

INFLUENCIA DEL RIEGO, LA FERTILIZACION NITROGENADA Y EL TAMAÑO DEL DIENTE SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL AJO COLORADO (*Allium sativum* L.)

V LIPINSKI¹, S GAVIOLA DE HERAS², M F FILIPPINI²

¹ EEA La Consulta, INTA; CC 8 (5567) La Consulta - Mendoza - Argentina. ² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Almirante Brown 500 (5505) - Chacras de Coria - Mendoza - Argentina.

IRRIGATION, NITROGEN FERTILIZATION AND CLOVE SEED SIZE EFFECT ON YIELD AND QUALITY OF RED GARLIC (*Allium sativum* L.)

Red garlic was grown on a deep sandy loam Typic Torrifluent, of La Consulta Experimental Station, (INTA), Mendoza, Argentina, to study the influence of different irrigation frequencies, N rates and clove seed size, on yield and quality. The yield increased up to 35 %, when the irrigation frequency increased from 10 to 25 times during the growing period. Nitrogen rates (0, 80, 160 and 240 kg N ha⁻¹) had no effect on total yield. Increasing clove seed size (D1: < 5 g) and D2: > 5g), increased total and commercial yield.

Key words: Red garlic -Nitrogen-Irrigation frecuencies- Clove seed

INTRODUCCION

En la zona de Cuyo, existe una gran disparidad de criterios en relación al manejo del riego en el cultivo de ajo. Sin embargo, no resulta sencillo ajustar a un único modelo, ya que el mismo depende de las características físico-químicas de suelo, de las condiciones climáticas, de los requerimientos del ecotipo, de la calidad del agua, etc.

Chambouleyron *et al.* (1989), constataron que en la zona del Río Tunuyán Inferior (Mendoza) se aplicaban en promedio 22 riegos de 87 mm cada uno, lo que totalizaba 1914 mm durante todo el ciclo de cultivo. Afectando esta lámina por la eficiencia media de uso interno (EVI=31%), la lámina real almacenada en todo el perfil era de 593 mm. El resto del volumen perdido sería responsable del incremento del nivel de la capa freática y del lavado de nutrientes. Según el trabajo realizado por De Lis *et al.* (1968), debido al sistema radical superficial del ajo (90% de las raíces en los primeros 30 cm) los riegos deberían realizarse con la mayor frecuencia posible y con láminas pequeñas. Los períodos de sequía en cualquiera de sus fases (brotación, bulbificación y crecimiento del bulbo) resultan perjudiciales a la producción; sin embargo la etapa más crítica en cuanto al requerimiento de agua es la comprendida entre la plantación y la diferenciación de dientes. Este efecto perjudicial se manifiesta fundamentalmente en la disminución del peso de los dientes y no afecta el número

de estos por bulbo (Burba 1991). Los antecedentes nacionales y regionales referidos a los efectos de la fertilización nitrogenada (Martinez *et al.* 1980, Gaviola de Heras *et al.* 1991, Lipinski, Filippini 1991) coinciden en señalar que el cultivo del ajo responde en forma significativa a la aplicación de este nutrimento. Por otra parte, el peso del diente semilla o bulbillo, es función directa de la cantidad de sustancia de reserva, e incide decisivamente sobre el comportamiento de la planta durante la etapa de crecimiento vegetativo. Minard (1978) y Couto (1961), han demostrado este efecto directo y proporcional entre la cantidad de sustancia de reserva (expresado como peso o tamaño de diente) y el crecimiento vegetativo (expresado como altura y número de hojas). Este comportamiento explica porque la utilización de dientes de gran tamaño producen bulbos de mayor calibre, ya que en el momento de la inducción de la bulbificación, el crecimiento vegetativo es mayor (Burba 1991). En función de la importancia de estos tres factores señalados, los que influirían en la productividad, expresada en rendimiento por unidad de superficie y la calidad, expresada fundamentalmente en tamaño, uniformidad y sanidad del bulbo, es que se plantearon los objetivos: determinar en ajo tipo colorado, el efecto de diferentes dosis de nitrógeno, frecuencias de riego y tamaños de semilla sobre el rendimiento total y comercial (peso de bulbos regulares mayores de 4 cm de diámetro) y sobre variables cualitativas (calibres, malformaciones, enfermedades, etc.).

MATERIALES Y METODOS

Durante el año 1991, se condujo el ensayo en la EEA INTA La Consulta, con Ajo colorado (*Allium sativum* L.), en un Torrifluente típico, perteneciente a la serie La Consulta franco arenoso fino, profundo. El diseño experimental fue un factorial en franjas subdivididas, en bloques completos al azar, con arreglo de los siguientes factores: en la parcela principal, tres frecuencias de riego: 10 (R1), 17 (R2) y 25 (R3) riegos durante el ciclo del cultivo; en las franjas, cuatro dosis de nitrógeno: 0 (N0), 80 (N80), 160 (N160) y 240 (N240) kg de N ha⁻¹ y en las subparcelas, dos tamaños de diente semilla: chico (D1) menor de 5 g y (D2) mayor de 5 g. Se realizaron cuatro repeticiones, totalizando 96 parcelas. El nitrógeno se aplicó como urea en tres fracciones iguales a los 45, 90 y 135 días después de plantación. La unidad experimental fue de 3,60 m de ancho (6 hileras) por 2 m de largo (subparcela). La densidad de plantación fue de 12 dientes m⁻¹ en hileras simples distanciadas 0,60 m (200.000 plantas ha⁻¹). La dos hileras externas fueron consideradas borduras, lo mismo que los 0,20 m extremos del surco. El sistema de riego empleado fue en surcos con pendiente (0,3 %). El tiempo de riego varió entre 6 a 7 h incorporándose según el estado inicial de humedad del suelo entre 10 a 30 mm por riego. Antes y después de cada riego se realizaron muestreos con barreno en tres profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm, en dos sitios: centro de camellón y centro de surco para determinar la humedad gravimétrica. Con estos valores conociendo la densidad aparente se pudo calcular la lámina acumulada en ese perfil después del riego. Para el tratamiento R1 la lámina acumulada en ese espesor de suelo fue de 321 mm, para el tratamiento R2 y R3 fue 338 mm y 370 mm, respectivamente. Durante el desarrollo del cultivo se registraron en total 157,1 mm de lluvia. La caracterización inicial del suelo se realizó determinando: nitrógeno total por el método Kjeldahl (NT), 906 mg kg⁻¹; fósforo disponible por extracción carbónica 1:10, 6,2 mg kg⁻¹; potasio intercambiable extraído con acetato de amonio a pH 7, 429 mg kg⁻¹; pH 7,25; conductividad eléctrica 4 dS m⁻¹; textura franca. La plantación se realizó el 16/04/91. El 16/12/91 se procedió a la cosecha, totalizando 244 días de ciclo de cultivo. Al cabo de un mes de secado se determinó el peso total de bulbos, separándose los malformados y aquellos que presentaban enfermedades. Posteriormente se calibraron los bulbos regulares (C) según los criterios consignados por Burba (1991) y cuyos diámetros ecuatoriales expresados en cm son: C3 (2,5-3,4), C4 (3,5-4,4), C5 (4,5-5,4), C6 (5,5-6,4) y C7 (6,5-7,4). Los datos fueron evaluados estadísticamente mediante el análisis de varianza y las medias fueron comparadas con el test de Tukey. Además se efectuó un análisis de regresión múltiple por el método de Stepwise (SAS, 1988, P<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSION

Respuestas generales

En la Tabla 1 se presentan los rendimientos medios obtenidos en el ensayo para cada una de las variables consideradas. Del análisis de la varianza surge que la frecuencia de riego y el tamaño de diente semilla fueron las variables que influyeron significativamente sobre el rendimiento total. No hubo interacciones significativas entre las variables consideradas. El análisis de los resultados señalan que con la mayor frecuencia de riego de los tratamientos R3 y R2 se lograron incrementos de producción de 35 % y 16 %, con respecto al tratamiento R1. Como se indicó previamente las láminas acumuladas en el perfil fueron muy similares en los tres tratamientos a pesar de las diferentes frecuencias de riego. Esto se debió a que los niveles de humedad del suelo antes de cada riego fueron sensiblemente menores en el tratamiento R1 (10,7, 12,9 y 13,2 %) y R2 (13,1, 17,6, 15,4 %) que en en R3 (16,2, 17,6, 15,4 %) para las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm respectivamente, lo que provocó una infiltración diferencial entre ellos. Probablemente el aumento de rendimiento del tratamiento R3 se debió a que la mayor frecuencia de riego logró mantener un nivel adecuado de humedad de suelo, cercano a la capacidad de campo, durante buena parte del ciclo. Si bien el nitrógeno no produjo aumentos significativos en el rendimiento, sus medias muestran un incremento pequeño al aumentar la dosis de fertilizante. Los incrementos porcentuales relativos al testigo (N0) fueron para: N80 del 5 %, para N160 del 9 % y para N240 del 10 %. La falta de respuesta se puede atribuir, en parte, a que los niveles de este elemento en el suelo resultaron ser relativamente elevados (NT:ca 900 mg kg⁻¹). Experiencias previas realizadas en ensayos con condiciones similares han demostrado la importancia de este elemento en el rendimiento en cultivo de ajo. Gaviola *et al.* (1991), y Lipinski, Filippini (1991) obtuvieron incrementos relativos de producción del 46% y 35% respectivamente,

Tabla 1. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de ajo colorado (kg ha⁻¹)

Riego	Rendimiento	Dosis de nitrógeno	Rendimiento de diente	Tamaño	Rendimiento
R1	6826 a	N0	7517 a	D1	7439 a
R2	7918 a	N80	7933 a	D2	8547 b
R3	9234 b	N160	8219 a		
		N240	8301 a		

* Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas a un P<0,05 del test de Tukey
Riegos durante el ciclo: R1= 10, R2= 17 y R3= 25
Dosis de nitrógeno: N0= 0kg N h⁻¹, N80= 80 kg N h⁻¹, N160= 160 kg N h⁻¹, N240= 240 kg N h⁻¹
Tamaño del diente: D1= Menor sg, D2= Mayor sg

cuando se aplicaba nitrógeno a razón de 100 a 200 kg N ha⁻¹ en suelos de La Consulta que tenían contenidos de NT de 600 mg kg⁻¹. Con respecto al tamaño de diente, se logró un incremento del 15% con bulbillos grandes. Esto está relacionado con el mayor potencial productivo, función directa de la cantidad de sustancias de reserva que tendrían los dientes grandes. Saluzzo (1989) obtuvo un incremento de 18% en los pesos secos de las plantas, a partir de bulbillos grandes (3,1 g) con respecto a los pequeños (0,45 g) cuando se los manejó con densidades de siembras de 158.000 plantas ha⁻¹.

Modelo de respuesta

Con el objeto de establecer un modelo explicativo del rendimiento de este ensayo se realizó un análisis de regresión múltiple, con todos los valores, donde se introdujeron las variables N, R, D, N², R². Las variables riego y tamaño de diente fueron consideradas variables discontinuas, tomando valores 1, 2 y 3 en el caso de riego y 1 y 2 en el caso del tamaño de dientes. En el riego se compararon frecuencias y no láminas por que las mismas fueron muy parecidas en los tres tratamientos. El método del stepwise seleccionó las variables significativas a un nivel del 5%, dejando las variables N² y R² fuera del modelo por que no cumplieron con esta condición. El modelo resultante fue el siguiente:

Tabla 2. Rendimientos totales medios (kg ha⁻¹) de cada tratamiento riego x nitrógeno x D. Coeficiente de variación : 7,49%

	Diente chico		
	R1	R2	R3
N0	6363	6899	8333
N80	6009	7449	8892
N160	6253	7610	9358
N240	6615	7606	8478
DSM	1882	2553	1382
	Diente grande		
	R1	R2	R3
N0	6564	7845	9057
N80	7428	8509	9927
N160	7817	8252	9983
N240	7515	9178	10146
DSM	1318	1941	2133

DSM= Diferencia sin significancia mínima

Riegos durante el ciclo: R1= 10, R2= 17 y R3= 25

Dosis de nitrógeno: N0= 0kg N h⁻¹, N80= 80 kg N h⁻¹, N160= 160 kg N h⁻¹, N240= 240 kg N h⁻¹

Tamaño del diente: D1= Menor sg, D2= Mayor sg.4

$$\text{Rendimiento (kg ha}^{-1}\text{)} = 3597 + 1188 (R) + 3,13 (N) + 1087 (D)$$

$$r^2 = 0,614 \quad P > 0,01$$

El coeficiente de determinación parcial r² para cada una de las variables independientes consideradas fue: riego: 0,439, nitrógeno: 0,037 y tamaño de diente: 0,138. Este modelo explicaría el 61% de la variación del rendimiento, comprobándose nuevamente que la variable que más gravitó fue el riego, luego el tamaño de diente y por último y en menor proporción el nitrógeno. Esta última variable se conserva en el modelo por la importancia que tiene la fertilización nitrógeno en el cultivo de ajo (Gaviola *et al.* 1991, Lipinski, Filippini 1991).

Efecto de los tratamientos combinados

A pesar de que las interacciones no fueron significativas, para clarificar el efecto del nitrógeno se analizaron los resultados independientemente para cada tratamiento de riego y tamaño de diente semilla. Del análisis de los datos de la Tabla 2 surge claramente que con solo manejar una mayor frecuencia de riego, sin aplicación de nitrógeno (N0), se lograron incrementos significativos en los rendimientos. En este tipo de suelo, los rendimientos máximos económicos (9.927 kg ha⁻¹) se obtuvieron con diente semilla grande, 25 riegos durante el ciclo y con dosis de 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno. Los incrementos de producción con dosis mayores a la señalada no resultaron significativos.

Efecto de los tratamientos sobre los calibres

En la Tabla 3 se han representados los porcentajes de ocurrencia de calibres de bulbos normales, para las distintas frecuencias de riego, dosis de nitrógeno y tamaño de bulbillos. Se puede apreciar en la misma que las mayores diferencias se han encontrado en los tratamientos de riego. Los calibres 6 y 7 incrementan su porcentaje en forma significativa a medida que se incrementa la frecuencia de riego (R1: 17%, R2: 31%, R3: 57%). Con respecto al efecto del nitrógeno aplicado, éste no es tan notable, pero las diferencias son significativas para el porcentaje de calibres 6 y 7 cuando se compara N0 con N240 (24% y 41% respectivamente). Por último el mayor tamaño del diente también incrementó el porcentaje de calibres 6 y 7 en forma significativa (D1: 28% y D2: 42%).

Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de bulbos normales

El porcentaje de bulbos normales es decir aquellos que no presentan deformaciones ni enfermedades se vio influenciado por los tratamientos de riego y nitrógeno (Tabla 4). Se observa que, en general hay una disminución del porcentaje de bulbos normales por incremento de las deformaciones a medida que aumenta

Tabla 3. Porcentaje de calibres de ajo afectados por los tratamientos de riego, nitrógeno y diente. DSM. Diferencia significativa mínima para el test de Tukey ($P < 0,05$)

		C3	C4	C5	C6C7
Riego	R1	1,25 a	12,21 a	68,65 a	17,89 a
	R2	0,67 b	7,37 b	60,42 a	31,53 b
	R3	0,39 b	3,24 c	39,67 b	56,70 c
	DSM	0,30	3,6	10,33	12,47
Nitrógeno	N0	0,95 a	11,04 a	63,62 a	24,39 a
	N80	0,77 a	6,19 a	57,00 a b	36,04 a b
	N160	0,94 a	6,62 a	52,63 a b	39,82 b
	N240	0,43 a	6,59 a	51,74 b	41,24 b
	DSM	0,85	5,87	11,69	15,31
Diente	D1	0,93 a	10,04 a	60,13 a	28,29 a
	D2	0,61 a	5,17 b	52,36 b	41,89 b
	DSM	0,45	3,09	6,17	8,07

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas nivel de $P < 0,05$ para el test de Tukey
 Riegos durante el ciclo: R1= 10, R2= 17 y R3= 25
 Dosis de Nitrógeno: N0= 0kg N h⁻¹, N80= 80 kg N h⁻¹, N160= 160 kg N h⁻¹, N240= 240 kg N h⁻¹
 Tamaño del diente: D1= Menor sg, D2= Mayor sg

la frecuencia de riego y la dosis de nitrógeno aplicado. La reducción en la calidad de bulbos de ajo con altos niveles de nitrógeno aplicado es coincidente con los efectos observados por otros autores (Moon, Lee 1985, Buwalda 1986). Este último estudió el efecto de diferentes niveles de nitrógeno (0 a 240 kg de N ha⁻¹) y determinó que la producción de bulbos se relacionó linealmente con el

logaritmo de la dosis de nitrógeno, pero que la reducción de la calidad a altos niveles de nitrógeno le llevaba a aconsejar como óptima la dosis de 120 kg N ha⁻¹ para las condiciones del ensayo. Sugiere que la reducción de la calidad puede ser el resultado de un efecto fisiológico por las altas concentraciones de nitrógeno en los tejidos ó sobre la diferenciación de dientes. Diversos autores

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de bulbos normales

Riego (%)	Bulbos normales	Dosis de nitrógeno (%)	Bulbos normales	Tamaño de dientes (%)	Bulbos normales
R1	79,71 a	N0	78,36 a	D1	75,34 a
R2	72,76 b	N80	75,50 ab	D2	72,31 a
R3	69,00 c	N160	70,34 b		
	N240	71,11 ab			

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas nivel de $P < 0,05$ para el test de Tukey

Tabla 5. Efecto de los tratamientos sobre el peso de varas florales en gramos

Riego	Peso vara floral	Dosis de nitrógeno	Peso vara floral	Tamaño de dientes	Peso vara floral
R1	4,97 a	N0	6,34 a	D1	4,72 a
R2	5,16 a	N80	4,85 b	D2	5,46 b
R3	5,14 a	N160	5,55 b		
	N240	4,63 b			

Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas nivel de $P < 0,05$ para el test de Tukey
 Riegos durante el ciclo: R1= 10, R2= 17 y R3= 25
 Dosis de Nitrógeno: N0= 0kg N h⁻¹, N80= 80 kg N h⁻¹, N160= 160 kg N h⁻¹, N240= 240 kg N h⁻¹
 Tamaño del diente: D1= Menor sg, D2= Mayor sg

(Vasconcellos 1971, Higazy 1974) han señalado el efecto detrimental de la calidad de ajo en cultivos con alta disponibilidad hídrica durante todo el ciclo de cultivo. En Israel y California se recomienda suspender el riego tres semanas antes de la cosecha cuando los tallos se empiezan a inclinar (Brewster, Rabinowitch, 1990).

Efecto de los tratamientos sobre el peso de canuto

Fue determinada la influencia de los tratamientos sobre el peso de los canutos (vara floral) debido a que pueden ser un destino fuerte para atraer fotoasimilados en desmedro de los bulbos. Se comprobó que el riego no influyó significativamente sobre los mismos (Tabla 5). En cambio la fertilización nitrogenada actuó disminuyendo la proporción de materia seca del escape. Esto coincide con lo señalado en un trabajo anterior (Gaviola de Heras *et al.* 1991). El diente semilla grande aumentó significativamente el peso de canuto con respecto al chico.

REFERENCIAS

- Brewster J.L., Rabinowitch H.D. 1990. Garlic Agronomy. In: Brewster L. J., Rabinowitch H. D. eds. Onions and Allied Crops Vol.III Biochemistry, Food Science, and Minor Crops.CRC Press Inc. Florida EEUU 148-153
- Buwalda J.G. 1986. Nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) under irrigation. Components of yield and indices of crop nitrogen status. *Sci. Hortic.* 29:69-76
- Burba J.L. 1991. Aspectos prácticos en la selección de ideotipos de ajo. Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo, 1er y 2do. Agro de Cuyo, Jornadas 1:52-54. INTA Mendoza
- Couto F.A. 1956. Symptoms of mineral deficiency in garlic. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 68:358-368
- Chambouleyron J., Morabito J.A., Mirábile C., Salatino S., Drovandi A. 1989. Riego en ajo: valores de eficiencia y parámetros de manejo medidos a campo en la provincia de Mendoza. Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo 1er y 2do. Agro de Cuyo, Jornadas 1:17-22. INTA Mendoza
- De Lis B., Cavagnaro J.B., Tizio R. 1968. Estudios sobre requerimientos hídricos en especies hortícolas: III Influencia de la sequía sobre la modalidad vegetativa y rendimiento del ajo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, Vol 5:11-22
- Gaviola de Heras S., Filippini M.F., Lipinski V. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en ajo. Efecto de la fertilización sobre componentes de rendimiento en los tipos blanco y colorado. Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo 1er y 2do. Agro de Cuyo, Jornadas 1:105-112. INTA Mendoza
- Higazy M., Shanan S., Billah M., El-Ramadan H. 1974. Effect of soil moisture levels on postharvest changes in garlic. *Egypt. J. Hortic.* 1:13-19
- Lipinski V.M., Filippini M.F. 1991. Respuesta del ajo tipo colorado a la fertilización nitrogenada y fosforada vs fertilización orgánica. Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo, 1er y 2do. Agro de Cuyo, Jornadas 1:113-115. INTA Mendoza
- Martínez R.M., Miglierina A.M., Landriscini M.R., Rosell R.A., Rojas H.P. 1980. Fertilización nitrogenada y potásica a campo y nivel foliar de nitratos en ajo (*Allium sativum* L.). *Rev. Inv. Agrop.* 15:469-478
- Minard H.R. 1978. Effect of clove size, spacing, fertilizers and lime on yield and nutrient content of garlic (*Allium sativum*). *New. Z. Journal of Exp. Agric.* 6:139-143
- Moon W., Lee B.Y. 1985. Studies on factors affecting secondary growth in garlic (*Allium sativum* L.). I. Investigations on environmental factors and degree of secondary growth. *J. Korean Soc. Hortic. Sci.* 26:103-107
- Saluzzo J. 1989. Distribución espacial en plantaciones de ajo. In Curso/Taller sobre producción, comercialización e industrialización de ajo, 1er y 2do. Agro de Cuyo, Jornadas 1: 22-24. INTA Mendoza
- SAS Institute Inc. 1988. Users guide. Cary, NC, USA
- Vasconcellos E., Scalopi E.J., Klar A. 1971. The influence of irrigation and nitrogen fertilization on precocity and premature sprouting in garlic. *Solo*, 63:15-17