

Relación entre conductividades eléctricas durante un cultivo en maceta de *Osteospermum*

R. Valdés¹, J. Ochoa¹, M.J. Sánchez-Blanco², J. Miralles¹ y S. Bañón¹

¹Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Producción Vegetal, Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena. *raquel.valdes@upct.es

²Departamento de Riego, CEBAS-CSIC. P.O. Box 164. 30100 Espinardo, Murcia.

Resumen

Cultivamos plantas de *osteospermum* en maceta bajo invernadero durante el invierno. Todas las plantas fueron regadas con igual frecuencia y volumen de riego con agua de 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 y 5 dS m⁻¹, con el objetivo de estudiar las relaciones entre la conductividad eléctrica (CE) del agua de los poros estimada con un sensor GS3 (CE_{AP-GS3}), la CE del drenaje (CE_D) y la CE del agua de los poros medida por el método PourThrough (CE_{AP-PT}). Conforme aumentó la CE del agua de riego (CE_{AR}) más altos fueron los valores medios del ciclo de cultivo de las tres conductividades estudiadas. La CE_D fue más alta que la CE_{AP-PT}, y esta última fue más alta que la CE_{AP-GS3}. Un estudio de regresión lineal confirma que la CE_D sobreestima la CE_{AP-PT}, mientras que la CE_{AP-GS3} la subestima; ambos errores crecen conforme aumenta la CE_{AR}. La CE_{AP-PT} tuvo una fuerte relación con la CE del medio (CE_{M-GS3}) medida tras el riego. La CE_{AP-PT} crecía conforme avanzaba el ciclo de cultivo, siendo este aumento proporcional al nivel de CE_{AR}.

Palabras clave: riego, salinidad, sensor, sonda, floricultura, pH, drenaje

Relationship among electrical conductivities throughout the growth of potted *Osteospermum*

Abstract

Potted *osteospermum* were grown in a greenhouse throughout the winter. Plants were irrigated with water of 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 dS·m⁻¹, being irrigation volume and frequency the same for all conductivities. The aim was to study the relationship among the pore water electrical conductivity (EC) estimated with the GS3 sensor (CE_{AP-GS3}), leachate EC (CE_D) and EC_{PW} using the PourThrough method (CE_{AP-PT}). The three conductivities increased as the irrigation water EC (CE_{AR}) increased. The EC_L was higher than the CE_{AP-PT}, while the latter was higher than the EC_{PW-GS3}. The regression analysis indicates that CE_D overestimates the CE_{AP-PT}, while the CE_{AP-GS3} underestimates. Increasing the irrigation water EC increased the error of estimation for both cases. The CE_{AP-PT} was strongly related to the CE_{M-GS3}. The EC_{PW-PT} increased with increasing cycle of crop, being proportional with the level of CE_{AR}.

Keywords: salinity, irrigation, sensor, probe, floriculture, pH, leachate

INTRODUCCIÓN

El uso de agua de riego salina puede ser inevitable en el futuro, ya que el suministro de agua dulce va disminuyendo con el tiempo. El problema es que la sal suele afectar negativamente al crecimiento, cuya magnitud dependerá de la sensibilidad de la plantas. Pero la tolerancia a la salinidad debe considerarse también a la luz del

riego, y un manejo óptimo del riego salino implica saber cuánta sal estamos añadiendo y qué salinidad hay en cada momento en la solución del suelo.

En agricultura, la salinidad se expresa en términos de CE, por tanto, monitorizar la CE es clave para conocer el estado salino de nuestro cultivo y poder actuar con el riego para controlar convenientemente las sales. Pero son distintas las CE que podemos medir de forma no destructiva durante un cultivo en maceta, como la CE del medio (CE_M), la CE del agua de los poros (CE_{AP}) y la CE del drenaje (CE_D). La CE_M hace referencia a la CE del agua, sustrato y aire combinado, por lo que es poco adecuada para predecir la respuesta de las plantas a la salinidad. Por el contrario, la CE_{AP} tiene gran influencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas porque es el agua que las plantas extraen del suelo. Uno de los métodos más aceptados para medir la CE_{AP} in situ en los viveros es el PourThrough, porque muestrea la solución de la zona radicular sin ser destructivo (Cavins et al., 2007). Pero la CE_{AP} puede ser también estimada por sensores utilizando distintos modelos que la relacionan con la CE_M que es medida por el sensor (Hilhorst, 2000). Sin embargo, distintos factores pueden afectar negativamente a esta estimación, como la salinidad de la solución del sustrato (Valdés et al., 2012). La CE_D es la más utilizada por los agricultores por la facilidad de recoger el drenaje en un cultivo en contenedor, pero su valor no tiene por qué coincidir con la CE_{AP} porque depende mucho de factores como la fracción de drenaje, condiciones ambientales durante el cultivo y características físicas del sustrato usado.

El objetivo de esta investigación fue conocer, bajo distintas condiciones de salinidad en el agua de riego, la relación entre la CE_{AP} estimada con el sensor GS3-Decagon (CE_{AP-GS3}), la CE_D y la CE_{AP} medida por el método PourThrough (CE_{AP-PT}). Pensamos que esta información ayudará a manejar el riego salino en cultivos en maceta, como es el caso del *Osteospermum*, y a hacer una mejor interpretación de las medidas de CE realizada con los sensores de suelo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Cultivamos plántulas de *Osteospermum hybrida* cv. Margarita Supreme Lilac, suministradas por Barberet&Blanc, S.L. (Puerto Lumbreras, Murcia). En la primera semana de octubre de 2013 las plántulas se trasplantaron a macetas de PVC de 2,5 L (19 cm Ø) con un sustrato formado por 40% turba rubia, 40% fibra de coco y 20% perlita. Usamos un invernadero ubicado en la Estación Experimental "Tomas Ferro" en Cartagena. Se fijaron ocho tratamientos formados por soluciones de riego de 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 dS m⁻¹ obtenidas con NaCl y abonos (0,5 dS m⁻¹). El abonado fue con KNO₃, NH₄NO₃, K₂HPO₄, e igual en todos los casos. Se mantuvo un pH entre 5,5-6 con HNO₃ al 54%. Los tratamientos se iniciaron la tercera semana de octubre y finalizaron la segunda de febrero de 2014.

Para el riego usamos sensores GS3-Decagon colocados verticalmente en la cara sureste del sustrato, y plenamente insertados en el sustrato. El control fue realizado por un datalogger CR1000-Campbell programado con el software Loggernet 3.4.1. Todas las plantas se regaron al mismo tiempo y con el mismo volumen de agua (470±12 mL por maceta), dando un drenaje medio de 22,8±3 ml. El momento de riego fue decidido por nosotros, y este se realizó aproximadamente con un 40% de contenido volumétrico de agua promediado en todos los tratamientos. Tras cada riego medimos el pH y la CE_{AP-PT} (Cavins et al., 2007); recogimos el drenaje para medir el pH y CE. El CR1000 tomaba datos de las sondas cada 10 minutos. La CE_{AP-GS3} fue estimada por el modelo de Hilhorst (2000). Las temperaturas fueron 7,84±2,6°C (mínima), 14,36±2,1°C (media) y

26,80±3,9°C (máxima); y la humedad relativa 38,83±16,6 % (mínima), 62,56±11,5% (media) y 76,58± 9,3% (máxima).

Cada tratamiento dispuso de 21 macetas, y el análisis estadístico fue un ANOVA simple (Statgraphics Plus 5.1). Las medias de los tratamientos fueron separadas con la Prueba de Rango Múltiple de LSD ($P < 0,05$). Los análisis de regresión fueron realizados con el programa SigmaPlot 10.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios durante el experimento de la CE_{AP-GS3} medida tras el riego respondieron al aumento de la CE_{AR} según un ajuste lineal. Igualmente ocurrió para la CE_{AP-PT} y para la CE_D (Fig. 1A). Estos ajustes presentan coeficientes de determinación (r^2) que indican que las relaciones fueron muy fuertes (Fig. 1A). La pendiente positiva de los ajustes indica que a mayor CE_{AR} mayores fueron los valores de las tres conductividades. Los registros de CE_D fueron más altos que los de la CE_{AP-PT} . Una posible explicación la encontramos en que la primera parte del drenaje suele arrastrar muchas más sales que el resto del drenaje, mientras que el último drenaje suele contener menos sales. Conforme aumentó la CE_{AR} mayor fue la desviación entre la CE_D y la CE_{AP-PT} , porque hubo una mayor variabilidad de los valores de CE_D . Esto parece ligado a que la CE_D depende fuertemente de la fracción de drenaje (Ku and Hershey, 1992), de la falta de uniformidad de humedad en el sustrato y de una evolución fisiológica más irregular de las plantas salinizadas. Por el contrario, los registros de CE_{AP-GS3} fueron más bajos que los de la CE_{AP-PT} , y conforme aumentó la CE_{AR} mayor fue la variabilidad de la CE_D y la desviación entre la CE_D y la CE_{AP-PT} (Fig. 1A).

El pH no se vio afectado por la CE_{AR} y se mantuvo constante (Fig. 1B) porque aplicamos HNO_3 en todos los tratamientos para regular el pH. Señalar que el pH_D siempre fue un poco más alto que el pH_{PT} en todos los casos.

Los ajustes CE_{AP-PT} vs. CE_D , CE_{AP-PT} vs. CE_{AP-GS3} y CE_{AP-PT} vs. CE_{M-GS3} muestran una significativa relación lineal positiva (Fig. 2). Los r^2 indican una fuerte relación para los tres ajustes, siendo la CE_D la que presenta una relación más fuerte con la CE_{AP-PT} . Esto confirma que el valor de la CE_D sobrestima la salinidad de la solución del sustrato (CE_{AP-PT}), mientras que el valor de la CE_{AP-GS3} la subestima. Y que cuanto mayor es la CE_{AR} , mayores son ambos errores. La pendiente del ajuste CE_{AP-PT} vs. CE_{M-GS3} indica que la CE_{AP-PT} fue 3-4 veces mayor que la CE_{M-GS3} . Sin embargo, la CE_{M-GS3} estuvo mejor relacionada (r^2) con la CE_{AP-PT} que la CE_{AP-GS3} , quizá porque fue medida tras el riego (con alta humedad) ya que esta CE está fuertemente influenciada por la humedad (Robinson et al., 1999). Esto sugiere que la CE_M puede ser un indicador útil de las condiciones salinas que soportan las plantas, a pesar de las diferencias cuantitativas con la CE_{AP} . Claros indicios de ello fueron encontrados cuando la CE_M fue medida tras el riego en un cultivo en maceta de poinsetia (Valdés et al., 2014). En este experimento encontramos un ajuste lineal significativo entre la CE_{AP-GS3} (estimada por el modelo de Hilhorst) y la CE_{M-GS3} (Fig. 3), que fue mejor después de regar ($r^2=0,87$) que antes del riego ($r^2=0,76$). En la figura 3 observamos que conforme aumenta la humedad más se aproximan ambas conductividades. Estudios realizados por Amente et al. (2000) confirmaron la dificultad de estimar con precisión la relación entre ambas CE a muy baja humedad.

La figura 4 muestra un aumento paulatino de la CE_{AP-PT} en todos los tratamientos conforme avanzan los días de cultivo, siendo más pronunciada en las CE_{AR} más altas. No obstante, en todas las gráficas se produjeron altibajos en CE_{AP-PT} , porque

el porcentaje de drenaje variaba entre riegos. En las últimas semanas de cultivo se muestran claras diferencias en CE_{AP-PT} entre los cuatro valores de CE_{AR} más bajos y los cuatro más altos. Al final del cultivo hubo una diferencia de $1,6 \text{ dS m}^{-1}$ de CE_{AP-PT} entre 3 dS m^{-1} y $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, lo que sugiere que un aumento de la CE_{AR} por encima de 3 dS m^{-1} producirá un aumento proporcionalmente mayor de la CE_{AP-PT} al final del cultivo.

CONCLUSIÓN

La CE_D y la CE_{AP-GS3} son indicadores bien relacionados con el nivel de salinidad de la solución del sustrato, aunque el primero sobreestima la salinidad medida como CE_{AP-PT} y el segundo la subestima. Conforme aumenta la salinidad ambas conductas se acentúan porque hay mayor variabilidad en los registros de ambas CE . La CE_{AP-GS3} y la CE_{M-GS3} estuvieron bien relacionadas linealmente, especialmente cuando fueron medidas tras el riego, que es cuando más se aproximan. La salinidad de la solución del sustrato (CE_{AP-PT}) aumenta conforme avanza el cultivo, pero este aumento no es proporcional a la CE_{AR} . El pH fue estable bajo todos los tratamientos de riego, y el pH_D fue medio punto mayor al pH_{PT} .

Agradecimientos

Agradecemos la ayuda financiera recibida por el Ministerio de Economía y Competitividad y el FEDER, a través de los proyectos (AGL2011-30022-C02-1 y AGL2011-30022-C02-2).

Referencias

- Amente, G., Baker, J.M., Reece, C.F. (2000). Estimation of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity in sandy soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 1931-1939.
- Cavins, T., Whipker, B., Fonteno, W. (2008). PourThrough: A method for monitoring nutrition in the greenhouse. *Acta Hort.*, 779, 289-297.
- Hilhorst, M.A. (2000). A pore water conductivity sensor. *Soil Science Society of America Journal*, 64(6), 1922-1925.
- Ku, C.S., Hershey, D.R. (1992). Leachate electrical conductivity and growth of potted geranium with leaching fractions of 0 to 0.4. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 117, 893-897.
- Robinson, D.A., Gardner, C., Cooper, J.D. (1999). Measurement of relative permittivity in sandy soils using TDR, capacitance and theta probes: comparison, including the effects of bulk soil electrical conductivity. *Journal of Hydrology*, 223(3), 198-211.
- Valdés, R., Miralles, J., Franco, J.A., Sánchez-Blanco, M.J., Bañón, S. (2014). Using soil bulk electrical conductivity to manage saline irrigation in the production of potted poinsettia. *Scientia Horticulturae*, 170, 1-7.
- Valdés, R., Miralles, J., Ochoa, J., Franco, J.A., Sánchez-Blanco, M.J., Bañón, S. (2012). Prueba de sondas para medir conductividad y humedad del sustrato en maceta en condiciones salinas. *Actas del XI Simposio Hispano-Portugués de Relaciones Hídricas en las Plantas*, 222-225.

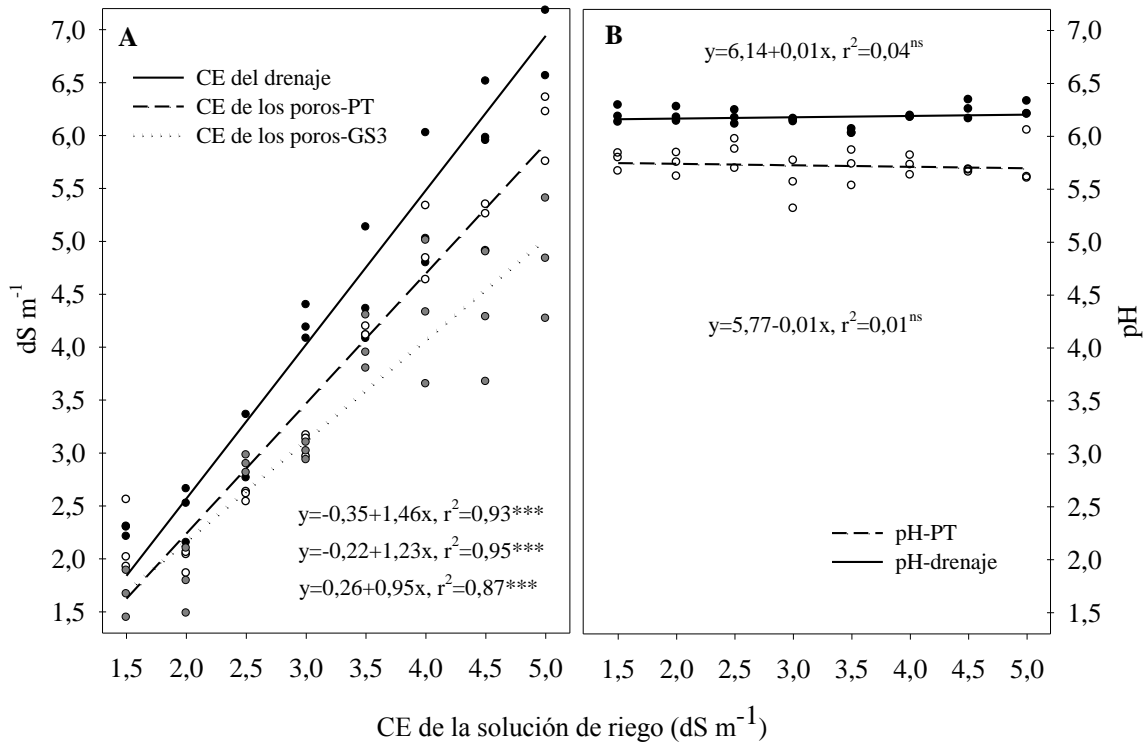


Figura 1 - Relación entre los valores promedios de CE_D , CE_{AP-PT} , CE_{AP-GS3} y la CE_{AR} (A). Estudio de la relación entre los valores promedios de pH_{PT} y pH_D y la CE_{AR} (B)

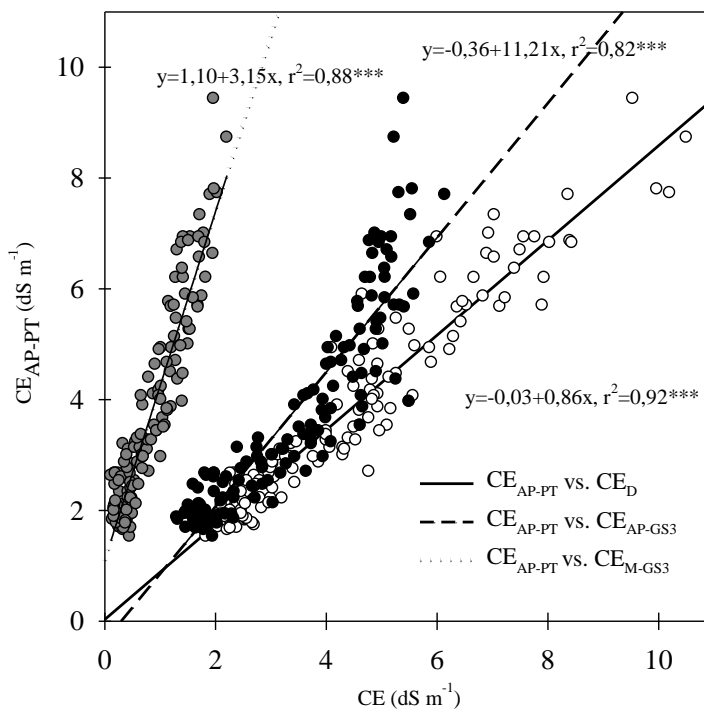


Figura 2 - Estudio de las relaciones lineales de los ajustes CE_{AP-PT} vs. CE_{AP-GS3} , CE_{AP-PT} vs. CE_D y CE_{AP-PT} vs. CE_{M-GS3}

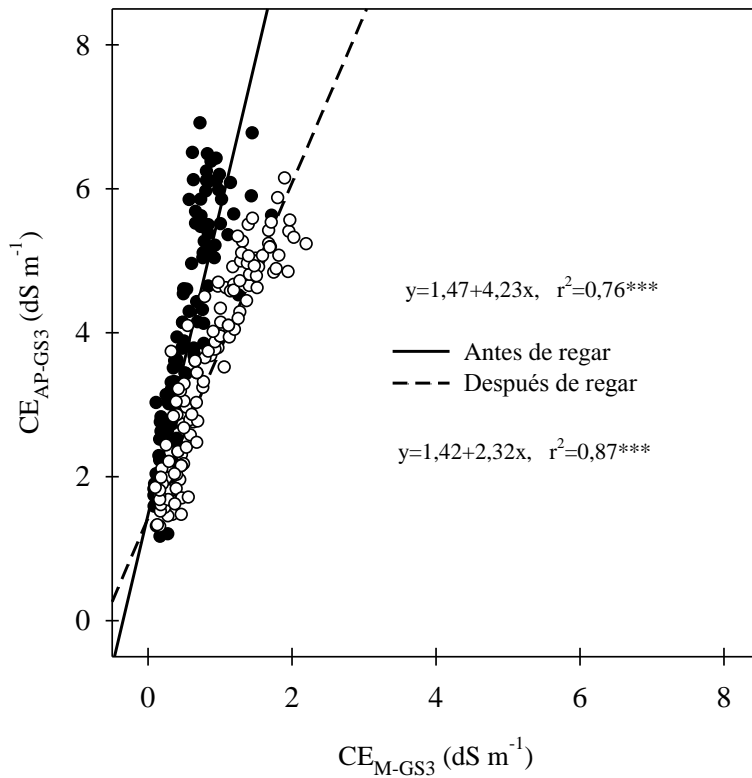


Figura 3 - Estudio de la relación de la CE_{AP} vs. CE_M obtenidas con el sensor GS3

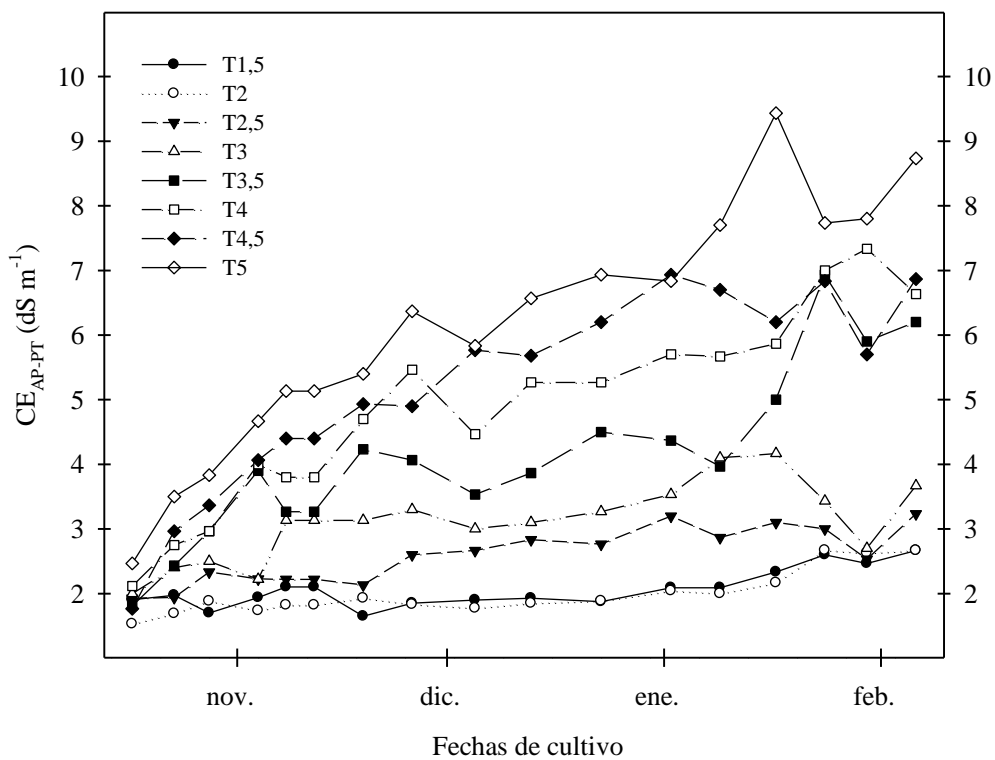


Figura 4 - Evolución de la CE_{AP-PT} a lo largo del cultivo para las distintas CE_{AR}