

EMERGENCIA Y TASA DE CRECIMIENTO INICIAL EN PLANTINES DE PIMIENTO CULTIVADOS EN SUSTRATOS ADICIONADOS CON POLÍMEROS SUPERABSORBENTES¹

Pablo Tiftonell²
Javier De Grazia²
Angel Chiesa²

RESUMEN

Los polímeros sintéticos con alta capacidad de retención hídrica — aditivos diseñados para mejorar el establecimiento de plantas en ambientes áridos — son beneficiosos para el crecimiento de hortalizas bajo condiciones de estrés hídrico. Investigaciones previas mostraron que los polímeros son de utilidad incorporando nutrientes e incrementando la retención de agua en el medio de cultivo. Existen tres grupos principales de polímero, algunos adicionados con nutrientes y hormonas de crecimiento. Polímeros con nutrientes se emplearon para evaluar su aptitud en la producción de plantines de pimiento. Se realizaron dos ensayos bajo condiciones térmicas contrastantes, utilizando mezclas preparadas con y sin materiales compostados. Se evaluó emergencia y tasa de crecimiento inicial de los plantines. La adición de polímeros al sustrato permite mejorar la velocidad y uniformidad de la emergencia. El efecto de los polímeros sobre la tasa de crecimiento inicial de los plantines de pimiento es poco claro, aunque la calidad del plantín tiende a mejorar

Palabras clave: *Capsicum annuum*, aditivos, transplantes, retención hídrica, estrés térmico, compost.

¹ Aceptado para publicación en 12.09.2003.

² Cátedra de Horticultura y Floricultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ruta N° 4, Km 2, Llavallol (1836), Buenos Aires, Argentina. E-mail: degrazia@agrarias.net

ABSTRACT

EMERGENCE AND INITIAL GROWTH RATE IN PEPPER TRANSPLANTS IN SUBSTRATES ADDED WITH HYDROPHILIC POLYMERS

Water-storing synthetic polymers — soil additives designed to improve plant establishment and growth in arid environments — were shown to be beneficial to horticultural plants grown under conditions of much lower water stress. Previous research has shown that they are useful when added to low nutrient-holding and water-retaining growing media. There are different types of polymers used in these applications, some of them added with nutrients and growth starters. One of the latter group has been employed in this trial to evaluate its advantages in pepper seedling production. Emergence, initial growth rate and quality traits of pepper seedlings, grown on two peat-based growing media (with and without compost), were evaluated under two different thermal conditions. Emergence speed and uniformity improved with polymer addition to both substrates. Seedling quality traits improved with polymer addition, while the effect on initial growth rate was less clear.

Key words: *Capsicum annuum*, additives, seedlings, water retention, thermal stress, compost.

INTRODUCCIÓN

Los polímeros sintéticos, comúnmente llamados superabsorbentes por su alta capacidad de retención hídrica, son aditivos que fueron diseñados para mejorar el establecimiento y el crecimiento vegetal en suelos de ambientes áridos (2, 4, 10). Al hidratarse, los gránulos secos de los polímeros se gelifican formando partículas que retienen cantidades de agua equivalentes a cientos de veces su peso seco. Los fragmentos de gel resultantes se comportan como pequeños reservorios individuales que presentan la mayor parte de su humedad almacenada en forma disponible para las plantas. La influencia de estos polímeros sobre la dinámica del agua dentro del suelo y su efecto positivo sobre la disponibilidad hídrica para las plantas en los medios de cultivo ha sido ampliamente documentada (8, 11, 14, 15, 16).

La literatura ofrece, además, creciente evidencia que el empleo de estos polímeros no sólo es útil bajo condiciones de extrema aridez, sino que algunos de ellos resultan beneficiosos en la producción de especies hortícolas, cultivadas en condiciones de estrés hídrico moderadas (5, 12, 15, 16) y se ha demostrado que mejoran la eficiencia en el uso del agua en diferentes sistemas de cultivo (1, 3, 9, 16). La etapa inicial en el crecimiento de los plantines constituye el momento más crítico en su producción, razón por la cual la misma debe ser superada en forma rápida. La velocidad con que emergen las plántulas, su uniformidad y su

tasa de crecimiento inicial son determinantes para la obtención de plantines de calidad y en períodos de tiempo razonables.

Los sustratos utilizados en la producción de plantines son muy diversos, variando en su complejidad desde turba de *Sphagnum* pura, o en mezclas de proporciones volumétricas variables con perlita, arenas, micas, materiales compostados o suelo extraído de capas u horizontes superficiales. Estas mezclas son preparadas por los propios productores o por firmas comerciales. Normalmente se presentan estériles y con sus atributos fisicoquímicos como pH, conductividad electrolítica, densidad aparente, humedad, relación C/N, capacidad de intercambio iónico ajustados y especificados.

Existen tres grupos principales de polímeros utilizados en estas aplicaciones: (i) co-polímeros de almidón (poliacrilonitril-almidón), (ii) polivinil alcoholes (co-polímeros de ácidos vinil alcohol-arílicos) y (iii) poliacrilamidas (co-polímeros de acrilamida sódica-acrilato). Se han desarrollado polímeros adicionados con nutrientes y precursores de crecimiento que además de mejorar las relaciones hídricas en el medio de crecimiento radicular, aportan dichos elementos, y aumentan la capacidad de intercambio de iones que el medio posee (3).

La incorporación de polímeros sintéticos (particularmente de aquellos adicionados con nutrientes) en la mezcla de los sustratos, cuando éstos son preparados en el propio establecimiento, puede mejorar su comportamiento y aún evitar o disminuir la necesidad de agregar compost o tierra. Con el objeto de evaluar la aptitud de los polímeros en la producción de plantines de pimiento, se realizaron dos ensayos bajo condiciones térmicas contrastantes a fin de testear con mayor amplitud el efecto de los polímeros agregados al sustrato, utilizando mezclas preparadas con y sin materiales compostados, que difieren en sus propiedades físicas y químicas. Se caracterizó el comportamiento de los mismos por medio de la emergencia y la tasa inicial de crecimiento de los plantines.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos (A y B) en invernaderos destinados a la producción de plantines con diferentes características estructurales, con el fin de obtener condiciones térmicas contrastantes. Los sustratos utilizados fueron: Mezcla I (45% v/v de turba de *Sphagnum*, 30% de perlita y 25% de material vegetal compostado) y Mezcla II (60% de turba de *Sphagnum* y 40% de perlita). Ambas mezclas fueron testeadas con y sin el agregado del polímero, a razón de 6 g por L de sustrato. El polímero adicionado es una mezcla de copolímeros entrelazados de propenamida-propeonato, adicionado con precursores orgánicos e inorgánicos de vitaminas y hormonas vegetales, fertilizantes minerales sintéticos de liberación lenta, fertilizantes orgánicos sintéticos y arenas

de dióxido de silicio. El híbrido utilizado en ambos ensayos fue Saxo F1 (Clause Semences International Inc.). Las semillas fueron pregerminadas en cámara a 25°C, y sembradas con 1,5 - 2 mm de radícula emergida.

Ensayo A: se llevó a cabo bajo condiciones controladas, en el invernadero para producción de plantines de un establecimiento comercial de la zona de Las Colonias, partido de Florencio Varela, ubicado en el cinturón hortícola de Buenos Aires. Se utilizó un invernadero tipo capilla de 30 m² (plantinera), con una altura de cumbrera de 2,9 m, estructura de madera y cobertura de polietileno LDT de 150 μ en techo y laterales, con ventilación lateral, donde se mantuvo una amplitud térmica promedio de 6,44 °C (máxima media 26,23°C, mínima media 19,79°C). La calefacción se realizó mediante radiadores de resistencia eléctrica. La siembra se efectuó el 28/09/00.

Ensayo B: se llevó a cabo en un macrotúnel para la producción de plantines en el campo experimental La Lomada de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNLZ, partido de Esteban Echeverría. Se trabajó sobre la ventilación y no se calefaccionó a fin de obtener una amplitud térmica elevada: 37,91 °C, en promedio (máxima media 44,27 °C, mínima media 6,36 °C). Se trata de un macrotúnel de 40 m² y 2 m de altura, con cobertura de polietileno LTD de 150 μ y ventilación por frente y contrafrente. La siembra en este caso se realizó el 27/08/00.

Las bandejas sembradas fueron ubicadas en mesadas a 1,10 m de altura, y se regó por microaspersión. El plan fitosanitario en ambos ensayos comenzó con el lavado de las bandejas con hipoclorito de sodio al 2 cL L⁻¹, previo a su llenado con sustrato estéril, aplicaciones preventivas semanales de sulfato neutro de oxiquinoleína (0,3 g L⁻¹) y quincenales de captan (2,5 g L⁻¹).

El muestreo para la evaluación de las medidas de calidad de los plantines se realizó en cinco plantas completas por repetición cuando la emergencia promedio llegó al 90% en el ensayo A, a los 9 días desde la siembra (dds). Se determinó el peso fresco total (PFT), del tallo (PFTal) y de las hojas (PFH), área foliar (AF), altura del vástago (H) y diámetro basal del tallo (DBTal). Las muestras fueron secadas a 65°C durante 72 h en estufa con circulación forzada de aire y se determinaron los pesos en seco de hojas (PSH) y tallo (PSTal). Se calculó el peso seco total (PST) y el contenido porcentual de materia seca (CPMS). La tasa de crecimiento inicial (TCi) de los plantines fue calculada mediante la ecuación: $TCi = (P_2 - P_1)/(t_2 - t_1)$, siendo P₂ y P₁ los pesos en seco en los momentos t₂ y t₁, respectivamente (6, 7). La primer medición (t₁) se realizó al momento de la emergencia, 9 dds, mientras que la segunda (t₂) a los 57 dds. En el ensayo B sólo se determinó emergencia hasta el 50% (14 dds), debido a que las condiciones extremas del ensayo no permitieron realizar mediciones en el plantín que resulten

representativas, y a una elevada mortandad a partir del estadio de dos hojas verdaderas en expansión.

El diseño experimental empleado en ambos ensayos consistió en un arreglo completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, considerando a cada bandeja como una unidad experimental. Todos los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Velocidad y uniformidad de emergencia

En el ensayo A, la emergencia inicial (3 dds) fue significativamente más rápida en los tratamientos adicionados con el polímero, independientemente de la mezcla utilizada ($P < 0,05$). A su vez, se observó un significativo incremento en la tasa de emergencia inicial de los plantines de los tratamientos con sustratos preparados sin compost (Mezcla II), tendencia que se verifica hasta los 5 dds. A los 7 dds ya no fue posible advertir diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ni entre tipos de sustrato. En todos los tratamientos se obtuvo una emergencia de 90% a los 9 dds, aunque este porcentaje se alcanzó a los 7 dds con la adición de polímeros en ambos tipos de mezclas (Cuadro 1). La combinación Mezcla II con polímero presentó el mejor comportamiento, superando el 70% de plantas emergidas a los 5 dds.

CUADRO 1 - Evolución de la emergencia hasta el 90% en los tratamientos con y sin adición del polímero en el ensayo A con una amplitud térmica promedio de 6,44°C (máxima media 26,23°C, mínima media 19,79°C)					
Tratamiento	Tipo de sustrato	Emergencia (%)			
		Días desde la siembra			
		3	5	7	9
Con polímero	Mezcla I	5,55	57,14	89,36	92,53
	Mescla II	12,43	73,01	93,33	96,50
	Promedio	8,992	65,075	91,343	94,518
Sin polímero	Mezcla I	0,79	26,19	78,25	90,95
	Mescla II	4,76	51,58	86,18	86,98
	Promedio	2,777	38,885	82,217	88,962
Comparación entre tratamientos					
	Significancia	*	*	ns	ns
Comparación entre tipos de sustrato					
	Significancia	*	*	ns	ns
Interacción tratamiento x sustrato					
	Significancia	ns	ns	ns	ns
Mezcla I, con turba y perlita más 25% v/v de materiales compostados y Mezcla II, con sólo turba y perlita. Significancia de acuerdo al test F: (*) $P < 0,05$, (**) $P < 0,01$, (ns) no significativo.					

En el ensayo B, la pregerminación de la semilla en cámara previo a su siembra permitió verificar emergencia en todos los tratamientos, aunque las determinaciones comenzaron a los 6 dds, debido a la elevada variabilidad impuesta por las condiciones térmicas extremas que, por otra parte, no permiten diferenciar significativamente a los tratamientos por su velocidad de emergencia a partir de los 10 dds. No obstante, se observó una tendencia a que los sustratos que contenían compost (Mezcla I) tuvieran un mejor comportamiento, con o sin el agregado del polímero (Cuadro 2).

CUADRO 2 - Evolución de la emergencia hasta el 50% en los tratamientos con y sin adición del polímero en el ensayo B con una amplitud térmica elevada: 37,91°C, en promedio (máxima media 44,27°C, mínima media 6,36°C)				
Tratamiento	Tipo de sustrato	Emergencia (%)		
		Días desde la siembra		
		6	10	14
Con polímero	Mezcla I	4,49	26,19	53,17
	Mezcla II	1,59	7,14	27,77
	Promedio	3,04	16,663	40,47
Sin polímero	Mezcla I	11,9	24,6	49,2
	Mezcla II	12,7	11,11	26,72
	Promedio	12,298	17,853	37,96
Comparación entre tratamientos				
	Significancia	**	ns	ns
Comparación entre tipos de sustrato				
	Significancia	ns	ns	ns
Interacción tratamiento x sustrato				
	Significancia	ns	ns	ns
Mezcla I, con turba y perlita más 25% v/v de materiales compostados y Mezcla II, con sólo turba y perlita. Significancia de acuerdo al test F: (*) P<0,05, (**) P<0,01, (ns) no significativo.				

Bajo condiciones de crecimiento con oscilaciones térmicas controladas (ensayo A), el sustrato compuesto únicamente por turba y perlita mostró cualidades más apropiadas para la emergencia rápida de las plántulas. Tal resultado podría explicarse por la menor resistencia mecánica y por un balance térmico más favorable para la Mezcla II en relación a la Mezcla I. En esta última, la presencia de compost estaría aportando una mayor capacidad de retención hídrica. Sin embargo, el agregado del polímero permitió retener la humedad necesaria en la

mezcla preparada sin compost, lo cual puede verificarse al comparar los resultados obtenidos para la Mezcla II con y sin polímero.

Bajo el esquema de régimen térmico extremo (ensayo B), que se asemeja más a las condiciones para las cuales estos aditivos fueron diseñados, no se observaron efectos favorables por el agregado del polímero y sí, en cambio, se detectó un comportamiento levemente mejor de las mezclas que contenían compost. No obstante, las condiciones impuestas en el ensayo B no resultan apropiadas para el crecimiento de plantines de pimiento, independientemente del medio de cultivo que se utilice.

Crecimiento y medidas de calidad del plantín

La altura del plantín fue más afectada por el tipo de mezcla empleada como sustrato que por la adición de polímeros en la misma (Cuadro 3). Los plantines cultivados sobre Mezcla I fueron significativamente más altos ($P < 0,01$), y el promedio de altura para los tratamientos adicionados con polímeros superó al de los no adicionados ($P < 0,05$). El diámetro basal del tallo, en cambio, no fue significativamente afectado por la adición del polímero ni por el tipo de mezcla utilizada (Cuadro 3).

El efecto de la adición del polímero sobre el área foliar sólo se observó en plantines cultivados sobre la Mezcla II ($P < 0,05$). La presencia de compost en la mezcla tuvo un mayor efecto sobre esta variable, registrándose mayores valores de AF en los plantines cultivados sobre Mezcla I ($P < 0,05$). Cuando el AF fue referida por unidad de peso seco de hojas (área foliar específica, AFE), se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) a favor de la Mezcla I sólo en el caso en que fue adicionada con el polímero (Cuadro 3). Al analizar la TCi de los plantines a los 9 dds se detectó interacción tratamiento x sustrato ($P < 0,05$) para la Mezcla II con polímero (Cuadro 3), lo que no permite concluir con claridad sobre esta variable.

Todos los componentes del peso en fresco de los plantines se vieron significativamente incrementados ($P < 0,05$) por la adición del polímero al sustrato, independientemente de la presencia de compost (Cuadro 4). Los mayores valores para el peso total se obtuvieron en el tratamiento con polímeros sobre la Mezcla I. El efecto del agregado del polímero a la Mezcla II no se diferencia del correspondiente a la presencia de materiales compostados en la Mezcla I sin adicionar

polímero, aunque superó en gran medida al peso de los plantines cultivados sobre la Mezcla II sin adicionar.

CUADRO 3 - Tasa de crecimiento inicial y medidas de calidad de los plantines de pimiento a los 9 dds.						
Tratamiento	Tipo de sustrato	Medidas de calidad del plantín				Tasa de crecimiento (mg.día ⁻¹)
		Altura (cm)	Diam. tallo (mm)	Area foliar (cm ²)	AFE (cm ² .g ⁻¹)	
Con polímero	Mezcla I	8,211	2,394	3,870	906,2	0,223
	Mezcla II	6,911	2,15	2,854	536,7	0,297
	Promedio	7,560	2,272	3,362	721,4	0,260
Sin polímero	Mezcla I	7,944	2,294	2,799	645,9	0,243
	Mezcla II	5,978	2,12	1,427	503,9	0,147
	Promedio	6,961	2,207	2,113	574,9	0,195
Comparación entre tratamientos						
Significancia		*	ns	*	*	*
Comparación entre tipos de sustrato						
Significancia		**	ns	*	*	ns
Interacción tratamiento x sustrato						
Significancia		ns	ns	ns	ns	*
<p>Mezcla I, con turba y perlita más 25% v/v de materiales compostados y Mezcla II, con sólo turba y perlita. Significancia de acuerdo al test F: (*) P<0,05, (**) P<0,01, (ns) no significativo. Diam. tallo: diámetro basal del tallo y AFE: área foliar específica.</p>						

La misma tendencia en los resultados se observó al analizar los componentes del peso en seco (Cuadro 4), corroborando lo observado en plantines de tomate por Johnson y Piper (10), quienes adicionaron diferentes tipos de polímeros a sustratos preparados con arena o compost como base de la mezcla. La adición de polímero redujo significativamente (P<0,05) el contenido porcentual de materia seca (CPMS) de los plantines, lo cual fue más evidente para la Mezcla II (Cuadro 4). Por otra parte, el agregado del polímero atenúa las diferencias para esta variable entre tipos de mezcla, que siempre fue menor en los plantines cultivados sobre la mezcla I. Menores valores de CPMS estarían reflejando una mayor turgencia o una condición hídrica más favorable de los plantines y, de acuerdo con Reinink (13), un mayor CPMS resulta indicativo de condiciones de crecimiento menos favorables.

Se ha documentado que los polímeros hidrofílicos son capaces de mejorar la eficiencia en el uso del agua (9) aunque, en el ensayo A,

todos los tratamientos recibieron similares condiciones de irrigación, de manera que el patrón de uso de agua sólo puede reflejarse en los resultados de tamaño, turgencia y peso seco del plantín. No obstante, además de mejorar la eficiencia hídrica, el polímero utilizado en este ensayo fue concebido para asegurar el aporte de nutrientes al medio. Esta característica parece confirmarse por cuanto su efecto sobre las medidas de calidad del plantín fue menor cuando se lo adicionó a las mezclas conteniendo compost.

CUADRO 4 - Componentes del peso en fresco y en seco y contenido porcentual de materia seca de los plantines de pimiento a los 9 dds

Tratamiento	Tipo de sustrato	Peso fresco			Peso seco			Materia seca (%)
		hojas (mg)	tallo (mg)	total (mg)	hojas (mg)	tallo (mg)	total (mg)	
Con polímero	Mezcla I	92,64	55,02	147,66	5,56	2,46	8,02	5,43
	Mezcla II	61,98	29,56	91,54	4,38	1,64	6,02	6,58
	Promedio	77,3	42,3	119,6	4,97	2,05	7,02	5,87
Sin polímero	Mezcla I	63,66	43,9	107,56	4,3	2,26	6,56	6,19
	Mezcla II	29,02	17,06	46,08	2,86	1,12	3,98	8,66
	Promedio	46,3	30,5	76,8	3,58	1,69	5,27	7,43
Comparación entre tratamientos								
	Significancia	*	*	*	*	*	*	*
Comparación entre tipos de sustrato								
	Significancia	*	*	*	*	*	*	*
Interacción tratamiento x sustrato								
	Significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mezcla I, con turba y perlita más 25% v/v de materiales compostados y Mezcla II, con sólo turba y perlita. Significancia de acuerdo al test F: (*) P<0,05, (**) P<0,01, (ns) no significativo.								

Resulta dificultoso distinguir el efecto de un mejor aprovechamiento del agua del de una mayor disponibilidad de nutrientes debido a que, según fue demostrado en diferentes trabajos (1, 3, 16), ambos factores se encuentran íntimamente relacionados. Probablemente, el principal efecto de los polímeros es 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.

CONCLUSIONES

La adición de polímeros sintéticos superabsorbentes a la mezcla empleada como sustrato para la producción de plantines de pimiento permite mejorar la velocidad y uniformidad de la emergencia, aún bajo condiciones térmicas extremas, especialmente en las mezclas carentes de materiales que aporten capacidad de retención hídrica, tales como el

compost. De acuerdo a los resultados del presente trabajo, el efecto de los polímeros sobre la tasa de crecimiento inicial de los plantines de pimiento es poco claro, aunque las medidas de calidad del plantín tienden a mejorar. Sin embargo, no es posible afirmar la conveniencia del empleo de estos aditivos cuando la mezcla a utilizar como sustrato posee propiedades hídricas y una dotación de nutrientes como las aportadas por la presencia de 25% de materiales compostados.

REFERENCIAS

1. AZZAM, R.A. Tailoring polymeric gels for soil reclamation and hydroponics. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 16: 1123-38, 1985.
2. CALLAGHAN, T.V.; LINDLEY, D.K.; ALI, O.M.; ABD EL NOUR, H. & BACOM, P.J. The effect of waterabsorbing synthetic polymers on the stomatal conductance, growth and survival of transplanted *Eucalyptus microtheca* seedlings in the Sudan. *Journal Applied Ecology*, 26: 663-72, 1989.
3. EL HADY, O.A.; TAYEL, M.Y. & LOTFY, A.A. Super Gel as a soil conditioner. II: Its effects on plant growth, enzyme activity, water use efficiency and nutrient uptake. *Acta Horticulturae*, 119: 257-65, 1981.
4. EL SAYED, H.; KIRKWOOD, R.C. & GRAHAM, R.B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. *Journal Experimental Botany*, 42: 891-9, 1991.
5. GEHRING, J.M. & LEWIS, A.J. Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 105: 511-3, 1980.
6. HUNT, R. *Plant growth analysis*. London, Edward Arnold, 1978. 67p.
7. HUNT, R. *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. London, Edward Arnold, 1982. 248p.
8. JOHNSON, M.S. Effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage of sandy soils. *Journal Science of Food Agriculture*, 35: 1196-200, 1984.
9. JOHNSON, M.S. & LEACH, R.T. Effects of superabsorbent polyarylamides on efficiency of water use by crop seedlings. *Journal Science of Food Agriculture*, 52: 431-4, 1990.
10. JOHNSON, M.S. & PIPER, C.D. Cross-linked, water-storing polymers as aids to drought tolerance of tomatoes in growing media. *Journal Agronomy & Crop Science*, 178: 23-7, 1997.
11. ORZOLEK, M.D. Use of hydrophilic polymers in horticulture. *Horticultural Technology*, 3: 421-44, 1993.
12. PILL, W.G. & JACONO, C.G. Effects of hydrogel incorporation in peat-lite on tomato growth and water relations. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 15: 799-810, 1984.
13. REININK, K. Relationship between effects of seasonal change on nitrate and dry matter content in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 53: 35-44, 1993.
14. TAYEL, M.Y. & EL HADY, O.A. Super Gel as a soil conditioner. I: Its effects on water relations. *Acta Horticulturae*, 199: 247-56, 1981.
15. TAYLOR, K.C. & HALFACRE, R.G. The effect of hydrophlic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. *HortScience*, 21: 1159-61, 1986.
16. WOODHOUSE, J.M. *Water-storing polymers as aids to vegetation establishment in arid soils*. England, University of Liverpool, 1989. 182p. (PhD thesis).