

INFLUENCIA DEL RIEGO Y DEL POTENCIAL MATRICIAL EN EL RENDIMIENTO Y EN EL RAJADO DEL TOMATE

[Lycopersicon lycopersicum (L.) Fawell]

B. PASCUAL
A. BARDISI
S. LOPEZ-GALARZA
J. ALAGARDA
J. V. MAROTO

Dpto. de Producción Vegetal. ETSIA
Universidad Politécnica de Valencia
C.º de Vera, 14. 46020 Valencia.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la respuesta productiva del tomate frente a diferentes tratamientos de riego y a las respectivas humedades del suelo, así como la posible incidencia de las mismas en la aparición del rajado de los frutos.

Durante tres campañas se ha ensayado un total de seis cultivares, dos de tipo "cherry" (*Evita 52*[®] y *Gardener's Delight*[®]), dos para el consumo preferentemente en fresco (*Aguilas*[®] y *César*[®]), y dos preferentemente para industrialización (*Guay*[®] y *Río Grande*[®]). Los cultivares para el consumo en fresco y tipo "cherry" se cultivaron bajo invernadero con riego localizado; los destinados a la industria, bajo cubierta flotante y riego por surcos.

Las dosis de riego se determinaron en función de la ET_c , ensayándose respectivamente en las tres campañas con dosificaciones correspondientes a 0,5, 1, 1,5; 0,4, 0,8, 1,2; y 0,5, 1 ET_c , con fluctuaciones en las dos primeras campañas. La evolución del potencial matricial se siguió mediante tensiómetros.

En dos de los tres experimentos, los diferentes tratamientos de riego han ocasionado diferencias entre los rendimientos obtenidos, a favor de los aportes más elevados.

Entre todos los tipos de rajado, el de más frecuente aparición ha sido el radial o longitudinal.

En riego por surcos, la incidencia de rajado ha sido muy alta cuando se ha conseguido inducir a grandes fluctuaciones del potencial matricial del suelo tras haberse mantenido valores muy negativos del mismo durante un período previo de varios días, habiéndose constatado diferencias significativas entre las incidencias de rajado correspondientes a los diferentes tratamientos de riego ensayados. En los experimentos realizados con riego localizado la incidencia del rajado ha sido muy inferior, apareciendo únicamente diferencias estadísticamente significativas en la incidencia del rajado cuando la situación ha resultado similar a lo indicado para el riego por surcos, es decir que tras un período de varios días con el potencial matricial muy negativo ha tenido lugar una importante fluctuación del mismo.

En todas las campañas han aparecido diferencias estadísticamente significativas en susceptibilidad entre cultivares. Asimismo, parece observarse una mayor incidencia del rajado en épocas con mayor temperatura.

PALABRAS CLAVE: Susceptibilidad varietal al rajado
Riego localizado
Riego por surcos
Potencial matricial

Recibido: 6-11-96

Aceptado para su publicación: 27-5-97

INTRODUCCION

El rajado, agrietado, o *cracking* del tomate es una fisiopatía que se caracteriza por la aparición de grietas en la superficie de los frutos, provocando mermas en la calidad comercial de los mismos.

Pueden distinguirse varios tipos de rajado, radial o longitudinal, concéntrico o transversal, por estallado interno y de cutícula o “russetting” (Peirce, 1987), siendo habitualmente los tipos radial y concéntrico los que mayor incidencia tienen, sobre todo el primero (Young, 1963). En la práctica cotidiana del cultivo en España, resulta relativamente frecuente un tipo de rajado, que parece ser una forma particular del rajado radial, que hemos convenido en llamar “estriado” o en “estrías” porque sólo se presenta en forma de estrella con estrías más o menos pronunciadas en la zona de inserción del cáliz, que a veces se suberifican, sin que produzca un excesivo daño a los frutos, aunque quedan depreciados comercialmente.

Como principales factores inductores del rajado del tomate suelen citarse la irregularidad en el suministro hídrico, sobre todo desde un suelo muy seco a un suelo muy húmedo, la temperatura y la radiación luminosa elevadas, las humedades relativas altas, las oscilaciones térmicas pronunciadas entre el día y la noche, y la susceptibilidad varietal (Peet, 1992).

También han sido identificadas como causas del rajado, la susceptibilidad varietal, las lluvias copiosas y las temperaturas elevadas, la lluvia o el riego con aguas de baja concentración salina en suelos con alta salinidad, y los períodos secos seguidos de épocas con humedades relativas elevadas (Rodríguez *et al.*, 1984). En experimentos en contenedores alternando el riego con soluciones de alta conductividad eléctrica (8 dS m^{-1}) con soluciones de menor conductividad (2 dS m^{-1}), no se observó una influencia directa de la alternancia del riego con aguas salinas y no salinas sobre el rajado del tomate (Maroto *et al.*, 1996). Durante dos años sucesivos en ciclos diferentes bajo invernadero, se observó que una humedad relativa elevada y continua influía directamente en el rajado del tomate (Maroto *et al.*, 1995).

Los factores que pueden incidir en el rajado del tomate han sido estudiados ampliamente. En riesgos de gravedad, el acolchado plástico, al mantener en el suelo un nivel de humedad más uniforme, puede reducir el porcentaje de frutos con rajado (Bleyaert, 1990). En cultivo bajo invernadero, se ha constatado que el aumento del contenido de agua en el suelo podría incrementar el porcentaje de frutos con rajado (Peet, Willits, 1991). El agrietado suele aumentar al disminuir la frecuencia de riego (Osvald, Osvald, 1991) e incrementarse a medida que aumenta el volumen de los frutos (Considine, Brown, 1981). La heredabilidad de la resistencia al rajado en el tomate no es demasiado elevada, siendo importante la influencia ambiental (Cuartero *et al.*, 1981). Las medidas de la heredabilidad de la susceptibilidad al agrietado oscilan entre 0,42 y 0,65 (Tárrega, Nuez, 1983; Lancaster, 1984).

Con el objetivo de estudiar los efectos del riego y del potencial matricial correspondiente sobre el rajado del tomate, analizando al mismo tiempo la respuesta productiva, se plantearon estos experimentos.

MATERIAL Y METODOS

Durante tres campañas se ensayó, en el recinto de la Universidad Politécnica de Valencia, un total de seis cultivares (*cvs*), dos de tipo “cherry”, dos aptos para el consumo en fresco, y dos aptos para la industrialización.

En la Tabla 1 se muestran las fechas de siembra, trasplante y recolección de los tres experimentos.

TABLA 1

CRONOLOGIA DE LA SIEMBRA, TRASPLANTE, INICIO DEL TRATAMIENTO HIDRICO, Y PERIODO DE RECOLECCION EN LOS TRES EXPERIMENTOS

Dates of sowing, transplanting, beginning of irrigation treatment and harvest period

Campaña	Fecha de siembra	Fecha de trasplante	Fecha inicio tratamiento hídrico	Período de recolección
1991-92	7-10-91	7-11-91	1-1-92*	1-3-92/15-6-92
1992-93	29-9-92	29-10-92	5-1-93	1-3-93/13-5-93
1994	11-1-94	28-2-94	20-5-94	1-6-94/29-7-94

* Fluctuación desde el 2-4-92.

En todos los casos, el semillero se realizó en bandejas de poliestireno, bajo invernadero con cubierta de poliéster y con calefacción ($T \geq 10^\circ \text{C}$). El cultivo de los *cvs* para consumo fresco y tipo “cherry” se llevó a cabo bajo invernadero de similares características, con calefacción ($T \geq 10^\circ \text{C}$) y *cooling system* ($T \leq 28^\circ \text{C}$). Los *cvs* para industria se cultivaron al aire libre bajo una cubierta flotante.

El suelo, similar en las tres campañas, presentaba las siguientes características: textura: franco-arenosa; pH: 7,9; materia orgánica: 1,5 p. 100 s.m.s.; fósforo asimilable: 30 ppm s.m.s.; potasio asimilable: 220 ppm s.m.s.; carbonato cálcico: 31,7 p. 100 s.m.s.; C.E. ext. 1/5 a 25°C : 0,24 dS m^{-1} . El agua de riego presentaba un pH de 7,5 y una C.E. de 0,7 dS m^{-1} . El abonado de fondo por m^2 de suelo fue: 1 kg de estiércol de oveja (57,2 p. 100 s.m.s.; 60,9 p. 100 materia orgánica s.m.s.), 5 L de turba negra y 60 g de abono complejo 15:15:15 (N; P_2O_5 ;K $_2\text{O}$).

En los ensayos de invernadero el marco de plantación utilizado fue de 1 x 0,33 m^2 . Las plantas, conducidas a una guía con cuerdas tensoras, fueron pinzadas por encima del 7.º ramillete. Se empleó riego localizado, con emisores de 4 L h^{-1} distanciados a 33 cm, aportando en fertirrigación un total de 9,6 6 y 25 g m^{-2} de N, P_2O_5 y K $_2\text{O}$, respectivamente, en 17 aportaciones. Cada ramillete se trató dos veces con Procarpil® (2,5 p. 100 ácido naftoixacético amida + 0,75 p. 100 4 clorofenoxiacético).

Bajo cubierta flotante el marco de plantación fue de 0,9 x 0,5 m^2 . Se regó por surcos, aportando en cobertera un total de 13,5 4,5 y 20 g m^{-2} de N, P_2O_5 y K $_2\text{O}$, respectivamente. No se realizó ningún tipo de poda sobre la planta, dejando tanto el tallo principal como los laterales en conducción rastrera. Tampoco se realizó ningún tipo de aplicación auxínica a las flores.

Se midió la evolución del potencial matricial del suelo (ψ_m) a 15, 25 y 35 cm de profundidad mediante tensiómetros (un juego de tres tensiómetros por parcela elemental) colocados en las filas de plantación, equidistantes entre plantas y distanciados, en su caso, a 11,5 cm de los emisores. Las dosis de riego se establecieron en función de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) acumulada entre riegos. Para ello se estimó la evapotranspiración de referencia (ET_o) en el exterior (Tabla 2) por el método de Penman modificado (Doorenbos, Pruitt, 1964), con datos climáticos medios del período 1986-1990; se utilizó, en su caso, un coeficiente establecido por Castilla *et al.* (1990) para la conversión de ET_o exterior a ET_o interior (Tabla 2). Se aplicaron los coeficientes de cultivo (K_c) basados en los establecidos por Bretones (1985) (Tabla 3) y un coeficiente de uniformidad del sistema de riego del 0,9. Tras el riego de plantación, todas las plantas recibieron el aporte hídrico correspondiente a ET_c hasta el comienzo del tratamiento de riego, que comenzó al iniciarse la formación de los primeros frutos (Tabla 1).

TABLA 2

**EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA, EN EL EXTERIOR (ET_o)
Y EN EL INTERIOR DEL INVERNADERO (ET_{oi}), Y COEFICIENTE K_{e-i}
(COEFICIENTE DE ET_{oi} Y ET_o), UTILIZADOS EN EL ESTABLECIMIENTO
DE LAS DOSIS DE RIEGO**

Reference crop evapotranspiration, outside (ET_o) and inside the greenhouse (ET_{oi}), and coefficient K_{e-i} (ET_{oi}/ET_o), used to establish the irrigation dosages

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
ET_o (mm/día)	3,02	1,81	1,50	1,63	2,46	3,23	4,21	5,21	6,13	6,59	—	—
K_{e-i}	0,62	0,59	0,42	0,45	0,44	0,65	0,63	0,59	0,59	—	—	—
ET_{oi} (mm/día)	1,88	1,07	0,63	0,73	1,08	2,10	2,65	3,07	3,62	—	—	—

En todos los experimentos se midieron las temperaturas (termohigrógrafo dentro de garita a 1,5 m); una síntesis de los valores registrados se muestra en la Tabla 3.

La recolección se efectuó dos veces por semana. Se controló la producción total, el peso unitario de los frutos y la incidencia del rajado radial, concéntrico y estriado.

Experimentos de 1991-92

Se utilizaron los cvs tipo “cherry”, *Evita 52*[®] y *Gardener's Delight*[®]. Inicialmente, se ensayaron tres tratamientos hídricos: $D_1=0,5 ET_c$, $D_2=ET_c$ y $D_3=1,5 ET_c$. El diseño estadístico fue en parcela dividida (siendo la parcela principal el tratamiento de riego y la subparcela el cv), se dispusieron cuatro repeticiones de seis plantas uniformes por cada combinación cv x tratamiento de riego; en cada extremo de cada repetición se dejó una planta como guarda y entre tratamientos hídricos se dejó una separación de 2 m. A la vista de la evolución del ψ_m , desde el 21 de abril hasta el

final del experimento se cambió el suministro hídrico correspondiente a D₁, sustituyéndolo por una dosis alterna entre D₁ y D₃, con el objetivo de variar fuertemente el ψ_m y observar el efecto de esta variación en la aparición del rajado del fruto. Esta fluctuación se determinó en base a las lecturas de los tensiómetros situados a 15 cm, aportando la dosis D₁ hasta llegar a un potencial de -70kPa (valor en que la humedad del suelo equivale al 33 p. 100 del agua útil). Entonces se aportaba la dosis D₃ hasta alcanzar el ψ_m de -10 kPa.

TABLA 3
COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c), EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ET_c), AGUA APLICADA EN CADA TRATAMIENTO Y TEMPERATURAS MEDIAS MAXIMAS (T.^a MÁX.) Y DE MINIMAS (T.^a MÍN.), DE CADA EXPERIMENTO

Crop coefficient (K_c), crop evapotranspiration (ET_c), irrigation amounts applied in each treatment, average of maximum (T.^a máx.) and minimum (T.^a mín.) temperatures measured in the experiments

Experimentos	Parámetros	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
1991-92	K _c		0,30	0,69	1,09	1,17	0,97	0,85	0,83	0,80		
	ET _c (mm/día)		0,36	0,48	0,88	1,40	2,26	2,50	2,83	3,22		
	Agua aplicada (mm/mes)	D1		8,3	14,9	13,6	20,3	35,0	70,0	52,4	24,2	
		D2		8,3	14,9	27,3	40,6	70,1	75,0	87,7	48,3	
		D3		8,3	14,9	40,9	60,9	105,1	112,5	131,6	72,5	
	T. ^a máx.			22,8	19,4	18,4	19,5	21,7	23,4	24,7	23,5	
	T. ^a mín.			12,8	11,9	10,2	11,7	12,3	12,8	14,9	15,8	
1992-93	K _c		0,25	0,40	0,81	1,16	1,13	0,96	0,82	0,80		
	ET _c (mm/día)		0,30	0,48	0,57	0,94	1,36	2,24	2,41	2,73		
	Agua aplicada (mm/mes)	D1		15,0	17,7	13,9	15,2	27,8	28,9	14,2		
		D2		15,0	17,7	24,1	30,5	55,6	57,8	28,4		
		D3		15,0	17,7	34,2	45,7	83,0	86,8	48,6		
		D4		15,0	17,7	24,1	30,5	55,6	57,8	28,4		
	T. ^a máx.		24,0	23,6	18,9	18,6	17,7	20,2	22,5	24,1		
T. ^a mín.		15,0	13,9	12,7	12,6	12,5	13,4	14,0	15,9			
1994	K _c						0,38	0,79	1,15	1,14	0,97	
	ET _c (mm/día)						0,89	2,33	3,92	4,59	6,39	
	Agua aplicada (mm/mes)	D1						27,9	69,9	98,0	68,9	89,5
		D2						27,9	69,9	121,5	137,7	179,0
	T. ^a máx.					18,2	19,6	20,8	24,5	27,0	29,3	
T. ^a mín.					8,1	8,0	9,7	11,2	15,2	18,2		

Una frecuencia de uno a tres riesgos semanales mantuvo el nivel de agua aplicada por debajo de 100 mm/riego (dosis D₂), regándose los días indicados (Fig. 1). El agua total aplicada hasta el inicio de los tratamientos hídricos fue de 23 mm en todos los casos. Desde el inicio del mismo, fue, por tratamientos, D₁=216 mm, D₂=349 mm y D₃=523 mm. En todos los experimentos se estimó el agua aplicada mediante control de tiempos.

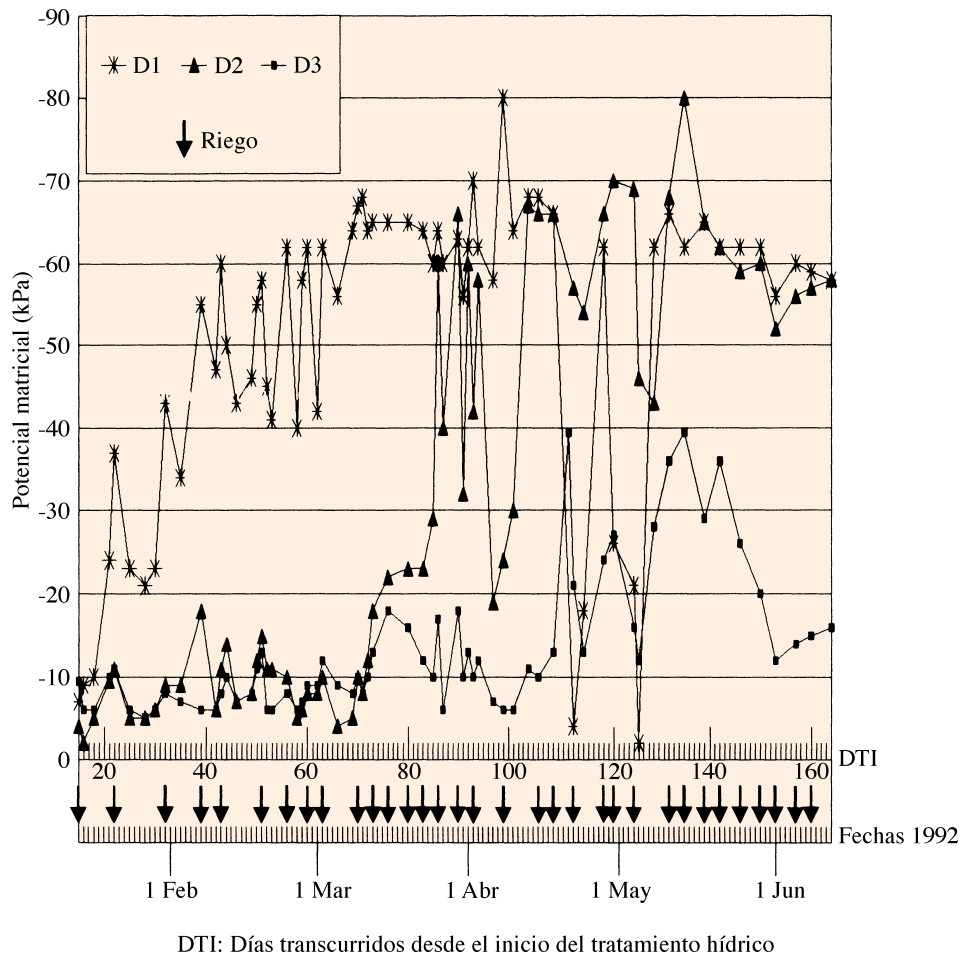


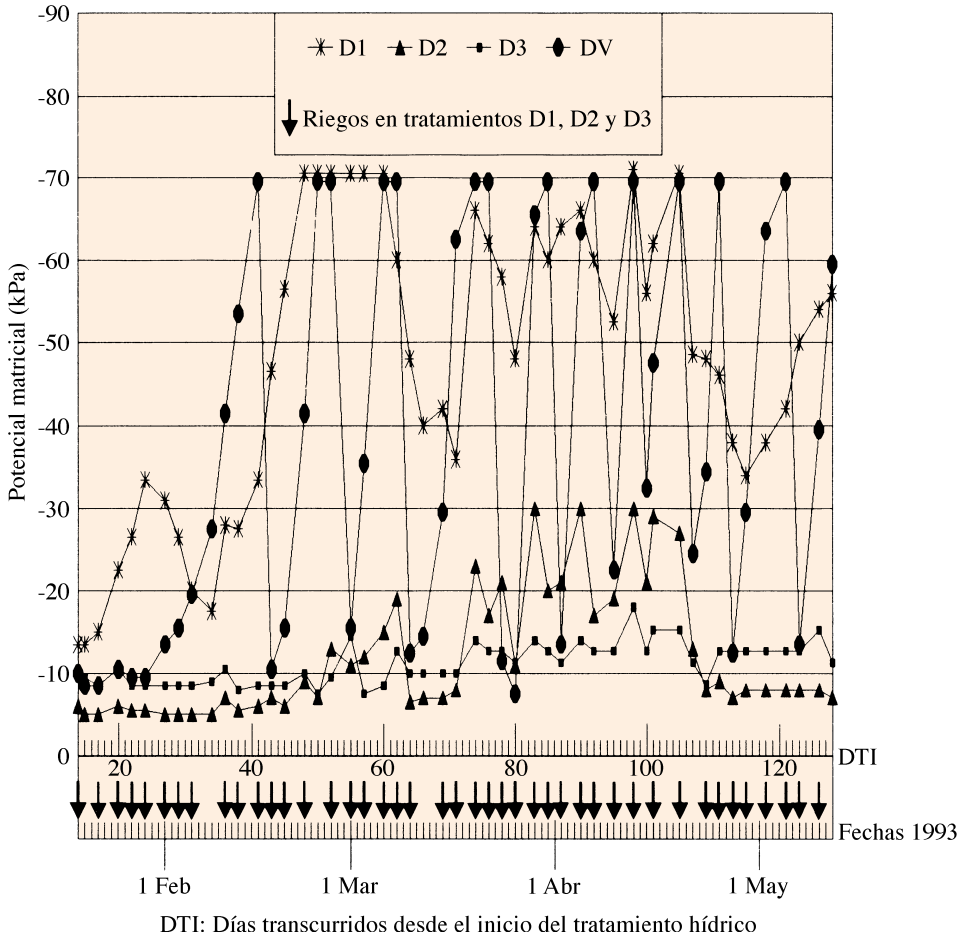
Fig. 1.—Evolución del potencial matricial del suelo a la profundidad de 15 cm en función del tratamiento de riego aplicado durante 1991-92.

Soil matric potential at 15 cm depth in the three irrigation treatments during 1991-92.

Experimentos de 1992-93

Los cvs utilizados, para el consumo en fresco, fueron *Aguilas*[®] y *César*[®]. Se ensayaron cuatro tratamientos: $D_1=0,4 ET_c$, $D_2=0,8 ET_c$, $D_3=1,2 ET_c$ y $D_4=D_2=0,8 ET_c$. El criterio para establecer la frecuencia de riego en los tratamientos D_1 , D_2 , y D_3 fue similar al de la campaña anterior, regándose los días indicados (Fig. 2). En D_4 , con el objetivo de obtener una fuerte oscilación del valor del ψ_m , a principio de febrero se dejó de regar hasta que el potencial alcanzó -70 kPa (15 de febrero), y a partir de entonces se regó los días 26 de febrero; 8, 22 y 31 de marzo; 7, 13 20 y 26 de abril; y 5 de mayo. El diseño estadístico fue idéntico al de la campaña

anterior. El agua aplicada hasta el inicio del tratamiento hídrico fue de 36 mm en todos los casos, y desde el inicio del mismo, fue, por tratamientos, $D_1=96$ mm, $D_2=D_4=192$ mm y $D_3=288$ mm.



Experimentos de 1994

Los cvs empleados fueron *Guay*[®] y *Río Grande*[®], ambos aptos para la industria. El cultivo definitivo se realizó al aire libre bajo cubierta flotante. El riego fue por surcos, con pendiente nula y retención del agua al pie, de 4 m de longitud (correspondiente a ocho plantas).

La separación entre surcos era de 90 cm; los caballones tenían un anchura en la base de 30 cm y una altura de 20 cm. El caudal unitario fue de 2 L s⁻¹. Se ensayaron dos tratamientos: D₁=0,5 ET_c y D₂=ET_c. La frecuencia de riegos fue quincenal para D₁ y semanal para D₂. El diseño estadístico fue igual que en las campañas anteriores. En cada fila de plantas se dejó una planta en cada extremo como guarda, así como una fila de plantas entre tratamientos. El agua total aplicada hasta el inicio del tratamiento hídrico fue de 172 mm, en los dos casos, y desde el inicio del mismo, fue de 182 mm en D₁ y de 364 mm en D₂. Se registró una única lluvia, de 5,7 mm el 8 de junio, durante el período de tratamiento de riego.

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimentos de 1991-92

La evolución del ψ_m (Fig. 1) muestra que a la profundidad de 15 cm, y hasta el inicio de la alternancia de la dosis (21 de abril) el ψ_m más negativo correspondió a D₁ (-51±3,27 kPa) ($\overline{\psi_m} \pm \epsilon_s$) (valor medio de $\psi_m \pm$ error estándar de la media) frente a D₂ (-20,6±3,71 kPa) y D₃ (-10,0±1,00 kPa), registrándose en las tres semanas anteriores al inicio de la alternancia un $\overline{\psi_m}$ de -66,4±2,08 kPa y posteriormente dos oscilaciones importantes (22 de abril y 5 de mayo), llegándose a alcanzar -4 y -2 kPa, respectivamente.

El cv *Evita 52*[®] fue más productivo que *Gardener's Delight*[®], independiente del aporte hídrico, hasta mediados de abril. El análisis estadístico no muestra diferencias significativas (e.s.) entre cvs en cuanto a la producción total acumulada (Tabla 4). Con las dosis D₃ y D₁ se consiguieron respectivamente las mayores y las menores producciones, tanto precoces (18 de abril) como totales.

TABLA 4

EFFECTOS DE LOS CVS DEL TRATAMIENTO DE RIEGO SOBRE LA PRODUCCION, EL PESO MEDIO DE LOS FRUTOS Y EL INDICE DE FRUTOS CON AGRIETADO RADIAL EN LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EN 1991-92

Experiment carried out in 1991-92. Effect of cultivars and irrigation treatment on accumulated production, average fruit weight and radial fruit cracking incidence

Factor		Producción acumulada (g por planta)		Peso medio de los frutos (g)		Agrietado radial (%)	
		18 abril	15 junio	18 abril	15 junio	18 abril	15 junio
Cultivar	<i>Evita 52</i> [®]	944,0 a	1.974,0 a	9,3 b	9,3 b	0,25 a	0,62 a
	<i>Gardener's Delight</i> [®]	619,0 b	1.806,0 a	11,8 a	10,4 a	0,16 a	0,19 b
Tratamiento de riego	D ₁	620,0 b	1.369,0 c	8,0 c	7,6 c	0,34 a	0,77 a
	D ₂	812,0 a	1.828,0 b	11,2 b	10,2 b	0,19 a	0,31 ab
	D ₃	909,0 a	2.473,0 a	12,4 a	11,7 a	0,10 a	0,14 b
Interacción	cv x tratamiento de riego	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*

Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según el test de Newman-Keuls al 95 p. 100 de probabilidad.

* Significativa al 95 p. 100 de probabilidad.

Estos resultados concuerdan con lo señalado por diferentes autores; en efecto, con el tratamiento D₃, el $\overline{\psi m}$ a 15 cm de profundidad fue $-13,2 \pm 1,03$ kPa (Fig. 1), que está dentro del intervalo (-10 a -30 kPa) correspondiente a un buen manejo del riego localizado (Castilla, 1995; Rudich *et al.*, 1979), y que fue muy superior al $\overline{\psi m}$ registrado con D₁ ($-50,7 \pm 2,32$ kPa).

El peso medio de los frutos del cv *Gardener's Delight*[®] fue significativamente mayor que el del cv *Evita 52*[®] (Tabla 4) en los dos períodos de medida. Independientemente de los cvs, el peso medio de los frutos fue significativamente mayor para el tratamiento con dosis más elevada (D₃), menor para el de dosis más baja (D₁) e intermedio para el de dosis intermedia (D₂).

En este experimento no apareció rajado concéntrico ni en estrías, tan sólo se manifestó rajado radial o longitudinal. En la segunda mitad del período de recolección se detectó una interacción significativa entre el cv y el tratamiento hídrico (Tabla 4), de manera que en el cv *Evita 52*[®] el tratamiento D₁ provocó una incidencia del rajado muy superior a la del resto de tratamientos, lo que no ocurrió con el cv *Gardener's Delight*[®] (Tabla 5). El cv *Evita 52*[®] se mostró más susceptible que el cv *Gardener's Delight*[®] en el tratamiento D₁ (Tabla 5).

TABLA 5

**AGRIETADO RADIAL (%) ACUMULADO HASTA EL 15 DE JUNIO.
INTERACCION CV x TRATAMIENTO DE RIEGO.
EXPERIMENTOS REALIZADOS EN 1991-92.**

*Experiments carried out in 1991-92. Percentage of accumulated radial cracking.
Interaction "cultivar x irrigation treatment".*

Cultivar	Tratamiento		
	D ₁	D ₂	D ₃
<i>Evita 52</i> [®]	1,34	0,40	0,12
<i>Gardener's Delight</i> [®]	0,20	0,22	0,15

Estos resultados muestran que riegos fluctuantes, al provocar la alternancia de humedad en el suelo, inducen al rajado, sobre todo en los cvs más susceptibles a la fisiopatía, como ha sido descrito (Peet, 1992; Osvald, Osvald, 1991).

Aunque las diferencias en rajado resultaron e.s. entre tratamientos de riego, la incidencia del rajado en este experimento fue baja, presumiblemente debido a que sólo se produjeron fluctuaciones importantes del ψm en las dos fechas indicadas (22 de abril y 5 de mayo).

Experimentos de 1992-93

Los valores mínimos del ψm correspondientes a D₂ (-30 kPa) y D₃ (-18 kPa) nunca fueron inferiores a -30 kPa (Fig. 2). Este valor ha sido citado como límite para un buen

manejo del riego localizado, mientras que los valores máximos alcanzados (-5 kPa) fueron próximos a -6 kPa, aconsejado para determinar el momento de riego (Frenz, Lechl, 1982). A lo largo del período de recolección el ψ_m correspondiente a D₁ no superó el valor de -33,5 kPa, siendo por tanto durante todo este período más negativo que el nivel considerado como límite máximo para un adecuado manejo del riego localizado. Respecto a D₄, tras alcanzarse el 15 de febrero un ψ_m de -70 kPa, se produjeron 10 fluctuaciones de ψ_m correspondientes a los 10 riegos.

El *cv Aguilas*[®] fue más precoz que *César*[®], pero la producción final de ambos no difirió significativamente. Los diferentes tratamientos hídricos no influyeron de forma e.s. sobre la producción global, a pesar de las grandes diferencias en la dosis de agua, presumiblemente debido a que los valores absolutos del potencial matricial no fueron lo suficientemente elevados para provocar un estrés hídrico en los *cv*s ensayados (D₁: -47,5±2,49 kPa; D₂: -12,0± 1,09; D₃: -11,1±0,34; D₄: -38,2±3,47) (Fig. 2).

Las dosis totales fueron inferiores a las del experimento anterior, debido a las diferencias entre los tratamientos hídricos y a que en este experimento el ciclo de cultivo finalizó con casi un mes de antelación.

El calibre de los frutos del *cv César* (Tabla 6) fue en los dos períodos considerados superior al de *Aguilas*[®]. Durante el primer período de recolección el tamaño de los frutos se vio influido por el tratamiento hídrico, de manera que los mayores valores (84,5 g) se obtuvieron con D₃. Esta influencia no se detectó sobre el calibre medio total. Ha sido referido que pueden obtenerse calibres más pequeños sin reducción del rendimiento

TABLA 6

EFFECTO DE LOS CVS Y DEL TRATAMIENTO DE RIEGO SOBRE LA PRODUCCION ACUMULADA, EL PESO MEDIO DE LOS FRUTOS Y EL INDICE DE FRUTOS CON AGRIETADO RADIAL Y ESTRIADO EN LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EN 1992-93

Experiment carried out in 1992-93. Effect of cultivars and irrigation treatment on accumulated production, average fruit weight and percentage of radial and striated fruit cracking

Factor		Producción acumulada (g por planta)		Peso medio de los frutos (g)		Agrietado radial (%)		Agrietado estriado (%)
		31 marzo	13 mayo	31 marzo	13 mayo	31 marzo	13 mayo	13 mayo
Cultivar	<i>Aguilas</i> [®]	1.057,5 a	2.712,1 a	57,9 b	53,1 b	2,6 a	8,1 a	3,5 a
	<i>César</i> [®]	469,2 b	2.988,9 a	92,0 a	75,8 a	1,8 b	1,8 b	1,0 b
Tratamiento de riego	D ₁	776,7 a	3.123,3 a	70,3 b	61,5 a	0,7 a	6,0 a	3,5 a
	D ₂	681,8 a	2.880,3 a	73,0 b	66,4 a	2,4 a	5,5 a	1,6 a
	D ₃	714,9 a	2.825,4 a	84,5 a	67,8 a	3,1 a	3,8 a	1,2 a
	D ₄	880,1 a	2.573,1 a	71,9 b	62,1 a	2,6 a	4,5 a	2,7 a
Interacción	<i>cv</i> x tratamiento de riego	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según el test de Newman-Keuls al 95 p. 100 de probabilidad.

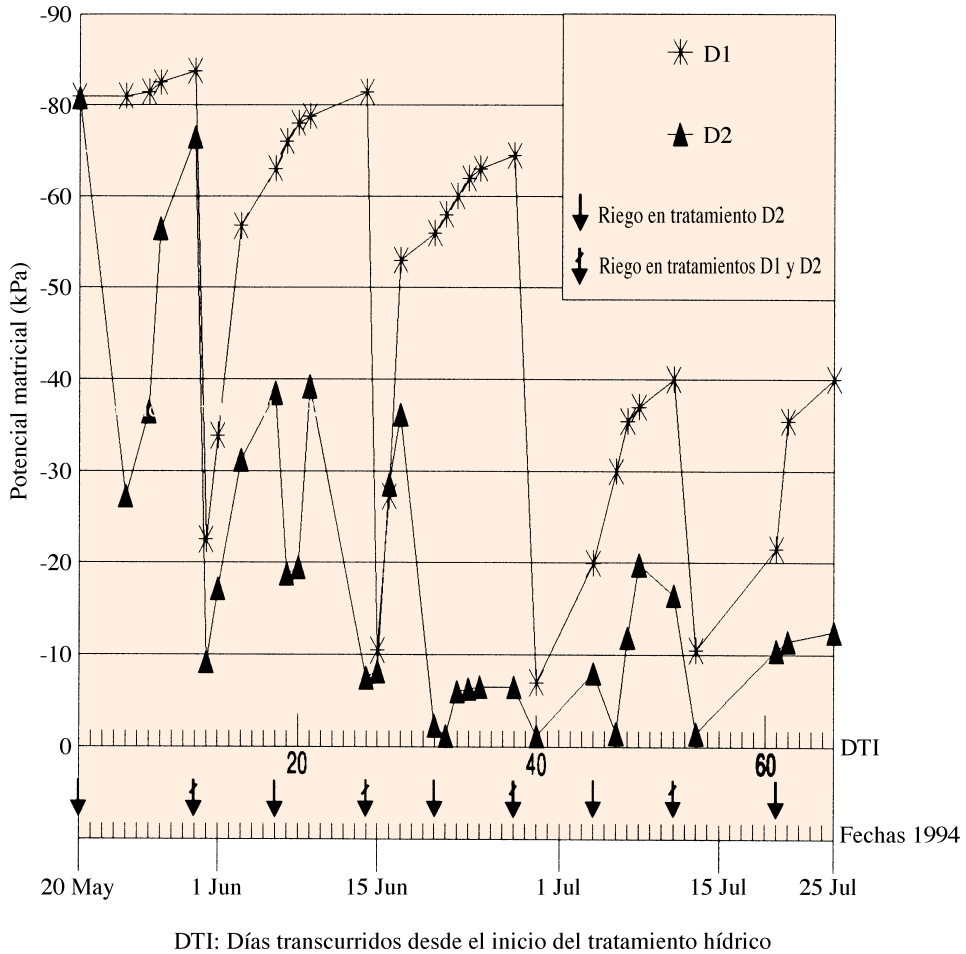


Fig. 3.-Evolución del potencial matricial del suelo a la profundidad de 15 cm en función del tratamiento de riego aplicado durante 1994.
Soil matric potential at 15 cm depth in the three irrigation treatments during 1994.

(Castilla, Fereres, 1990). Parece que déficits hídricos que no afectan a la cosecha producida, pueden reducir el tamaño del tomate.

El agrietado radial fue más acusado que el estriado (Tabla 6). La incidencia del rajado concéntrico fue prácticamente nula. El *cv Aguilas*[®] resultó más susceptible que el *cv César*[®] para ambos agrietados.

No se detectaron diferencias e.s. entre tratamientos de riego a pesar de las notables diferencias de potencial registradas, debido presumiblemente a la débil fluctuación del ψ_m en los tratamientos D₁, D₂ y D₃, y a que aunque la oscilación del ψ_m fue importante en D₄, los valores más negativos en cada fluctuación nunca se prolongaron más de dos días (Fig. 2).

También se observó que la mayor incidencia del rajado, sobre todo del estriado, apareció en la última fase del experimento, cuando las temperaturas (Tabla 3), y la radiación, fueron más elevadas, como ha sido previamente referido (Janse, 1990; Peet, 1992).

Experimentos de 1994

La evolución del ψ_m (Fig. 3), hasta finales de junio muestra tres fluctuaciones en D₁ (-55,3±3,9 kPa) tras haber estado, durante once días (en promedio) a un $\overline{\psi_m}$ de -65,7 kPa, mientras que en D₂ se produjeron seis oscilaciones (-23,5±3,98 kPa) tras haber estado durante dos días (en promedio) a un $\overline{\psi_m}$ de -43,0 kPa. Durante el mes de julio no existieron diferencias importantes de ψ_m entre tratamientos (D₁: -30±3,27 kPa; D₂: =10,4±1,93 kPa).

No se detectan diferencias e.s. entre cvs en cuanto a la producción total (Tabla 7), comportándose *Guay*[®] como más precoz, con diferencias e.s. hasta el 1 de julio. La producción fue notablemente influenciada por el tratamiento hídrico; en los dos periodos considerados se detectan diferencias e.s. entre ambos tratamientos de riego, siendo mayor la producción registrada en D₂.

TABLA 7

EFFECTO DE LOS CVS Y DEL TRATAMIENTO DE RIEGO SOBRE LA PRODUCCION ACUMULADA, EL PESO MEDIO DE LOS FRUTOS Y EL INDICE DE FRUTOS CON AGRIETADO RADIAL Y ESTRIADO EN LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS EN 1994

Experiment carried out in 1994. Effect of cultivars and irrigation treatment on accumulated production, average fruit weight and percentage of radial and striated fruit cracking

Factor	Producción acumulada (g)		Peso medio de los frutos (g)		Agrietado radial (%)		Agrietado estriado (%)		
	24 junio	29 julio	24 junio	29 julio	24 junio	29 julio	24 junio	29 julio	
Cultivar	<i>Guay</i> [®]	1.288,6 a	4.963,1 a	131,5 a	132,4 a	37,0 a	40,9 a	4,1 a	5,9 a
	<i>Río Grande</i> [®]	416,7 b	5.625,3 a	56,8 b	67,0 b	25,9 b	37,0 a	1,5 a	1,1 b
Tratamiento de riego	D ₁	608,9 b	3.374,5 b	78,7 b	82,3 b	47,9 a	54,5 a	4,2 a	5,0 a
	D ₂	1.096,4 a	7.213,9 a	109,6 a	117,1 a	15,1 b	23,3 b	1,3 a	2,0 b
Interacción	cv x tratamiento de riego	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según el test de Newman-Keuls al 95 p. 100 de probabilidad.

Al igual que en las campañas anteriores, el rajado concéntrico resultó prácticamente nulo. En cuanto al agrietado radial, se constató una notable diferencia en la susceptibilidad varietal, de manera que el cv *Guay*[®] fue más susceptible, con diferencias e.s. solamente en la primera fase de la recolección (hasta el 1 de julio), coincidiendo con las diferencias de ψ_m

más importantes. La incidencia del rajado radial fue mucho mayor con D_1 que con D_2 a lo largo de todo el período de recolección, lo que confirma que un riego bajo una situación de cierto estrés hídrico es un importante factor de rajado en relación con un riego más regular (Peet, 1992; Osvald, Osvald, 1991). Esto no se observó en el tratamiento D_4 del experimento realizado en 1992-93, lo que presumiblemente puede estar relacionado con la escasa duración del estrés hídrico conseguido en cada fluctuación. Por otra parte, las diferencias en la susceptibilidad varietal, el diferente ciclo (cosecha invernal-primaveral en el experimento de la campaña 1992-93 frente a cosecha primaveral-estival en el experimento 1992-93, cubierta flotante en el experimento de 1994) pudieron afectar a los rendimientos obtenidos.

En relación al rajado en estrías el cv *Guay*[®] se mostró más susceptible que el cv *Río Grande*[®], con diferencias e.s. para la incidencia global. El mayor aporte hídrico correspondiente a D_2 indujo a una menor incidencia de este tipo de rajado.

A pesar de que la mayor parte del período productivo se desarrolló en pleno verano, también se observó que la incidencia del rajado de frutos parecía mayor al final de la cosecha, lo que podría asociarse a que una menor radiación y una temperatura más elevadas pueden ser factores de agrietado (Peet, 1992).

CONCLUSIONES

Los diferentes tratamientos de riego han promovido diferencias en los rendimientos obtenidos en dos de los tres experimentos. Los aportes más elevados han dado lugar a mayores rendimientos. Presumiblemente, el que en el segundo experimento no se hayan observado diferencias significativas de rendimiento entre tratamientos de riego se debió a que los valores absolutos del potencial matricial no fueron suficientemente elevados.

Se ha mostrado la gran influencia de la susceptibilidad varietal en la aparición del rajado. En algunos casos, se observa un mayor efecto de los cvs sobre el rajado que de las dosis de riego.

El rajado radial o longitudinal ha aparecido más frecuentemente que el estriado. No ha habido incidencia apreciable del agrietado concéntrico.

En el riego por surcos, cuando se han obtenido fluctuaciones del potencial matricial, tras haberse alcanzado y mantenido durante varios días valores muy negativos del potencial matricial, se han obtenido incidencias de rajado altísimas (tratamiento D_1). En riego localizado la incidencia del rajado ha sido muy inferior; pero en el único experimento (1991-92) en que se produjo una fluctuación importante del potencial matricial, tras un período prolongado de estrés hídrico (D_1), se registró una incidencia mayor y con diferencias e.s. respecto de las registradas en los otros tratamientos hídricos. Posiblemente, para que el rajado del tomate sea inducido de manera importante por el manejo del riego, no basta con que se den de forma aislada valores muy negativos del potencial matricial y fluctuaciones importantes del mismo, sino que ambas situaciones se presenten simultáneamente. Un manejo correcto del riego localizado no da lugar a ninguna de estas dos situaciones. Consecuentemente, con este método de riego la aparición del rajado del tomate debería ser menor que con otros.

En los ciclos de cultivo experimentados se ha observado una mayor incidencia del rajado en la última fase del período de recolección, coincidente con las épocas de temperaturas y radiaciones más elevadas. Pero esto debe ser analizado con mayor profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a ENESA (Entidad Nacional de Seguros Agrarios) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la ayuda económica recibida para la realización de este trabajo (Convenio 60920198-UPV).

SUMMARY

Influence of irrigation and soil matric potential on yield and cracking of tomato [*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Fawell]

The effects of different irrigation treatments under drip and furrow irrigation, and their respective soil water tension regimes on both the productive response of tomato and fruit cracking appearance were studied in three experiments carried out during 1991-92, 1992-93 and 1994.

Six cultivars were tested in these experiments, two cherry tomatoes (*Evita 52*[®] and *Gardener's Delight*[®]), two for fresh consumption (*Aguilas*[®] and *César*[®]) and two suitable for processing (*Guay*[®] and *Río Grande*[®]). The cherry and freshly consumed cultivars were grown in greenhouses with drip irrigation. The processing cultivars were grown under floating cover with furrow irrigation.

Irrigation treatments were based on ET_c, and were 0.5, 1 and 1.5 ET_c; 0.4, 0.8 and 1.2 ET_c; 0.5 and 1 ET_c respectively for each of the three experiments. Soil water tension was measured with tensiometers during the whole treatment period.

Higher amounts of irrigation increased yields in two of the three experiments. Radial cracking was the most frequently type observed in these experiments. Fruit cracking was considerable after high fluctuations of soil matric potential following high negative values of this parameter with the furrow irrigation treatment. Differences in fruit cracking were also detected between the irrigation treatments. With drip irrigation cracking was less, but increased when a great fluctuation in the soil matric potential was induced after a high negative value lasting for some days, as was the case with furrow irrigation.

Differences in cultivar susceptibility to fruit cracking were detected in the three experiments. The occurrence of cracking was greater during high temperature regimes.

KEY WORDS: Varietal susceptibility to fruit cracking
Drip irrigation
Furrow irrigation
Matric potential

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BLEYAERT P., 1990. Tomato, n.º 5. Influence of soil covering on tomato culture in a plastic greenhouse. Mededeling en Tuinbouw, Beitem-Roeselare, 310, 4 p.
- BRETONES F., 1985. Necesidades de agua de los cultivos enarenados bajo invernadero plástico. Actas I Jornadas nacionales de cultivos protegidos. Servicio Técnico de la Caja Rural Provincial de Almería, 17 p.
- CASTILLA N., 1995. Manejo del cultivo intensivo con suelo. En: El cultivo del tomate. Nuez, F., ed. Mundi-Prensa, Madrid, 189-225.
- CASTILLA N., FERERES E., 1990. Tomato growth and yield in unheated plastic green house under mediterranean climate. Agricultura Mediterranea, 120(1), 31-40.
- CASTILLA N., ELIAS F., FERERES E., 1990. Caracterización de condiciones climáticas y de relaciones suelo-agua-raíz en el cultivo enarenado del tomate en invernadero en Almería. Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg., 5(2), 259-271.
- CONSIDINE J., BROWN K., 1981. Physical aspects of fruit growth. Theoretical analysis of distribution of surface growth forces in fruit in relation to cracking and splitting. Plant Physiol, 68, 371-376.
- CUARTERO J., PALOMARES G., BALASCH S., NUEZ F., 1981. Tomato fruit cracking under plastic-house and in the open air. II. General and specific combining abilities. Genetics and Breeding of Tomato. Proc. Meeting Eucarpia Tomato Working Group. Avignon, 91-98.
- DOORENBOS J., PRUITT W.O., 1974. Las necesidades de agua de los cultivos. Monografía FAO. Riego y drenaje n.º 24 (reimpresión 1984). Roma, 194 p.

- FRENZ W., LECHL P., 1982. The influence of different water suction on yield and water requirements of tomatoes, cucumbers, radishes and lettuce in greenhouses. *Gemuse*, 18(4), 160-163.
- JANSE J., 1990. Summer climate. Better tomato quality by using summer shading. *Groenten en fruit*, 45(39), 32-33.
- LANCASTER D.M., 1984. The inheritance of radial fruit cracking in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *HortSc.*, 19(2), 208.
- MAROTO J.V., BARDISI A., LOPEZ S., PASCUAL B., ALAGARDA J., 1995. Influence of relative humidity in the appearance of cracking in tomato fruit. *Acta Hort.*, 412, 306-312.
- MAROTO J.V., BARDISI A., LOPEZ-GALARZA S., ALAGARDA J., PASCUAL B., SAN BAUTISTA A., 1996. Efecto de la salinidad de soluciones nutritivas y su manejo sobre diversos parámetros del rendimiento y la calidad de dos cvs de tomate. *Actas de Horticultura*, 13, 93-100.
- OSVALD J., OSVALD M., 1991. Consequences due to water stress for the development and yield of maize, sorghum, cabbage and tomato plants. *Biološki Vestnik*, 39(1-2), 129-135.
- PEET M.M., 1992. Fruit cracking in tomato. *HortTechnology*, 2(2), 216-223.
- PEET M.M., WILLITS D.H., 1991. Tomato fruit cracking: cultural, environmental developmental and genetic pieces of the puzzle. *HortScience*, 26(6), 682.
- PEIRCE L.C., 1987. Vegetable characteristics, production and marketing. John Willey and Sons, New York, 433 p.
- RODRIGUEZ R., TABARES J.H., MEDINA J.A., 1984. Cultivo moderno del tomate. Mundi-Prensa, Madrid, 206 p.
- RUDICH J., GEIZEMBERG C., GERA G., KALMAR D., HAREL S., 1979. Drip irrigation of lateseeded tomato plants for processing. *Acta Hort.*, 89, 59-68.
- TARREGA J., NUEZ F., 1983. Genética del peso y agrietado del fruto en tomate (*L. esculentum* Mill.). *Actas I Congreso SECH*, Valencia, 417-423.
- YOUNG P.A., 1963. Symptoms and control of tomato fruit cracking. *Plant Dis. Rep.*, 47, 523-527.