

# EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN ROSAS DESARROLLADAS BAJO DISTINTOS REGIMENES DE FERTILIZACION NITROGENADA Y RIEGO

**Cabrera I., R.**

Department of Plant Science, Foran Hall, Cook College, Rutgers University  
New Brunswick, New Jersey 08903, USA

**RESUMEN.** Rosas de invernadero 'Royalty' fueron cultivadas en macetas de 20 litros por un año y bajo tres niveles diferentes de nitrógeno (N) y tres regímenes de riego. No se encontraron diferencias significativas en biomasa y rendimiento de flores entre plantas fertilizadas con soluciones nutritivas conteniendo 77, 154 ó 231 ppm de N con volúmenes de riego iguales a 1.25 veces la demanda evapotranspirativa (ET), para producir una fracción lixivable (FL) de 25%. Los patrones de uso de agua fueron similares entre tratamientos, con valores diarios de ET fluctuando entre 230 y 460 ml por planta durante el invierno y verano, respectivamente.

En otro experimento, plantas de rosa fueron fertilizadas con una solución nutritiva completa conteniendo 154 ppm de N con riegos produciendo FL de 10, 25 ó 50%. El tratamiento FL50 produjo los rendimientos más altos en relación a FL10 y FL25, atribuyéndose a niveles bajos de salinidad en el sustrato con incrementos en el volumen de riego aplicado. Los patrones de uso de agua fueron similares entre tratamientos, pero con valores de ET un 20-80% más altos para las plantas del FL50. Valores diarios de ET para FL10 y FL25 fluctuaron entre 40 y 845 ml por planta durante el invierno y verano, respectivamente.

La eficiencia de uso de agua, calculada al dividir biomasa cosechada entre volumen evapotranspirado, fue estadísticamente similar entre tratamientos en ambos experimentos, promediando aproximadamente 3 g de materia seca cosechada por litro de agua.

**PALABRAS CLAVE:** Evapotranspiración, flor cortada, lixiviación, rendimiento.

## WATER USE EFFICIENCY IN ROSES GROWN AT DIFFERENT NITROGEN FERTILIZATION AND IRRIGATION REGIMES.

**SUMMARY.** Greenhouse 'Royalty' roses were grown for 1 year in 20 liter microlysimeters at three different applied N concentrations and three irrigation regimes. No significant differences in biomass and flower yield were found among plants irrigated with nutrient solutions containing 77, 154 or 231 ppm of N and with volumes 1.25 times evapotranspiration (ET), to produce a target leaching fraction (LF) of 25%. Patterns of water use were similar among these treatments, with daily ET rates averaging 230 and 460 ml per plant during winter and summer, respectively.

In a separate experiment, plants were irrigated with a complete nutrient solution containing 154 ppm of N, but irrigated to produce LF of 10, 25 or 50%. Treatment LF50 produced significantly higher flower yields over the other irrigation regimes, an effect attributed to lower salinity in the growing medium with increases in irrigation volume. Water use patterns were similar among treatments, but with higher ET values for the LF50 plants. Daily ET rates were similar between treatments, although LF50 plants had values 20-80% higher than for those in LF10 and LF25. Average daily ET for these last two treatments were 215 and 410 ml for plant during winter and summer days, respectively.

Water use efficiency, calculated as the harvested dry matter yields divided by the volume of water evapotranspired, was not significantly different between treatments in either experiments with a average over both experiments of approximately 3 g of harvested dry matter were produced per liter of water evapotranspired.

**KEYWORDS:** Evapotranspiration, flower yields, leaching, irrigation.

## INTRODUCCION

La producción de rosas de invernadero es una actividad agrícola muy intensiva caracterizada por sus altos requerimientos hídricos y nutrimentales (Durkin, 1992). Varios estudios se han conducido a través de los años para determinar las cantidades de agua requeridas durante la producción de rosas. Seeley y Post (1950) reportaron que el valor diario del uso de agua para rosales 'Better Times', regados manualmente con manguera, era de aproximadamente 780 ml por planta. Por otro lado, se ha reportado que plantas de rosal producidas en macetas de 25 cm de diámetro (volumen aproximado de 20 litros) tienen un uso diario de agua de 1 100 a 1 500 ml por planta (Shanks, 1968). White y Holcomb (1987) presentaron un programa de riego con base en niveles de radiación solar, indicando que un promedio diario de 510 ml por planta debe aplicarse durante el otoño-invierno (octubre a marzo), incrementándose a 1 100 ml por planta durante primavera-verano (abril a septiembre).

Por otro lado, es necesario considerar que dado los altos niveles de fertilización empleados en la producción de rosas, las sales solubles pueden acumularse en la zona radical a tal grado que pueden afectar adversamente tanto productividad como calidad del follaje y flores (Bernstein, 1964; Huges y Hanan, 1978). La lixiviación con agua clara y de baja salinidad es la forma más simple y efectiva de remover sales solubles de la zona radical, aunque no existen muchas recomendaciones específicas sobre prácticas de lixiviación para cultivos de invernadero como rosas. Según Nelson (1985) un 10% del agua o la solución nutritiva aplicada a rosales en maceta o en cama de suelo debería de ser lixiviada para evitar acumulación de sales solubles. Davidson y Boodley (1987) indican que tres aplicaciones de 20  $\text{litro} \cdot \text{m}^{-2}$ , dadas a una cama dentro de un período de una hora es una medida muy efectiva para reducir satisfactoriamente la concentración de sales solubles.

Analizando estos reportes se observa que todos ellos fallan al definir valores reales de transpiración o evapotranspiración por el cultivo, y reflejan tan solo volúmenes totales de riego que incluyen drenaje. Aunque tales resultados no le restan utilidad a estos estudios, ellos no aportan información con respecto a la eficiencia misma del riego y eficiencia de uso de agua por la planta (definida como materia seca producida por volumen de agua transpirado o evapotranspirado). En este último, White y Holcomb (1987) han indicado que de 1 a 2 g de materia seca se producen por litro de agua usado en rosales bajo condiciones de inver-

nadero. Estos autores, sin embargo, no aportan datos experimentales apoyando tales aseveraciones. La aportación de tal información es requerida si se programan riegos y fertilización más eficientes, y debe de generarse para este cultivo. Con base en esto, el objetivo principal del presente estudio fue el de determinar la demanda evapotranspirativa y eficiencia de uso de agua por plantas de rosal bajo condiciones similares a las encontradas en producción comercial.

## MATERIALES Y METODOS

Se construyeron microlisímetros como ya ha sido reportado previamente en otro estudio (Cabrera *et al.*, 1993). Brevemente, un tubo de drenaje hecho de PVC (12 cm de largo, 1.3 cm de diámetro) fue instalado al fondo de macetas (cubetas) plásticas de 20 litros de capacidad. El fondo de cada maceta se cubrió con la capa de algodón artificial (poliester) que se extendía dentro del tubo de drenaje. Esta modificación a la maceta proveyó de continuidad hídrica desde el sustrato hasta la salida del tubo de drenaje, aplicándose una succión equivalente a la longitud del tubo de drenaje (12 cm), y la cual impidió la presencia de la zona de saturación (o pie húmedo) comúnmente encontrada al fondo de toda maceta (Nelson, 1985). Las macetas o microlisímetros fueron llenados con aproximadamente 14.2 litros de un sustrato compuesto de turba: aserrín de *Sequoia*: arena mediana (1:1:1 con base en volumen). Se le incorporó al sustrato previamente cal dolomítica, superfosfato de calcio simple, nitrato de potasio, nitrato de amonio y fertilizante Micromax (elementos menores) a razón de 2.7, 1.5, 0.15, 0.15 y 0.6  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , respectivamente.

Cuarenta y ocho rosales 'Royalty', grado XXX, a raíz desnuda, fueron plantados en los microlisímetros un 28 de julio. Los microlisímetros fueron puestos sobre una banca, en tres hileras y espaciados a centros de 30 cm, dentro de un invernadero de vidrio con temperaturas controladas de 25°C (día) y 16°C (noche). Las plantas se regaron durante un mes usando una solución Hoagland a concentración media (Hoagland y Arnon, 1950), aplicándose solamente volúmenes equivalentes a la demanda evapotranspirativa, sin practicarse lixiviación. Un pinchado suave fue practicado en los nuevos brotes el 10 de agosto para promover brotes laterales, así como también para establecer flujos uniformes (sincronizados) de floración.

Una solución Hoagland a concentración media fue usada como base para preparar tres soluciones diferenciando en su concentración de nitrógeno (N): 77,154 y 231 ppm (con proporción nitrato:amonio de 3:1). La

solución nutritiva base contenía las siguientes concentraciones de elementos mayores (expresados en mM): 0.5 P (en forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), 3.0 K, 2.0 Ca, y 1.0 Mg. Las concentraciones de azufre (en forma de  $\text{SO}_4^{2-}$ ) oscilaron desde 1.0 a 3.0 mM, dependiendo de la concentración de  $\text{NO}_3^-$  presente en cada solución. Los micronutrientes fueron provistos también en las soluciones nutritivas a razón de concentración media Hoagland, y el hierro en la forma quelatada Fe-EDDHA a 1 ppm.

Dos experimentos se llevaron a cabo el 30 de agosto. En el primer experimento, las plantas se regaron con las tres distintas soluciones, aplicándose en volúmenes suficientes para producir una fracción lixivable (FL) de aproximadamente 25% (es decir, demanda evapotranspirativa más un 25%). En el segundo experimento, las plantas se regaron solamente con la solución nutritiva conteniendo 154 ppm de N pero aplicada en volúmenes suficientes para producir fracciones lixiviables de 10, 25 y 50% (denotadas como FL10, FL25 y FL50, respectivamente). Veinticuatro lisímetros se asignaron a cada experimento, arreglados en un diseño de bloques al azar con 8 repeticiones por tratamiento.

Las soluciones nutritivas se bombearon desde barriles de 100 litros usando bombas sumergibles y un sistema de riego utilizando microaspersores Chapin, previamente calibrados (gasto promedio de  $907 \pm 6$  ml por minuto) e instalándose una por maceta. Los valores base de evapotranspiración (ET), necesarios para estimar volúmenes de solución a ser aplicados en cada riego, fueron determinados gravimétricamente utilizando plantas testigo. Básicamente se tomó la diferencia entre el peso de estos microlisímetros inmediatamente después de un riego, cuando el sustrato se encontraba teóricamente a capacidad de contenedor (término similar, pero no equivalente, a capacidad de campo en suelo), y su peso antes del riego subsecuente. Los datos de ET real para cada microlisímetro fueron calculados como la diferencia entre el volumen de solución aplicado y el volumen de solución lixiviado, tomando como base que el sustrato se mantenía a capacidad de contenedor inmediatamente después de cada riego. La totalidad de la solución lixiviada después de cada 1-2 riegos fue colectada y su volumen determinado, reteniéndose una muestra de 20 ml para análisis químico.

Vástagos florales de cada flujo de crecimiento (que ocurría aproximadamente cada 6-8 semanas) se cosecharon al alcanzar su madurez comercial (1-2 sépalos perpendiculares al botón floral), y su longitud determinada. Posteriormente fueron divididos en tallos,

hojas y botones florales, puestos en bolsas de papel, y secados en un horno a 70°C por lo menos durante 48 horas.

Los experimentos se realizaron sobre un período de 12 meses (373 días). Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico SAS, utilizando procedimientos de análisis de varianza con comparación de medias por diferencia mínima significativa.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Como ya ha sido reportado (Cabrera *et al.*, 1993), los tratamientos de fertirrigación con 77, 154 y 231 ppm de N no tuvieron efectos significativos sobre rendimientos de materia seca y número de flores cortadas por planta, promediando un total de 325 g por año y 42 flores por año, respectivamente (Cuadro 1). Por otra parte, el análisis de los rendimientos en plantas regadas con diferente FL reveló diferencias significativas entre tratamientos, con los rendimientos más altos encontrados en las plantas del tratamiento FL50 (Cuadro 1). Esta respuesta de rendimiento en este último tratamiento tuvo que ver con los altos volúmenes de solución aplicados, los cuales mantuvieron las concentraciones de sales solubles más bajas registradas entre todos los tratamientos (ver datos en Cabrera, 1992). Dado que las plantas de rosal son altamente sensibles a salinidad (Bernstein, 1964; Hughes y Hanan, 1978; Zeroni y Gale, 1990), se sostiene que la manutención de niveles relativamente bajos de sales solubles afecta favorablemente el rendimiento de la planta.

Un promedio de 172 litros de solución fueron aplicados a los rosales en el transcurso del experimento, regados con los tres niveles de N, de los cuales aproximadamente 128 litros fueron evapotranspirados, dando como resultado la producción de una fracción lixivable promedio de 26% (Cuadro 2). Por otro lado, volúmenes muy distintos de solución fueron aplicados para obtener las fracciones lixiviadas de 10, 25 y 50 % buscadas en el segundo experimento (114, 158 y 316 litros, respectivamente). Estos tratamientos, sin embargo, y tomando en cuenta los rendimientos de materia seca y flores por planta, dieron como consecuencia requerimientos de agua muy diversos, con diferencias en ET tan altas como 65 litros por planta por año (Cuadro 2).

Como era de esperarse los patrones de ET diarios estuvieron estrechamente relacionados a los patrones de radiación solar a lo largo del año, con los valores más bajos observados en el invierno, y los más altos durante el verano (Figura 1). La drástica reducción en demanda evapotranspirativa que se observa para todos

**CUADRO 1. Rendimientos de materia seca y número de flores producidas por plantas de rosal cv. 'Royalty' crecidas bajo tres niveles de nutrición nitrogenada y tres regímenes de riego durante un período experimental de 12 meses (373 días). Los valores listados son promedios ( $\pm$  error estándar) de 8 repeticiones.**

Tratamiento	Rendimiento		
	Número de Flores por Planta	Materia Seca (g por planta)	Peso de Vástago Floral (g por vástago)
Concentración de N (ppm)			
77	40.6 $\pm$ 6.6	334 $\pm$ 64	8.2 $\pm$ 0.6
154	40.8 $\pm$ 10.4	318 $\pm$ 68	7.9 $\pm$ 0.5
231	45.1 $\pm$ 8.9	324 $\pm$ 54	7.2 $\pm$ 0.5
DMS (0.05)	n.s.	n.s.	--
Regimen de Riego (FL en %)			
10	34.4 $\pm$ 4.5	245 $\pm$ 45	7.2 $\pm$ 0.5
25	39.5 $\pm$ 9.2	286 $\pm$ 55	7.3 $\pm$ 0.8
50	49.4 $\pm$ 6.8	418 $\pm$ 43	8.5 $\pm$ 0.7
DMS (0.05)	8.1	56	--

DMS (0.05) = Diferencia mínima significativa al 5% de probabilidad.

**CUADRO 2. Balance hídrico para plantas de rosal 'Royalty' crecidas bajo tres niveles de nutrición nitrogenada y tres regímenes de riego durante un período experimental de 12 meses (373 días). Los valores listados, con la excepción de volumen aplicado son promedios ( $\pm$  error estándar) de 8 repeticiones.**

Tratamiento	Volumen Aplicado	Volumen Lixiviado (litros por planta)	Volumen Evapotranspirado	Fracción Lixiviada (%)
Concentración de N (ppm)				
77	182.6	48.8 $\pm$ 4.3	133.8 $\pm$ 4.3	26.8 $\pm$ 3.0
154	162.7	41.5 $\pm$ 3.6	121.2 $\pm$ 3.6	25.4 $\pm$ 3.2
231	170.5	45.3 $\pm$ 3.9	125.2 $\pm$ 3.9	26.5 $\pm$ 3.3
Regimen de Riego (FL en %)				
10	113.9	14.4 $\pm$ 1.8	99.5 $\pm$ 1.8	12.3 $\pm$ 2.2
25	157.7	41.1 $\pm$ 3.6	116.6 $\pm$ 3.6	26.1 $\pm$ 2.7
50	315.8	154.0 $\pm$ 3.3	161.8 $\pm$ 3.3	48.8 $\pm$ 2.7

los tratamientos en el mes de mayo, es debida a una poda severa que fue practicada para reducir el tamaño de las plantas. Esta poda se practica comercialmente en Estados Unidos al final del ciclo de producción de primavera, normalmente después de la temporada de ventas para el Día de las Madres. Las tasas de ET diarias fueron muy similares entre plantas regadas con los diferentes tratamientos de N (Figura 1A). Los

valores diarios de ET fluctuaron, en promedio, desde un mínimo de 230 ml por planta durante el periodo del 15 de noviembre al 15 de enero, hasta un máximo de 460 ml por planta durante el periodo del 15 de Julio al 15 de agosto. Aunque los patrones de ET diaria fueron también similares para plantas sujetas a los diferentes niveles de lixiviación, sus valores difirieron

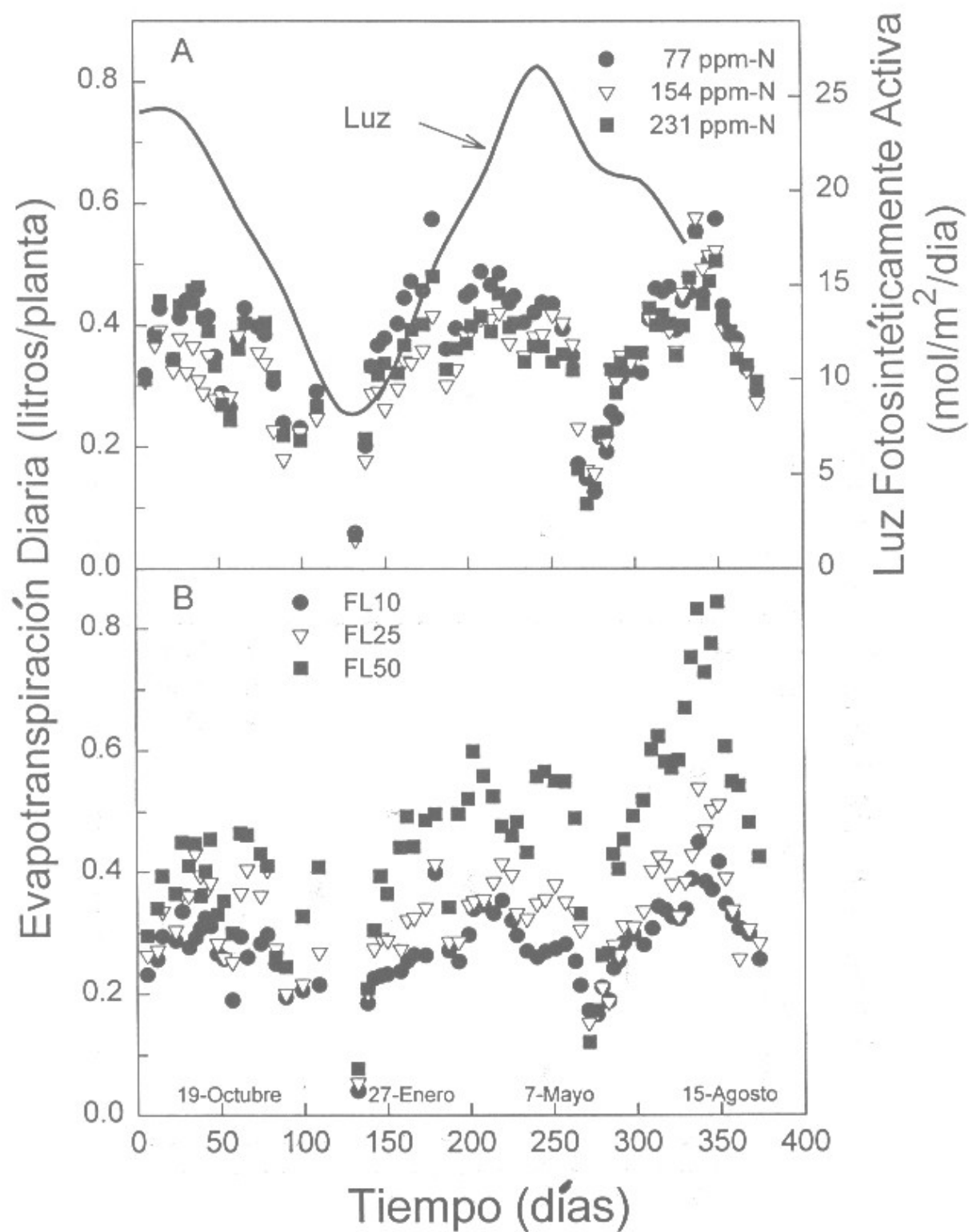


Fig. 1. Tasas de evapotranspiración diaria para rosales 'Royalty' crecidos bajo tres niveles de nutrición nitrogenada (A) y tres regímenes de riego (B) durante un periodo experimental de un año (373 días).

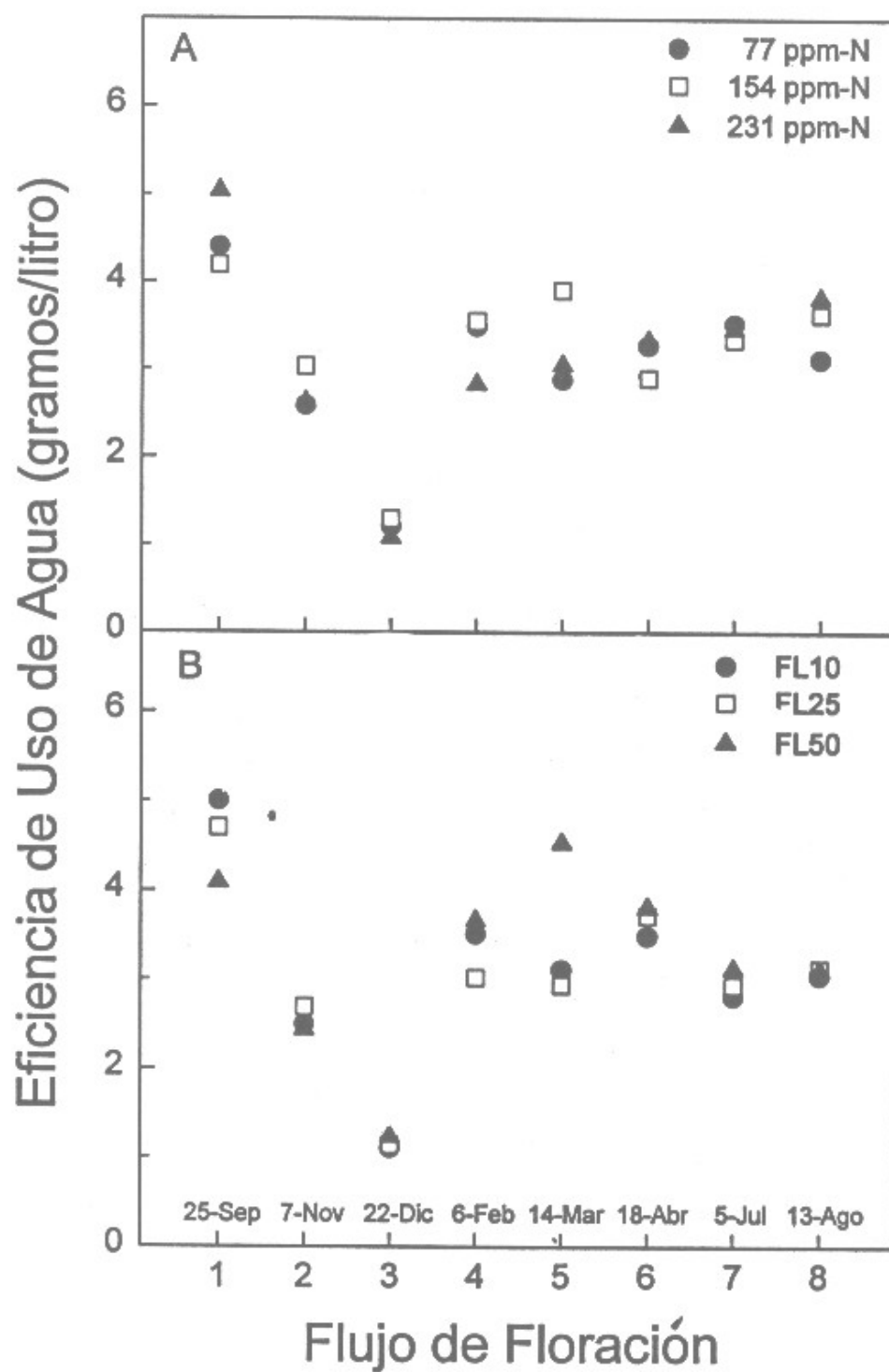


Fig. 2. Eficiencia de uso de agua por flujo de floración en rosales 'Royalty' crecidos bajo tres niveles de nutrición nitrogenada (A) y tres regímenes de riego (B) durante un período experimental de un año (373 días).



en magnitud (Figura 1B). Las plantas del tratamiento FL50 tuvieron tasas de ET significativamente más altas (aproximadamente un 20% más en invierno y un 80% más en verano) que para plantas de los tratamientos FL10 y FL25. Estos últimos tratamientos promediaron ET diarios mínimos de 215 ml por planta durante el periodo del 15 de noviembre al 15 de enero, y máximas de 410 ml por planta durante el periodo del 15 de julio al 15 de agosto.

Los valores de uso de agua reportados aquí fueron en general más bajos que los encontrados por otros autores. Seeley y Post (1950) reportaron que rosales 'Better Times' regados manualmente consumían un promedio diario de 780 ml por planta, mientras que Shanks (1968) encontró que para plantas de rosal producidas en macetas de 25 cm de diámetro (con volumen de 20 litros) tuvieron un uso diario de agua de 1 100 a 1 500 ml por planta. Debe de tomarse en cuenta que los valores presentados por estos autores incluyen supuestamente pérdidas de agua por lixiviación, aunque éstas no fueron especificadas en tales reportes. Aun y cuando consideraremos agregar pérdidas por lixiviación de un 25-30% a los valores de ET encontrados en el presente estudio, los valores diarios de uso de agua continuarían siendo mucho

menores a los indicados por Seeley y Post (1950) y Shanks (1968). Ante tales resultados, las recomendaciones de riego más actualizadas (White y Holcomb, 1987), que promedian de 510 a 1 100 ml por planta por día (invierno y verano, respectivamente), serían muy altas y podrían disminuir significativamente la eficiencia de riego.

En lo que respecta a eficiencia de uso de agua (EUA), un promedio de 3 gramos de materia seca cosechada se produjo por litro de agua evapotranspirada, tanto para rosales crecidos bajo diferentes concentraciones de N como en aquellos bajo diferentes regímenes de riego (Cuadro 3; Figura 2). Valores más altos de EUA se obtendrían si se incluyera la materia seca no-cosechada. La EUA encontrada en estos experimentos es más alta que la mencionada por White y Holcomb (1987), quienes indicaron que sólo de 1 a 2 gramos de materia seca se producen por litro de agua usado en rosas. Crisantemos de invernadero producidos en los meses de invierno en California han sido reportados en tener EUA promedio de 3.8 g·litro<sup>-1</sup> (Dodge, 1990). Una revisión de la literatura desafortunadamente revela que no existe mucha información sobre EUA en cultivos ornamentales producidos bajo invernadero. Por otro lado, Jarrel *et al.* (1983) informan que plantas de trueno (*Ligustrum*

**CUADRO 3.** Eficiencia de uso de agua para plantas de rosal 'Royalty' crecidas bajo tres niveles de nutrición nitrogenada y tres regímenes de riego durante un periodo experimental de 12 meses (373 días). Los valores listados son promedios ( $\pm$  error estándar) de 8 repeticiones.

Tratamiento	Eficiencia de Uso de Agua <sup>2</sup>	
	g·litro <sup>-1</sup>	ml·g <sup>-1</sup>
Concentración de N (ppm)		
77	3.02 $\pm$ 0.17	338 $\pm$ 18
154	3.19 $\pm$ 0.17	321 $\pm$ 21
231	3.09 $\pm$ 0.10	326 $\pm$ 11
DMS (0.05)	n.s.	n.s.
Regimen de Riego (FL en %)		
10	2.96 $\pm$ 0.16	344 $\pm$ 17
25	2.95 $\pm$ 0.13	344 $\pm$ 16
50	3.18 $\pm$ 0.06	315 $\pm$ 6
DMS (0.05)	n.s.	n.s.

<sup>2</sup> Estos valores representan el promedio para todo el periodo experimental de 12 meses, y fueron calculados usando la materia seca total producida y volumen total de agua evapotranspirado para cada planta de rosal.

*texanum*) crecidas en maceta y bajo condiciones de vivero a la intemperie, produjeron 2.2 gramos de materia seca por litro de agua usada. Shantz y Piemeisel (1927) crecieron 65 especies agronómicas (gramíneas, leguminosas, cucurbitáceas, pastos y malezas) en lisímetros, y reportaron EUA de  $3.1 \pm 0.4$  g-litro<sup>-1</sup> en especies de metabolismo C<sub>4</sub> y  $1.6 \pm 0.4$  g-litro<sup>-1</sup> para especies de metabolismo C<sub>3</sub>. Estos reportes le confieren EUA relativamente altas a rosales de invernadero.

Es importante señalar la gran similitud entre los valores promedio de EUA entre tratamientos, tanto en forma acumulativa (Cuadro 3) como a lo largo del año (Figura 2). Esta constancia de EUA en rosas está de acuerdo con las observaciones de Jones (1986) y Stanhill (1986), quienes indicaron que para cualquier especie vegetal, la EUA es aproximadamente constante sobre una gama amplia de tratamientos tales como densidad de plantación, abastecimiento de agua, nutrición mineral y condiciones de salinidad. La carencia de diferencias en EUA para rosas por tanto indican que la concentración de N en solución y el régimen de riego (o fracción lixiviable) usados en el presente estudio no tuvieron efectos independiente sobre los procesos de asimilación de carbono (fotosíntesis) y transpiración.

Los resultados del presente estudio tienen implicaciones prácticas para la producción comercial de rosas. Los valores de ET diaria y eficiencia de uso de agua reportados aquí, adaptados a condiciones locales, podrían ser de utilidad en el establecimiento de proyecciones diarias de riego a lo largo del ciclo de producción, ayudando al desarrollo de programas de riego altamente eficientes.

#### LITERATURA CITADA

- BERNSTEIN, L. 1964. Salinity and roses. *Amer. Rose Ann.* 49:120-124.
- CABRERA I., R. 1992. Nitrogen leaching losses from greenhouse roses. MSc Thesis. University of California, Davis.
- CABRERA I., R.; R.Y. EVANS; J.L. PAUL. 1993. Leaching losses of N from container-grown roses. *Scientia Hort.* 53: 333-345.
- DÁVIDSON, O.W.; J. W. BOODLEY. 1987. Physiological disorders. *In: Roses: A Manual of Greenhouse Rose Production.* R.W. Langhans (Editor), Roses Inc. pp. 121-135.
- DODGE, L. L. 1990. The effects of applied nitrogen concentration and leaching fraction on nitrogen leaching losses from container-grown chrysanthemums. M.S. Thesis. University of California, Davis.
- DURKIN, D. 1992. Roses. *In: Introduction to Floriculture* (2a. Ed.). R.L. Larson (Editor), Academic Press. pp. 67-92.
- HOAGLAND, D.R.; D. I. ARNON. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. Sta. Univ. of California. Circular* 347. 32 pp.
- HUGHES, H.E.; J. J. HANAN. 1978. Effect of salinity in water supplies on greenhouse rose production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 694-699.
- JARRELL, W.M.; S. J. WHALEY; B. MIRAFITAB. 1983. Slow-release fertilizer and water management with container-grown *Ligustrum texanum*. *Scientia Hort.* 19: 177-190.
- JONES, H.G. 1986. *Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology.* Cambridge University Press. pp. 223-237.
- NELSON, P.V. 1985. *Greenhouse Operation and Management.* (Third Edition). Reston Publishing Company. 598 pp.
- SEELEY, J.G.; K. POST. 1950. Constant water level subirrigation and surface watering of greenhouse roses in three soil types. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55: 489-492.
- SEELEY, J.G.; K. POST. 1950. Constant water level, automatic injection, and surface watering of roses. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55: 493-498.
- SHANKS, J. 1968. Automatic watering. *Roses Inc. Bulletin.* May: 15-16.
- SHANTZ, H.L.; L. N. PIEMEISEL. 1927. Crop water use efficiency. *J. Agric. Res.* 34: 1093-1190.
- STANHILL, G. 1986. Water use efficiency. *Adv. Agron.* 39: 53-85.
- WHITE, J.W.; E. J. HOLCOMB. 1987. Water requirements and irrigation practices. *In: Roses: A Manual of Greenhouse Rose Production.* R.W. Langhans (Editor), Roses Inc. pp 71-86.
- WHITE, J.W. 1987. Fertilization. *In: Roses: A Manual of Greenhouse Rose Production.* R.W. Langhans (Editor), Roses Inc. pp 87-135.
- ZERONI, M.; J. GALE. 1989. Response of 'Sonia' roses to salinity at three levels of ambient CO<sub>2</sub>. *J. Hort. Sci.* 64: 503-511.