

Efecto del uso de hidrogel en un sustrato formulado con turba *Sphagnum* y otro con turba subtropical para la producción de plantines de *Impatiens walleriana*

Barbaro, L.A.; M.A. Karlanián y D.S. Leguizamón

RESUMEN

Se evaluó la incorporación de hidrogel al sustrato para la producción de plantines de *Impatiens walleriana*. Los ensayos se realizaron en otoño/invierno y en primavera. Tratamientos: T1) sustrato A + 0,5 g L⁻¹, T2) sustrato A + 1g L⁻¹, T3) sustrato A + 1,5 g L⁻¹, T4) sustrato A sin hidrogel, T5) sustrato B + 0,5 g L⁻¹, T6) sustrato B + 1 g L⁻¹, T7) sustrato B + 1,5 g L⁻¹, T8) sustrato B sin hidrogel. A cada sustrato se analizó el porcentaje de poros con aire, agua y total. Se contabilizó el agua de riego utilizada por tratamiento y al finalizar, se midió la masa seca radical (MSR), aérea (MSA) y la relación MSA/MSR de cada plantín. No hubo diferencias de poros con aire y agua entre tratamientos de un mismo sustrato. En el primer ensayo, el agua de riego fue inferior en el T8, sin diferencias entre los restantes tratamientos; en el segundo ensayo fue menor en el T7. En ambos ensayos, en tratamientos de un mismo sustrato, tuvieron mayor MSA los plantines de los tratamientos con 1,5 g de hidrogel, excepto el sustrato B del primer ensayo. La incorporación del hidrogel no disminuyó considerablemente el agua de riego, pero favoreció el desarrollo de los plantines.

Palabras clave: hidrogel, sustrato, *Impatiens walleriana*.

Barbaro, L.A.; M.A. Karlanián and D.S. Leguizamón, 2015. Effect of the use of hydrogel in a substrate formulated with *Sphagnum* peat and other with subtropical peat to produce seedlings of *Impatiens walleriana*. Agriscientia 32 (2): 123-129

SUMMARY

The incorporation of hydrogel in the substrate was evaluated for seedling production *Impatiens walleriana*. The trials were performed in Autumn/Winter and Spring. Treatments : T1) substrate A + 0,5 g L⁻¹, T2) substrate A + 1 g L⁻¹, T3) substrate A + 1,5 g L⁻¹, T4) substrate B without hydrogel, T5) substrate B + 0,5 g L⁻¹, T6) substrate B + 1 g L⁻¹, T7) substrate B + 1,5 g L⁻¹, T8) substrate A without hydrogel. In every substrate it was analyzed the percentage with air pores, water holding capacity pores and total pores. Irrigation water in each

treatment was recorded and it was measured the root dry mass (MSR), above ground dry mass (MSA) and the relationship MSA/MSR of each seedling. There were no differences in soil pores and water holding capacity pores between treatments of the same substrate. In the first trial, the irrigation water was lower in the T8, without differences between the other treatments and in the second trial it was lower in the T7. In both trials and treatments of the same substrate, there was higher MSA in seedlings of treatments with 1.5 g hydrogel, except the substrate B of the first trial. The incorporation of hydrogel did not significantly reduce the irrigation water needs but favored the increase of seedling MSA.

Keywords: hydrogel, substrate, *Impatiens walleriana*.

L.A. Barbaro y M.A. Karlanian: Instituto de Floricultura del INTA, De los Reseros y Las Cabañas (CP1686). D.S. Leguizamón: Universidad de Morón, Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias. Cabildo 134 (B1708JPD), 6° piso. Morón, Buenos Aires, Argentina. Correspondencia a: barbaro.lorena@inta.gob.

INTRODUCCIÓN

El sustrato es una mezcla compuesta por uno o más materiales, los cuales tendrán distintos tamaños de partículas que según su distribución determinarán el porcentaje de capacidad de retención de agua y porosidad de aireación (Raviv & Lieth, 2008). La relación entre estas dos variables es uno de los factores que va a determinar el manejo adecuado del riego.

Actualmente, en la formulación de sustratos se están utilizando como aditivo hidrogeles, polímeros o superabsorbentes, que tienen como función aumentar la capacidad de retención de agua y aireación y reducir la frecuencia de riego (Fonteno & Bilderback, 1993). Este producto hace varias décadas que es empleado como acondicionador en suelos, para mejorar el establecimiento y crecimiento vegetal, en especial, en regiones con escasos recursos hídricos (Narjary *et al.*, 2012).

Los hidrogeles son materiales sintéticos industriales, en general a base de poliacrilamidas reticuladas, que toman consistencia de gel en presencia de agua y retienen cantidades de agua equivalentes a cientos de veces su peso seco (Tittonell *et al.*, 2002; Lemaire *et al.*, 2005).

La literatura sobre el tema muestra que el empleo de este producto como aditivo en sustratos, tuvo resultados muy variables. Según Lemaire *et al.* (2005) al incorporar hidrogel en sustratos con alta porosidad de aire, la retención de agua aumenta poco; además, el agua almacenada por el

hidrogel está fuertemente retenida y difícilmente accesible por el sistema radicular, lo que hace que las plantas desarrolladas en sustratos con este producto, se marchiten más rápidamente luego de interrumpir los riegos. Frantz & Locke (2005) reportan que la incorporación de hidrogel en un sustrato con turba *Sphagnum* y perlita (70:30v/v) permitió disminuir el riego inicial de la producción de plántines de alegría del hogar (*Impatiens hawkeri* Bull.) y pensamiento (*Viola wittrockiana* Gams.), aunque al finalizar requirieron tantos riegos como en sustrato sin hidrogel. Arbona *et al.* (2005) agregaron hidrogel (0,2% o 0,4%) a dos tipos de sustratos, uno sólo con perlita y otro con turba *Shagnum* y perlita (80:20) donde evaluaron el desarrollo de plantas de cítricos de uno y dos años de edad bajo condiciones de riego y periodos sin riego/recuperación repetidos; los autores concluyeron que la incorporación de hidrogel a los sustratos reducía los efectos dañinos de la sequía de las plantas de cítricos. Gehring & Lewis (1980) consiguieron que la caléndula (*Tagetes patula* L.) y la zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) crezcan en un sustrato con turba e hidrogel sin marchitarse tan rápidamente y con menor tensión de humedad interna que las plantas desarrolladas en el mismo sustrato sin hidrogel. Es decir, que si bien el hidrogel ha sido estudiado, los resultados son diferentes según la especie, tipo de sustrato y condiciones hídricas, por lo que no hay una respuesta generalizada con respecto al uso del hidrogel como aditivo en sustratos.

En este trabajo, se evaluó el efecto del hidrogel (copolímero acrílico-acrilamida a base de potasio)

sobre las propiedades físicas de dos tipos de sustratos y la producción de plantines de alegría del hogar (*Impatiens walleriana* Hook.f.) en comparación con ambos sustratos sin hidrogel, mediante el análisis físico de los sustratos y la contabilidad del volumen de agua requerido durante el cultivo y la masa seca de las plantas producidas en otoño/invierno y en primavera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en instalaciones del Instituto de Floricultura del INTA, provincia de Buenos Aires, Argentina (34° 36' S, 58° 40' O).

Se utilizaron dos tipos de sustratos: A) sustrato comercial (Dynamics) compuesto por turba *Sphagnum*, perlita y vermiculita, con un pH de 5,6; conductividad eléctrica: 0,9 dS m⁻¹; densidad aparente: 100 kg m⁻³; 85% de materia orgánica; 24% de partículas >3,35 mm; 27% de partículas de entre 3,35 y 1 mm; 51% de partículas <1mm; 20% de porosidad de aireación; 72% de capacidad de retención de agua y 92% de espacio poroso total. B) sustrato elaborado en el INTA, compuesto por turba subtropical y corteza de pino compostada, con un pH de 5,4; conductividad eléctrica: 0,4 dS m⁻¹; densidad aparente: 200 kg m⁻³; 62% de materia orgánica; 13% de partículas >3,35 mm; 37% de partículas de entre 3,35 y 1 mm; 49% de partículas <1mm; 41% de porosidad de aireación; 48% de capacidad de retención de agua y 89% de espacio poroso total.

El hidrogel empleado fue un copolímero acrílico-acrilamida a base de potasio (Evonik, stockosorb 660 powder).

El ensayo se realizó en dos épocas del año: otoño/invierno del 4/06/2014 al 23/07/2014 y primavera del 5/11/2014 al 5/12/2014. Estuvo conformado por ocho tratamientos con tres repeticiones cada uno; la unidad experimental fue de cuatro macetas de 10 cm de diámetro (750 cm³). Los tratamientos fueron 1) sustrato A + 0,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato, 2) sustrato A + 1 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato, 3) sustrato A + 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato, 4) sustrato A sin hidrogel, 5) sustrato B + 0,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato, 6) sustrato B + 1 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato, 7) sustrato B + 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato, 8) sustrato B sin hidrogel.

Se prepararon 20 litros de sustrato por cada tratamiento. La dosis de hidrogel correspondiente se mezcló con 2 litros de sustrato seco, que luego se incorporó a los 18 litros restantes (H^o aprox. 50%) mezclando varias veces para lograr un sustrato homogéneo.

Se tomó una muestra de cada sustrato y se realizó un análisis de porcentaje de porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA) y espacio poroso total (EPT) con el método de De Boodt mediante los lechos de arena (De Boodt *et al.*, 1974).

Todas las macetas una vez cargadas con el sustrato correspondiente se colocaron sobre una mesada bajo invernáculo y se regaron dos veces. Al siguiente día se llevaron a capacidad de contenedor. Por repetición, se colocaron las macetas en una batea sobre una rejilla. Se llenó con agua la batea lentamente hasta el nivel del sustrato de la maceta y se esperó 5 minutos. Se retiraron las macetas de la batea y se colocaron sobre la mesada dejando que drenen hasta no observar más gotas por los orificios inferiores de la maceta. Se pesó cada maceta y se registró el valor (valor inicial). Finalmente, se trasplantó en cada maceta un plantín de alegría del hogar (*Impatiens walleriana* Hook. f. var. Accent White).

El riego se realizó dos veces por semana de la siguiente manera: se pesó cada maceta (valor actual) y si la diferencia del valor inicial y actual era superior al 25% inclusive se incorporaba la cantidad de agua necesaria a cada maceta manualmente mediante un vaso de precipitado para llegar nuevamente al valor inicial. Para obtener el valor de la cantidad de agua de riego requerida en cada tratamiento se contabilizaron los mililitros de agua incorporada en cada maceta durante todo el ensayo.

Se fertilizó con un fertilizante de liberación lenta (Basacote® Plus 3M, NPK 16-8-12+2 Mg con micronutrientes) cuya dosis fue de 1 g por planta.

Las temperaturas mínimas y máximas promedio en el invernáculo durante el ensayo fueron de 11,4 °C y 26,7 °C en otoño/invierno y 14,3 °C y 32,8 °C en primavera.

Cuando el 50% de las plantas de alegría del hogar cubrieron el diámetro de la maceta, se dio por finalizado el ensayo. Se separó la parte radical y aérea de cada planta, se llevó a estufa a 60 °C hasta peso constante y finalmente se registró la masa seca radical y aérea; además, con estos valores se calculó la relación masa seca aérea/masa seca radical (MSA/MSR).

Con los datos obtenidos de los análisis realizados a los sustratos y del ensayo con plantas de alegría del hogar, se realizó un análisis de varianza y test de Tukey (P<0,05) para comparación de medias. El software estadístico utilizado fue el programa InfoStat versión 2009 (Di Rienzo *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de porosidad de los sustratos evaluados

El sustrato A sin la incorporación de hidrogel tuvo mayor CRA y menor PA que el sustrato B sin la incorporación de hidrogel (Figura 1).

Al incorporar el hidrogel en ambos sustratos, hubo un incremento de la CRA y una disminución de la PA, pero sin diferencias entre las dosis aplicadas. Resultados similares obtuvieron Bowman *et al.* (1990), quienes demostraron que al incorporar hidrogel en el sustrato no había ningún efecto sobre las propiedades físicas, mientras que Wang & Gregg (1990) informaron un aumento de la CRA de 6% a 18% sobre diferentes sustratos.

Una de las principales propiedades físicas que requiere un sustrato es una buena distribución de poros con aire y agua (Raviv & Lieth, 2008; Vence *et al.*, 2013). El rango óptimo de PA debería variar entre 20 y 30% y la CRA entre 24 y 40% (Abad *et al.*, 2001, 2004). En este sentido, el sustrato A sin hidrogel tenía una PA dentro del rango óptimo, pero el sustrato B sin hidrogel superó este rango. En cuanto a la CRA, ambos sustratos superaron el rango, aunque el sustrato B tuvo valores más cercanos al límite superior.

Una de las ventajas del hidrogel al ser incorpo-

rado a los sustratos es aumentar la CRA (Fonteno & Bilderback, 1993), pero esto no ocurrió, probablemente debido a la alta CRA inicial que tenían ambos sustratos. Farrell *et al.* (2013) incorporaron diferentes tipos de hidrogel en sustratos con diferentes tamaños de partículas y observaron un aumento de la CRA en los sustratos con textura gruesa *versus* ningún aumento en sustratos con textura fina; por consiguiente, es posible que el efecto del hidrogel en la CRA dependa del tamaño de partícula del sustrato. En relación a estos resultados, ambos sustratos (A y B) poseían mayor porcentaje de partículas finas (<1 mm) y menor porcentaje de partículas gruesas (>1 mm), es decir, que no se caracterizaban por ser sustratos de textura gruesa; por lo tanto, es razonable que el hidrogel no haya tenido influencia en la CRA de los sustratos evaluados.

Cantidad de agua de riego necesaria y masa seca de las plantas de alegría del hogar

En el ensayo de otoño/invierno no se encontraron diferencias en la cantidad de agua de riego que se necesitó en cada tratamiento (Figura 2), excepto en el tratamiento con sustrato B + 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato que tuvo un valor inferior y se diferenció del tratamiento con sustrato B + 0,5 g

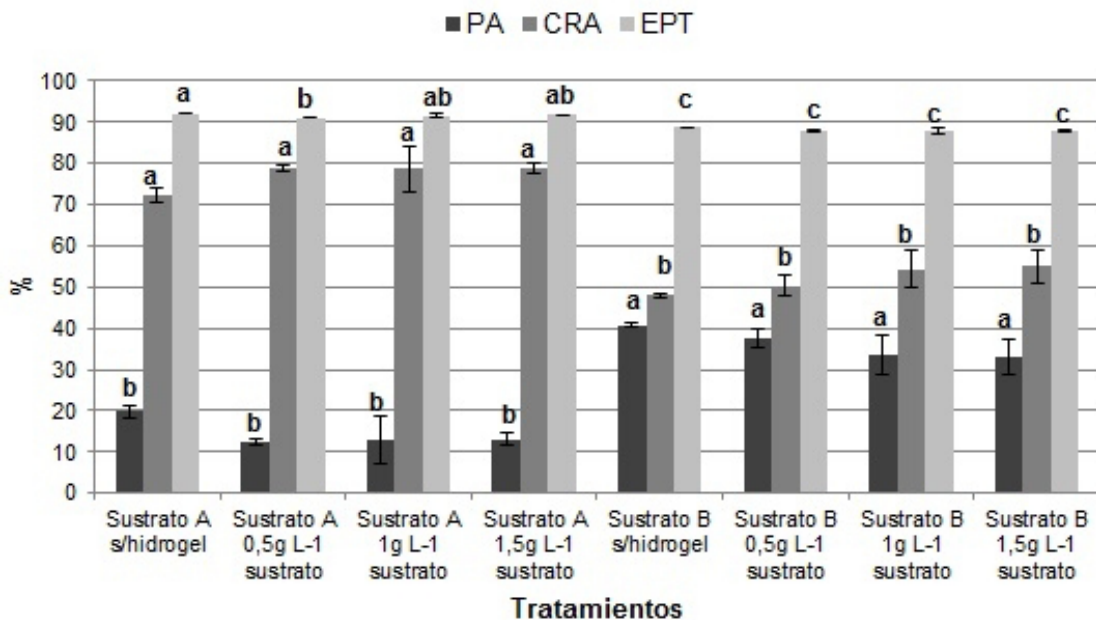


Figura 1. Porosidad de aireación (PA), capacidad de retención de agua (CRA) y espacio poros total (EPT) de los sustratos evaluados. Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

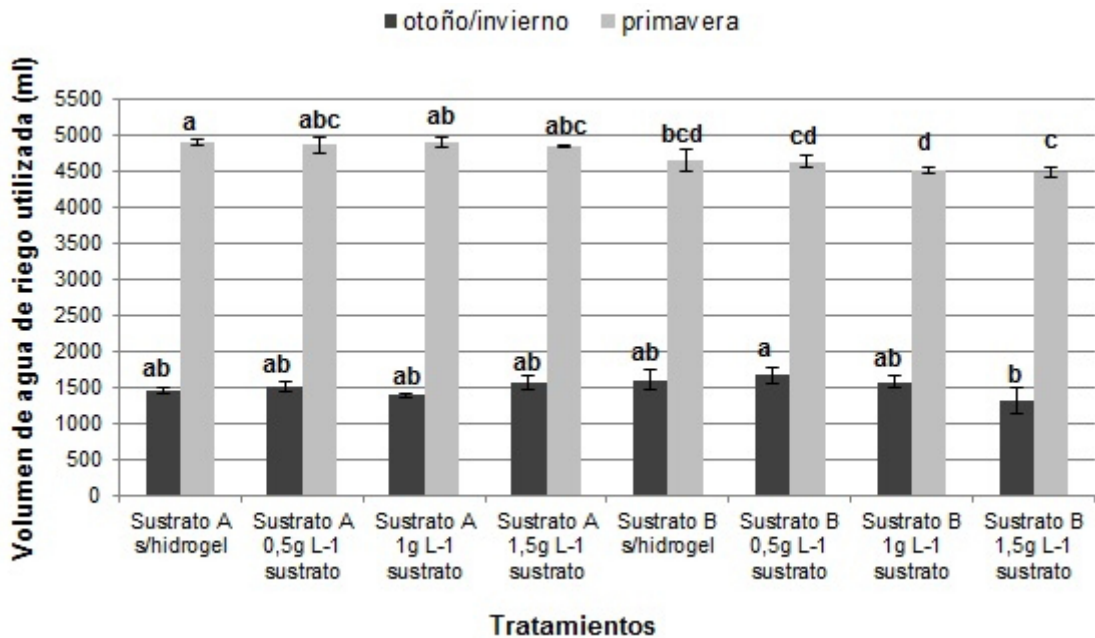


Figura 2. Volumen de agua utilizada por cada tratamiento en el ensayo de otoño/invierno y primavera. Barras verticales en cada punto indican intervalo de confianza de 95%.

de hidrogel L⁻¹ de sustrato.

En el ensayo de primavera no hubo diferencias entre los tratamientos con sustrato A ni entre los tratamientos con sustrato B (Figura 2); en cambio, sí se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con sustrato A con respecto a los tratamientos con sustrato B con incorporación de 1 y 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato. Estos últimos requirieron menor cantidad de agua de riego, pero esta diferencia no se puede atribuir a la presencia de hidrogel, ya que ambos sustratos tenían una CRA diferente. En este sentido, el sustrato B poseía una menor CRA por lo que su requerimiento hídrico era menor.

Ambos ensayos requirieron de ocho riegos, cada 5-6 días en otoño/invierno y cada 3-4 días en primavera, en todos los tratamientos. La incorporación de hidrogel no permitió una disminución de la cantidad de agua de riego necesaria para las plantas.

Con respecto a la masa seca de las plantas, en el ensayo de otoño/invierno las plantas desarrolladas en los tratamientos con sustrato B con 0,5; 1 y 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato tuvieron mayor masa que en los tratamientos con sustrato A sin hidrogel y con 0,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato. En cuanto a la masa seca radical, las plantas desarrolladas en los tratamientos con sustrato B con 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato tuvieron mayor masa

que en los tratamientos con sustrato A sin hidrogel, con 0,5 y 1 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato (Tabla 1). Sólo en el tratamiento con sustrato A con 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato las plantas lograron mayor masa seca aérea y radical con respecto al mismo sustrato sin hidrogel y con 0,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato.

En el ensayo de primavera las plantas de alegría del hogar tuvieron una mayor masa seca aérea en los tratamientos con sustrato A, diferenciándose de los tratamientos con sustrato B y una mayor masa seca radical en los sustratos A con 0,5 y 1 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato y sin éste, diferenciándose de los restantes tratamientos. (Tabla 1). No hubo diferencias entre los tratamientos con sustrato A o entre los tratamientos con sustrato B.

La masa seca aérea de las plantas de los tratamientos con sustrato B con incorporación de 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato fue mayor que las desarrolladas en los restantes tratamientos con sustrato B, obteniendo un 17% más masa que las plantas del tratamiento con sustrato B sin hidrogel.

En cuanto a la relación MSA/MSR (Tabla 2), en el ensayo de otoño/invierno no hubo diferencias significativas; en cambio, en el ensayo de primavera las plantas desarrolladas en el sustrato A con 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato tuvieron una mayor relación y se diferenciaron de las desarrolladas en el sustrato A sin gel y los sustratos B con 0,5 g de

Tabla 1. Masa seca aérea (MSA) y radicular (MSR) de las planas de alegría del hogar desarrolladas en el ensayo de otoño/invierno y primavera.

Sustrato	Dosis de hidrogel (g L ⁻¹ de sustrato)	Otoño/invierno				Primavera			
		MSA (g)		MSR (g)		MSA (g)		MSR (g)	
A	0	0,569	b	0,145	bc	1,811	ab	0,419	a
A	0,5	0,525	b	0,122	c	1,690	abcd	0,369	ab
A	1	0,628	ab	0,124	c	1,768	abc	0,285	abc
A	1,5	0,670	ab	0,174	abc	1,857	a	0,264	bc
B	0	0,692	ab	0,167	abc	1,205	e	0,240	bc
B	0,5	0,862	a	0,185	abc	1,291	de	0,192	c
B	1	0,850	a	0,230	ab	1,365	cde	0,229	bc
B	1,5	0,853	a	0,235	a	1,440	bcde	0,233	bc

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre filas de una misma columna.

Tabla 2. Relación de la masa seca aérea/radicular (MSA/MSR) de las planas de alegría del hogar desarrolladas en el ensayo de otoño/invierno y primavera.

Sustrato	Dosis de hidrogel (g L ⁻¹ de sustrato)	MSA/MSR			
		Otoño/invierno		Primavera	
A	0	4,0	a	4,4	c
A	0,5	4,4	a	4,8	bc
A	1	5,1	a	6,2	abc
A	1,5	3,9	a	7,0	a
B	0	4,1	a	5,0	bc
B	0,5	4,8	a	6,7	ab
B	1	3,8	a	6,0	abc
B	1,5	3,7	a	6,2	abc

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre filas de una misma columna.

hidrogel L⁻¹ de sustrato y sin éste.

En los resultados obtenidos se observa que la relación de poros con aire y agua del sustrato tuvo influencia en el desarrollo de la planta. La plantas del sustrato B (con hidrogel y sin éste), cuya CRA promedio era de 52%, tuvieron mayor masa seca en otoño/invierno, época en que la radiación y la temperatura es menor, por lo que las plantas transpiran menos y disminuye el consumo de agua. En cambio, en primavera, época de mayor consumo de agua por parte de las plantas, tuvieron mayor masa seca las plantas desarrolladas en el sustrato A (hidrogel y sin éste), cuya CRA promedio era de 77%. Estas relaciones de poros con aire y agua en cada época del año, permitieron que haya una correcta aireación aportando oxígeno al sistema radical y permitiendo la evacuación del CO₂ producido por las raíces y microorganismos (Lemaire *et al.*, 2005).

También se observó que si bien la incorporación de hidrogel no tuvo un beneficio en cuanto a la disminución de la cantidad de agua de riego requerida, posiblemente sí lo tuvo en cuanto a la disminución de las pérdidas de nutrientes por lixi-

viación y lavado. En especial, la dosis de 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato, que permitió una mayor masa seca aérea de los plantines en el sustrato A en otoño/invierno y en el sustrato B en primavera, comparados con los tratamientos de igual sustrato sin hidrogel. Esta es una ventaja que también se le atribuye al hidrogel (Save *et al.*, 1995). Resultados similares obtuvo Nissen (1994) con combinaciones de hidrogel y fertilizante de liberación lenta, logrando un aumento significativo en la materia seca de la lechuga (*Lactuca sativa* L.), como también Tittonell *et al.* (2002) quienes evaluaron el desarrollo de plantines de pimientos (*Capsicum annuum* L.) en un sustrato con turba *Sphagnum*, perlita y material vegetal compostado, otro con turba *Sphagnum* y perlita y un sustrato comercial compuesto por turba *Sphagnum*, compost orgánico, perlita y vermiculita. Todos estos sustratos fueron evaluados con el agregado de hidrogel (6 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato) y sin éste. Como resultado todos los tratamientos recibieron similares condiciones de irrigación. Pero los autores observaron que la masa seca final de los plantines se incrementó afectada por el agregado del hidrogel en todos los sustratos evaluados; sin embargo, este efecto fue menor a medida que aumentó el contenido de compost en el medio. Tittonell *et al.* (2002) también concluyeron que el principal efecto del hidrogel fue disminuir la lixiviación de nutrientes desde la matriz del sustrato, debido a la mayor retención hídrica y a un aumento de la capacidad de intercambio de iones.

Los resultados obtenidos son preliminares y permiten elaborar otros ensayos para complementar la investigación. A futuro se evaluará la incorporación de hidrogel en sustratos con CRA menor a 48%, el empleo de dosis mayores a 1,5 g de hidrogel L⁻¹ de sustrato, sus efectos en la retención de agua y lixiviación de nutrientes y se elaborarán curvas de tensión a cada sustrato evaluado.

AGRADECIMIENTOS

Los datos presentados en este trabajo fueron obtenidos en el marco de un servicio técnico realizado a la empresa Evonik Degussa Argentina SA.

BIBLIOGRAFIA

- Abad, M.; P. Noguera and S. Burés, 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technol.* 77: 197-200.
- Abad, M.; P. Noguera y C. Carrion, 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En Urrestarazu Gavilan M. (Ed): Tratado de cultivo sin suelo. Mundi prensa. España. pp. 113-158.
- Arbona, V.; D.J. Iglesias, J. Jacas, E. Primo-Millo, M. Talon and A. Gómez-Cadenas, 2005. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant and Soil*, 270 (1): 73-82.
- Bowman, D.C.; R.Y. Evans and J.L. Paul, 1990. Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide hydrogels and affect physical properties of gel-amended container media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 382-386.
- De Boodt, M.; O. Verdonck and J. Cappaert, 1974. Methods for measuring the waterrelease curve of organic substrates. *Acta Hortic.* 37: 2054-2062.
- Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C.W. Robledo, 2009. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <<http://www.infostat.com.ar>> Consultada el 10/12/2014..
- Farrell, C.; X.Q. Ang and J.P. Rayner, 2013. Water-retention additives increase plant available water in green roof substrates. *Ecological Engineering* 52: 112-118
- Fonteno, W.C. and T.E. Bilderback, 1993. Impact of Hydrogel on Physical Properties of Coarse-structured Horticultural Substrates. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118 (2): 217-222.
- Frantz, J.M.; J.C. Locke, D.S. Pitchay and C.R. Krause, 2005. Actual performance versus theoretical advantages of polyacrylamide hydrogel throughout bedding plant production. *HortScience*, 40 (7): 2040-2046.
- Gehring, J.M. and A. J. Lewis, 1980. Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 105 (4): 511-513.
- Narjary, B.; P. Aggarwal, A. Singh, D. Chakraborty and R. Singh, 2012. Water availability in different soils in relation to hydrogel application. *Geoderma* 187: 94-101.
- Nissen, M.J., 1994. Uso de hidrogeles en la producción de frambuesas (*Rubus idaeus*) del sur de Chile. *Agro-Sur* 22 (2): 160-165.
- Lemaire, F.; A. Dartigues, L. Riviere, S. Charpentier y P. Morel, 2005. Cultivos en macetas y contenedores: Principios agronómicos y aplicaciones. Mundi-Prensa. Madrid, 110 pp.
- Raviv, M. and J.H. Lieth, 2008. Soilless culture: theory and practice. Elsevier. 587 pp.
- Save, R.; M. Pery, O. Marfa and L. Serrano, 1995. The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *HortTechnology* 5: 141-143.
- Tittonell, P.A.; J. De Grazia y A. Chiesa, 2002. Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento. *Horticultura Brasileira* 20 (4): 641-645.
- Vence, L.B.; O.R. Valenzuela, H.A. Svartz y M.E. Conti, 2013. Elección del sustrato y manejo del riego utilizando como herramienta las curvas de retención de agua. *Revista Ciencia del Suelo (Argentina)* 31(2): 153-164.
- Wang, Y.T. and L.L. Gregg, 1990. Hydrophilic polymers-their response to amendments and effect on properties of a soilless potting mix. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 943-948.