

Estudio de la demanda de nutrientes en intervalos de tiempo cortos durante la fase reproductiva de *Nerium oleander* L.

D. Roca¹ y P-F. Martínez²

¹ Dep. Horticultura, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), 46113, Moncada, España.

roca_dolfer@gva.es

² Consultor Independiente, Valencia, España

Resumen

La reducción de los costos económicos y ambientales en la producción ornamental es una exigencia creciente, tanto desde la perspectiva del productor como del consumidor, llegando a ser un parámetro más de calidad. Esto exige aumentar la eficiencia de las estructuras de la explotación y del uso de los insumos, entre los que se encuentran los fertilizantes y también el agua asociada a ellos en las técnicas del cultivo sin suelo.

Ajustar los aportes de fertilizantes requiere el conocimiento de las necesidades nutritivas de las distintas especies cultivadas en cada fase de crecimiento y bajo las condiciones de cultivo habituales de la zona productora.

Gran parte de la producción ornamental en la Comunidad Valenciana corresponde a plantas arbustivas, siendo *Nerium oleander* dominante, cuyo cultivo en contenedor definitivo se inicia en Julio y finaliza cuando se comercializa, en el mismo contenedor en el que han sido cultivadas, en estado de floración con botón cerrado, desde finales de invierno y durante la primavera. Agronómicamente, pueden distinguirse 3 periodos de cultivo a partir de la plantación de esquejes enraizados; 1) crecimiento vegetativo (desde plantación en contenedor definitivo hasta octubre que alcanza el tamaño final), 2) mantenimiento y acumulación de reservas (noviembre a febrero) y, 3) crecimiento reproductivo (floración) de marzo a abril.

Es necesario incorporar información muy precisa de la demanda de nutrientes por las raíces de la planta en intervalos de tiempo cortos, particularizados para cada época y tipo de crecimiento, para el buen uso del sistema de cultivo en sustrato y en contenedor. Para ello se diseñó y construyó un dispositivo aeropónico que lo permite.

Los resultados obtenidos indican que, al inicio de la primavera la planta da prioridad a su desarrollo radicular frente al aéreo, como adaptación a unas condiciones de mayor demanda de transpiración. Tanto el aumento observado de la tasa de absorción de agua, como de la relación Pf/Ps, indican una buena adaptación de la planta a dichas condiciones. El trabajo concluye, destacando la conveniencia de reducir los aportes de fertilizantes durante el invierno y la primavera, hasta la venta de las plantas, con el fin de aumentar la eficiencia de uso de los abonos y minimizar el impacto sobre el medio ambiente, sin reducir ni el rendimiento ni la calidad.

Palabras clave: arbustos, ornamentales, optimización, fertilización, aeropónico.

Study of the nutrient uptake on a short time basis of *Nerium oleander* L. along the reproductive growth.

Abstract

The reduction of economic and environmental costs of the ornamental production is a growing request from both, the grower and the consumer, and has turned to be an additional quality value. Due to these facts the demand for higher efficiency of nursery structures and inputs use is increasing. Fertilizers are among these inputs as well as water, and both are normally associated in soilless culture techniques.

For a good adjustment of fertilizer supply, an accurate knowledge of nutrient needs is required, for the different cultivated species and for every growing stage and local condition.

A big part of the ornamental production of the Valencian Region corresponds to shrubs, and the main species is *Nerium oleander* as a pot plant. The growing cycle gets started in July and is finished the moment is sent to market in the same initial pot, just before first flowering buds start opening, from the end of Winter and all along Spring. Three growing stages can be distinguished from the rooted cuttings are planted; 1) vegetative growth

(from plantation in the final pot till October when the final size is reached), 2) maintenance and reserves accumulation (November to February) and, 3) reproductive growth (flowering) from March till April.

There is a need of precise information on the plant nutrient requirements, on a short-time interval basis, for every season and type of growing, for optimizing the management of the pot-plant production system. An aeroponic device was built, that has been successfully used for this objective.

The obtained results show that plant gives priority to root development, instead of the aerial part, from the start of Spring, in order to better facing the higher transpiration requirements. The increased of both, the water uptake rate and the relation Pf/Ps, result from the good plant adaptation to those conditions. One of the main work's conclusion, is the interest of reducing the supply of fertilizers along the Winter and Spring, till the moment the plants are sold, with the objective of increasing fertilizer use efficiency and minimizing the effects on the environment, but without any negative effects on yield and quality.

Key words: shrubs, ornamentals, fertilization, aeroponics

Introducción y/o Justificación

La reducción de los costes económicos y ambientales en la producción ornamental es un objetivo permanente de los productores, como respuesta tanto a las dificultades de un mercado muy competitivo, como a la demanda de mayor protección del medio ambiente que hace la sociedad. Esta situación impone al horticultor la necesidad de innovar sus técnicas de producción con el objetivo de aumentar la eficiencia de las estructuras de la explotación y del uso de los insumos, entre ellos los fertilizantes y también el agua asociada a ellos en las técnicas del cultivo sin suelo. Una vía en esta dirección es el fomento y la valorización de las especies mediterráneas, por su buena adaptación a las condiciones locales, que así puede permitir el producir a través de las buenas prácticas agrícolas (Hall *et al.*, 2009).

La mayor parte de la producción ornamental en la Comunidad Valenciana corresponde a plantas arbustivas, de las que *Nerium oleander* alcanza un 61%. El cultivo se inicia en julio y finaliza cuando se comercializa desde finales de invierno y durante la primavera, en estado de floración con botón cerrado, en el mismo contenedor en el que han sido cultivadas. La adelfa es una especie mediterránea, rústica, que se adapta bien al bajo uso de insumos. Algunos trabajos confirman su elevada tolerancia al déficit hídrico, con sólo variaciones menores de las variables de intercambio gaseoso, sin mostrar síntomas externos y con capacidad de recuperar dichos valores y su aspecto normal tras 30 días de sequía (Niu *et al.*, 2008; Lenzi *et al.*, 2009).

Es fácil comprobar en los viveros de producción en contenedor, con una alta densidad de plantas, que todavía hay margen para mejorar las eficiencias del riego y la fertilización. En muchos casos se emplea el riego por aspersión, con elevadas pérdidas de agua. En el caso de *Nerium oleander* se ha comprobado que un suministro bajo de fertilizantes, cifrado en 2 g/L, da mejores resultados que dosis hasta 4 veces superiores (Lombardi *et al.*, 2004).

Asimismo se han hecho estudios para elaborar modelos de evapotranspiración representativos del consumo (Pardossi *et al.*, 2008; Beeson, 2010; Million *et al.*, 2011), pero, a pesar de los progresos técnicos, la práctica normal en los viveros determina valores de eficiencia de uso de agua (WUE) bajos, al mismo tiempo que contribuye a la contaminación del suelo y de los acuíferos superficiales y subterráneos de la región (Vox *et al.*, 2010). Por estos motivos, hasta un 60 a 80% de los fertilizantes suministrados a una planta en contenedor, pueden perderse debido a la incapacidad de las raíces para interceptarlos en tan poco volumen de sustrato.

Hay una carencia de informaciones fiables sobre las necesidades hídricas y nutritivas de los cultivos, que puedan ser empleadas en los sistemas de control y que ayuden a la toma de las decisiones del fertirriego. Diferentes grupos de investigación tratan de progresar en esta dirección en el ámbito de los

viveros ornamentales (Pardossi *et al.*, 2008; Balendonck, 2010). Tipificar la demanda mineral en función del estado y la fase de desarrollo haría posible ajustar la composición de la solución nutritiva a dicha demanda y esto, unido al ajuste del riego, reduciría considerablemente la carga mineral en los lixiviados (Cabrera, 2003, Alam *et al.* 2009, Roca 2009, Martínez *et al.*, 2010, Roupheal *et al.* 2008; Adamowicz *et al.*, 2012; Narváez *et al.*, 2012).

Por consiguiente, es muy conveniente incorporar información precisa de la demanda de nutrientes por la planta en intervalos de tiempo cortos, particularizados para cada época y fase de crecimiento, con el fin de conseguir un buen manejo del sistema de cultivo en sustrato y en contenedor, y este es el objetivo de este estudio en *Nerium oleander* durante su crecimiento reproductor.

Material y Métodos

El estudio se ha llevado a cabo en plantas de adelfa (*Nerium oleander* L. cv “Rosa Bartolini”), de 180 días de edad procedentes de un cultivo comercial en contenedor de 2.5 L en fibra de coco, en el que han crecido y se les han realizado las prácticas culturales habituales, desde Julio de 2012 hasta Enero 2013. El régimen de fertirrigación en dicho vivero, diario y en exceso, aporta una solución fertilizante (relación N:P:K 3:1:2) gestionada en base al incremento de la conductividad eléctrica (CE) de 0,3 dS/m sobre la correspondiente al agua de riego.

A mitad de Enero, se han colocado un total de 78 plantas a raíz desnuda, tras limpiarlas de sustrato, en dos sistemas aeropónicos y recirculantes, idénticos, que se encuentran en la parte central de un invernadero de policarbonato ubicado en el IVIA, el cual dispone de una serie de sensores de radiación total, interior y exterior, y radiación fotosintéticamente activa (PAR) interior, de temperatura del aire interior y exterior, de temperatura de la solución nutritiva, y de humedad, cuyos datos se registran cada 15 segundos. Uno de los sistemas aeropónicos está provisto de una balanza de precisión que permite obtener el balance hídrico de las 39 plantas cada 5 segundos, además de un sistema automático de recogida de muestras que permite obtener el balance de absorción mineral. La composición de la solución nutritiva utilizada en ambos sistemas aeropónicos ha sido la siguiente: (en mmol. L⁻¹: NO₃⁻ 4,97; H₂PO₄⁻ 0,5; SO₄²⁻ 0,5; NH₄⁺ 0,27; K⁺ 2,5; Ca²⁺ 1,35; Mg²⁺ 0,5; y, 0,025 g L⁻¹ de un complejo de microelementos utilizando EDTA como agente quelante; pH 5,8; CE 0,65 dS/m). Del primer sistema aeropónico se ha determinado la tasa neta de absorción hídrica (TH), calculada mediante $TH = (V1 - V2) / 39$ en L.d⁻¹.pl⁻¹ y, la tasa neta de absorción mineral (TM) mediante $TM = [(V1C1 - V2C2)] / 39$ en mmol.d⁻¹.pl⁻¹, siendo V1 y V2, y C1 y C2 los volúmenes de agua y las concentraciones de macroelementos registrados en el sistema.

La determinación de la concentración de NO₃⁻ se ha realizado por espectrofotometría UV-visible siguiendo el método descrito en Adamowicz *et al.*, (2012), mientras que las de P, K, Ca, y Mg, se han medido simultáneamente por espectrometría de emisión ICP (iCAP-AES 6000, Thermo Scientific. Cambridge, UK).

Para las medidas de crecimiento y desarrollo, se han muestreado del segundo sistema aeropónico 4 plantas enteras en tres momentos, el 8 de Febrero, el 14 de Marzo y el 10 de Abril. Se ha determinado la distribución en raíces, tallos y hojas, tanto en fresco como en seco (en estufa a 70°C hasta peso constante (7 días)). Previamente se ha medido el área foliar con un medidor específico (LI-3100; LICOR, Lincoln, NE) y calculado el área foliar específica dividiendo el área foliar total por el peso seco de las hojas, además de la relación entre los pesos frescos y secos.

El análisis estadístico de datos se ha efectuado aplicando ANOVA, previo test t de Student, y la comparación de medias por el criterio LSD al 95%. La herramienta utilizada para dichos análisis es Statgraphics Plus v.5.1. para Windows (Statgraphics Corp., 2005).

Resultados y Discusión

Para comparar las respuestas de la planta en las absorciones de agua y de minerales en dos fases de desarrollo consecutivas, debe atenderse, en primer lugar, a las variables del clima. En la Tabla 1, se pone de manifiesto un ligero aumento de los niveles térmicos de la parte aérea, paralelos a los de radiación incidente, resultando en un aumento del déficit de presión de vapor (DPV). Podemos esperar una fotosíntesis activa dados los valores de la densidad del flujo fotónico fotosintético (PPFD), para una tasa de fotosíntesis neta (P_n) máxima indicados para otros cultivares de entre 1000 y 1500 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (Niu et al, 2009, Meletiou-Christou & Rhizopoulou, 2012).

Tabla 1. Variables climáticas (medias diarias)

	radiación global (interior) ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	PPFD max (interior) ($\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$)	T aire media (interior) ($^{\circ}\text{C}$)	T aire max (interior) ($^{\circ}\text{C}$)	DPVmax (kPa)	T raíz media ($^{\circ}\text{C}$)
8feb - 14mar	5,90	1002	16,5	29,4	2,25	16,3
14mar - 10abr	6,90	1224	18,5	31,2	2,73	15,8

De los muestreos de planta completa en tres momentos del periodo estudiado no se han detectado diferencias en la materia seca total, (valor medio de 40,9 gramos/planta entera). Considerando del 8 de febrero al 14 de marzo y, del 14 de marzo al 10 de abril, a los periodos de invierno y primavera, respectivamente, se observa en la Tabla 2, que en invierno el reparto relativo de biomasa entre los órganos permanece estable. Sin embargo sí se observan respuestas diferenciadas en el reparto de esta biomasa entre órganos en los dos periodos. Como se muestra en la Tabla 2, aumenta la proporción de materia seca asignada a las raíces en primavera, disminuyendo la asignada a los tallos, pero permanece la de las hojas, lo que resulta en un aumento de la asignación de las reservas al órgano de absorción. Es probable que esto sea una respuesta de la planta al aumento del DPV y la radiación, favoreciendo su capacidad de absorber agua a través de dirigir asimilados hacia la raíz para favorecer su desarrollo, como ocurre en situaciones de déficit hídrico (Bañón *et al.*, 2006).

Tabla 2. Reparto en porcentaje de la materia seca de la planta entera.

	Raíces	Tallos	Hojas	Radical / Aérea
8 febrero	16,8 ± 1,3 b	40,9 ± 1,3 a	42,3 ± 2,3 a	0,20 b
14 marzo	17,5 ± 0,8 b	40,0 ± 0,8 a	42,4 ± 2,1 a	0,21 b
10 abril	26,5 ± 2,6 a	30,5 ± 2,0 b	39,0 ± 2,8 a	0,38 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (test LSD, $p < 0,005$), ($n=4$)

La absorción hídrica se asocia al flujo de transpiración regulado por los estomas que se encuentran en las hojas. Paralelamente al aumento del órgano radical (1,51 veces superior, Tabla 2) durante la primavera, aumenta la superficie foliar total de la planta entera (1,41 veces superior, Tabla 3), órgano evaporativo, sin embargo, cuando este cambio en la superficie de las hojas se refiere a su materia seca, a sus reservas, (Área Foliar Específica) el aumento es muy superior, multiplicándose por 1,72.

Tabla 3. Caracteres de las hojas.

	Área foliar planta entera (cm^2)	Área Foliar Específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$)	Pfresco / Pseco
8 febrero	747,8 ± 41,3 b	43,3 ± 1,11 b	2,7±0,1 b
14 marzo	831,2 ± 60,21 b	45,7 ± 2,65 b	2,8±0,1 b
10 abril	1168,3 ± 72,6 a	78,8 ± 3,8 a	4,3±0,2 a

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (test LSD, $p < 0,005$), ($n=4$)

En la Tabla 4 se aprecia un aumento notable de la tasa de absorción de agua en primavera, que debe asociarse con los niveles mayores de radiación solar y del DPV (mayor demanda evapotranspirativa) y de contenido relativo de agua en la planta tal y como indica la relación Pf/Ps en Tabla 3, de modo similar a lo señalado por Bañón *et al.* (2006).

Sin embargo los niveles de absorción mineral indicados en la Tabla 4 (NO_3^- , K^+ y Ca^{2+}), expresados en mmol por planta, se mantienen similares en invierno y primavera, que, al referirlos al agua absorbida, resultan, en primavera, en concentraciones de absorción inferiores en un 29,0%, 42,5% y 57,3% para NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} , respectivamente.

Tabla 4. Tasas medias diarias de las absorciones de agua, de NO_3^- , de K^+ y de Ca^{2+} y sus correspondientes concentraciones de absorción, en invierno y primavera.

por planta	Agua (mL)	NO_3^- (mmol)	CAN mM	K^+ (mmol)	CAK mM	Ca^{2+} (mmol)	CACa mM
8feb-14 mar	158,4±23,9 b	0,90±0,4 a	5,68	0,60±0,3 a	3,79	0,36±0,2 a	2,27
14mar-10abr	248,0±30,4 a	1,00±0,3 a	4,03	0,54±0,2 a	2,18	0,24±0,1 a	0,97

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (test LSD, $p < 0,05$), ($n=20$). CAN, CAK y CACa: Concentraciones de absorción de NO_3^- , K^+ y Ca^{2+} en mmol por litro de agua absorbida (en mmol. $\text{L}^{-1} = \text{mM}$).

La adelfa es una planta considerada de bajo consumo en fertilizantes minerales tal y como han evidenciado Lombardi *et al* (2009). Aunque se han determinado las concentraciones de fósforo y de magnesio de las muestras recogidas, no ha sido posible aportar valores fiables de sus tasas diarias de absorción, esto es así porque los niveles de demanda de estos elementos son muy inferiores a los de N, K y Ca, por lo que, para obtener tasas de absorción fiables, deberán referirse a escalas de tiempo superiores al día, y periodos de muestreo superiores al de este trabajo.

Huché-Thelier *et al.* (2006) en el caso de *Ligustrum ovalifolium*, señalan la autonomía nutritiva de esta planta, a causa de su capacidad de movilización de nutrientes, lo que facilitaría modular el suministro de fertilizantes reduciendo su aporte.

En nuestro caso, a falta de contrastar con los contenidos minerales en las plantas analizadas, los cuales se están procesando, y por lo que aquí se expone, es plausible indicar que, al igual que en otras plantas arbustivas, en adelfa, durante el crecimiento vegetativo en el verano y en el otoño previos, se absorbe la mayor parte de los nutrientes minerales, acumulándose en reservas para emplearlos a lo largo del invierno y especialmente al inicio de la primavera, para hacer su desarrollo reproductor y el inicio de la floración.

Esto sugiere que a lo largo del invierno y la primavera, hasta el momento de venta de las plantas, probablemente el aporte mineral deba ser en cantidades muy reducidas. De confirmarse esto, podría significar un ahorro considerable de fertilizantes para los viveros y se evitarían numerosos vertidos al medio ambiente.

Conclusiones

Al inicio de la primavera la planta da prioridad a su desarrollo radicular frente al aéreo, como adaptación al cambio de las condiciones climáticas con mayor demanda de transpiración. Este hecho puede ser positivo de cara al próximo transporte a mercados distantes.

La superficie foliar de la planta aumenta en dicho periodo, pero no obstante esto, el aumento de la tasa de absorción de agua es notable y asimismo la relación Pf/Ps, lo que indica una buena adaptación de la planta a las condiciones de la estación.

Como conclusión práctica, se pone en evidencia la conveniencia de reducir al mínimo los aportes de fertilizantes durante el invierno y la primavera, hasta la venta de las plantas. De este modo sería posible aumentar la eficiencia de uso de los abonos y se minimizaría el impacto sobre el medio ambiente.

Agradecimientos

Este trabajo es parte del proyecto IVIA 5221 “Mejora de la fertirrigación de la planta ornamental en contenedor”, financiado por la Generalitat Valenciana.

Bibliografía

- Adamowicz, S., Le Bot, J., Magan, R.H., Fabre J. (2012). Totomatix: a novel automatic set-up to control diurnal, diel and long-term plant nitrate nutrition. *Annals of Botany*, **109**, 309–319.
- Alam, M.Z., Chong, C., Llewellyn, J., Lumis, G.P. (2009). Evaluating Fertilization and Water Practices to Minimize NO₃-N Leachate from Container-grown Forsythia. *HortScience*, **44**, 1833-1837.
- Balendonck, J. (2010). FLOW-AID Farm level optimal water management assistant for irrigation under deficit: More crop per drop. WUR, Greenhouse Horticulture, Wageningen, The Netherlands. Available from <http://documents.plant.wur.nl/wurglas/flowaid.pdf>.
- Bañon, S., Ochoa, J., Franco, J.A., Alarcón, J.J., Sánchez-Blanco, M.J. (2006). Hardening of oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. *Environmental and Experimental Botany* **56**, 36-43.
- Beeson, R.C. (2010). Modeling actual evapotranspiration of *Viburnum odoratissimum* during production from rooted cuttings to market size plants in 11.4L containers. *HortScience*, **45**(8),1260–1264.
- Cabrera, R.I. (2003). Nitrogen balance for two-container grown woody ornamental plants. *Scientia Horticulturae*, **97**, 297–308.
- Hall, T.J., Dennis, J.H., Lopez, R.G., Marshall, M.I. (2009). Factors affecting growers’ willingness to adopt sustainable floriculture practices. *HortScience* **44**(5), 1346–1351.
- Huché-Thelie L., Guerin V., Charpentier S. (2006). Interactions between N, P and C mobilisations during spring growth of a semi-evergreen shrub (*Ligustrum ovalifolium* L.) grown in containers with different fertilisation schedules. *Scientia Horticulturae* **107**, 297-305.
- Lenzi, A., Pittas, L., Martinelli, T., Lombardi, P., Tesi, R. (2009). Response to water stress of some oleander cultivars suitable for pot plant production. *Scientia Horticulturae*, **122**(3), 426-431.
- Lombardi, P., Lenzi, A., Tesi, R. (2003). Compact oleander cultivars (*Nerium oleander* L.) for flowering pot production. *Culture Protette* **23**(2):79-83.
- Lombardi, P., Lenzi, A., Tesi, R. (2004). Effect of increasing fertilizer doses on oleander for flowering pot production (*Nerium oleander* L.). *Culture Protette* **33**(6):75-83.
- Martínez, P.F., Roca, D., Belda, R.M. (2010). El control del fertirriego en los cultivos sin suelo. *Horticultura Global*, **290**, 12-19.
- Meletioui-Christou, M.S., Rhizopoulou, S. (2012). Constrains of photosynthetic performance and water status of four evergreen species co-occurring under field conditions. *Botanical Studies* **53**, 325-334.
- Million, J.B., Yeager, T.H., Albano, J.P. (2010). Evapotranspiration-based Irrigation Scheduling for Container-grown *Viburnum odoratissimum* (L.) Ker Gawl. *HortScience*, **45**(11), 1741-1746.
- Million, J.B., Ritchie, J., Yeager, T.H., Larsen, C.A., Warner, C.D., Albano, J.P. (2011). CCROP—Simulation model for container-grown nursery plant production. *Scientia Horticulturae*, **130**, 874–886.
- Narváez, L., Cáceres, R., Marfá, O. (2012). Effects of climate and fertilization strategy on nitrogen balance in an outdoor potted crop of *Viburnum tinus* L. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **10**(2), 471-481.
- Niu, GH., Rodriguez, DS., Mackay, W. (2008). Growth and physiological responses to drought stress in four oleander clones. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, **133**, 188-196.
- Pardossi, A., Incrocci, I., Incrocci, G. & Marzalletti, P. (2008). What limits and how to improve water and nutrient efficiency in outdoor container cultivation of ornamental nursery stocks, *Acta Horticulturae*, **843**, 73-80.
- Roca, M.D. (2009). Absorción de nitrato en cultivo sin suelo. estudio de las implicaciones agronómicas y fisiológicas como base para optimizar el manejo de la fertilización. Aplicación a un cultivo de rosas. Tesis Doctoral. DPV-UPV. ISBN 9788469299616.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Colla, G. (2008). The influence of irrigation system and nutrient solution concentration on potted geranium production under various conditions of radiation and temperature. *Scientia Horticulturae*, **118**, 328–337.
- Vox, G., Teitel, M., Pardossi, A., Minuto, A., Tinivella, F. & Schettini, E. (2010). Agriculture: technology, planning and management, in Salazar, A., Rios, I. (Eds.), Sustainable greenhouse systems, Nova Science Publishers, New York, pp. 1-79.