

EFFECTO DEL RIEGO POR GOTEO SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL ORÉGANO

Lipinski, V.M.¹; P.Bauzá¹; C. Baglio¹; L. Vignoni²; C. Amadio²; S. Gaviola²;
J.F. Bastias¹; S. Maillo

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

²FCA-UNCuyo

vlipinski@laconsulta.inta.gov.ar

RESUMEN

El cultivo de orégano en Mendoza ocupa alrededor de 1100 ha. La forma de riego es principalmente por surco, sin embargo, algunos productores están adaptado el riego por goteo y por este motivo el objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta del cultivo de orégano al riego por goteo para ajustar los coeficientes de cultivo (kc). El diseño fue en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron R₁: 0,6 de la ETc, R₂: igual a la ETc y R₃: 1,4 de la ETc. Los kc del cultivo se ajustaron con los datos de tensión del suelo tomados con 6 sensores Watermark a 20 y 50 cm de profundidad por debajo de la línea de goteo. En el primer año se realizaron dos cortes totalizando 21 t/ha de orégano fresco (MF) en el R₂ y 19 t MF en el R₁, separados estadísticamente del R₃ (11 t MF). En el segundo año solo se realizó un corte, siendo los rendimientos 9,5, 8,0 y 4,6 t/ha de MF para R₁, R₂ y R₃. El riego más la precipitación (dpp) en el primer año fue de 780, 1100 y 1440 mm para R₁, R₂ y R₃ respectivamente y las eficiencias de uso del agua (EUA) fueron 24,3 19,4 y 7,9 kg MF/mm, mientras que el segundo año las láminas hasta la cosecha fueron 350, 574 y 784 mm y la EUA fue 27,2, 14,0 y 5,9 de kg MF/mm. El porcentaje de aceites esenciales no varió estadísticamente, pero tendió a ser mayor en el tratamiento R₁ (2,33%). En el tercer año los rendimientos del primer corte fueron 8,8, 22,5 y 20,9 t/ha para R₁, R₂ y R₃ y las dpp 635, 1045 y 1484 mm respectivamente. La EUA fue 13,8, 21,3 y 14,1 kg MF/mm. Se observa un incremento importante de la salinidad en el tratamiento R₁ lo que ha provocado la disminución de los rendimientos de este tratamiento.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de orégano en la provincia de Mendoza ocupa alrededor de 1100 ha concentradas principalmente en el departamento de San Carlos. La mayoría de los productores dedicados a esta actividad poseen pequeñas parcelas atendidas por la misma familia con la utilización de muy poca tecnología. La implementación del riego por goteo en los cultivos hortícolas se va incrementando lentamente siendo el tomate y el ajo, los cultivos con mayor superficie cultivados con este sistema. Sin embargo, hay productores de orégano que están incorporando este sistema de riego en sus parcelas y no poseen información local de referencia con respecto a las láminas y frecuencias a utilizar para lograr un producto de calidad con una producción adecuada.

Además el uso de aguas de moderada salinidad (Clasificación de Wainstein) (Avellaneda et al. 2004) puede traer a la larga, inconvenientes en el desarrollo de las plantas por la acumulación de sales en el perfil. El estrés hídrico también cambia la concentración de aceites esenciales y otros metabolitos y su composición (Charles et al., 1994, Petropoulos et al., 2008). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto diferentes láminas de riego, aplicadas por goteo, sobre el rendimiento y la calidad del cultivo de orégano expresada esta última en la concentración de aceites esenciales y evaluar el efecto de la acumulación de sales en el perfil de suelo después de varios años de ensayo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la EEA INTA La Consulta (latitud sur 33° 42,7' y longitud oeste 69° 04,5' altura snm 942 m), sobre un suelo Torrifluvente típico franco arenoso profundo, con contenidos medios de N total y de P disponible, y valores altos de K intercambiable. (Tabla 1). El diseño fue en bloques completos al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron R₁: 0,6 de la ETc, R₂: igual a la ETc y R₃: 1,4 de la ETc. Las parcelas constaban de 3 hileras distanciadas entre ellas 0,82 m y de 8 m del largo. Se utilizó como referencia los datos de un tanque de evaporación Clase A, y los kc del cultivo se eligieron en forma empírica, pero fueron ajustados con los datos de tensión agua en el suelo tomados con 6 sensores Watermark, colocados dos en cada tratamiento a 20 y 50 cm de profundidad por debajo de la línea de gotero (Allen et al. 1998).

Tabla 1 Características físicas y químicas del suelo

pH	CE	PS	VS	Textura	N	Pd	Ki	MO	C/N
7,81	2,25	31,69	98,5	Fr	804	5,88	260	1,44	10,42

CE: conductividad eléctrica en dS m^{-1} , PS: porcentaje de saturación de la pasta de suelo, VS: volumen de sedimentación en mL % g suelo, N: nitrógeno total en mg kg^{-1} , Pd: fósforo disponible en CO_2 1:10, Ki: potasio intercambiable en acetato de amonio, MO: porcentaje de materia orgánica, C/N relación carbono/nitrógeno

La plantación se realizó el 17 de mayo de 2007 en camas, colocando las plantas en el medio de las camas a un distanciamiento de 0,30 m y a 0,82 m entre hileras. Las mangueras de goteo (Streamline, Netafim) se colocaron en el medio de la cama, con goteros a 0,30 m y un caudal nominal de $0,9 \text{ L h}^{-1}$ ($\text{dr}=3,36 \text{ mm h}^{-1}$). Durante el cultivo se realizó la fertirrigación con 155 kg de N repartido en 17 aplicaciones quincenales desde el 15/8/07 al 27/3/08 utilizando como fuente sol Mix (28-0-0) y 25 kg de P aplicado como ácido fosfórico (0-58-0). En la

temporada 08/09 se hicieron 11 aplicaciones de fertilizante 4 en noviembre y diciembre, el resto, de enero a fines de marzo totalizando 120 kg N y 20 kg de P. En la temporada 09/10 se realizaron 10 fertirrigaciones, 7 desde el 8/10 al 25/11 y 3 desde el 10/02 al 26/2 totalizando 200 kg de N y 20 kg de P.

Las láminas de riego que recibió el cultivo en los tres años se pueden visualizar en la Tabla 2. Hay que tener en cuenta que en la temporada 2008/09 solo se realizó una cosecha en diciembre por lo que en el ciclo siguiente se contabilizó la lámina de riego desde esa fecha hasta la última cosecha. Si hubiera sido un año normal, en cuanto a la 2° cosecha realizada normalmente a fines de abril principios de mayo, las láminas consideradas hubieran sido menores para el ciclo siguiente. Fijando cada temporada de mayo a abril, las EB de cada uno, fueron 1467 mm, 1684 mm y 1707 mm respectivamente para los años 07/08, 08/09 y 09/10. Lo mismo las láminas calculadas fueron 902 mm, 906 mm y 1018 mm respectivamente y las precipitaciones efectivas 282 mm, 190 mm y 92 mm en los mismos periodos.

Tabla 2. Láminas de riego (d) y las láminas de riego más la precipitación efectiva (d+ppe) aplicadas al cultivo según tratamiento en cada periodo de corte

Año	Corte	d (mm)			d+ppe (mm)		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3
2007	Corte 1	322	483	661	491	652	830
2008	Corte 2	188	346	497	293	451	602
2008	Corte 3	214	438	648	350	574	784
2009	Corte 4	540	960	1388	635	1055	1484
2010	Corte 5	247	464	687	313	530	753
Total		1510	2690	3880	2082	3262	4453

El detalle mensual del riego en la temporada 2009/10 se presenta en la Tabla 3, mientras que en la Figura 1 se pueden ver la evaporación bruta del tanque A (EB) expresada en mm/d promedio del mes para los años de ensayo.

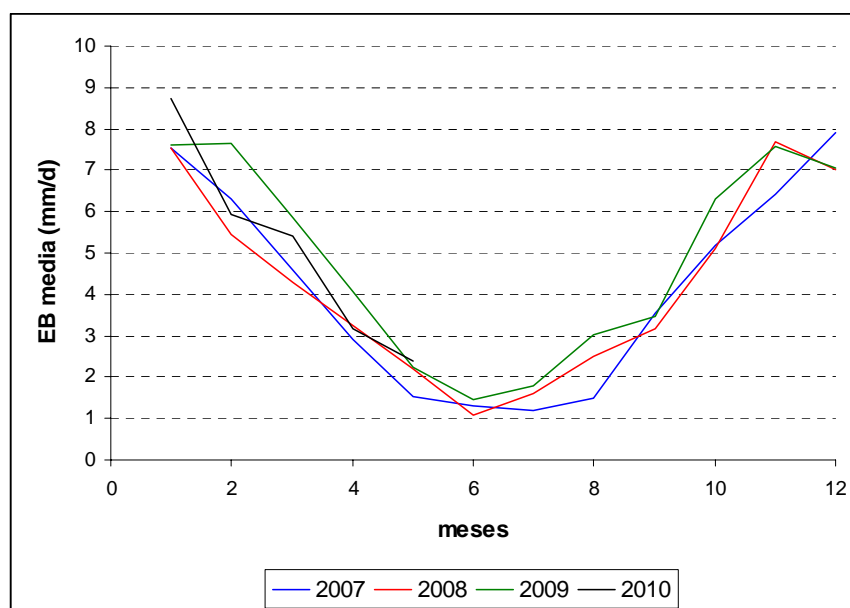


Figura 1. Evaporación bruta media mensual del tanque A (EB) en los años de ensayo

El año 2009 fue un año particularmente cálido y seco manifestado por los altos valores de EB registrados, solamente igualados en el mes de noviembre de 2008, mayo del 2009 y superado en mayo del 2010. El 2007 fue particularmente frío y húmedo en agosto, pero en setiembre igualó los valores de año 2009. Se puede apreciar una gran amplitud de los valores mes por mes lo que demanda un ajuste permanente de los programas de riego.

Tabla 3. Valores mensuales de evaporación bruta del tanque

Mes	EB mm	Kc	dc	R ₂			R ₁			R ₃			PPef	Nº riegos
				dr	W ₂₀	W ₅₀	dr	W ₂₀	W ₅₀	dr	W ₂₀	W ₅₀		
dic 14d	124	0,34	33	46	15	31	22	132	95	72	31	12	7,0	4
ene-09	236	0,51	98	74	16	30	39	70	76	110	29	12	43,8	9
Feb	214	0,73	124	113	19	51	67	96	87	161	20	12	0,6	12
Mar	182	0,75	110	99	21	35	56	91	60	142	20	11	10,4	11
Abr	122	0,78	76	95	17	41	53	152	73	133	20	12	0,0	10
May	69	0,67	38	25	20	27	15	159	136	36	25	14	2,3	4
Jun	44	0,54	19	24	22	42	14	195	181	37	19	12	0,5	2
Jul	55	0,56	25	29	18	42	17	186	191	44	21	13	3,6	4
Ago	93	0,60	45	40	19	34	23	179	189	56	26	13	0,8	3
Sep	104	0,66	55	43	28	78	22	164	185	66	51	16	11,2	7
Oct	196	0,85	136	121	17	49	62	67	160	171	24	13	8,0	12
Nov	227	1,06	193	187	16	32	112	49	157	268	56	39	3,6	16
Dic	219	0,64	105	115	18	34	62	78	162	163	60	56	27,3	15
ene-10	271	0,57	123	108	15	34	52	68	133	165	23	30	25,8	14
Feb	166	0,79	105	112	12	22	59	70	121	170	18	27	16,4	13
Mar	168	0,82	110	117	17	28	65	67	122	168	22	26	10,7	14
Abr	96	0,84	64	76	16	37	46	84	171	111	26	30	0,5	12
Total / Prom	2585	0,69	1460	1424	18	38	787	112	135	2075	29	20	172,6	162

en mm (EB), coeficiente de cultivo (Kc), láminas de riego calculada en mm (dc), lámina de riego por tratamiento en mm (dr) (R₁, R₂ y R₃), los valores promedio de tensión en kPa en dos profundidades 20 y 50 cm (W₂₀ y W₅₀), la precipitación efectiva PPef, y el número de riegos (Nº riegos), de la temporada 2009/10 contabilizados desde el último corte de la temporada anterior (16/12/08)

Los cortes se realizaron cuando había aproximadamente un 20 % de flores abiertas. El primero fue el 26/12/07 y el segundo el 31/03/08, el tercero el 16/12/08, el cuarto 14/12/09 y el quinto 3/05/10, estos dos últimos corresponden al tercer ciclo de cultivo.

Se registraron los pesos frescos por parcela, el seco a la sombra, luego se obtuvo el peso trillado y de palos y por último el peso limpio ventilado listo para la venta. De esta última se enviaron muestras al laboratorio de Industria de la FCA de la Universidad Nacional de Cuyo, para la determinación de aceites esenciales obtenidos por el método de arrastre por vapor de agua. Los datos fueron analizados con el programa Infostat V. 1.1 (1998) a través de un Anova y un análisis de regresión para la respuesta a las láminas de riego. Las medias fueron comparadas con el test de Tukey con un $\alpha=0,05$.

RESULTADOS

En la temporada 2009/10 el rendimiento fresco, seco, trillado, palos y el rendimiento limpio y seco del cuarto corte fueron afectados significativamente por los tratamientos de riego. (Tabla 4 y 5). En el cuarto corte rendimiento fresco de orégano fue significativamente mayor en el tratamiento R₂, en cambio en el quinto corte las diferencias no fueron significativas

(Tabla 4). Sin embargo, rendimiento total acumulado de los dos cortes fue significativamente mayor en el tratamiento R₂.

Tabla 4. Rendimiento fresco (kg ha^{-1}) de orégano en los cortes cuarto (Corte 1) y quinto (Corte 2) y el total acumulado afectado por los tratamientos de riego. Ciclo 2009/10

	Corte 1	Corte 2	Total
R1	8791 b	4980 a	13770 b
R2	22531 a	5874 a	28404 a
R3	20864 a	3481 a	24345 ab
DMS	10333	4188	11965
CV	27,4	40,4	24,87

El rendimiento seco con rama fue mayor en el tratamiento R₂, lo mismo que el material trillado y la cantidad de palo. En porcentaje el seco con rama fue mayor en el tratamiento R₁ lo mismo que el % trillado y el % de palo (Tabla 5). Esto indica que las plantas del tratamiento más estresado tenían mayor proporción de MS que los tratamientos con mayor cantidad de agua.

Tabla 5. Rendimiento seco con rama RSR (kg ha^{-1}), porcentaje de seco con rama (%S), rendimiento trillado (Tr) y porcentaje de trillado de orégano (%Tr), rendimiento en palos (RP) y porcentaje de palos (%P) en el cuarto (2009/10) afectados por los tratamientos de riego

	RSR	%S	RTr	%Tr	RP	%P
R1	5854 b	68,2 a	2266 b	26,2 a	3587 b	42,1 a
R2	9964 a	46,2 b	4634 a	21,4 ab	5330 a	24,7 b
R3	9207 a	47,1 b	3664 a	18,7 b	5544 a	28,4 b
DMS	2452	16,6	1396	7,2	1484	11,6
CV	13,55	14,24	18,3	15,1	14,2	16,8

El análisis de regresión del rendimiento limpio y seco del cuarto corte permitió ajustar una ecuación cuadrática altamente significativa. (Figura 2).

La derivada de la función igualada a cero nos indica que el máximo rendimiento se obtiene con una lámina de 1144 mm, ligeramente superior a lo aplicado con el tratamiento R₂. (1055 mm).

El porcentaje de orégano limpio y seco obtenido a partir de la materia fresca inicial representó el 21,8 % para el tratamiento R₁ y 17,2 y 15,3 para los tratamientos R₂ y R₃ respectivamente, siendo las diferencias significativas.

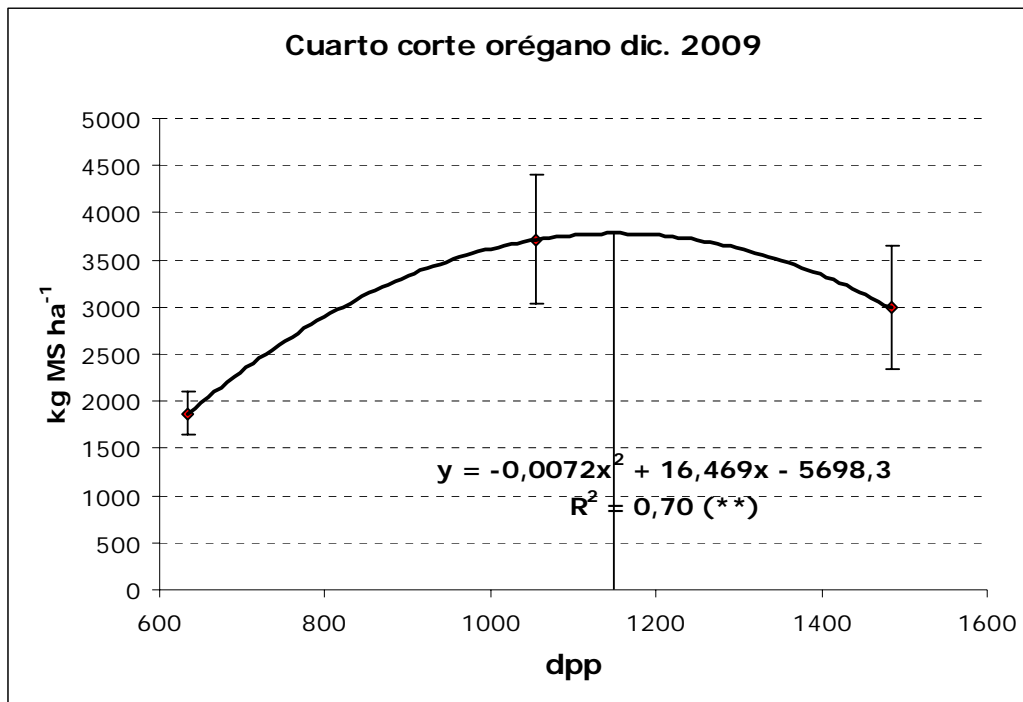


Figura 2. Efecto de la lámina de riego sobre el rendimiento orégano limpio y seco (MS) en el cuarto corte (2009/10).

La eficiencia del uso del agua se calculó sobre la materia fresca cosechada en el cuarto y quinto corte (EUA1 y EUA2) y en orégano limpio y seco en el cuarto (EUAL). (Tabla 6)

Tabla 6. Eficiencias de uso del agua kg de materia fresca (EUA1 y EUA2) cortes 4, 5 y acumulada por mm de agua aplicado más la precipitación efectiva (dpp) y la eficiencia de uso del agua calculada sobre el orégano limpio y seco (EUAL) del cuarto corte, afectados por los tratamientos de riego.

	EUA1	EUA2	EUA12	EUAL
R1	13,8 a	15,9 a	14,5 a	2,95 ab
R2	21,4 a	11,1 ab	17,9 a	3,52 a
R3	14,1 a	4,6 b	10,9 a	2,01 b
DMS	9,22	9,72	8,63	1,0
CV	25,9	42,5	27,6	16,3

Se observa que la $EUA1$ fue mayor en R_2 aunque no significativo al 5%. En cambio en el segundo corte la $EUA2$ fue mayor en el tratamiento R_1 . Sin embargo, la acumulada fue mayor en R_2 . La EUAL también fue mayor para el tratamiento R_2 .

En cuanto al rendimiento fresco total acumulado (cosecha 4 y 5 del tercer ciclo) el análisis de regresión también permitió ajustar ecuación cuadrática significativa. (Figura 3)

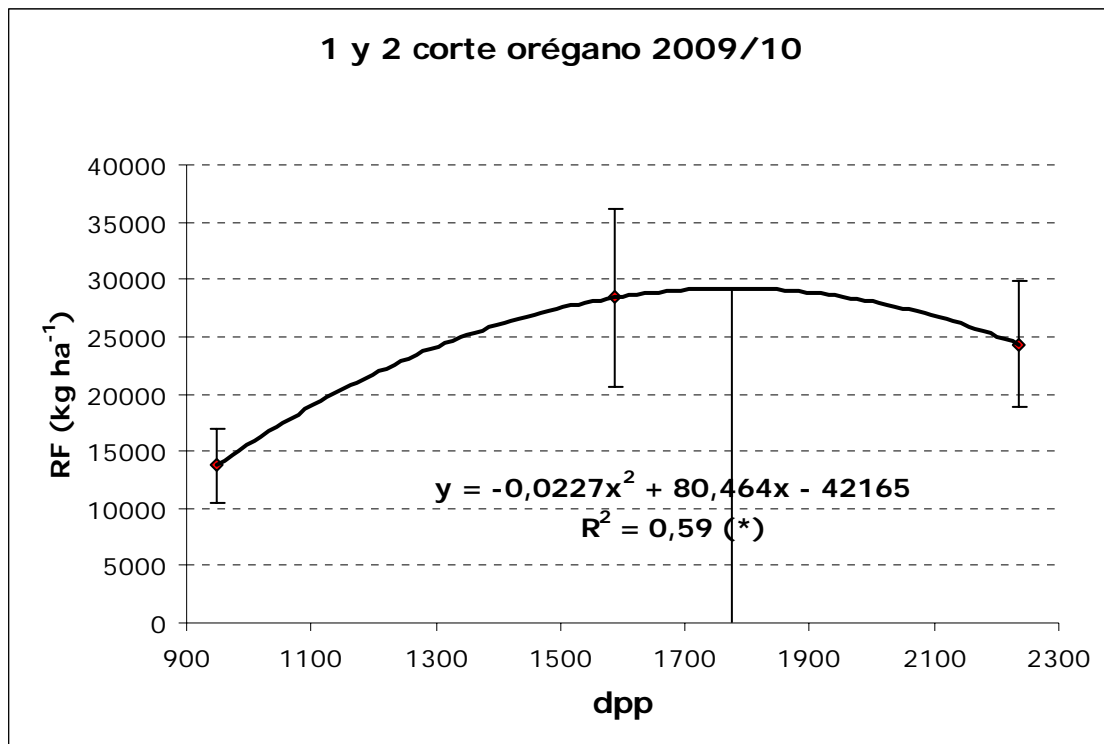


Figura 3. Efecto de la lámina de riego sobre el rendimiento de materia fresca (MF) de orégano acumulado en los dos cortes del tercer ciclo de cultivo

En este caso el máximo obtenido comprende el riego hasta el quinto corte y por lo tanto para todo el ciclo la lámina que optimizó el rendimiento fue de 1772 mm intermedia entre los tratamientos R_2 y R_3 .

Considerando la EUAF acumulada durante el ciclo también se ajustó una ecuación cuadrática significativa: $EUAF = -9,41 + 0,0371 \text{ dpp} - 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ dpp}^2$, con la cual se obtiene un máximo de eficiencia con una lámina de 1440 mm, un 10 % menor que R_2 (1585 mm).

Comparando con lo obtenido en años anteriores, en el primer ciclo de cultivo 07/08 la lámina de riego que maximizó el rendimiento fue de 1006 mm, algo inferior a la aplicada con el tratamiento R_2 (1102 mm, 22 Mg ha⁻¹ de MF) y luego disminuyendo mucho el rendimiento en el tratamiento R_3 . En el ciclo 2008/09 solo se hizo un corte en diciembre obteniéndose el máximo rendimiento con una lámina inferior al tratamiento R_1 (305 mm, 9,7 Mg ha⁻¹ de MF).

El análisis inicial del suelo indicó una conductividad eléctrica de extracto de saturación (CE) promedio de 2,5 mS cm⁻¹ (Tabla 7). En el muestreo realizado después de la primera cosecha en el 2007 por debajo de la línea de goteros de 0-30 cm de profundidad la CE fue de 2,8 mS cm⁻¹ en R_1 (promedio de 4 muestreos) y 1,7 en R_3 . Luego en el muestreo realizado a fines del segundo ciclo en el mayo del 2009 en las mismas posiciones se obtuvo valores de 3,0, 2,2 y 1,7 mS cm⁻¹ en R_1 , R_2 y R_3 respectivamente. Se ve claramente que la CE se va incrementando en forma constante en el tratamiento R_1 justo debajo del gotero. En los bordes es de suponer que este efecto es mucho mayor. Este incremento de salinidad es el que explica la fuerte disminución de rendimiento que ha sufrido el tratamiento con menor aplicación de agua con el tiempo. Esto demuestra la importancia de conocer el agua con la que se está regando. Con aguas de moderada salinidad como la usada en este ensayo (0,9 mS cm⁻¹) se

deben utilizar láminas superiores a las calculadas para mantener el balance salino adecuado para no afectar el rendimiento del cultivo.

Con respecto a la calidad, el tratamiento R₁ mostró una característica subjetiva importante para este tipo de productos aromáticos como lo es el perfume. Las plantas provenientes del tratamiento estresado presentaban un perfume más fuerte. Esto no fue totalmente confirmado con el análisis del porcentaje de aceites esenciales el cual no varió estadísticamente, pero sí tendió a ser mayor en el tratamiento R₁ (2,33%), mientras que en R₂ y R₃ fue 2,31 y 2,25 en respectivamente. Bettaieb et al, (2009) en *Salvia officinalis* determinaron que la concentración de aceites esenciales en las hojas aumentaron significativamente en un estrés del 50% mientras que sometidos a un estrés mayor (solo aportado el 25% del agua) el porcentaje disminuyó, pero siempre fue mayor que el testigo. Resultados similares fueron encontrados en otras especies como el perejil crespo (*Petroselinum crispum*), (Petropoulos et al., 2008), orégano mejicano (*Lippia berlandieri*) (Dunfor and Vazquez, 2008). Sin embargo, en otras especies el déficit hídrico disminuyó el contenido de aceites esenciales como en *Rosmarinus officinalis*, y anís (*Pimpinella anisum*), (Singh and Ramesh, 2000; Zehtab-Salmasi et al., 2001)

Tabla 7. Evolución de la salinidad debajo de la línea de goteros hasta una profundidad de 30 cm

Fecha	20-05-07	12-12-07		12-05-09		
Tratamiento	Promedio	R ₁	R ₃	R ₁	R ₂	R ₃
CE 25°C mS cm ⁻¹	2,25	2,80	1,69	2,96	2,25	1,73

El riego con aguas moderadamente salinas en cultivos perennes debe realizarse con controles frecuentes de la CE, por los problemas de salinidad que se van agravando a lo largo de los años. En el primer año se pudo obtener rendimientos adecuados reduciendo la lámina de riego en un 10 % de la ETc. En cambio ya en el segundo año, hubo que incrementar el riego igualándolo a la ETc y en el tercero hubo que incrementarlo un 10 % para mantener el rendimiento del cultivo. Se está evaluando el estado de salinidad del suelo de este ciclo y se continuará el ensayo otro año.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith** (1998). *Crop evapotranspiration*. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy, 300 pp.
- Avellaneda, M.O., A.I. Bermejillo, L.E. Mastrantonio** (2004). Aguas de riego. Calidad y evaluación de su factibilidad de uso. 1ª edición. EDIUNC Mendoza. 160 p.
- Bettaieb, I., N. Zakhama, W. Aidi Wannas, M.E. Kchouk, B. Marzouk** (2009). *Water deficit effects on Salvia officinalis fatty acids and essential oils composition*. Scientia Horticulturae 120 271–275
- Charles, O., R. Joly; J. E. Simon** (1994). *Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint*. Phytochemistry 29, 2837–2840.
- Dunford, N.T.; R. S. Vazquez** (2005). *Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions*. J. Appl. Hortic. 7, 20–22.

InfoStat 1.1. (1998). Universidad Nacional de Córdoba.

Petropoulos, S.A.,D. Dimitra; M. G. Polissiou; H. C. Passam (2008). *The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley.* Sci. Hortic. 115, 393–397.

Singh, M.; S. Ramesh (2000). *Effect of irrigation and nitrogen on herbage, oil yield and water-use efficiency in rosemary grown under semi-arid tropical conditions.* J. Med. Arom. Plant Sci. 22, 659–662.

Zehtab-Salmasi, S.; A. Javanshir; R. Omidbaigi; H. Aly-Ari; K. Ghassemi-Golezani (2001) Effects of water supply and sowing date on performance and essential oil production of anise (*Pimpinella anisum* L.). Acta Agric. Hung. 49, 75–81.