la concentración total de cationes y aniones en los tejidos (Hugh, 1973; Russell, 1964; Tisdale y Nelson, 1970).

Respecto del calcio y potasio, se observó una relación inversa en sus concentraciones en la medida que se incrementó el nivel de humedad del suelo (Figura 3d).

Existe evidencia que ante incrementos en la concentración de potasio se produce una disminución progresiva en la concentración de calcio en las plantas (Hugh, 1973; Russell, 1964 y Tisdale y Nelson, 1970). Al respecto, se ha señalado que posiblemente existan dos mecanismos implicados en la absorción de calcio: uno no específico y dependiente de la concentración de K que actuaría cuando las concentraciones de Ca en el suelo son altas y otro mecanismo específico e independiente de la concentración de K que se activaría en condiciones de baja concentración de Ca en el suelo (Osmond, 1966, citado por Hugh, 1973).

Ante condiciones de déficit de humedad el suministro de K a las raíces es afectado en mayor forma que el suministro de Ca (Russell, 1964; Tisdale y Nelson, 1970). Al aumentar el nivel de humedad del suelo, el potasio debió hacerse más disponible, lo cual se reflejaría en el aumento observado en su concentración. Este incremento habría producido la disminución progresiva en la concentración de calcio debido a la acción del primer mecanismo descrito. Es importante señalar que el suelo donde se efectuó el ensayo es rico en calcio y sus sales, estas últimas debido al alto contenido que posee el agua de riego (Sadzawka, Novoa y Letelier, 1972).

Extracción de nutrientes

La extracción de nutrientes se correlacionó positivamente con la producción de materia seca aérea. Las relaciones encontradas en todos los elementos estudiados fueron de tipo lineal con un alto grado de correlación (figuras 4a, 4b, 4c y Cuadro 1). Cabe destacar que, en el caso del nitrógeno, habría una influencia importante del aumento de la concentración de este elemento en respuesta al riego, sobre todo en el rango de mayor estrés hídrico estimada a partir de la parte aérea.

Se debe tomar en cuenta que la extracción de nutrientes estaría influida por el aporte de reservas de la corona y raíces, por lo que no reflejaría necesariamente la absorción desde el suelo (Benson, 1987; Krarup, 1988 y Tapia, 1981).

Determinación del estado nutricional del cultivo

Para establecer el estado nutricional de un cultivo, a través de un análisis de tejido, es necesario seleccionar una parte de la planta y definir la época de muestreo durante la cual los niveles de nutrientes se mantienen más estables. Además, es necesario definir qué constituyentes de la

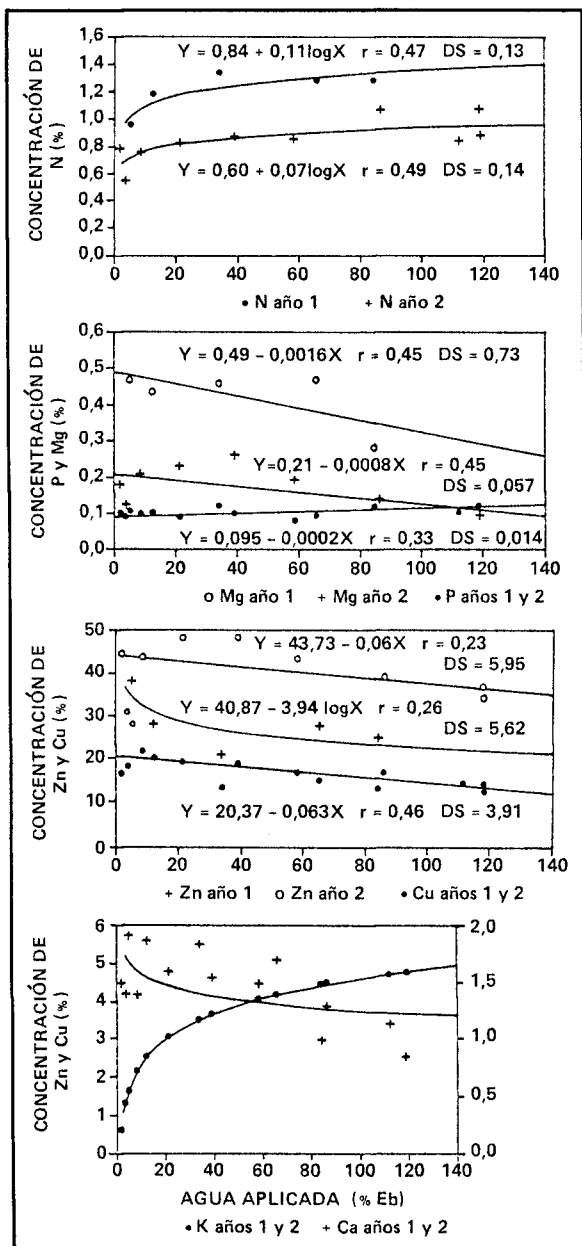


FIGURA 3. Efecto del riego en la concentración de N (a), P y Mg (b), Zn y Cu (c), Ca y K (d) en la materia seca del espárrago.

FIGURE 3. Irrigation effect on the N (a), P and Mg (b), Zn and Cu (c), Ca and K (d) concentration of asparagus dry matter.

planta representan adecuadamente al cultivo con este fin. Se debe considerar plantas de alto rendimiento para definir un rango óptimo de concentración de nutrientes (Smith, 1986), esto es una concentración mínima que permita un crecimiento sin restricción.

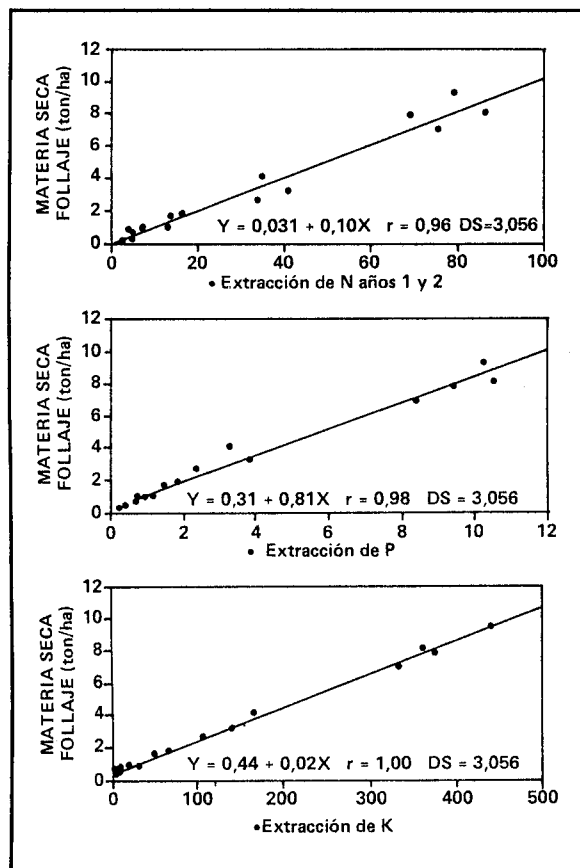


FIGURA 4. Extracción de N (a), P (b) y K (c) por el follaje del espárrago.

FIGURE 4. Extraction of N (a), P (b) and K (c) by asparagus leaf.

CUADRO 1. Extracción total de Ca, Mg y Cu por el follaje del espárrago

TABLE 1. Total extraction Ca, Mg and Cu in asparagus foliage

Nutrientes	Materia seca/extracción	r
Calcio	$Y = 6,31 + 10,11X$	0,95
Magnesio	$Y = 2,78 + 0,84X$	0,79
Zinc	$Y = 0,04X$	0,98
Cobre	$Y = 0,01X$	0,99

Y = Materia seca del follaje (ton ha⁻¹).
 X = Extracción de nutrientes (kg ha⁻¹).
 r = Coeficiente de correlación.

En las figuras 5a, 5b y 5c, se aprecia que la variabilidad de la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio es menor en la primera fecha de muestreo (1 de diciembre) que en la segunda (7 de enero). Esta mayor estabilidad se refiere tanto a los distintos niveles productivos de la esparraguera como al coeficiente de variación en cada nivel de producción de materia seca.

El estado fenológico que corresponde a la primera fecha de muestreo fue la de ápices de tallos con flores de 15 cm de longitud y la concentración promedio de elementos de las plantas con mayor crecimiento fue el siguiente: 3,42% de N, 0,21% de P y 2,05% de K (Cuadro 2).

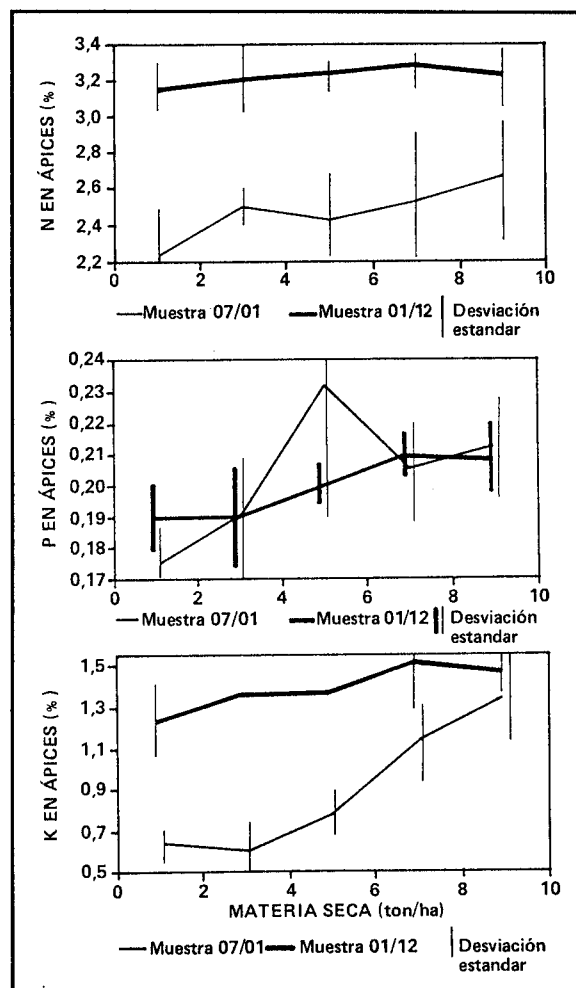


FIGURA 5. Porcentaje de N (a), P (b) y K (c) en ápices de espárragos con flores.

FIGURE 5. N (a), P (b) and K (c) percent in apice of flowered asparagus.

CUADRO 2. Niveles de nutrientes minerales (%), en los ápices de cuatro estados fenológicos en espárragos

TABLE 2. Level minerals nutrients (%) in apex of four fenological states in asparagus

Estado fenológico	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Ápice de tallos con fruto rojo	2,02	0,18	0,69
Ápice de tallos con frutos verdes	2,82	0,19	1,00
Ápice de tallos con flores	3,42	0,21	2,05
Ápice de tallos sin frutos	2,14	0,18	0,71

Se observa que la concentración de nitrógeno y potasio disminuyó en la segunda fecha de muestreo, lo que pudo deberse a un inicio del proceso de traslocación de nutrientes desde el follaje a los órganos de reserva (Krarup, 1988; Tapia, 1981) o a dilución por mayor fitomasa.

Estudios similares (Reuter y Robinson, 1986; Tapia, 1987), realizados en condiciones particulares, han arrojado resultados que varían ostensiblemente en cuanto a los niveles de nutrientes considerados así como en el material utilizado.

Es importante señalar que posiblemente existan variaciones en los parámetros observados en situaciones edafoclimáticas distintas, por lo cual, sería necesario ampliar los estudios y definir metodologías comunes antes de llegar a establecer parámetros generales.

CONCLUSIONES

- El contenido de humedad del suelo afectó positivamente la producción de materia seca aérea y total.
- La concentración de nutrientes presentó correlaciones medias a bajas ante un incremento del nivel de riego, siendo especialmente bajas las encontradas para el Zn y P. En el caso del nitrógeno, existió una tendencia mas bien cuadrática al aumentar su concentración, mientras que el Mg y Cu mostró una tendencia lineal a la disminución.
- Existió una relación inversa en las concentraciones de calcio y potasio que se manifiesta con niveles altos de humedad en el suelo.
- La extracción de nutrientes (N, P, Ca, Mg, Zn, Mn y Cu) se correlacionó positivamente con la producción de materia seca aérea. Las relaciones encontradas en todos los elementos estudiados son de tipo lineal y presentan un alto grado de correlación.

RESUMEN

Durante 1987/88 y 1988/89 se realizó un ensayo en la Estación Experimental La Platina (Centro Regional de Investigación), utilizando una espárraguera. El ensayo se llevó a cabo en la variedad UC-157 F1 durante las dos primeras temporadas. Se realizó una prospección de las respuestas nutricionales del espárrago ante crecimientos diferenciales causados por distintos niveles de estrés hídrico.

Los tratamientos de riego consistieron en aplicaciones decrecientes de agua desde 0 a 1,1 veces la evapotranspiración, utilizando el método desarrollado por Hanks *et al.* (1980). La producción de materia seca aérea y total se relacionaron positivamente con el nivel de humedad del suelo. La concentración de nutrientes presenta correla-

ciones medias a bajas ante el incremento del nivel de riego, siendo especialmente bajas las encontradas para el Zn y P. En el caso del nitrógeno existió una tendencia cuadrática a aumentar su concentración mientras que el Mg y Cu mostró una tendencia lineal a la disminución. Las concentraciones de Ca y K mostraron un comportamiento antagónico en niveles altos de humedad.

La extracción de nutrientes se relacionó en forma positiva y lineal con la producción de materia seca. La concentración de elementos que indica un buen estado nutricional fluctúa en torno a 3,42, 0,21 y 2,05% de N, P y K, respectivamente.

Palabras claves: espárrago, estrés hídrico, riego, nutrientes.

LITERATURA CITADA

- ADLER, P., DEFAULT, R. and WATERS, L. 1984. Influence of nitrogen, phosphorous and potassium on asparagus transplant quality. *HortSciences* 19(4): 565-566.
- BENSON, B. 1987. Morfología y fisiología del espárrago. Fundación Chile. Depto. Agroindustrial. Curso tecnología de producción de espárragos, Santiago, 10 y 11 de agosto 1987. 166 p.
- BROWN, L.D. and CAROLUS, R.L. 1965. An evaluation of fertilizer practice in relation to nutrient requirement of asparagus. *Proceeding of American Society Horticultural Science* 86: 332-337.
- CORFO, 1982. Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Boletín FAO, fertilizantes y nutrición vegetal N° 9.
- FISHER, K.J. and BENSON, B.L. 1983. Effects of nitrogen and phosphorus nutrition on the growth of asparagus seedlings. *Scientia Horticulturae* 21: 105-112.
- HANKS, R.J., SISSON, D.V., HURST, R.L. and HUBBARD, K.G. 1980. Statistical analysis of results from irrigation experiments using the line source sprinkler system. *Soil Science Society of American Journal* 44: 886-888.
- HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review Plant Physiology* 24: 519-570.
- HUGH, G. 1973. *Inorganic Plant Nutrition*. Ed. Dowdsen, Hutchinson & Ross Inc. USA.
- KRARUP, C. 1988. Morfofisiología del espárrago. Universidad Católica de Chile, Fac. de Agronomía. Curso sobre el cultivo del espárrago. Santiago, 17 al 18 de mayo 1988. 258 p.
- MEYER, B., ANDERSON, D. and BOHNING, R. 1970. *Introducción a la fisiología vegetal*. Segunda edición. EUDEBA, Buenos Aires, 579 p.
- PINTO, M. 1984. *Fisiología de la producción vegetal*. Universidad de Chile. Fac. Ciencias Agrarias y Forestales, Dpto. de Producción Agrícola.
- REUTER, D.J. and ROBINSON, J.B. 1986. *Plant analysis. An interpretation manual*. Edit. Melbourne. Inkata Press. 218 p.
- RUSSELL, J. 1964. *Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas*. Tercera edición. Ed. Aguilar, Madrid. 771 p.
- SMITH, F.W. 1986. Interpretation of plant analysis: concepts and principles. In: Reuter, D. and Robinson, J.B. (ed.). *Plant analysis. An interpretation manual*. Edit. Melbourne. Inkata Press. 218 p.
- TAPIA, M.L. 1981. Nutrición mineral y fertilización del espárrago. Universidad de Chile, Fac. de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago, Chile. p.: 47-76.
- TAPIA, M.L. 1987. Nutrición mineral y fertilización del espárrago. Fundación Chile. Curso Tecnología de producción de espárragos. Santiago, 10 y 11 de agosto 1987. p.: 84-92.
- THROUGHTON, A. 1957. The underground organs of herbage grasses. Commonwealth bureau of pastures and fields crops. Bulletin N° 421. 52 p.
- TISDALE, S. y NELSON, W. 1970. *Fertilidad de suelos y fertilizantes*. Edit. Montaner y Simón. Barcelona, España. 760 p.
- WILCOX-LEE, D. 1987. Soil matric potencial, plant water relations, and growth in asparagus. *Hortscience* 22(1): 22-24.