

EFFECTO DEL DÉFICIT DE RIEGO CONTROLADO EN DIFERENTES ESTADIOS DEL CULTIVO SOBRE EL RENDIMIENTO DE AJOS COLORADOS Y CASTAÑOS

V. M. Lipinski¹, S. Gaviola², J.A. Portela¹

¹EEA La Consulta INTA, CC 8 (5567) La Consulta, Mendoza, Argentina

² Cát. Edafología - FCA-UNCuyo

Correo electrónico: vlipinski@laconsulta.inta.gov.ar

RESUMEN

En el contexto del cambio climático global, en la región de Cuyo (provincias de Mendoza y San Juan) resulta fundamental conocer las condiciones que aseguren la máxima eficiencia en el uso del agua por los cultivos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la restricción parcial de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, en cultivares clonales de ajo tipos comerciales colorado y castaño, según la etapa ecofisiológica en que fuera impuesta esa restricción. El diseño fue en bloques completos al azar con parcelas divididas con tres repeticiones. Los tratamientos de riego fueron asignados a las parcelas principales y las subparcelas a tres cultivares de ajo (Gostoso INTA, Sureño INTA y Castaño INTA). Los tratamientos de riego fueron: reposición del 100% del agua consumida durante el cultivo (R₁), y reposición de sólo el 50 % del agua durante las etapas de crecimiento vegetativo inicial (R₂), de rápido crecimiento vegetativo (R₃) y de rápido crecimiento del bulbo (R₄). El ensayo se repitió en dos años consecutivos en La Consulta (San Carlos, Mendoza). En ninguno se detectó interacción significativa entre los factores, tanto en el rendimiento limpio (RL) como en la eficiencia de uso del agua (EUA). RL no fue afectado significativamente por los tratamientos de riego en el primer año, pero sí en el segundo, donde R₁ generó el mejor rendimiento (13,21 Mg·ha⁻¹). La EUA fue estadísticamente significativa en los dos años, resultando máxima con R₄. Entre cultivares sí hubo diferencias significativas en RL en ambos años, mientras que la EUA sólo se distinguió en el segundo.

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos de agua en el cultivo de ajo varían con el estado fenológico del mismo, incrementándose a medida que aumenta la biomasa fotosintetizante, para luego caer con la progresiva entrada en senescencia de las plantas (Morabito *et al.*, 1993). Lipinski y Gaviola (2005), determinaron que la lámina óptima para maximizar el rendimiento en ajo tipo comercial colorado (IRAM, 2002), en densidad de plantación cercana a 300.000 plantas·ha⁻¹, fue de alrededor de 970 mm.

En el contexto del cambio climático global, que para la región de Cuyo (provincias de Mendoza y San Juan) está caracterizado por progresivos incrementos en las temperaturas medias estacionales y crecientes restricciones en la disponibilidad de agua para los cultivos (Dirección de Cambio Climático, 2009), resulta fundamental conocer la respuesta de estos en condiciones que aseguren la máxima eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, es poco lo que se ha estudiado hasta el momento en el cultivo de ajo.

Lipinski y Gaviola (2009), en suelo franco arenoso del departamento de San Carlos (Mendoza, Argentina), encontraron que cultivares clonales de ajo del tipo comercial blanco (IRAM, 2002), presentan diferente sensibilidad en términos de rendimiento cuando son sometidos a estrés hídrico moderado, en diferentes momentos de importancia ecofisiológica para el cultivo.

Turner (1990), por su parte, indica que el estrés hídrico es el factor dominante en la determinación de pérdidas de rendimiento en ajo, sobre todo si ocurre durante el estado de desarrollo crítico para la conformación del mismo (bulbificación). De manera coincidente, Fabeiro Cortes *et al.* (2003), que consideraron cuatro estados fenológicos en el cultivo de ajo (establecimiento, crecimiento vegetativo, bulbificación y maduración), encontraron que el estrés hídrico impuesto a la cultivar 'Morado de Cuenca' en el último estadio (maduración) afectó principalmente el rendimiento, mientras que el estrés impuesto en los dos últimos estadios (bulbificación y maduración) afectó tanto la calidad (tamaño) como la productividad.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la restricción parcial de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento, en cultivares clonales de ajo de los tipos comerciales colorado y castaño, según la etapa ecofisiológica en que fuera impuesta esa restricción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental La Consulta INTA, en San Carlos (Mendoza, Argentina; 33° 42' S, 69° 04' O, 940 msnm), durante dos temporadas consecutivas (2008 y 2009). Los suelos empleados en los ensayos son de origen aluvial, profundos, de textura franca en superficie y franca-arenosa fina en profundidad (serie La Consulta, Torrifluente típico). Las principales características físico-químicas de estos suelos se presentan en el Tabla 1.

Tabla 1. Características físico-químicas de los suelos en los sitios de ensayo

Año	pH	CE ₂₅ dS·m ⁻¹	PS %	VS cm ³ ·g	Textura	N total, mg/kg	Pd CO ₂ 1:10 mg/kg	K int mg/kg	Mat Org %	C/N
2008	7,72	2,18	32,96	95,5	Fr	658	4,8	386	1,09	9,63
2009	7,85	3,23	31,45	95,5	Fr	763	8,1	432	1,07	8,12

El diseño fue en bloques completos al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. Los tratamientos de riego (R₁, R₂, R₃ y R₄) fueron asignados a la parcela principal y los subtratamientos correspondieron a tres cultivares clonales de ajo pertenecientes al grupo ecofisiológico IV (clasificación argentina; Burba, 1991): Gostoso INTA y Sureño INTA, del tipo comercial colorado, y Castaño INTA, del tipo comercial castaño. El riego fue por goteo. Los niveles de déficit (50% de la demanda) fueron aplicados en tres etapas ecofisiológicas del cultivo de acuerdo con lo planteado por Portela y Lucero (2007): crecimiento vegetativo inicial (E₁: entre el 9/04 y el 6/09), rápido crecimiento vegetativo (E₂: entre el 7/09 y el 21/10) y rápido crecimiento del bulbo (E₃: entre el 22/10 y el 22/12).

El tratamiento R₁ consistió en ir reponiendo el 100% del agua consumida por el cultivo, durante todo el ciclo. Los períodos en que se restringió la reposición de agua en cada uno de los otros tratamientos se presentan en la Tabla 2. Las cosechas se realizaron el 3/12/2008 y el

9/12/2009 en Gostoso INTA, el 15/12/2008 y el 18/12/2009 en Sureño INTA, y el 22/12/2008 y el 30/12/2009 en Castaño INTA.

Tabla 2: Tratamientos de riegos deficitarios en diferentes cultivares de ajo colorado y castaño

Estadios	R1	R2	R3	R4
Crecimiento vegetativo inicial	1	0,5	1	1
Rápido crecimiento vegetativo	1	1	0,5	1
Rápido crecimiento del bulbo	1	1	1	0,5

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron diariamente los datos del tanque de evaporación tipo A (EB) y de las condiciones meteorológicas. Se calculó la necesidad de riego diaria con el dato de EB afectado por el k_p y el k_c . Los riegos se realizaron cuando se acumulaban entre 8 y 12 mm de déficit. En la Tabla 3 se presenta un resumen de las condiciones atmosféricas en el cultivo en los dos años de ensayo. Dadas las diferentes fechas de cosecha según cultivares, láminas entregadas al cultivo variaron con los tratamientos (Tabla 4).

Tabla 3. Evaporación bruta del tanque A (EB; mm), k_c , lámina de riego ($dr R_1$; mm), precipitación efectiva (PPef; mm), lámina total (dt; mm), tensión media del suelo a 20 cm y 40 cm de profundidad (W20 y W40, medidas con sensor Watermark) y número total de riegos realizados (en el tratamiento R_1 para Castaño INTA) en cada ciclo de cultivo 2008 y 2009

	EB	Kc	dr R_1	PPef	dt	W ₂₀	W ₄₀	Nº riegos
2008	928	0,92	818	126	944	20,6	18,0	81
2009	1044	0,96	881	38	919	24,6	23,5	99

Tabla 4. Láminas totales (dt; mm) por tratamiento y cultivar, en cada año de ensayo

	2008			2009		
	Gostoso	Sureño	Castaño	Gostoso	Sureño	Castaño
R1	854	902	944	809	856	919
R2	729	756	820	689	735	796
R3	743	770	831	703	749	810
R4	658	685	710	622	650	687

En el momento de la cosecha se registró el peso fresco de plantas enteras de cada parcela. Luego de un período de “curado” (30 días a la sombra en galpón ventilado), fueron pesadas nuevamente y se procedió a la limpieza de los bulbos (eliminación de restos de hojas y raíces) determinándose entonces el peso limpio. Los bulbos fueron contados y clasificados por tamaño según la norma de calidad para consumo en fresco (IRAM, 2002). También se registraron ajos deformes, como bulbos que se apartan de la forma ideal, globosa y de perímetro circular. Estos datos fueron sometidos al análisis de varianza utilizando el programa InfoStat 1.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer año de cultivo, tanto el rendimiento limpio (RL), como el rendimiento comercial (RC; suma de los bulbos de calibre 5, 6 y 7), y el tamaño medio de bulbos (TMB), no presentaron diferencias significativas. No así en el segundo año, donde estas variables, junto con la eficiencia de uso del agua (EUA), sí se diferenciaron estadísticamente. El mejor rendimiento (RL, RC y TMB) se obtuvo con el tratamiento R₁ (sin restricciones hídricas). El peor fue el del tratamiento R₂ (estrés moderado durante el crecimiento vegetativo inicial), y este último aspecto es importante de destacar porque, normalmente, es durante esa etapa ecofisiológica que los riegos se suspenden en la región para la limpieza del sistema de conducción de agua. Por lo tanto, esta susceptibilidad está marcando la necesidad de contemplar fuentes de agua complementarias (pozo) durante esta época del año (invierno), a fin de no llegar a sufrir niveles de estrés hídrico que comprometan el resultado.

En cuanto a la EUA, ésta fue estadísticamente mejor con el tratamiento R₄ en los dos años de ensayo (Tabla 5). En 2008, Castaño INTA rindió más que Sureño INTA, mientras que en 2009 esto fue al revés. Gostoso INTA fue siempre el menos productivo. La EUA, en cambio, fue mayor en Sureño INTA en los dos años de ensayo. En ninguna de estas variables hubo interacción significativa entre tratamientos y cultivares.

Tabla 5. Rendimiento limpio (RL; Mg·ha⁻¹), rendimiento comercial (RC; Mg·ha⁻¹), tamaño medio de bulbos (TMB; g) y eficiencia de uso del agua (EUA; kg·mm⁻¹), afectados por los tratamientos de riego y en cada cultivar (Ca: Castaño INTA; Go: Gostoso INTA; Su: Sureño INTA), en ambos años de ensayo.

	2008				2009			
	RL	RC	TMB	EUA	RL	RC	TMB	EUA
R ₁	11,92	10,58	48,5	12,3	13,21	12,4	45,6	15,4
R ₂	10,77	9,29	47,1	13,1	11,01	9,3	38,9	14,9
R ₃	10,81	9,75	48,6	13,4	12,30	11,2	42,2	16,3
R ₄	11,03	9,71	47,2	15,4	12,07	10,9	41,7	18,5
DMS	1,32	1,30	3,12	1,80	1,39	1,98	4,51	1,91
sign	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	**	**	*	**
Ca	12,60	10,98	50,63	13,74	11,66	11,00	42,95	14,62
Go	9,69	7,86	36,11	12,89	10,46	8,18	34,34	14,93
Su	11,11	10,67	56,74	14,04	14,33	13,62	48,94	19,25
DMS	1,03	1,01	2,44	1,41	1,22	1,53	3,47	1,57
CV	8,90	9,89	4,89	9,96	9,51	13,25	7,82	9,19
sign.	**	**	**	<i>ns</i>	**	**	**	**
Int Rxcv	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

DMS: diferencia mínima significativa. **CV:** coeficiente de variación. **sign:** Significancia al 5% de probabilidad (*) o al 1% (**), según prueba de Tukey. **ns:** No significativo.

Int Rxcv: Interacción Riego-cultivar

El porcentaje de bulbos por calibre no fue afectado por los tratamientos de riego, salvo en el calibre 4 del primer año de ensayo, en el que fue mayor en el tratamiento R₂ (Tabla 6). En cuanto a las cultivares, se diferenciaron estadísticamente en el porcentaje de bulbos en prácticamente todas las categorías de calibre; salvo en el calibre 3 en 2009 y en el calibre 7 en ambos años de ensayo. Gostoso INTA mostró el mayor porcentaje de bulbos calibre 4, mientras que en Castaño INTA se concentraron más en el calibre 5 y en Sureño INTA en el calibre 6.

El porcentaje de bulbos normales también mostró diferencias significativas entre cultivares y no entre tratamientos. En ambos años, Castaño INTA fue el que mayor número de bulbos normales produjo, mientras que Sureño INTA dio la respuesta opuesta. La interacción entre factores (riego y cultivar) resultó estadísticamente significativa en las categorías de calibre 4, 5 y 6 en el año 2008, pero no fue así en 2009. En este último año se encontró interacción significativa en el porcentaje de bulbos normales (Tabla 7).

Tabla 6. Efecto de los tratamientos de riego y las cultivares probadas sobre el porcentaje de bulbos por categoría de calibre (%C) y sobre el porcentaje de bulbos normales (%NN), en los dos años de ensayo.

	2008						2009					
	%C3	%C4	%C5	%C6	%C7	%NN	%C3	%C4	%C5	%C6	%C7	%NN
R ₁	3,1	7,2	61,0	28,2	0,5	88,2	1,7	12,1	59,7	30,6	5,5	80,8
R ₂	2,0	12,9	55,5	29,7	0,0	92,4	2,9	23,5	60,3	17,0	3,2	86,0
R ₃	1,9	8,6	58,4	31,1	0,0	89,9	6,2	14,6	63,6	25,5	3,9	80,4
R ₄	4,5	9,7	59,0	26,5	0,3	84,9	1,7	15,4	67,6	20,6	1,7	77,6
DMS	2,79	4,50	8,64	8,10	0,89	8,41	sd	13,65	14,79	20,61	sd	9,32
sign	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Ca	0,65	4,91	60,31	34,13	0,00	91,07	1,88	9,41	68,79	21,17	0,00	86,28
Go	7,79	20,24	70,21	1,76	0,00	90,92	3,03	29,65	66,73	3,82	0,00	80,73
Su	0,20	3,63	44,89	50,69	0,59	84,52	2,22	9,99	52,84	34,41	4,05	76,62
DMS	2,18	3,52	6,76	6,33	0,70	6,57	sd	8,38	13,93	12,01	sd	4,45
CV	72,66	35,22	11,10	21,06	343,19	7,10	51,1	47,12	21,06	39,89	sd	5,20
sign.	**	**	**	**	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	**	*	**	<i>ns</i>	**
Int Rxcv	<i>ns</i>	*	**	**	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*

DMS: diferencia mínima significativa. **CV:** coeficiente de variación. **sign:** Significancia al 5% de probabilidad (*) o al 1% (**), según prueba de Tukey. **ns:** No significativo. **Int Rxcv:** Interacción Riego-cultivar

Tabla 7. Efecto del tratamiento de riego y de las cultivares probadas sobre el porcentaje de bulbos normales para el año 2009

	Ca	Go	Su
R1	87,08 ab	79,01 b	76,30 b
R2	97,54 a	80,63 b	79,89 b
R3	81,60 b	84,94 ab	74,75 b
R4	78,90 b	78,35 b	75,56 b

DMS: 13,04

CV: 5,20

DMS: diferencia mínima significativa. **CV:** coeficiente de variación. Letras distintas indican diferencia estadísticamente significativa entre cultivares al 5% de probabilidad, según prueba de Tukey.

Hanson *et al.* (2003) encontraron que el ajo puede extraer agua del suelo a una profundidad mayor de 1,07 m para compensar el déficit de riego en suelos de texturas finas. En suelos arenosos, la extracción de agua no ocurrió a profundidades mayores de 0,76 m. Es probable que la cantidad de agua almacenada en un suelo franco arenoso fino, como el de estos ensayos, hubiera podido ser suficiente para atenuar el efecto de estrés de riego impuesto.

A la luz de los resultados presentados, puede concluirse que los niveles de estrés moderado probados no llegan a afectar considerablemente el rendimiento en ajos de los tipos comerciales colorado y castaño. Aunque vale destacar que, de las tres etapas ecofisiológicas estudiadas, la más susceptible en términos de rendimiento es la de crecimiento vegetativo inicial. No obstante, el manejo de la restricción hídrica controlada sí permite mejorar

significativamente la eficiencia en el uso del agua; fundamentalmente, cuando la restricción ocurre durante la etapa de rápido crecimiento del bulbo.

BIBLIOGRAFÍA

- Burba, J.L.** (1991) Caracterización de cultivares y tipos clonales de ajo obtenidos e introducidos en Argentina. En: Curso Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo, 2. INTA Centro Regional Cuyo, Mendoza. p. 76-79 (Ajo de Cuyo, Jornadas 1).
- Dirección de Cambio Climático. 2009. El cambio climático en Argentina. (N. Castillo Marín, ed.) Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires. 87 p.
- Fabeiro Cortés, C.; Martín de Santa Olalla, F.; R. López Urrea** (2003) Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management*. 59:155-167.
- Hanson, B., May, D., Voss R., Cantwell M. y Rice, R.** (2003) Response of garlic to irrigation water. *Agricultural Water Management* 58:29-43.
- InfoStat 1.1.** (1998) Universidad Nacional de Córdoba.
- IRAM.** (2002) Norma Argentina. Hortalizas para consumo fresco. Ajo. IRAM-INTA 155003-1:2002. 22 p.
- Lipinski, V.M. y Gaviola, S.** (2005) Determinación de los coeficientes de cultivo para ajo colorado con riego por goteo, en el Valle de Uco, Mendoza, Argentina. En: Res. XX Congreso Nacional del Agua, III Simposio de Rec Hid del Cono Sur. p. 493.
- Lipinski, V.M. y Gaviola, S.** (2009) Efecto del déficit de riego controlado en diferentes estadios del cultivo sobre el rendimiento de ajos blancos y violetas. En: Curso Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo, 11. EEA La Consulta INTA, La Consulta, Mendoza. pp. 88-90.
- Morábito, J.A.; Ahumada, D. y Peters, A.** (1993) Caracterización del crecimiento del cultivo de ajo para la calibración de un modelo de riego. En: Curso Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo, 3. EEA La Consulta INTA, Mendoza. pp. 289-309.
- Portela, J.A. y Lucero, C.** (2007) Caracterización ecofisiológica de cultivares clonales de ajo. En: Curso Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo, 10. INTA EEA La Consulta, La Consulta, Mendoza, pp 57-69.
- Turner, N.C.** (1990) Plant water relations and irrigation management. *Agricultural Water Management* 17:59-63.