

DINAMICA DEL SISTEMA RADICULAR DE DOS GENOTIPOS DE TOMATE EN INVERNADERO EN RIEGO POR GOTEO SOMETIDOS A ESTRES SALINO

J. M. Abrisqueta, A. Hernánsuez, J. J. Alarcón y M. A. Lozano

*Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura.
Avda. de la Fama, 1. 30003 Murcia.*

RESUMEN

Se estudió comparativamente la dinámica del sistema radicular de dos genotipos de tomate. *L. esculentum* (P-73) y *L. pennellii* (PE-47), en riego por goteo y sometidos a estrés salino (8 g NaCl L⁻¹ en el agua de riego) en invernadero.

La técnica empleada para la observación del desarrollo radicular, fue la de los miririzotrones. Los recuentos radicales se transformaron en densidad de longitud de raíces, para cada profundidad (D. L. R.).

Se puso de manifiesto la influencia del cloruro sódico (8 g L⁻¹) en el agua de riego para ambos genotipos, al compararlos con el tratamiento control. Sus respectivos sistemas radicales vieron disminuidos sensiblemente su desarrollo en los tratamientos salinos. Existió mayor disminución en *L. esculentum* (P-73) que en *L. pennellii* (PE-47) lo que avaló el que el primero se considere un genotipo más sensible a la salinidad.

Palabras clave: Estrés salino. Raíces. Tomate. Minirrizotron. Invernadero. Riego localizado.

SUMMARY

ROOT GROWTH DYNAMICS OF TWO TOMATO GENOTYPES UNDER SALINE CONDITIONS

Dynamics of root growth of two tomato genotypes (*Lycopersicon esculentum* (P-73) and *Lycopersicon pennellii* (PE-47)) were studied. Plants were grown in an unheated plastic greenhouse under drip irrigation conditions. They were submitted to two different salt treatments using 0 and 8 g L⁻¹ NaCl irrigation water (control and saline treatment respectively). In situ root observations were made through mini-rhizotrons. Sector intersections were counted and used to convert root observations into root length density (RLD). Root development was reduced in both genotypes by the effect of salinity. *L. esculentum*, a genotype considered sensitive to salinity, presented lesser root development than did *L. pennellii*.

Key words: Saline stress. Root. Tomato. Mini-rhizotrons. Drip-irrigation.

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CE (DG VI), PL-900165.

INTRODUCCION

El sistema radicular de las plantas cumple la doble función, importantes ambas, de anclar la planta al suelo y suministrar el agua y los elementos minerales que la planta, considerada en su totalidad, necesita para su subsistencia.

Numerosos trabajos de investigación han demostrado que cualquier alteración en el desarrollo normal de una planta, causada por agentes físicos, químicos o biológicos, tiene una repercusión en mayor o menor grado en su parte aérea.

De la misma forma que la parte aérea presenta una sintomatología característica, ésta tiene su traducción en el sistema radicular. Las repercusiones en las raíces son mucho más difícilmente observables, dado el habitat en el que se desarrollan. Quizás por esta razón el desarrollo radicular ha sido menos estudiado.

Hasta que no se produce la revolución industrial, que origina la puesta en los mercados de grandes cantidades de fertilizantes minerales para la agricultura, no se ve incentivado el interés de los científicos, por esta parte de la planta que crece hacia el centro de la tierra.

Todos los métodos empleados hasta ahora para el estudio de las raíces, implicaban la destrucción de las mismas y consecuentemente la muerte de las plantas. Sachs (1873) hace crecer plantas en contenedores transparentes, lo que permite visualizarlas. Esto, constituyó un hito, ya que las raíces no son destruidas y lo que es

más importante, puede medirse su crecimiento.

Estas ideas de Sachs constituyeron el fundamento de los rizotrones o laboratorios subterráneos con ventanas de cristal a través de las cuales pueden ser observadas las raíces para su estudio. A principios de siglo se construye en Alemania dos pequeños laboratorios subterráneos para estos fines, (Kroemer, 1905).

En nuestros días, la técnica del minirrizotron original de Bates (1937), desarrollada por Waddington (1971) y mejorada sucesivamente por Böhm (1974), Maertens y Clauzel (1982), Vos y Groenwold (1983) y posteriormente en 1984 por Upchurch y Ritchie, altamente tecnificada, es la que habitualmente se emplea para el estudio de la dinámica radicular de las plantas y es la que nosotros hemos empleado en este trabajo.

De forma somera, un minirrizotron es un tubo de material transparente e incoloro cerrado por uno de sus extremos e introducido en el suelo en la zona del mismo en el que se desarrollarán las raíces de una planta. Estas son observadas desde el interior del tubo con la ayuda de un sistema de iluminación y un espejo (Böhm, 1974).

En este trabajo se estudia comparativamente la dinámica del sistema radicular de dos genotipos de tomate, en riego por goteo, en invernadero y sometidos a estrés salino.

MATERIAL Y METODO

Suelo

El invernadero en el que se ha desarrollado la experiencia está ubicado en la finca experimental "Tres Caminos" propiedad del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC) situada en la zona conocida como "La Matanza" en el término municipal de Santomera en Murcia.

El suelo del invernadero es pedregoso, formado por depósitos diluviales o coluviales de laderas de montañas o los abanicos y conos de deyección de torrentes pleistocénicos en su tramo inmediato a las sierras de procedencia.

De acuerdo con la composición granulométrica, posee una textura que se sitúa en el límite de la franca y franco-arenosa con un contenido muy importante de elementos gruesos.

El carácter marcado de abundancia de grava, define predominantemente las propiedades físicas de estos suelos; son muy permeables al agua y aire, siendo muy baja su capacidad de retención hídrica. La fracción fina menor de 2 mm, es predominantemente arenosa o limo-arenosa y la estructura es débil y granular. El color es muy oscuro debido fundamentalmente a su alto contenido de materia orgánica. La Tabla 1 muestra las características del suelo.

Sistema de riego

El invernadero posee cuatro bloques para la experimentación, dotados de un sistema de riego por goteo independiente cada uno de ellos y controlado por un programador.

Cada bloque posee cuatro líneas portagoteros conectadas cada una de ellas a su correspondiente depósito. El caudal de los goteros es de doce litros por hora.

Planta

Se ha estudiado la dinámica de la raíz de dos genotipos de tomate: *Lycopersicon esculentum* (P-73) y *Lycopersicon pennellii* (PE-47). Cada uno de ellos sometido a tratamiento salino de 8 gramos de cloruro sódico por litro, y un tratamiento control (sin cloruro sódico). Cada genotipo ocupaba un bloque del invernadero con un total de 12 plantas por genotipo y tratamiento y dos goteros de 2 L h^{-1} por planta. Obviamente la sal era añadida previamente disuelta con agua de riego.

Minirrizotrones

Se colocaron cuatro minirrizotrones siguiendo las técnicas descritas por Fernández, J. E. (1989), uno por variedad y tratamiento, previamente al trasplante, el cual tuvo lugar el 30 Marzo 1989, manteniéndose la plantación durante un período de 188 días hasta el 25 de julio del mismo año.

A lo largo de todo el período que duró la plantación, se realizaron 20 observaciones, para cada uno de los minirrizotrones con una cadencia de dos por semana. Estas consistían según Upchurch y Ritchie (1983) en contar el número de raíces que se ven en cada sección de tubo de 5 cm independientemente de su diámetro y longitud. Si una raíz pasa de una sección a otra, apareciendo parte de

TABLA 1

Análisis de suelo.

<i>Análisis granulométrico</i>	
Grava % (> 2 mm 0)	50.4
Arena g . % (2-0.25 mm 0)	13.75
Arena f . % (0.25-0.05 mm 0)	15.90
Limo % (0.05-0.002 mm 0)	49.4
Arcilla % (<0.002 mm 0)	20.95
<i>Análisis físico químico</i>	
Conductividad eléctrica 1:5 S m ⁻¹	19.7
<i>Análisis químico</i>	
Materia orgánica oxi. %	5.01
Carbonato cálcico total %	44.00
Carbonato cálcico activo %	17.41
Fósforo asimilable (cmol kg ⁻¹) (*)	0.62
Potasio asimilable (cmol kg ⁻¹)	1.71
Sodio soluble (cmol kg ⁻¹)	8.35
Cloruros (Cl ⁻) (cmol kg ⁻¹)	6.14
Sulfatos (cmol yeso kg ⁻¹)	2.88

(*) Olsen y Watanabe.

la misma en ambas, se cuenta una vez en cada sección. En las raíces ramificadas se cuentan, la raíz primaria y cada una de las ramificaciones como si fueran raíces independientes.

Posteriormente se obtiene el valor de la densidad de longitud de raíces (D.L.R.) correspondiente a cada profundidad de observación. Para esto se aplica la fórmula utilizada por Upchurch y Ritchie (1983):

$$DLR = N \cdot d / A \cdot d$$

donde:

DLR = densidad de longitud de raíces (cm de raíz/cm³ de suelo).

N = número de raíces observadas en cada sección del minirrizotróf (intervalo de 5 cm).

A = área de la pared exterior del tubo, en el intervalo considerado (cm²).

d = diámetro exterior del tubo (se incluye en la fórmula para que sea dimensionalmente correcta) (cm).

Los autores de este trabajo quieren poner de manifiesto que, fundamentalmente al final de la experimentación, la masa radicular era de tal magnitud que el ojo del observador no ha sido capaz de distinguir

más de 100 raíces individuales y perfectamente separadas entre sí. Por tanto el número máximo de raíces que se han podido contar a cada pro-

fundidad es de 100. Cualquier recuento mayor a esta cifra se ha considerado como cien.

RESULTADOS Y DISCUSION

La densidad de longitud de raíces (D.L.R.) ha sido representada frente a la profundidad, construyéndose las figuras 1, 2, 3 y 4 que muestran la evolución de la D.L.R. para cada una de las fechas de muestreo que se han realizado.

En *L. esculentum* (P-73), variedad que se considera sensible a la salinidad (Fig. 1), se pone de manifiesto un retraso de ocho días en la aparición de las primeras raíces en el tratamiento salino (27/IV/89, Fig.1) con respecto al control (19/IV/89).

A partir de estos momentos el número de raíces observadas aumenta a lo largo del tiempo y consecuentemente la D.L.R., aunque a ritmos diferentes. Mientras que la D.L.R., encontrada hacia mediados del período vegetativo total, apenas si alcanza a 0.15 cm^{-2} para el tratamiento salino, en el control este valor se sitúa por encima de 0.5 cm^{-2} .

Mucho más significativa resulta esta diferencia cuando se comparan las D.L.R. para el final del período vegetativo. En el caso del tratamiento salino, el valor de la densidad longitudinal de raíces apenas si alcanza (a los 18 cm de profundidad) los 0.2 cm^{-2} , mientras que en el control, dicho valor es de 0.3 cm^{-2} alcanzado a veintiseis centímetros de profundidad y que disminuirá con el

aumento de éste, pero sin llegar a ser menor de 0.7 cm^{-2} .

Se pone de manifiesto, por tanto el efecto de una concentración de 8 g por litro de cloruro sódico en el agua de riego, sobre el desarrollo del sistema radicular de *L. esculentum* (P-73).

Las raíces de este genotipo de tomate son más superficiales en tratamiento salino que en el control. Esto tiene su lógica ya que al ser la (P-73) sensible a la salinidad, su sistema radicular tenderá a apartarse del frente salino que se mueve arrastrado por el agua del suelo en un bulbo hídrico, originado por un sistema de riego por goteo, como el nuestro. Para todas las fechas de muestreo, los valores máximos encontrados para la D.L.R. se sitúan entre los 13 y 20 cm de profundidad disminuyendo su valor conforme aumenta ésta.

En lo que se refiere al genotipo *L. pennellii* (P-47), variedad que se considera como muy resistente a la sal, tenemos que exponer, antes de pasar a describir las diferencias habidas entre los tratamientos salino y control, que dadas las características granulométricas del suelo, muy rico en grava y elementos aún más gruesos, existe entre los 32 y los 52 cm de profundidad un elemento que impide el paso de las raíces y por lo tanto estas no pueden ser observadas hasta que pasado algún tiempo, con

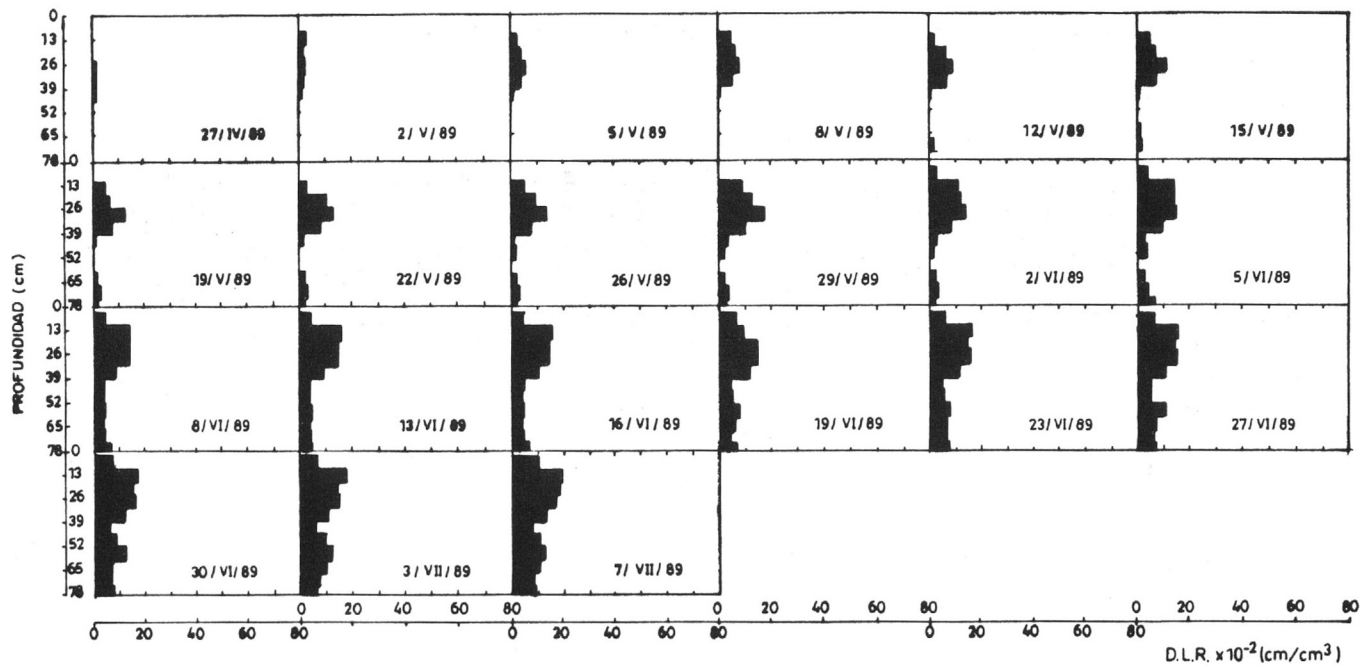


FIG. 1.—Evolución del sistema radicular de *L. esculentum* (P-73) (Tratamiento salino).

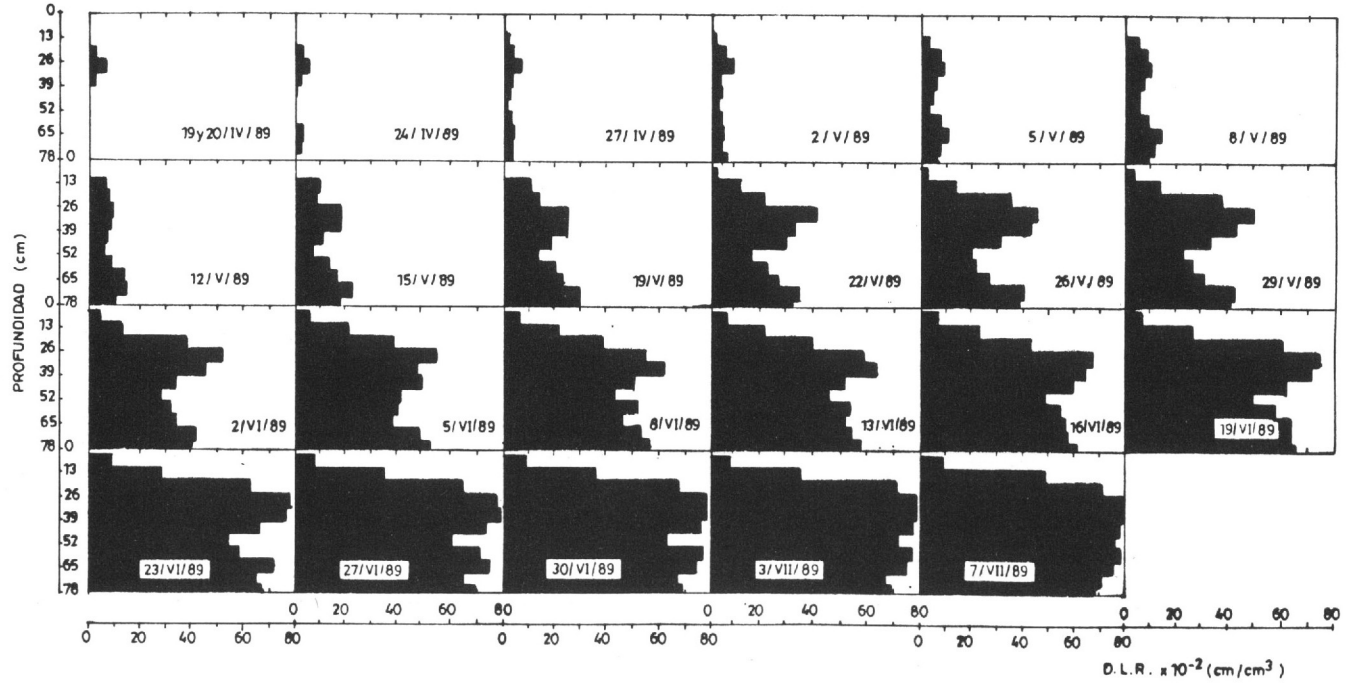


FIG. 2.—Evolución del sistema radicular de *L. esculentum* (P-73) (Tratamiento control).

siguen bordearlo e interceptar con el minirrizotró; hecho que tiene lugar en las últimas observaciones. La figura 3 muestra claramente lo que acabamos de describir.

También se observa un retraso de 7 días en la aparición de las primeras raíces en los minirrizotrones 3 y 4 (Fig. 3 y 4 respectivamente). Este retraso corresponde al tratamiento salino (27/IV/89, Fig. 3) respecto del control (20/IV/89, Fig. 4) lo cual pone de manifiesto, a priori, que aunque la (PE-47) de *L. pennellii* esté considerada como muy resistente, se evidencia un retraso de una semana en la aparición de las primeras raíces observables a través de los minirrizotrones como consecuencia del efecto salino.

Este retraso es más apreciable aún, cuando se comparan los valores de la D.L.R. obtenidos hacia la mitad del ciclo vegetativo (2/VI/89). Como podemos observar en las figuras 3 y 4 para esa fecha, en el tratamiento control los valores de D.L.R. son máximos (0.8 cm^{-2}) mientras que para el tratamiento salino, este valor se sitúa en la mitad (0.4 cm^{-2}) y no llegando a superar los 0.6 cm^{-2} al final del ciclo (7/VII/89, Fig. 3). Para el tratamiento control, los valores máximos para la D.L.R. se alcanzan, como hemos dicho a mitad del ciclo (2/VI/89, Fig. 4) manteniéndose así desde los 26 cm. de profundidad hasta la finalización del ciclo vegetativo (3 y 7/VII/89, Fig. 4).

Se vuelve aquí, otra vez, a evidenciar el efecto salino sobre el desarrollo radicular de un genotipo de tomate que está considerado como muy resistente a la salinidad. Aunque lógicamente ésta es mucho menor

que en el primer caso descrito, hecho que debe ser imputable a la diferencia de genotipos.

Por tanto, aunque el genotipo *L. pennellii* PE-47 esté considerado como muy resistente a la sal, cuando se le hace crecer en un suelo de las características descritas, regado mediante un sistema de riego por goteo, con agua portadora de 8 gramos de sal por litro, su sistema radicular muestra diferencias claras respecto de su desarrollo a cuando el agua no es portadora de dicha sal. Las figuras 3 y 4 muestran claramente lo que acabamos de describir.

Cuando comparamos los dos genotipos de tomate aquí estudiados para cada uno de los dos tratamientos, tanto en el salino, como en el control, no se observa ninguna diferencia en la aparición de las primeras raíces observables a través de los minirrizotrones.

El desarrollo radicular de *L. pennellii* (PE-47) (Fig. 3), es muy superior a *L. esculentum* (P-73) (Fig. 1) para todas las profundidades, en el tratamiento salino; pero es obvio, ya que el primer genotipo está considerado como muy resistente a la sal y el segundo como sensible a la misma.

Las figuras 2 y 4 muestran las evoluciones del sistema radicular para los genotipos *L. esculentum* (P-73) y *L. pennellii* (PE-47) respectivamente. Se observa un crecimiento más intenso, para todas las fechas de muestreo y para todas las profundidades, en el genotipo *L. pennellii* (PE-47) que en el genotipo *L. Esculentum* (P-73); hecho imputable a las diferencias de vigor entre ambas.

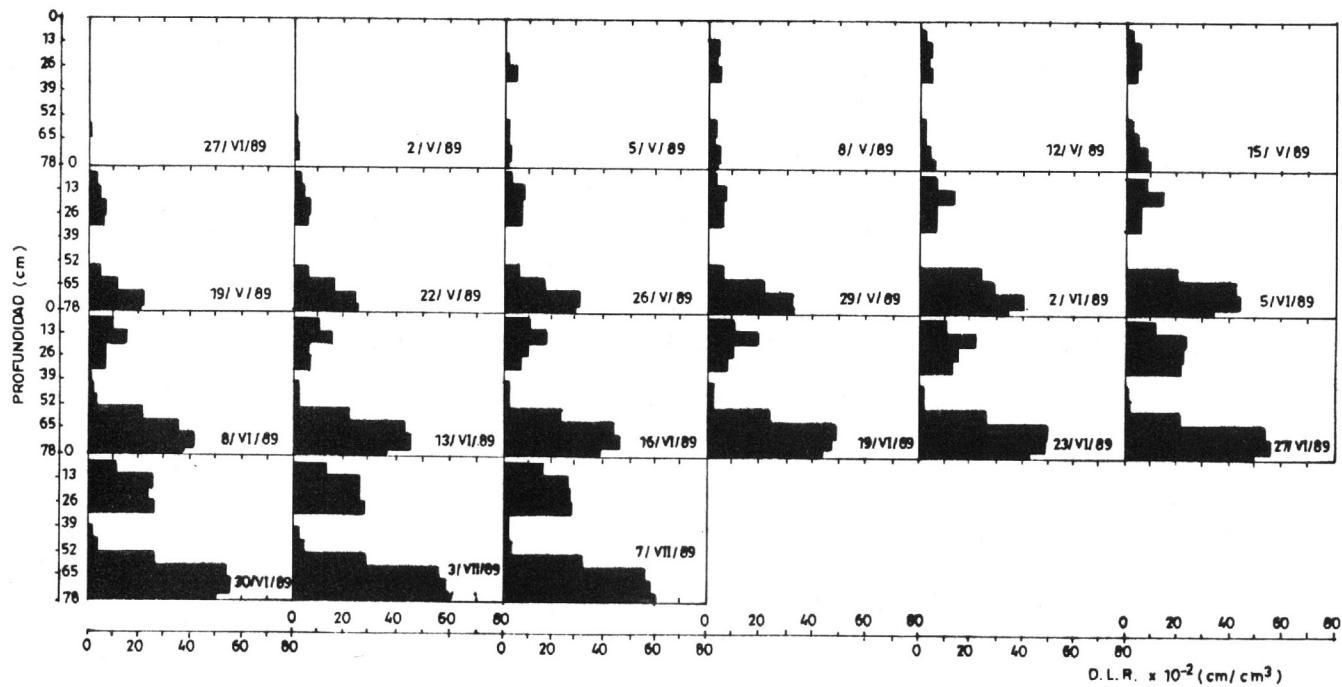


FIG. 3.—Evolución del sistema radicular de *L. pennellii* (PE-47) (Tratamiento salino).

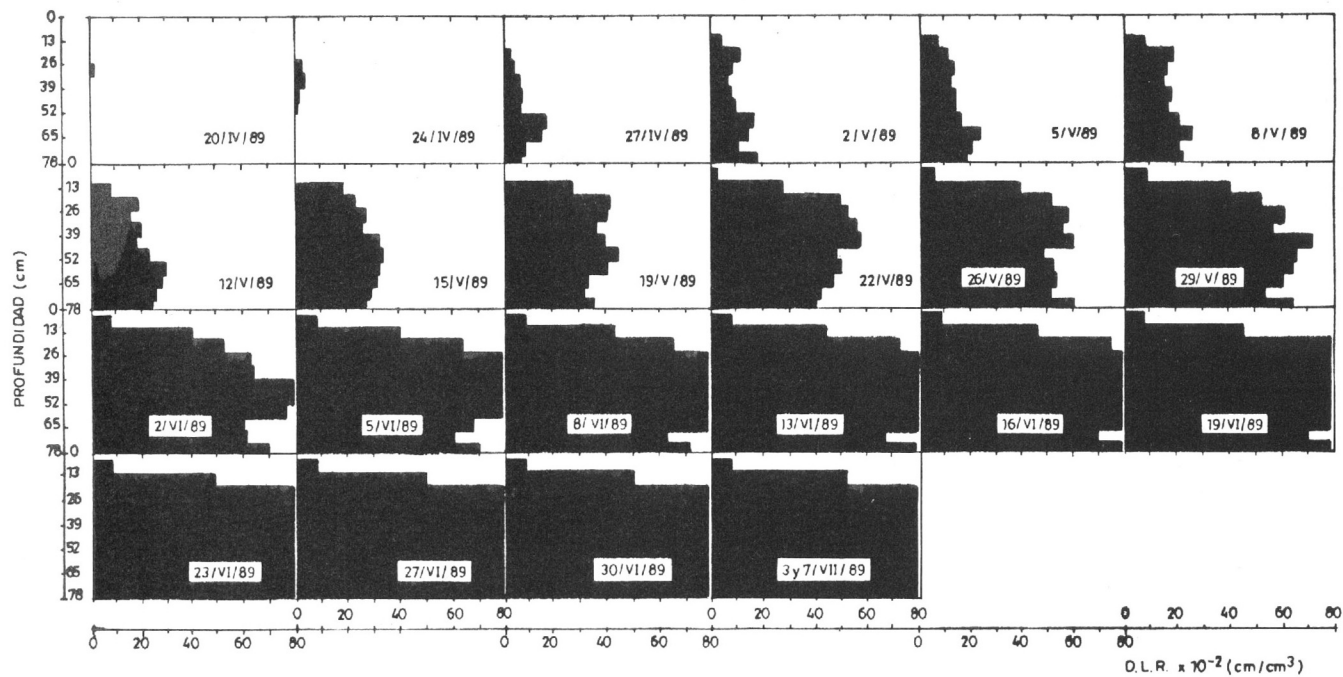


FIG. 4.—Evolución del sistema radicular de *L. pennellii* (PE-47) (Tratamiento control).

CONCLUSIONES

Se aprecia un retraso de ocho días en la aparición de las raíces de *Lycopersicon esculentum* (P-73), y *Lycopersicon pennellii*: (PE-47) cuando se comparan las plantas regadas con agua no salina (control) con las plantas regadas con agua salina. También se aprecian diferencias muy claras a lo largo de todo el ciclo vegetativo en los desarrollos de los sistemas radiculares regados o no con agua salina.

No se aprecian diferencias significativas entre ambos genotipos de tomate cuando se comparan entre

sí para el tratamiento control (si sal). Ambos sistemas radiculares desarrollan normalmente sin estar sometidos a ningún estrés.

Los desarrollos radiculares de ambos genotipos difieren entre sí cuando son comparados para el caso de los tratamientos hídricos con agua salina. Para el genotipo sensible la disminución del desarrollo de las raíces es mucho más intenso que para el genotipo resistente; pero en ambos casos existe disminución del desarrollo radicular.

BIBLIOGRAFIA

- BATES, G. H., 1937. A device for the observation of root growth in the soil. *Nature*, 139: 966-967.
- BOHN, W., 1974. Mini-rhizotrons for root observations under field conditions. *Z. Ack- u. Pflanzenbau*, 140: 282-287.
- FERNANDEZ, J. E., 1989. Comportamiento del olivo (*Olea europaea* L., var. manzanillo) sometido a distintos regímenes hídricos, con especial referencia a la dinámica del sistema radicular y de la transpiración. Tesis Doctoral. E. T. S. I. A. Universidad de Córdoba.
- KROEMER, K., 1905. Beiträge zur Methodik der Wurzeluntersuchung, Bericht der Königlichen Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau zu Geisenheim am Rhein 200-207.
- MAERTENS, C. and CLAUZEL, Y., 1982. Premières observations sur l'utilisation de l'endoscopie dans l'étude de l'enracinement "in situ" de plantes cultivées. *Agronomie*, 2: 677-680.
- SACHS, J., 1873. Über das Wachstum der Haupt- und Nebenwurzeln. *Arb. Bot. Ins. Würzburg*, 3: 394-477.
- UPCHURCH, D. R. and RITCHIE, J. T., 1983. Root observations using a video recording system in minirhizotrons. *Agronom. y J.*, 76: 1009-1015.
- UPCHURCH, D. R. and RITCHIE, J. T., 1984. Battery operated color video camera for root observations in mini-rhizotrons. *Agronomy J.*, 76: 1015-1017.
- VOS, J. and GROENWOLD, J., 1983. Estimation of root densities by observation tube and endoscope. *Plant and Soil*, 74: 295-300.
- WADDINGTON, J., 1971. Observation of plant roots in situ. *Canadian J. Botan.* 49: 1850-1852.

Recibido: 20-12-9

Aceptado: 9-4-9