

EFECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO Y DENSIDADES DE POBLACIÓN EN LOS RENDIMIENTOS DE LOS PRIMEROS AÑOS DE UNA ESPARRAGUERA.

Aage Krarup H.

Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Casilla 567, Valdivia, Chile.

E-mail: akrarup@uach.cl

ABSTRACT

Effect of different nitrogen levels and plant densities on yield, of the first four years, of an asparagus crop.

Key words: asparagus crop, nitrogen fertilization, plant density, asparagus yield

Nitrogen fertilization in asparagus has been studied using plant populations of around 22.000 plants per hectare, not having information of its use in higher populations, which is the tendency nowadays. Results for the first four years of harvest of a trial that employs two plant densities (22.222 and 44.444 pl/ha) and five levels of N (0, 50, 100, 150 and 200 kg/ha) are analyzed.

Total and commercial yield of the traditional plant density (22.222 pl/ha), for the first four years of harvest, were not statistically lower than that for the higher population, except for the third season; nevertheless, if for the four year period the general average yield is considered, the higher plant density gave higher total and commercial yields both for weight and number of spears. Similarly, the number of spears and yield per plant increased through the seasons with the lower plant population; likewise, with the higher population they seem to diminish in the fourth harvest, showing an apparent effect of plant competition.

Response to nitrogen fertilization was similar for both plant populations tending to lower yields, both in number and weight of spears, when the nitrogen rate applied was over 100 kg/ha, what would indicate that plant density in asparagus is not a factor of higher N demand.

RESUMEN

Palabras claves: espárragos, fertilización nitrogenada, densidad de plantas, rendimiento.

La fertilización nitrogenada en espárragos ha sido estudiada empleando densidades de alrededor de 22.000 plantas por hectárea pero no se tienen antecedentes de su uso en poblaciones de mayor densidad, lo cual es la tendencia actual en las nuevas plantaciones. Se analiza el resultado de los cuatro primeros años de cosecha de un ensayo que considera dos densidades de población (22.222 y 44.444 pl/ha) y cinco niveles de N (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha) bajo las condiciones de Valdivia.

En los cuatro primeros años de cosecha los rendimientos de la población tradicional (22.222 pl/ha) no fueron estadísticamente inferiores a la población mayor, excepto en la tercera temporada; sin embargo, si se considera el promedio general cosechado en dichos cuatro años, la mayor densidad produjo mayores rendimientos totales y comerciales en el total del período. Así mismo, el número de turiones y el rendimiento por planta se incrementó con las temporadas en la población menos densa, en cambio en la más densa tendió a disminuir en la cuarta cosecha, denotando un aparente efecto de competencia entre plantas.

Las respuestas a las aplicaciones de nitrógeno fueron similares para ambas poblaciones tendiendo a bajar sus rendimientos, tanto en peso de turiones como en número de ellos, cuando la dosis de nitrógeno superó los 100 kg/ha, lo que indicaría que la densidad de población de plantas de espárrago no es un factor de mayor demanda de nitrógeno.

INTRODUCCION

La respuesta de espárragos a la fertilización nitrogenada ha sido variable según investigaciones realizadas; Carolus y Brown (1961), Hirsch y Hartmann (1987), Hartmann *et al.* (1987), Hartmann (1988), Krarup (1991), Douglas y Follet (1996) no lograron mayores rendimientos con dosis de N superiores a 100 kg/ha, como tampoco Krarup *et al.* (2001) con dosis de 50 kg N/ha en la producción de coronas, en tres distintas áreas geográficas de Chile (Curacaví, Chillán y Valdivia). Sin embargo otros autores como Sanders (1999) e Hikasa y Kamata (1994) obtuvieron respuestas hasta 150 y 200 kg N/ha, respectivamente; incluso Cannell y Takatori (1970) señalan que hubo respuesta hasta 560 kg N/ha. En el sur de Chile no se ha encontrado respuesta a aplicaciones sobre 128 kg N/ha (Krarup y Herrera, 1987).

Los trabajos citados anteriormente han utilizado densidades de plantación consideradas tradicionales (20 a 22 mil plantas/ha), sin embargo, en la actualidad la tendencia es plantar a densidades que duplican las anteriores (alrededor de 40 mil plantas/ha), lo que significaría, teóricamente, que podría haber una mayor necesidad de suministro de N/ha; más plantas que satisfacer en igual superficie. Si esto fuese así, las dosis a emplear podrían llegar a límites no deseables y pasar a ser contaminantes de los sistemas de aguas por eventuales lixiviaciones del N, especialmente en zonas lluviosas como es el sur de Chile.

En una especie perenne, como lo es el espárrago, se hace necesario considerar al menos tres a cuatros años de observaciones para evaluar resultados de distintas variables, como ha sido señalado por diferentes autores (Corriols, 1983; Krarup, 1993; Uragami *et al.*, 1993; Krarup, 1995; Krarup, 2001), más aún si una de ellas es el efecto de diferentes densidades de plantas. En razón de lo anterior, los cuatro primeros años de cosecha deberían ser un indicador del eventual beneficio de plantar a una densidad que duplica la tradicional y, a su vez, permitir conocer si la variación en la densidad de plantas altera las conocidas respuestas a diferentes dosis de N.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Santa Rosa, Universidad Austral de Chile, Valdivia, en un andisol Serie Valdivia. El diseño del ensayo fue un factorial con dos variables (dos densidades de plantación : 22.222 y 44.444 plantas/ha, y cinco niveles de N: 0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha, respectivamente), plantado el 21 de diciembre de 1999 con plántulas de seis meses de edad del cultivar Atlas, dispuesto en bloques completos al azar con cuatro repeticiones; encalando (2 t/ha de cal comercial al surco) y fertilizando todas las parcelas, también al surco, con superfosfato triple (300 kg/ha de P_2O_5) y sulfato de potasio (200 kg/ha de K_2O) antes de plantar. Posteriormente, año a año, se ha fertilizado, incorporando con motocultivador y a salidas de invierno (agosto), con 100 kg/ha de P_2O_5 en forma de superfosfato triple y 50 kg/ha de K_2O como sulpomag, además de aplicar sobre la hilera el correspondiente nivel de N como salitre sódico al inicio de la brotación primaveral (septiembre). Las parcelas experimentales fueron de una hilera de plantas, separando con una hilera borde de igual largo (5 m) los dos conjuntos poblacionales con cinco dosis de N cada uno, ubicadas al azar dentro de cada uno de dichos conjuntos poblacionales. Para el caso de 22.222 plantas/ha la distancia entre hileras es de 1,50 m y de 1,125 m para 44.444 plantas/ha; en la primera población la hilera llevaba 17 plantas a 30 cm y en la segunda 23 plantas a 22,5 cm, respectivamente. Cada bloque, a su vez, poseía dos hileras bordes a cada uno de sus costados. El control de malezas se realizó aplicando glifosato en invierno y diurón después de pasar el motocultivador a comienzos de septiembre.

La primera cosecha se realizó en octubre del año 2000, cosechando sólo un turión por planta; la segunda (año 2001) consideró sólo 30 días, en cambio la tercera y cuarta (años 2002 y 2003) consideraron 75 y 77 días, respectivamente. Todas se iniciaron la primera semana de octubre del correspondiente año, finalizando el día 22 de diciembre en el caso de las dos últimas, para así permitir un período de recuperación de las plantas cercano a tres meses y medio.

Cuadro 1. Grados días y pluviometría de períodos de cosecha.**Table 1.** Degree days and rainfall of harvest periods.

Mes cosecha	Octubre	Noviembre	Diciembre*	Total
Año cosecha	Grados días (base: 10 °C)			
2000	77,7	95,8	111,4	284,9
2001	92,4	100,7	151,0	344,1
2002	36,1	99,7	119,0	254,8
2003	48,5	129,7	82,3	260,5
	Pluviometría (mm)			
2000	133,1	124,0	16,1	273,2
2001	54,8	93,1	9,5	157,4
2002	504,7	287,1	52,2	944,0
2003	183,1	164,8	102,2	450,1

*considera sólo los primeros 21 días del mes por término de cosecha el día 22

Los datos de cosecha se sometieron a análisis de variancia con arreglo factorial y al test de comparaciones múltiples de Tukey, efectuando las transformaciones necesarias cuando fue del caso.

RESULTADOS Y DISCUSION

Es necesario tener presente que en Valdivia, en general, la cosecha de espárragos comienza los primeros días de octubre y que los aspectos climáticos pueden variar bastante de un año a otro, especialmente la pluviometría, como es posible observar en el Cuadro 1.

El período de cosecha del año 2003, en lo que a lluvia se refiere, es el que más se aproxima a lo que podría considerarse como de precipitaciones suficientes, no así el año anterior que fue extremadamente lluvioso (944 mm en el período considerado), o los años 2000 y 2001 considerados como insuficientes, en una zona donde normalmente no se riega.

Las sumas de los grados días (temperatura base: 10 °C) fueron relativamente similares para las dos últimas temporadas, primeras cosechadas por el total del período señalado, con un total de 254,8 y 260,5 grados días para los 82 días, respectivamente (Cuadro 1); sin embargo, difieren en los aportes mensuales a dichos totales, lo que podría ser de relevancia en los rendimientos alcanzados, al existir una correlación negativa ($r = -0,67$; $P < 0,05$) entre dichos grados días y las precipitaciones. Al

efecto y en relación al agua caída en los primeros 21 días de diciembre del año 2003 (102,2 mm) ésta parece adecuada en cuanto a la humedad que pudiera suministrar al cultivo, pero precipitó en 15 días de los 22 días de cosecha, enfriando las condiciones ambientales (13 días con mínimas bajo 10 °C y una media diaria de 13,9 °C para esos 21 días), disminuyendo el aporte a la suma de grados días (82,3 grados días para esos días); consecuentemente los rendimientos fueron más bajos para dicho período, al compararlos con los de la temporada anterior que tuvo una temperatura media diaria mayor (15,6 °C) para los mismos 21 días. Estos resultados se explicarían porque el crecimiento de los turiones depende esencialmente de la temperatura (Culpepper y Moon, 1939), la que definitivamente bajó con las precipitaciones habidas en el referido período. Al respecto hay que recordar que el crecimiento de turiones se incrementa linealmente entre 7 y 31 °C (Blumenfield *et al.*, 1961) y que su tasa de crecimiento relativo se incrementa desde los 10 a los 30 °C siguiendo una curva exponencial doble que luego declina a los 35 °C (Kim *et al.*, 1989). También cabe señalar que estudios previos realizados en Valdivia indican que la emisión de turiones se inicia cuando la temperatura media semanal supera los 9 a 10 °C (Krarup y Henzi, 1992).

Los rendimientos totales y comerciales producidos en los tres primeros años fueron los esperados para la densidad poblacional tradicional (22.222 pl/ha), no así en el cuarto

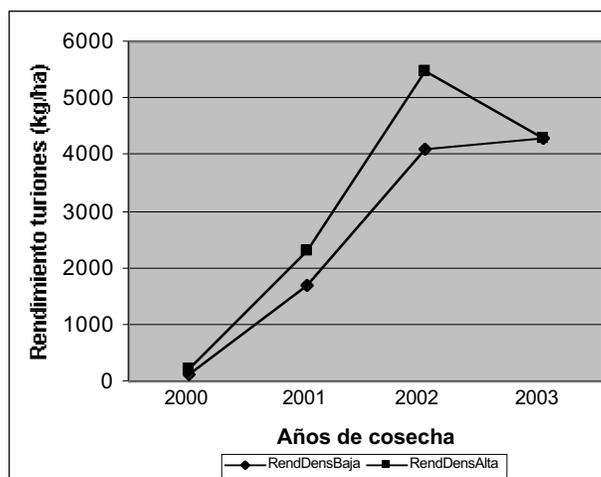


Figura 1. Rendimiento total de dos densidades de población en cuatro años de cosecha.

Figure 1. Total yield of two plant populations in four years of harvest.

año que debió ser superior a la del tercero (Cuadro 2); similar tendencia mostró la alta densidad poblacional (44.444 pl/ha), la que fue superior a la tradicional en la tercera cosecha (año 2002), como era de esperar, pero que bajó en la cuarta, tanto al nivel de cosecha total como comercial, siendo igual a la baja densidad de población en ambos parámetros (Figura 1). La explicación de este hecho podría estar en las condiciones de clima desfavorables habidas durante el mes de diciembre del año 2003, como se insinuó con anterioridad; sin embargo es de hacer presente los resultados de González y del

Pozo (2003) quienes concluyeron que la mayor densidad de población (33.333 pl/ha) sólo incrementó el rendimiento en la primera temporada de cosecha al comparar con una población menor (22.222 pl/ha) y que el máximo rendimiento comercial se obtuvo en la tercera temporada de cosecha; es más, en los años siguientes no obtuvieron un efecto de la densidad de plantas. Al respecto, Sanders *et al.* (1998) empleando un rango más amplio de densidades poblacionales, obtuvieron resultados similares a los de González y del Pozo (2003), pero durante las primeras ocho temporadas de

Cuadro 2. Rendimiento total y comercial de los primeros cuatro años de cosecha de dos densidades de población de espárragos.

Table 2. Total and commercial yield of the first four years of harvest of two population densities of asparagus.

Rendimiento total y comercial de turiones (kg/ha)	Año de cosecha				Suma 2000-2003
	2000	2001	2002	2003	
A.-Rendimiento total					
22.222 pl/ha	123 d	1709 c	4101 b	4307 b	10230 B
44.444 pl/ha	234 d	2300 c	5475 a	4289 b	12298 A
Promedio	178 C	2004 B	4788 A	4298 A	
B.- Rendimiento comercial					
22.222 pl/ha	97 c	712 c	3222 b	3462 b	7493 B
44.444 pl/ha	188 c	859 c	4057 a	3360 b	8464 A
Promedio	142 C	785 B	3639 A	3411 A	

Letras distintas en sentido horizontal indican que hay diferencia significativa (minúscula $P < 0,05$; mayúscula $P < 0,01$)

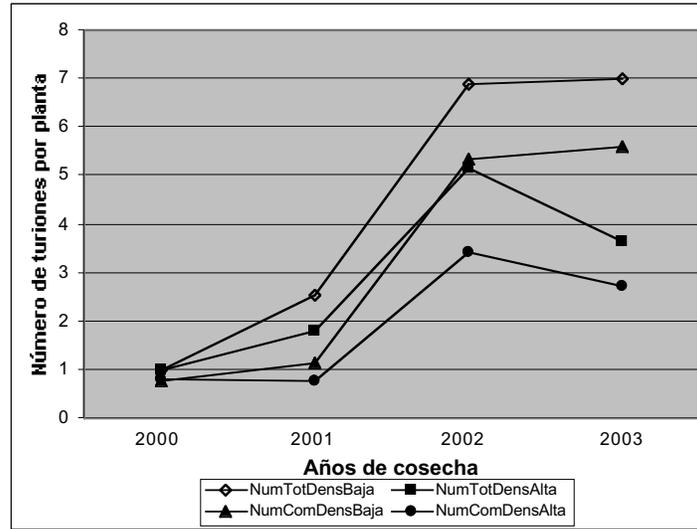


Figura 2. Número de turiones por planta en los primeros años de cosecha.
Figure 2. Number of spears per plant in the first years of harvest.

cosecha. Medina (1990), tampoco obtuvo un efecto sobre el rendimiento comercial en el segundo año de cosecha. A su vez, Kaufmann y Orth (1990) señalan que existe una interrelación compleja entre el número de plantas y la estructura del cultivo y que la mejor densidad para un cultivar de turiones gruesos como Helios es de 30.000 pl/ha, pero que para uno prolífico

en tallos delgados es de 45.000. Bussell *et al.* (1997), analizando los resultados de quince diferentes estudios sobre densidades poblacionales, tampoco obtuvieron una claridad sobre los factores que afectan la óptima densidad de coronas trasplantadas. Todo lo anterior podría estar indicando que las respuestas a diferentes densidades poblacionales no necesariamente

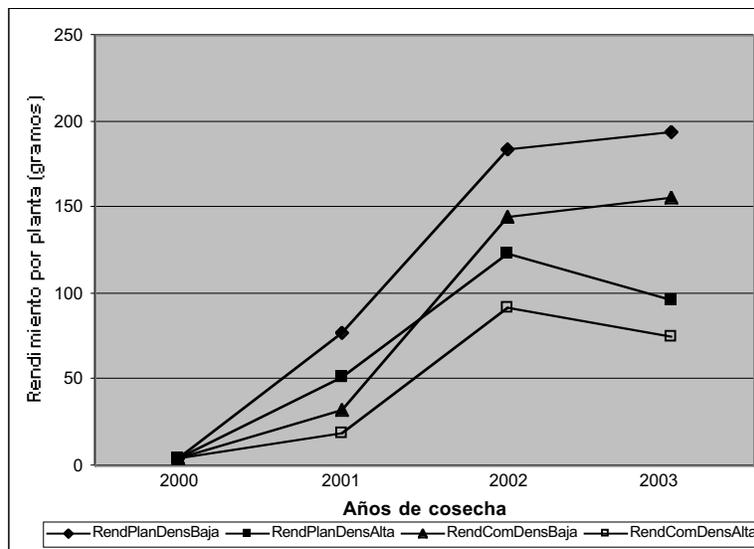


Figura 3. Rendimiento por planta en los primeros cuatro años de cosecha.
Figure 3. Plant yield of the first four years of harvest.

producen lo esperado y que las condiciones climáticas imperantes durante la temporada de cosecha pueden afectar seriamente los resultados productivos.

A pesar de lo anterior es de hacer notar que el número de turiones por planta (Figura 2) tiene la tendencia a seguir aumentando a medida que se avanza en temporadas de cosecha, en el caso de la menor densidad poblacional, pero a disminuir a partir de la tercera temporada en el caso de la mayor, al igual que el rendimiento por planta (Figura 3). Es decir, a densidades poblacionales mayores se empezarían a producir competencias entre plantas antes que a menores, lo que parece lógico. Reflejo de lo anterior es que los rendimientos totales y comerciales en la tercera temporada de cosecha (Cuadro 2) fueron superiores con la alta densidad de plantas, pero iguales a las de la baja densidad en la cuarta temporada y que, aparentemente, la tendencia sería a seguir creciendo en número de turiones y rendimiento por planta con la baja densidad (Figuras 2 y 3), sin embargo, para la alta densidad poblacional no existe claridad de lo que pudiera ocurrir en temporadas posteriores.

Las respuestas a las aplicaciones de nitrógeno fueron similares para ambas densidades de población (Figura 4 y Cuadro 3) y se confirma lo indicado por Carolus y Brown (1961),

Hartmann *et al.* (1987), Hartmann (1988), Krarup (1991), Douglas y Follet (1996) y Krarup *et al.* (2001), en el sentido que la especie requiere de poco nitrógeno y que dosis sobre 100 kg/N/ha no benefician al cultivo, muy por el contrario, tienden a perjudicar la producción tanto en número (Cuadro 3) como en rendimientos totales (Cuadro 4 y Figura 4). Es más, Hirsch y Hartmann (1987) han señalado que el nivel de 100 kg/ha es el límite superior absoluto de fertilización nitrogenada para la especie. A pesar de lo anterior, es de hacer notar que la densidad poblacional alta produjo, en promedio de ambas poblaciones un mayor número total y comercial de turiones, indicando con ello que podría existir una respuesta mayor en los primeros cuatro años de cosecha, con respecto a la población tradicional; lo mismo ocurrió con el rendimiento total, como puede verse en el Cuadro 4, sin embargo, como se muestra en la Figura 5 la tendencia de ambas poblaciones fue bajar sus rendimientos con la aplicación de dosis superiores a 100 kg/ha de nitrógeno, coincidiendo en ello con Hirsch y Hartmann (1987); lo anterior significaría que las necesidades de N no son mayores a densidades poblacionales mayores a las tradicionales.

Cuadro 3. Número total y comercial de turiones de cuatro temporadas para dos poblaciones de plantas fertilizadas con cinco dosis de nitrógeno.

Table 3. Total and commercial number of spears of four harvest seasons for two asparagus plant populations fertilised with five nitrogen rates.

Número turiones y plantas/ha	Dosis de nitrógeno (kg/ha)					Promedio dosis N
	0	50	100	150	200	
A. Número total						
22222 pl/ha	74264 c	95576 ab	125806 abc	116368 abc	71701 c	96743 B
44444 pl/ha	117375 ab	150160 a	137403 ab	128278 abc	111521 abc	128947 A
Promedio	95819 AB	122868 AB	131604 A	122323 AB	91611 B	
B. Número com.						
22222 pl/ha	55451 b	72597 ab	94931 ab	85597 ab	56535 b	73022 B
44444 pl/ha	85472 ab	86055 ab	100576 a	81978 ab	86271 ab	88034 A
Promedio	70461 b	79326 ab	97753 a	83698 ab	71403 b	

Letras distintas en sentido horizontal indican que hay diferencia significativa (minúscula $P < 0,05$; mayúscula $P < 0,01$)

Cuadro 4. Rendimiento total promedio de cuatro años de espárragos en función de dos densidades de población y cinco niveles de nitrógeno.

Table 4. Total average yields of the fist four years of in function of N levels.

Densidad poblacional	Dosis de nitrógeno (kg/ha)					Promedio poblaciones
	0	50	100	150	200	
22222 pl/ha	1921 d	2607 abcd	3290 ab	3137 ab	1844 d	2560 B
44444 pl/ha	2853 abcd	3263 ab	3408 a	3060 abc	2789 abcd	3074 A
Promedio N	2387 BC	2935 ABC	3349 A	3099 AB	2317 C	

Letras distintas en sentido horizontal indican que hay diferencia significativa (minúscula $P < 0,05$; mayúscula $P < 0,01$)

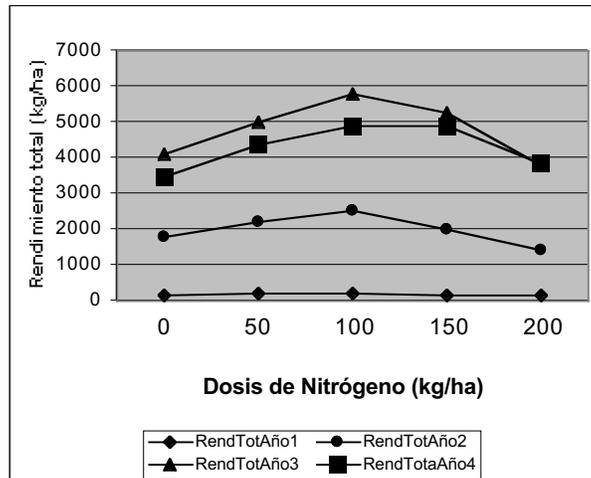


Figura 4. Rendimientos de los cuatro primeros años en función de cinco niveles de nitrógeno.

Figure 4. Yields of the first four years in function of five nitrogen levels.

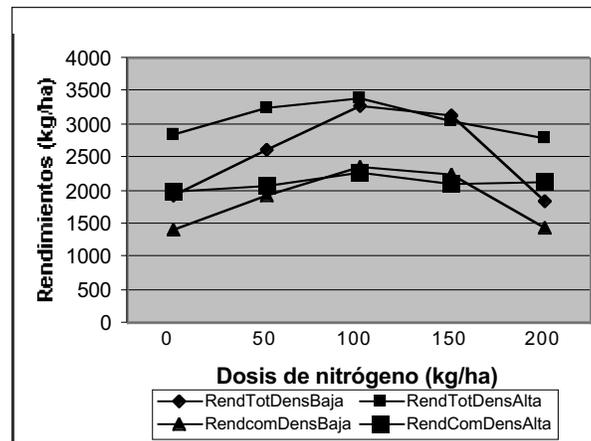


Figura 5. Rendimientos medios (totales y comerciales) de cuatro años de cosecha para dos densidades de plantas en respuesta a cinco niveles de nitrógeno.

Figure 5. Average yields (total and commercial) of four years for two plant densities in response to five nitrogen levels.

BIBLIOGRAFIA

- BLUMENFIELD, D., MEINKEN, K.W., LE COMPTE, S.B. 1961. A field study of asparagus growth. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77: 386-392.
- BUSSELL, B.T., MAINFONALD, J.H., MORTON, J.R. 1997. What is a correct plant density for transplanted asparagus? N.Z. J. of Crop and Hort. Sci. 25: 359-368.
- CANNELL, G.H., TAKATORI, F.H. 1970. Irrigation-nitrogen studies in asparagus and measurement of soil moisture changes by the neutron method. Proc. Soil Sci. Soc. Amer 34: 501-506.
- CAROLUS, R.L.; BROWN, L.D. 1961. We've been overfeeding asparagus. American Vegetable Grower, March 1991, 9: 52-53.
- CORRIOLS, L. 1983. Fast cultivar evaluation in asparagus trials. Asparagus Research Newsletter 1(2): 10-11.
- CULPEPPER, C.W., MOON, H.H. 1939. Effect of temperatures upon the rate of elongation of the stems of asparagus grown under field conditions. Plant Physiology 14: 225-270.
- DOUGLAS, J.A., FOLLET, J.M. 1996. The fertilizer requirement of asparagus on an allophanic clay based volcanic ash soil. Acta Horticulturae 415: 355-364.
- GONZALEZ, M.I., DEL POZO, A. 2003. Efectos de la profundidad de plantación y población de plantas en la calidad y rendimiento de espárrago verde. Agricultura Técnica 63(3): 223-230.
- HARTMANN, H.D. 1988. Producción de espárragos en países europeos. In: Seminario "Situación nacional e internacional de la producción de espárragos" P.U. Católica de Ch., Facultad de Agronomía, Departamento de Ciencias Vegetales. Publicación 03-88: 16-29.
- HARTMANN, H.D., WUCHNER, A., HERMANN, G., HIRSCH, C.H. 1987. Langjährige Düngungsversuche zu Spargel. Landwirtsch. Forschung 40: 167-180.
- HIKASA, H., KAMATA, K. 1994. Characteristics of the nutrient absorption in asparagus plants. Japanese J. Soil Sci. and Plant Nutrition 65(1): 34-40.
- HIRSCH, C.H., HARTMANN, H.D. 1987. Die Auswirkung einer Stickstoff-teigerung auf die Entwicklung und den Minerals-toffgehalt von Spargel auf zwei Böden. Landwirtsch.Forschung 40: 238-250.
- KAUFMANN, F., ORTH, W.D. 1990. Principles of plant density for green asparagus harvested by different methods. Acta Horticulturae 271: 227-234.
- KIM, Y.S., SAKIYAMA, R., TAZUKE, A. 1989. Effect of temperature on the elongation rate and the estimation of weight of asparagus spears. J. Japanese Soc.Hort.Sci.58: 1,155-160.
- KRARUP, A. 1991. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno y su fraccionamiento en espárrago verde. Agro Sur 19(1): 55-62.
- KRARUP, A. 1993. Evaluation of twenty-eight asparagus genotypes on their third year of harvest at Valdivia. Acta Horticulturae (1996) N°415: 105-114.
- KRARUP, A. 1995. Rendimiento de veintiocho genotipos de espárrago en sus cuatro primeros años de cosecha. Agro Sur 23(2): 107-116.
- KRARUP, A. 2001. Selección de genotipos de espárrago, después de la tercera cosecha, utilizando análisis de grupo. Agro Sur 29(1): 1-11.
- KRARUP, A., HENZI, X. 1992. Asociación entre rendimientos y temperaturas medias semanales en espárragos. Agro Sur 20(1)40-44.
- KRARUP, A., HERRERA, M. 1987. Germinación, emergencia, y desarrollo inicial del espárrago (*Asparagus officinalis* L) a partir de semillas de distinto diámetro. Agro Sur 15(1): 26-31.
- KRARUP, C., KRARUP, A., PERTIERRA, R. 2001. Growth of asparagus crowns with increasing nitrogen rates at three different sites. Acta Horticulturae N° 589: 145-150.
- MEDINA, A. 1990. Efecto de la distancia de plantación sobre la hilera y edad de la corona en espárragos verde y blanco en su segundo año de cosecha. Tesis Ing. Agrónomo, U. Austral de Chile, Fac. Ciencias Agrarias, Valdivia. 55 pp.
- SANDERS, D.C. 1999. Nitrogen-potassium interactions in asparagus. Acta Horticulturae N° 479: 421-425.

- SANDERS, D.C., CURE, J., SPERRY, W.J., GILSANZ, J.C., PRINCE, C.A., BANDELE, O. 1998. Long term effects of rows per bed and in-row spacing on yield and spear size of asparagus. Hortscience 33: 652-654.
- URAGAMI, A., NAGAI, M., YOSHIKAWA, H. 1993. Early evaluation of yield and spear weight in asparagus trials. Acta Horticulturae (1996) N° 415: 97-103.