

## Does reclaimed water influence nitrogen and water use efficiency and the structural constituents of grapefruit trees?

### ¿Afecta el riego con agua regenerada a la eficiencia del uso del agua y nitrógeno y a los constituyentes estructurales de pomelo?

C. Romero-Trigueros\*, P.A. Nortes, J.J. Alarcón, E. Nicolás

Departamento de Riego. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS-CSIC). Campus Universitario de Espinardo, 30100. Murcia. Spain

#### **Abstract**

**Effects of the application of reclaimed water (RW), combined with strategies of deficit irrigation (RDI) on physiological parameters and development of grapefruit plant were evaluated, highlighting the potential changes in water (WUE) and nitrogen (NUE) use efficiency and performing a characterization of structural elements and constituents at leaf level. RW improved the WUE and, conversely, decreased the NUE, the chlorophyll content and levels of gas exchange. In addition, the application of RW resulted in a potential accumulation of salts at the level foliar.**

**Keywords:** chlorophyll; gas exchange; phytotoxic; salinity; specific leaf weight.

#### **Resumen**

**Se evaluaron los efectos que tiene la aplicación de agua regenerada (AR), en combinación con estrategias de riego deficitario controlado (RDC), sobre los parámetros fisiológicos y de desarrollo de la planta de pomelo, destacando los posibles cambios en la eficiencia del uso del agua (EUA) y del nitrógeno (EUN) y realizando una caracterización de los elementos estructurales y constituyentes a nivel foliar. Se observó una mejora de la EUA en los tratamientos regados con AR y, por el contrario, una disminución de la EUN, del contenido en clorofila, de los niveles de intercambio gaseoso y, además, dio lugar a una potencial acumulación de sales a nivel foliar.**

**Palabras clave:** clorofila; fitotóxico; intercambio gaseoso; peso específico foliar; salinidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

La problemática actual de escasez de recursos hídricos disponibles para la agricultura obliga a buscar fuentes de agua alternativas para nuestros sistemas de riego. En este sentido, las aguas regeneradas (AR) constituyen un recurso no convencional de agua. Entre las ventajas del uso agrícola de las AR está la reducción de la contaminación del medio ambiente, ya que el vertido directo de estas aguas al cauce natural exigiría un tratamiento más costoso para reducir al mínimo aportes como macronutrientes (N,P,K) que, sin embargo, pueden resultar positivas para los cultivos al utilizarse como abono [4]. Sin embargo, la utilización de AR puede conllevar riesgos para la agricultura ya que suelen tener una concentración de sales superior a la que se encuentra en los recursos hídricos naturales, pudiendo afectar a las propiedades físico-químicas del suelo.

---

\* E-mail: cromero@cebas.csic.es

Además, pueden aparecer problemas fitotóxicos de salinidad cuando la conductividad eléctrica del agua de riego es mayor de 1.5 dS/m. Esta limitación es especialmente importante para cítricos, ya que es una especie sensible a la salinidad del agua de riego [7]. Así, niveles elevados de fitotóxicos en cítricos pueden causar una reducción del crecimiento vegetativo y un descenso de los niveles de intercambio gaseoso [2]. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos que tiene la aplicación de AR, en combinación con estrategias de riego deficitario controlado (RDC), sobre los parámetros fisiológicos y desarrollo de la planta de pomelo, prestando especial importancia a dos aspectos: a) evaluar si existen cambios evidentes en la eficiencia del uso del agua (EUA) y del nitrógeno (EUN) a nivel de planta y b) realizar una caracterización de los elementos estructurales y constituyentes a nivel foliar en función de los recursos hídricos utilizados (agua de trasvase Tajo-Segura y AR). Además, se evaluaron también los efectos sobre el medio ambiente (acumulación de sales y disponibilidad de nutrientes) analizando, desde un punto de vista integral, su sostenibilidad a medio-largo plazo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el año 2012 en una finca comercial ubicada al noreste de la Región de Murcia (38°07'N, 1°13'W). Se trabajó en pomelo (*Citrus paradisi* L. cv. 'Star Ruby') sobre patrón *Citrus Macrophylla* de 8 años de edad a marco de 6 x 4 m. La parcela experimental tiene una superficie aproximada de 1 ha. Se emplearon dos fuentes de agua de riego: la primera procedente del trasvase Tajo-Segura (AT), de buena calidad agronómica (CE~1 dS/m) y la segunda procedente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) de Molina de Segura Norte (AR), caracterizada por generar un efluente de salinidad agronómica (CE~3 dS/m). Se establecieron dos tratamientos de riego para cada calidad de agua; un tratamiento Control que se regó a fin de satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo (100% ETc) y otro de riego deficitario controlado (RDC), regado con idéntica dotación que el Control durante todo el año excepto durante la segunda fase de crecimiento rápido del fruto, en la que se regó al 50% de la ETc, al objeto de conseguir un déficit hídrico moderado durante la fase no crítica. Los cuatro tratamientos resultantes, de aquí en adelante serán citados como: T0 (Control AT), T1 (RDC AT), T2 (Control AR) y T3 (RDC AR). Los parámetros de intercambio gaseoso (fotosíntesis neta, A, y la conductancia estomática,  $g_s$ ) se midieron con un equipo portátil de fotosíntesis (LI-6400 Li-Cor, Lincoln, NE, EE.UU). Además, se tomaron muestras foliares para determinar el peso fresco, el área foliar (LI-3100 Leaf Area Meter, NE, EE.UU), el estado nutricional de la planta en los diferentes estados fenológicos y su contenido en N en el Servicio de Ionómicas del CEBAS-CSIC (Flash EA 112 Series, England and Leco Truspec, Sant Joseph, USA), así como el peso seco para la determinación del nitrógeno en base al área foliar y el peso específico foliar (PEF). Además, se analizó el contenido de clorofila total, a y b mediante el método de Inskeep and Bloom (1985).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Eficiencia en el uso del agua (EUA) y del nitrógeno (EUN).

La eficiencia intrínseca de uso del agua,  $EUA \sim A/g_s$ , representa la máxima eficiencia con la que la fotosíntesis puede operar bajo unas condiciones medioambientales determinadas. Las variaciones en A y  $g_s$  implicaron un incremento de la EUA en los tratamientos regados con AR (datos no mostrados). En concreto, los valores son sensiblemente más altos para a) T3 durante la fase de brotación y floración y para b) T2 durante la fase de crecimiento del fruto y, por tanto, durante la aplicación del RDC (días comprendidos entre 204 y 255) debido a una reducción notable de la  $g_s$  en el periodo de RDC (datos no mostrados). En este sentido, la EUA puede ser útil como un indicador de la tolerancia a la salinidad [8]. Respecto a la eficiencia del uso del nitrógeno,  $EUN \sim A/N_a$ , al avanzar el ciclo anual se hizo más notable la diferencia entre tratamientos,

alcanzando el T0 los niveles más altos al final de la fase de crecimiento del fruto (datos no mostrados). A partir de este momento, la EUN de ambos tratamientos comenzó sensiblemente a disminuir. Tras obtener el valor medio anual, el T2 tiene una eficiencia inferior al resto de los tres tratamientos debido, probablemente, a la disminución de A, y al aumento del nitrógeno en base al área foliar,  $N_a$ .

### 3.2 Caracterización de la estructura y constituyentes a nivel foliar.

Los cambios en la ontogenia foliar son importantes en la optimización del proceso fotosintético [3]. Por ello se analizó la evolución estacional del peso específico foliar, PEF, que alcanza su valor más alto en marzo para los distintos tratamientos, disminuyendo progresivamente hasta julio, y la evolución del  $N_a$  que, por el contrario, adquiere su valor más bajo durante la floración y tiende a aumentar hasta final de año [1], Figura 1. Esto nos indica que las hojas juegan un papel importante como órgano de reserva de asimilados. Las fluctuaciones observadas a lo largo del ciclo pueden deberse a la alternancia de periodos de removilización de asimilados y periodos de almacenaje de los mismos. No hay diferencias significativas tratamientos, no obstante, T2 y T3 tienen un promedio anual de PEF más bajo y para el  $N_a$ , un valor más elevado respecto a los árboles regados con AT. Respecto a los elementos fitotóxicos, los tratamientos de riego T2 y T3 presentan concentraciones de Cl, B y Na más elevadas que los árboles regados con AT –el B supera el umbral fitotóxico establecido-, Tabla 1. Además, se muestran los resultados obtenidos tras promediar anualmente los oligoelementos y macronutrientes. No se encontraron diferencias entre tratamientos para P, K, N y Fe. Por el contrario, se aprecia un aumento significativo en el contenido de Mg y Cu y una disminución leve del Ca en los árboles regados con AR, Tabla 1. Por último, los resultados extraídos del análisis de Clorofila total (Chl T) y a (Chl a) exponen un descenso de sus niveles en los tratamientos de AR, siendo más notable esta disminución en el T2, Tabla 2, dando lugar, por tanto, a la disminución de la tasa fotosintética (datos no mostrados). Es conocido que la salinidad del agua de riego disminuye la Chl T en cítricos. Asimismo, la concentración máxima en todos los tratamientos se presenta en la fase de postcosecha y la mínima en el inicio de la fase de crecimiento del fruto (datos no mostrados). Igualmente, se evaluó la variación del porcentaje de Chl a y b durante tres periodos fenológicos y los resultados indican un aumento de Chl a, tanto en hojas soleadas como sombreadas, durante el crecimiento y maduración del fruto, con la consecuente reducción del porcentaje de Chl b, pigmento accesorio que absorbe la energía luminosa que la clorofila a es incapaz de absorber. Esto puede ser consecuencia, entre más factores, del aumento de la intensidad luz que reciben las hojas durante la fase de crecimiento del fruto, ya que al aumentar ésta, la Chl b se descompone en mayor proporción que la Chl a.

## **4. CONCLUSIONES**

El uso de AR para riego de plantas de pomelo mejora la EAU de las mismas. Sin embargo, disminuye ligeramente la EUN, en especial para el tratamiento Control. También se observa una disminución del contenido en clorofila, un descenso de los niveles de intercambio gaseoso en el Control de AR y una potencial acumulación de sales a nivel foliar, dando lugar a posibles riesgos en la sostenibilidad del cultivo a medio-largo plazo.

## **5. AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación se ha financiado por los proyectos SIRRIMED (KBBE-2009-1-2-03, PROPOSAL N° 245159), SENECA (05665/PI/07 and 11872/PI/09) y CICYT (AGL2010-17553).

## **6. REFERENCIAS**

[1] Albrigo, G., Syvertsen, J. P., Dunlop, J. M. (2005). Growth conditions, crop load and fruit size affect sheeponing in grapefruit. Proc. Fla. State Hort. Soc. 118: 28-34.

[2] Cámara, J.M., García-Sánchez, F., Nieves, M., Cerdá, A. (2003). Effect of interstock ('Salustiano' orange) on growth, leaf mineral composition and water relations of one year old citrus under saline conditions. J. Hort. Sci. Biotech. 78:161-167.

[3] Evans, J.R., Poorter, H. (2001). Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. Plant Cell Environ 24(8): 755-767.

[4] Levine, A.D., Asano, T. (2004). Recovering sustainable water from wastewater. Environ. Sci. Technol. 38(11):201-208.

[5] Lovatt, C.J., Zheng, Y.S., Hake, K.D. (1988). Demonstration of a change in nitrogen-metabolism influencing flower initiation in citrus. Israel J. Bot. 37 (2-4):181-188.

[6] Malavolta, E., Leao, H.C., Oliveira, S.C., Lavres, J., Moraes, M. F., Cabral, C.P., Malavolta, M. (2006). Reparticao de nutrientes nas flores, folhas e ramos da laranjeira cultivar natal. Revista brasileira de fruticultura 28(3):506-511.

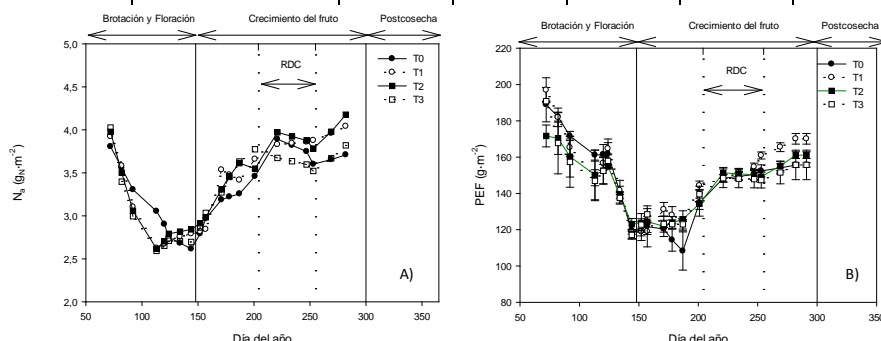
[7] Romero-Trigueros C., Nortes P.A., Pedrero F., Mounzer O., Alarcón J.J., Bayona J.M. and Nicolás E. 2014. Assessment of the viability of using saline reclaimed water in grapefruit in medium to long term. Span. J. Agric. Res. 12(4):1137-1148.

**Tabla 1.** Valor promedio y error típico de los compuestos fitotóxicos y de los micronutrientes y macronutrientes foliares. Las diferentes letras indican las diferencias según Duncan (P<0.05).

	<b>Sodio (%)</b>	<b>Boro (ppm)</b>	<b>Cloruros (%)</b>	<b>Cu (g/Kg)</b>	<b>Mg (%)</b>	<b>Ca (%)</b>
<b>T0</b>	0.060±0.006a	64.900 ± 4.478a	0.480 ± 0.041a	9.785± 0.287a	0.284 ± 0.009ab	3.059 ± 0.193a
<b>T1</b>	0.064 ± 0.006a	67.310 ± 4.891a	0.474 ± 0.028a	8.525 ± 0.297a	0.253 ± 0.010a	3.220 ± 0.176a
<b>T2</b>	0.137 ± 0.012b	113.038 ± 5.412b	0.651 ± 0.027b	12.347 ± 0.827b	0.329 ± 0.008c	2.817 ± 0.213a
<b>T3</b>	0.115 ± 0.015b	100.064 ± 8.970b	0.662 ± 0.027b	9.328±0.331a	0.313 ± 0.006bc	3.000 ± 0.213a

**Tabla 2.** Valores promedio anuales y errores típicos de la Clorofila Total (Chl T) y la Clorofila a (Chl a). Variación del porcentaje del contenido de Chl a y Chl b en tres periodos fenológicos. Las diferentes letras indican las diferencias según el análisis estadístico Duncan (P<0.05).

	<b>Promedio anual</b>		<b>Brotación y Floración</b>		<b>Crecimiento del fruto</b>		<b>Reposo vegetativo</b>	
	<b>Chl T (mg/g<sub>MF</sub>)</b>	<b>Chl a (mg/g<sub>MF</sub>)</b>	<b>Chl a (%)</b>	<b>Chl b (%)</b>	<b>Chl a (%)</b>	<b>Chl b (%)</b>	<b>Chl a (%)</b>	<b>Chl b (%)</b>
<b>T0</b>	1.718 ± 0.066a	1.309 ± 0.0558a	73.56	26.442	77.41	22.67	75.82	24.21
<b>T1</b>	1.712 ± 0.080a	1.309 ± 0.058a	74.72	25.31	78.32	21.71	75.87	24.16
<b>T2</b>	1.600 ± 0.063a	1.194 ± 0.050a	73.88	26.15	78.04	22.00	76.48	23.54
<b>T3</b>	1.693 ± 0.541a	1.300 ± 0.0454a	73.03	27.00	76.95	23.08	75.78	24.24



**Figura 1.** Tendencia del Nitrógeno en base al área ( $N_a$ ) y del Peso específico foliar (PEF).