

## INFLUENCIA DE LA SODICIDAD EDÁFICA SOBRE LA NASCENCIA DE DOS CULTIVARES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

D. Badía<sup>1</sup> y A. Meiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Agricultura. Escuela Universitaria Politécnica. Crtra. Zaragoza km. 67, 22071 Huesca (España)

<sup>2</sup> Dept. Environmental Physiology and Irrigation The Volcani Center Agricultural Research Organization. 50250 Bet-Dagan (Israel)

**Abstract:** Germination and early growth of two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. M82 and cv. Peto 81) were studied as a function of soil sodicity (SAR of 2.5, 3.4, 5.5, 7.2, 7.9 and 11.5 [ $\text{mmol l}^{-1}$ ]<sup>1/2</sup>). For each cultivar the final percentage of emergence, the elongation and weight gain rates of the shoots and its ionic composition (chloride, sodium and potassium) were measured. For each level of experimental sodicity, cultivars M82 and Peto 81 showed an equivalent sensibility. Soil sodicity reduced the elongation and weight gain rates of the tomato shoots but not the emergence of tomato seeds. Chloride and sodium contents in shoots increased with the gradient of soil sodicity while potassium decreased with it. Sodium and potassium soil content was significantly and positively correlated with sodium and potassium shoot content, response not obtained for chloride anion. Growth rates were correlated with these ionic contents.

**Key words:** Tomato Cultivars, Sodicity Tolerance, Emergence stage, Growth rates, Ionic content

**Resumen:** Se estudia la influencia que diversos niveles de sodicidad edáfica (RAS de 2,5; 3,4; 5,5; 7,2; 7,9 y 11,5 [ $\text{mmol l}^{-1}$ ]<sup>1/2</sup>) ejercen sobre la nascencia de los cultivares M82 y Peto 81 de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Para cada uno de los niveles de sodicidad experimentados, el cv. M82 y el cv. Peto 81 mostraron una sensibilidad semejante en los diferentes parámetros analizados: nascencia, tasas de crecimiento de las plántulas y contenido iónico. La sodicidad del suelo no afectó al porcentaje de nascencia final pero redujo las tasas de crecimiento del tomate. La sodicidad edáfica también ejerció una significativa influencia en el contenido iónico de los tallos. Así, el cloruro y el sodio incrementaron su concentración con el aumento de sodicidad edáfica mientras el potasio decreció. El contenido en sodio y potasio en el suelo se correlacionaron significativa y positivamente con el contenido en el tallo, a diferencia del cloruro. Las tasas de crecimiento se correlacionaron con dichos contenidos iónicos.

**Palabras clave:** Tomate, Sodicidad, Nascencia, Crecimiento, Contenido iónico

### INTRODUCCIÓN

Un cultivo ampliamente utilizado en ambientes semiáridos, aunque bajo riego y, en

ocasiones, bajo invernadero, es el tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). En la actualidad, el tomate es considerado el producto hortícola de mayor importancia económica

mundial, siendo las zonas con clima mediterráneo (España, Italia, Grecia, Turquía, California) las que concentran su producción (Segura y Caballer, 1995). Alrededor de una tercera parte de los suelos agrícolas de zonas semiáridas se ven afectados por sales (Szabolcs, 1989), siendo sódicos más de la mitad de ellos (Gupta, Abrol, 1990). En estas condiciones, las plantas ven condicionado su desarrollo tanto por efectos directos, toxicidad específica por el sodio, como indirectos, derivados de la pérdida de estabilidad estructural del suelo (Bolarin *et al.*, 1991; Badía, 1992). La producción final en suelos afectados por sales, en general, y por sodio, en particular, puede verse reducida por una escasa nascencia y establecimiento de las plántulas (Meiri, Plaut, 1985; Weaich *et al.*, 1992; Cuartero *et al.*, 1995). Esta primera fase del desarrollo del tomate resulta crucial, en especial para cultivares destinados a su transformación industrial con mecanización integral del cultivo, puesto que requiere una nascencia suficiente y uniforme. El tomate es considerado moderadamente tolerante a la salinidad (Ayers, Westcott, 1976; Rush, Epstein, 1981; Maas, 1986) aunque su tolerancia a la sodicidad es poco conocida. Además, la fase de nascencia y desarrollo inicial de la plántula, fase especialmente sensible a la abundancia de sales (Meiri, 1984; Maas, 1986; Pasternak *et al.*, 1986), está poco documentada en condiciones no óptimas.

En este trabajo se evalúa el efecto que la sodicidad edáfica ejerce sobre la nascencia final, sobre el crecimiento (tasas de elongación y engrosamiento) y sobre el contenido iónico en tallo (sodio, potasio y cloruro) de plántulas de dos cultivares de tomate para transformación industrial, ampliamente utilizados en Israel: cv. M 82 y cv. Peto 81. Se trata de identificar si existe una diferencial sensibilidad a la sodicidad de ambos cultivares y si alguno de los parámetros determinados discrimina mejor dicha sensibilidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó con el horizonte

superficial (Ap) de un suelo agrícola de regadío del Sur-Este de Israel, clasificado como *Haploxeralf cálcico móllico* en la actual taxonomía americana (SSS, 1994). El horizonte Ap utilizado es rico en carbonatos, de textura gruesa (franco arenoso), con una humedad de saturación del 37%, conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe 25°C) de 1,3 dS m<sup>-1</sup>, una relación de absorción de sodio ( $RAS = Na^+ / [(Ca^{++} + Mg^{++})]^{-1/2}$ ) de 2,7 [mmol l<sup>-1</sup>]<sup>-1/2</sup> y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 15,6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>.

El suelo experimental fue dividido en submuestras, en cada una de las cuales fue aplicada una distinta solución con sales (cloruros de sodio y calcio) para obtener un gradiente de sodicidad edáfica. Seis soluciones con diferente RAS fueron aplicadas repetidas veces, inicialmente con una elevada CEe (76,9 dS m<sup>-1</sup> ± 2,4) para mantener la conductividad hidráulica, y después con baja CEe (0,6 dS m<sup>-1</sup> ± 0,01), hasta obtener una sodicidad de la solución de drenaje constante. Esta sodicidad, expresada mediante la relación de absorción de sodio o RAS, fue de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 [mmol l<sup>-1</sup>]<sup>-1/2</sup>. Las características químicas del extracto de la pasta saturada de los seis suelos experimentales resultantes (T1, T2, T3, T4, T5 y T6), tras la aplicación de las citadas soluciones, se presenta seguidamente (Tabla 1). Cuatro réplicas fueron utilizadas por cada tratamiento (6 tratamientos x 4 réplicas).

Las seis muestras tratadas (T1, T2, T3, T4, T5 y T6), se dejaron secar, y se tamizaron con una malla de 2 mm. Posteriormente se humectaron con agua destilada utilizando un atomizador y removiendo el suelo de forma continua para obtener una distribución homogénea de la humedad. El contenido de humedad (Øp) al que se llevaron las muestras fue del 18% en peso, valor que se mostró óptimo para la germinación del tomate en un ensayo preliminar. El suelo húmedo (826 g) se dispuso en macetas donde se sembraron 15 semillas (a 1/2 cm de profundidad) de cada uno de los cultivares. Las macetas se taparon con bolsas de polietileno y se incubaron en una cámara de germinación a una temperatura e iluminación constantes, de 25°C y

Tabla 1. RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO (RAS), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CEe), CONCENTRACIÓN IÓNICA DEL EXTRACTO DE PASTA SATURADA Y HUMEDAD ( $\emptyset_p$ ), DE LOS SUELOS SOMETIDOS A DIFERENTES TRATAMIENTOS ALCALINOS (T).

Sodium adsorption rate (RAS), electrical conductivity (CEe), electrolyte concentration of the extract of the saturated paste and soil water content ( $\emptyset_p$ ), of experimental sodic soils

T	RAS (mmol l <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	C.E.e (dS m <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> -----mmolcl <sup>-1</sup> -----	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>	$\emptyset_p$ (%)
T1	2,5 (0,1)	1,61 (0,11)	5,3 (0,6)	4,7 (0,1)	0,14 (0,01)	7,4 (0,6)	18,0 (0,9)
T2	3,4 (0,1)	1,45 (0,03)	4,7 (0,2)	6,1 (0,3)	0,17 (0,01)	6,6 (0,2)	19,5 (0,2)
T3	5,5 (0,3)	1,40 (0,13)	4,6 (0,5)	8,2 (0,5)	0,11 (0,01)	4,4 (0,5)	18,5 (0,6)
T4	7,2 (0,4)	1,45 (0,05)	4,5 (0,2)	9,5 (0,3)	0,09 (0,01)	3,34 (0,4)	17,3 (0,7)
T5	7,9 (0,7)	1,45 (0,04)	4,6 (0,5)	9,8 (0,4)	0,08 (0,01)	3,15 (0,3)	18,1 (0,7)
T6	11,5 (0,4)	1,77 (0,10)	5,4 (0,7)	13,4 (0,5)	0,09 (0,01)	2,71 (0,2)	17,5 (0,3)

Media de cuatro réplicas y, en paréntesis, desviación estándar. *Mean of four repetitions and, in brackets, standar deviation.*

30-35 10<sup>-6</sup> Ein<sup>-2</sup>sec<sup>-1</sup>, respectivamente. No se añadió agua posteriormente para evitar el encostramiento y/o movilización de sales en el suelo.

El número de semillas emergidas, con la plúmula visible en la superficie del suelo, al cabo de 15 días de la siembra, se aporta como nascencia final. Las plantas cosechadas se secaron a 70°C durante 72 horas y se pesaron. A partir de estos datos se proporcionan las tasas de elongación y engrosamiento del tallo del tomate. Se asume que el crecimiento sigue una tasa lineal a lo largo del período estudiado, por lo que los datos son normalizados dividiendo el tamaño final (longitud y peso) por el período medio de crecimiento. Este período medio de crecimiento, en días, se calculó por medio de la expresión:

$$\text{Período medio de crecimiento (días)} = \frac{\sum[(d_c - d_x) \cdot (p_x - p_{x-1}) \cdot (p_c)^{-1}]}{n}$$

donde  $d_c$  es el día de la cosecha,  $d_x$  es el día  $x$  de experimentación (considerándose desde el primer día de experimentación hasta el de la cosecha),  $p_x$  es el número de plántulas emergidas en el día  $x$  y  $p_c$  es el número de plántulas emergidas el día de la cosecha.

El contenido iónico del material vegetal fue extraído con una mezcla de ácido acético y ácido nítrico (867 mM:84 mM) a 90°C durante 2 horas. El potasio y el sodio fueron determinados con un fotómetro de llama Evans-Electroselenium y los cloruros con un clorómetro Buckler-Cotlove.

El programa de estadística Statview 2.0 (Abacus Concepts Inc., Berkeley, CA) fue uti-

lizado para contrastar, por análisis de la varianza (test LSD;  $p < 0,01$ ), la influencia que el gradiente de sodicidad edáfico tiene sobre los diversos parámetros medidos en las plántulas de ambos cultivares de tomateras. Además se calcularon los coeficientes de correlación (test Spearman) entre dichos parámetros en plántulas y en suelo a dos niveles de significatividad ( $p < 0,05$  y  $p < 0,01$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La nascencia final de los cultivares de tomatera no se ve afectada por el incremento de sodicidad edáfica en las condiciones experimentadas. Los valores no presentan diferencias significativas, por análisis de la varianza (test

LSD), entre ninguno de los tratamientos de sodicidad preparados (Tabla 2), a diferencia de lo observado con la salinidad para los mismos cultivares (Badía, Meiri, 1994b). Además debe ponerse en evidencia que, en condiciones de laboratorio, se ha evitado el secado y la formación de una costra superficial que, físicamente, pudiera haber afectado a dicha nascencia (Agassi *et al.*, 1981).

La tasa de elongación decreció significativamente con la sodicidad del suelo, a partir de  $5,5 \text{ [mmol l}^{-1}\text{]}^{-1/2}$  de RAS (tratamiento T3), para los dos cultivares. Para el máximo grado de sodicidad edáfica experimentado (RAS de  $11,5 \text{ [mmol l}^{-1}\text{]}^{-1/2}$ ), la tasa de elongación decreció hasta un 75,4% para el cv. M82 y un 77,6% para el cv. Peto 81 (en relación al tratamiento de menor sodicidad, T1 de  $2,5 \text{ [mmol l}^{-1}\text{]}$

Tabla 2. INFLUENCIA DE LA SODICIDAD EDÁFICA SOBRE LA NASCENCIA FINAL Y TASAS DE ELONGACIÓN Y ENGROSAMIENTO DE LOS CULTIVARES DE TOMATE M82 Y PETO 81

Soil sodicity impact on final emergence, elongation rate and weight gain rate for seedlings of the tomato cultivars M82 and Peto 81

Cultivar	Tratamiento	Nascencia (%)	Elongación $\text{mm planta}^{-1}\text{día}^{-1}$	Engrosamiento $\text{mg planta}^{-1}\text{día}^{-1}$
Cv. M82	T1	81,7a	11,80a	0,359ab
	T2	86,7a	11,80a	0,404a
	T3	88,3a	9,36b	0,329ab
	T4	91,7a	9,27b	0,303c
	T5	80,0a	9,38b	0,299c
	T6	83,3a	8,90bc	0,281c
Cv. Peto 81	T1	93,3a	11,10a	0,329ab
	T2	86,6a	11,72a	0,416a
	T3	83,3a	9,07bc	0,381ab
	T4	85,0a	8,86bc	0,336b
	T5	85,0a	9,15bc	0,333b
	T6	95,0a	8,61c	0,273c

Los valores, en cada parámetro (columna), con la misma letra no presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ), por análisis de la varianza (test LSD). *Values, in every column, with the same letter do not show significant differences ( $p < 0,01$ ), after LSD test.*

$l^{-1/2}$ ). La tasa de engrosamiento desciende a partir de una RAS igual o superior a  $7,2 [mmol l^{-1}]^{1/2}$ , alcanzándose los valores relativos del 78,3% para el cv.M82 y del 82,9% para el cv. Peto 81, en relación al tratamiento de menor sodicidad, T1 (Tabla 2). La mayoría de cultivos toleran las sales hasta un valor umbral a partir del cual la producción desciende más o menos linealmente (Maas y Hoffman, 1977; Maas, 1986; 1990). Para estos cultivares de tomate, la tasa de elongación se ve significativamente afectada a partir del tratamiento T3 para ambos cultivares. Para la tasa de engrosamiento el descenso también se produce en el T3 para el cv. M82 aunque para el cv. Peto 81 el descenso sólo es significativo a más alta sodicidad.

La evolución de las tasas de crecimiento, con respecto a la sodicidad experimental creada, tiene una gran relación con el contenido

iónico en las plántulas de ambas tomateras (Tabla 3).

Con el gradiente de sodicidad experimentado se ha triplicado la cantidad de sodio en el suelo a la vez que se ha reducido casi a la mitad la de potasio (ver Tabla 1). Ello ha producido una importante variación del sodio y el potasio en el tallo, similar en ambas variedades. Así el sodio ha llegado a duplicarse al comparar los tratamientos extremos, T1 con T6. Este hecho puede condicionar el desarrollo vegetal, dada la toxicidad de este ión (Guerrier, 1981; Badía, 1992). La cantidad de sodio en el tallo es mucho mayor que en experiencias previas de salinidad, con un similar gradiente de concentración de sodio en el suelo (Badía, Meiri, 1994a). Este hecho no resulta extraño dada la menor disponibilidad de potasio en la solución de los suelos sodificados y la competencia ejercida entre ambos cationes, sodio y potasio, por los trans-

Tabla 3. CONTENIDO IÓNICO EN LOS CULTIVARES M82 Y PETO 81  
Ion content in shoot of cultivars M82 and Peto 81

Cultivar	Tratamiento	K <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup>
Cv. M82	T1	140,5a	43,0c	114,7bc	0,306e
	T2	137,5a	39,2c	105,7c	0,282e
	T3	130,7a	69,7b	130,7b	0,545cd
	T4	124,5ab	92,7a	150,5ab	0,899ab
	T5	112,2b	86,2a	154,5a	0,697c
	T6	100,2b	89,7a	151,0ab	0,913ab
Cv. Peto 81	T1	127,3a	41,0c	116,0bc	0,331e
	T2	139,0a	43,0c	131,0ab	0,309e
	T3	141,2a	64,7b	136,5ab	0,458d
	T4	121,7ab	91,0a	155,0a	0,753b
	T5	115,7b	88,5a	156,0a	0,765b
	T6	100,0b	102,7a	158,7a	1,032a

Los valores, en cada parámetro (columna), con la misma letra no presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ), por análisis de la varianza (test LSD). Values, in every column, with the same letter do not show significant differences ( $p < 0,01$ ), after LSD test.

portadores a nivel de membrana (Mengel, 1971). Esto es apoyado por la correlación negativa entre estos nutrientes (ver Tabla 4) tanto en planta como en suelo.

El potasio en tallo se va reduciendo con el incremento de la sodicidad edáfica, llegando ésta a un 70% al comparar los tratamientos extremos, T1 con T6. De hecho la disminución del potasio en tallo con la sodicidad edáfica es

significativa para este último tratamiento, dada la variabilidad del mismo. El potasio se encuentra en mayor proporción que el sodio aunque para la máxima sodicidad edáfica experimentada (T6) las concentraciones de ambos son equivalentes. Algunas variedades de tomate son capaces de tolerar altas concentraciones de potasio pero no de sodio (Dehal *et al.*, 1978; Rush, Epstein, 1981); incluso se considera que,

Tabla 4. SEMI-MATRICES DE CORRELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO IÓNICO ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) EN SUELO (s) Y PLANTA (p) Y DIVERSOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO, DE LOS CULTIVARES M82 Y PETO 91.

Correlation semi-matrix between ionic content in soils (s) and plants (p) and different growth rates of the cultivars M82 and Peto 81.

Cultivar M 82									
	$\text{Na}^+\text{s}$	$\text{K}^+\text{s}$	$\text{Cl}^-\text{s}$	$\text{Na}^+\text{p}$	$\text{K}^+\text{p}$	$\text{Cl}^-\text{p}$	Nascencia	Elongac.	Engros.
$\text{Na}^+\text{s}$	1	-0,78**	0,11	0,80**	-0,64**	0,51*	-0,03	-0,81**	-0,65**
$\text{K}^+\text{s}$		1	0,16	-0,94**	0,46*	-0,56**	-0,02	0,80**	0,67**
$\text{Cl}^-\text{s}$			1	-0,21	-0,08	-0,09	-0,21	0,07	-0,17
$\text{Na}^+\text{p}$				1	-0,43*	0,58**	0,06	-0,77**	-0,67**
$\text{K}^+\text{p}$					1	-0,40	0,18	0,68**	0,37
$\text{Cl}^-\text{p}$						1	-0,22	-0,60**	-0,74**
Nascencia							1	0,12	0,15
Elongación								1	0,68**
Engrosamiento									1

  

Cultivar Peto 81									
	$\text{Na}^+\text{s}$	$\text{K}^+\text{s}$	$\text{Cl}^-\text{s}$	$\text{Na}^+\text{p}$	$\text{K}^+\text{p}$	$\text{Cl}^-\text{p}$	Nascencia	Elongac.	Engros.
$\text{Na}^+\text{s}$	1	-0,78**	0,11	0,85**	-0,59**	0,61**	0,04	-0,80**	-0,81**
$\text{K}^+\text{s}$		1	0,16	-0,84**	0,43*	-0,51*	0,05	0,90**	0,69**
$\text{Cl}^-\text{s}$			1	-0,04	-0,35	0,03	0,32	0,11	-0,24
$\text{Na}^+\text{p}$				1	-0,32	0,69**	0,01	-0,80**	-0,76**
$\text{K}^+\text{p}$					1	-0,18	-0,05	0,41	0,56**
$\text{Cl}^-\text{p}$						1	-0,10	-0,51*	-0,56**
Germ,							1	0,18	-0,18
Elongación								1	0,67**
Engrosamiento									1

La significatividad del valor del coeficiente de correlación ( $r$ ) viene indicada por uno o dos asteriscos para una  $P < 0,05$  y  $P < 0,01$ , respectivamente. *Significance of  $r$ -term is indicated with one ( $P < 0.05$ ) or two ( $P < 0.01$ ) asterisks (\*).*

en condiciones de salinidad, dosis elevadas de potasio en suelo ( $5-10 \text{ mmol l}^{-1}$ ) mejoran el crecimiento del tomate (Elizalde, Larsen, 1983). Es de destacar que en el segundo tratamiento (T2), las tomateras sufren un ligero incremento de la tasa de engrosamiento, para ambos cultivares (ver Tabla 2), en relación al tratamiento 1 (T1). Esto puede ser debido al pequeño aumento de potasio en la solución del suelo. La relación  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ha sido propuesta como indicador de la tolerancia a las sales (Greenway, Munns, 1980). En este trabajo, la relación  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  fluctúa desde 0,3 (T1) hasta 1,0 (T6) con el incremento de la sodicidad, valores que pueden ser calificados como moderadamente altos, considerando que se trata de plantas evidentemente glicófitas (Badía, Meiri, 1994a). A modo de ejemplo, otras plantas hortícolas como la mostaza, el maíz e incluso la acelga tienen valores de esta relación claramente inferiores a la unidad (Collander, 1941; Sakazaki *et al.*, 1954; Takada, 1954; Pitman, 1966; Gonzalez, Cuartero, 1991). Si analizamos la correlación entre el sodio en tallo con la tasa de elongación y engrosamiento de ambos cultivares de tomate se observa que están negativa y significativamente correlacionados; lo mismo sucede, aunque con heterogénea significatividad, según el cultivar y la tasa considerada, con el potasio (Tabla 4).

En general, las plantas se muestran poco selectivas a la entrada de cloruros (Slama, 1978; Kafkafi, 1987; Kapulnik, Heuer, 1991). En experiencias previas hemos observado incrementos de cloruros en tallo correlacionados positivamente con el incremento de cloruros en suelo (Badía, Meiri, 1994a). Sin embargo, en este trabajo el aumento de cloruros en tallo tal y como aumenta la sodicidad edáfica se produce a pesar de la cantidad con que se presenta este anión en la solución del suelo es constante. Este aumento podría deberse a la necesidad de compensar el incremento de cargas positivas (sodio) en la planta. En esta experiencia, constatamos que los niveles de cloruro en tallo, como sucede con los de sodio, están negativa y significativamente correlacionados ( $p < 0,01$ )

con la tasa de elongación y engrosamiento de ambos cultivares de tomate (Tabla 4). Dado que el cloruro no aparece en muy elevada concentración en tallo, a diferencia del sodio (Badía, Meiri, 1994a), es probable que sea el sodio el causante de dicha reducción del crecimiento (Bernstein, Hayward, 1958; Guerrier, 1981).

La sensibilidad de la planta frente a diversos iones, ha sido ampliamente contrastada tanto para la tomatera como para otras plantas hortícolas (Slama, 1978; Van Steveninck *et al.*, 1982; Munns *et al.*, 1983; Badía, Meiri, 1994a,b). La incidencia negativa de la sodicidad sobre la planta puede ser debida a la toxicidad directa causada por acumulación iónica, por la formación de productos tóxicos para la planta o bien por interacción con el equilibrio nutritivo de la misma. En general, un incremento de solutos en la planta interfiere con la división celular (Hayward, Long, 1943) y la transpiración (Shalvelet, Yaron, 1973; West *et al.*, 1979), en un efecto combinado de estrés hídrico secundario e ión específico (Guerrier, 1981; Meiri, 1984; Badía, 1992). En particular, se admite que el sodio y el cloruro provocan fenómenos de competencia a nivel de absorción con el potasio y los nitratos, respectivamente (Kafkafi, 1987; Silberbush, Ben-Asher, 1987).

## CONCLUSIONES

El porcentaje de nascencia de los dos cultivares de tomateras (cv. M82 y cv. Peto 81) no fue afectado por el gradiente experimental de sodicidad edáfica (RAS desde 2,5 hasta 11,5  $[\text{mmol l}^{-1}]^{-1/2}$ ). En cambio el resto de parámetros analizados, de crecimiento (tasas de engrosamiento y elongación) y de contenido iónico sí se modifican con la sodicidad y de forma semejante para los dos cultivares. Así la sodicidad edáfica supone un decremento significativo del potasio en planta y de ambas tasas de crecimiento y un incremento significativo del sodio y cloruro en planta. La tasa de elongación desciende a partir de una RAS igual o superior

a 5,5 [mmol l<sup>-1</sup>]<sup>-1/2</sup> mientras que la tasa de engrosamiento desciende a partir de una RAS igual o superior a 7,2 [mmol l<sup>-1</sup>]<sup>-1/2</sup>. Para el máximo grado de sodicidad, la tasa de elongación decreció hasta un 75,4% para el cv. M82 y un 77,6% para el cv. Peto 81; la tasa de engrosamiento decreció hasta un 78,3% para el cv. M82 y hasta un 82,9% para el cv. Peto 81. Entre los mismos niveles, de 5,5 y 7,2 [mmol l<sup>-1</sup>]<sup>-1/2</sup>, se generan los incrementos significativos de sodio y cloruros en tallo, respectivamente, mientras que el potasio decrece significativamente a partir de un RAS en el suelo de 7,9 [mmol l<sup>-1</sup>]<sup>-1/2</sup>.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a una ayuda del Ministerio de Educación y Ciencia para la permanencia de David Badía en el Volcani Center (Israel). Los autores quieren agradecer a Margot Shuali su magnífica asistencia técnica en el laboratorio.

### BIBLIOGRAFIA

- AGASSI, M., SHAINBERG, I., MORIN, J., 1981. Effect of electrolyte and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 848-851.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W., 1976. Laboratory studies on salt distribution in furrow irrigated soil with special reference to the pre-emergence period. *Soil Sci.*, 83: 249-263.
- BADÍA, D., 1992. Suelos afectados por sales. *Butll. Soc. Cat. Cièn.* vol. 13: 609-629.
- BADÍA, D., MEIRI, A., 1994a. Composición iónica de dos cultivares de tomatera (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con diferente tolerancia a la salinidad. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, vol. 9(3): 367-375.
- BADÍA, D., MEIRI, A., 1994b. Tolerance of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to soil salinity during emergence phase. *Agr. Med.*, vol. 124: 301-310.
- BERNSTEIN, L., HAYWARD, H.E., 1958. Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 9: 25-46.
- BOLARIN, M.C.; FERNÁNDEZ F.G.; CRUZ, V., CUARTERO, J. 1991. Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yield-salinity responses curves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 116: 286-290.
- COLLANDER, R., 1941. Selective absorption of cations by higher plants. *Pl. Physiol.* 16: 691-720.
- CUARTERO, J.; FERNÁNDEZ, R.; J.J. GONZÁLEZ (1995). Estrés abióticos. In: *El cultivo del tomate*. F. Nuez (coord.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, pp. 351-383.
- DEHAL, K., TAL, M., 1978. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: responses of *Solanum pennellii* to high salinity. *Irrigation Science*, 1: 71-76.
- ELIZALDE, B., LARSEN, S., 1983. Effect of potassium on salt tolerance plants irrigated with saline waters. *Anales de Edaf. y Agrobiol.* Vol. 42: 193-205.
- GONZÁLEZ, J.J., CUARTERO, J., 1991. Distribución de sodio y potasio en las plantas y fiabilidad de distintas muestras en especies de tomate tratadas con NaCl. *Actas de Horticultura*, vol. 8:47-53.
- GUERRIER, G. 1981. Influence de diferentes salinités sur la germination de *Raphanus sativus*. *Plant and Soil*, 61: 457-469.
- GUPTA R.K., ABROL I.P., 1990. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. In: *Soil degradation*. Adv. in Soil Science, vol. 11: 223-288. R. Lal and B.A. Stewart (Eds.). Springer-Verlag. New York.
- GREENWAY, H., MUNNS, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, 31: 149-190.
- GUPTA, R.K., ABROL, I.P. 1990. Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production, pp. 223-288. In: *Soil*

- degradation. Ed. R.Lal & B.A. Stewart. Springer-Verlag. New York.
- HAYWARD, H.E., LONG E.M., 1943. Some effects of sodium salts on the growth of tomato. *Plant Physiol.*, 18: 556-569.
- KAFKAFI, U. 1987. Nutrition des plantes dans des conditions de salinité. *Fertilisants et Agriculture*, 95: 3-18.
- KAPULNIK, Y., HEUER, B., 1991. Forage production of four alfalfa cultivars under salinity. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, vol. 5: 127-135.
- MAAS, E.V., HOFFMANG J., 1977. Crop salt tolerance: current assesment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division. A.S.C.E.*, vol. 103:115-134.
- MASS, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*, 1: 12-26.
- MAAS, E. V.; HOFFMAN, G.J., 1977. Crop salt tolerance. Evaluation of existing data. In: *Managing saline water for irrigation. Proceedings International Salinity Conference. H.E.Dregne(ed.). Texas Technical University Press. Texas*, pp. 187-198.
- MEIRI, A., 1984. Plant response to salinity. In: *Shainberg I. and Shalvelet J. (Eds.)*, pp. 284-338. *Soil salinity under irrigation. Springer-Verlag. New York.*
- MEIRI, A., PLAUT, Z., 1985. Crop production and management under saline conditions. *Plant and Soil*, 89: 253-271.
- MENGEL, K., 1971. Plant ionic status. In: *The plant root and its environment. E.W. Carson (Ed.)*, pp. 63-81. *University Press of Virginia. Charlottesville.*
- MUNNS, R. GREENWAY, H., KIRST, G.O. 1983. Halophilic eukariotes. In: *Encyclopedia of plant physiology*, vol. 12: 59-135. *Springer-Verlag. Berlín.*
- PASTERNAK, D., DE-MALACH, Y., BOROVITC, I., 1986. Irrigation with brackish water under desert conditions. VII: Effect of time of application of brackish water on produciton of processing tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Agric. Water Manag.*, 12: 14-158.
- PITMAN, M.G. 1966. Uptake of potassium and sodium by seedlings of *Sinapis alba*. *Aust. J. Bio. Sci.*, 19: 257-269.
- RICK, L.M., 1978. The tomato. *Sci. Amer.*, 239: 67-76.
- RUSH D.W., EPSTEIN E., 1981. Comparative studies on the sodium, potassium and chloride relations of a wild halophytic and a domestic salt-sensitive tomato species. *Plant Physiol.*, 68: 1308-1313.
- SAKAZAKI, N., IHARA, Y., TACHIBANA, Y., NAGAI, S., TAKADA, H. 1954. *Physiology of Metasequoia gluptostroboides and related species of conifers. II Comparative studies of salt tolerance. J. Inst. Polyt. Osaka Univ.*, 5: 67-80.
- SHALVELET, I., YARON B., 1973. Effect of soil and water salinity on tomato growth. *Plant and Soil*, 39: 285-292.
- SEGURA, B.; CABALLER, V. (1995). Aspectos económicos de la producción del tomate. In: *El cultivo del tomate. F. Nuez (coord.) Ed. Mundi-Prensa. Madrid*, pp. 671-693.
- SILBERBUSH, M., BEN-ASHER, J., 1987. The effect of salinity on parameters of potassium and nitrate uptake of cotton. *Comm. in Soil Sci. Plan Anal.*, 18: 65-81.
- SLAMA, I., 1978. Recherches sur les causes de l'exclusion du sodium des feuilles des plantes sensibles à NaCl. *Agronomie*, 7:517-522.
- SOIL SURVEY STAFF (1994). *Keys to soil taxonomy. 6a. ed. USDA. Washington, D.C.*
- SZABOLCS, I., 1989. *Salt-affected soils. CRC Press. Boca Ratón. Florida.*
- TAKADA, H., 1954. Ion accumulation and osmotic value of plants, with special reference to strand plants. *J. Inst. Polyt. Osaka Univ.*, 5: 81-96.
- VAN STEVENINCK, R.F.M., VAN STEVENINCK, M.E., STELZER, R., LAÜCHLI, A., 1982. Studies on the distribution of sodium and chloride in two species of lupin differing in salt tolerance. *Physiol. Plant.*, 56: 465-473.

WAICH, K., BRISTOW, K.L., CASS, A., 1992. Preemergent shoot growth of maize under different drying conditions. Soil Sci. Soc. Am. J., 56: 1272-1278.

WEST, W., MERRIGAN, I.F., TAYLOR, J.A., COLLINS, L.M., 1979. Soil salinity gradients and growth of tomato plants under drip irrigation. Soil Sci., 127: 281-291.

---