

INFLUENCIA DEL TIPO Y DOSIS DE HIDROGEL EN LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DE TRES SUELOS FORESTALES DE DISTINTA TEXTURA

Antonio D. del Campo García, Ana Aguilera Segura, Antonio Lidón Cerezuela y Guillem Segura Orenga

E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. Camí de Vera s/n. 46022-VALENCIA (España).
Correo electrónico: ancama@dihma.upv.es

Resumen

Los hidrogeles o polímeros hidroabsorbentes son productos muy empleados en restauración forestal y paisajística que pueden tener un efecto variable según la naturaleza textural del suelo sobre el que se aplican. Sin embargo, su uso práctico se suele realizar independientemente de esta propiedad edáfica, lo que impide su optimización. Para estudiar la relación entre dosis de hidrogel y textura, se han escogido tres productos comerciales y se han ensayado a dos dosis (0,01% y 0,1%) en tres tipos de suelos forestales de la provincia de Valencia: franco-arcillo-arenoso (franco), franco-arcilloso (arcilloso) y areno-francoso (arenoso) (USDA). Se han obtenido las correspondientes curvas de liberación de agua para los puntos de presión de 0, 10, 30, 100 y 300 kPa. Los resultados indican el diferente comportamiento hidrofísico del suelo en función de los factores ensayados. Los suelos arenoso y franco, muestran una mayor liberación de agua de algunos tratamientos respecto al control para bajas presiones, mientras que en el suelo más arcilloso las diferencias son muy leves, siendo el efecto del hidrogel significativo para mayores tensiones. En general, existe proporcionalidad entre la dosis aplicada y el comportamiento del suelo con hidrogel, siendo aconsejable la dosis mayor, aunque no se han medido los posibles efectos del aumento de volumen.

Palabras clave: *Replacación forestal, Potencial mátrico, Volumen agua del suelo*

INTRODUCCIÓN

Los hidrogeles son polímeros hidrabsorbentes que pertenecen al grupo genérico de sustancias conocidas como mejoradores o acondicionadores de suelo. En su composición química son básicamente copolímeros de acrilamida o ácido acrílico a base de sal potásica, aunque en algunos casos incorporan fertilizantes, precursores de crecimiento y otras sustancias de base. No obstante, estas composiciones han ido variado con el tiempo, de forma que los resultados publicados sobre ellos en décadas pasadas pueden no ser extrapolables a los

productos que actualmente hay en el mercado (HÜTERMANN *et al.*, 1999).

Básicamente, los efectos de interés de estos productos para su uso en el sector agroforestal son una mejora de la retención y disponibilidad del agua del suelo, una mejora de la estructura y aireación y una menor compactación. No obstante, dadas las marcadas diferencias en estas propiedades entre suelos de diferente naturaleza textural, se entiende que los hidrogeles deben tener igualmente un comportamiento muy distinto. Así, su uso está especialmente recomendado en suelos arenosos donde los resultados

suelen ser más favorables (AL-DARBY, 1996; NAVARRO, 1998; VIEIRO *et al.*, 2002; CLEMENTE *et al.*, 2004).

El uso de estos productos ha experimentado un importante auge en los trabajos de repoblación forestal, donde se ha extendido de forma generalizada dadas las adversas condiciones de los suelos sobre los que se actúa. Las dosis que habitualmente se manejan son las recomendadas por los distribuidores y fabricantes, que oscilan sobre los 5 gr/planta, lo que puede considerarse como baja al compararla con los valores que aparecen en la bibliografía (teniendo en cuenta que el volumen de tierra que maneja el plantador es de unos 15 litros, para una densidad del suelo media de 2,3 kg.l⁻¹ esa dosis viene a representar un porcentaje en peso de 0.015%). Esta puede ser la causa de que algunos estudios previos en repoblación con estas dosis den unos resultados no del todo positivos (BARBERÁ *et al.*, 2005). Igualmente, la opinión de los técnicos forestales respecto al uso de estos productos es un tanto ambigua, lo que puede deberse, junto a la insuficiencia de la dosis, a que se aplican de un modo indiscriminado entre suelos de diferente naturaleza textural y contenidos de materia orgánica. Estos hechos ponen en evidencia la necesidad de un mayor conocimiento del efecto de estos productos y de sus dosis sobre el comportamiento en suelos de diferente naturaleza física.

El objetivo de este trabajo es (i) identificar tres suelos forestales propios de la provincia de Valencia con características marcadamente distintas en cuanto a su comportamiento hidrofísico, (ii) estudiar las diferencias que se producen entre ellos respecto a la adición de hidrogeles (iii) determinar la posible discrepancia en el comportamiento de distintas marcas comerciales de hidrogel y (iv) evaluar el efecto de dos dosis distintas de aplicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este estudio se partió de una muestra de ocho suelos forestales distribuidos por distintas comarcas de la provincia de Valencia donde se han llevado a cabo programas de repoblación forestal recientemente. En cada sitio de tomó una muestra compuesta de cinco

muestras elementales tomadas en distintos puntos de una misma parcela de muestreo de aproximadamente 1/2 ha de extensión.

Estas muestras fueron llevadas al laboratorio donde se realizó un análisis de sus propiedades físicas y químicas. Tras esta primera caracterización de los suelos, se escogieron tres de ellos sobre los que se aplicaron los distintos tratamientos del ensayo y se caracterizaron hídricamente (sobre la muestra tamizada a 2 mm).

Los tratamientos ensayados han sido un total de siete: un control y tres marcas comerciales de Hidrogel o acondicionadores de suelo a dos dosis distintas. Los hidrogeles empleados son AGUASPON® (H1); STOCKOSORB® (H2) y TERRACOTTEM® (H3). Las dosis empleadas son una baja (D1) del 0,01% p/p y una dosis alta (D2) de 0,1% p/p. La dosis baja viene a corresponderse con la dosis corrientemente empleada en repoblación forestal en el levante español según BARBERÁ *et al.* (2005) y los datos obtenidos por los autores en la Comunidad Valenciana. La segunda es una dosis media según la bibliografía consultada. En el caso del Terracottem, las dosis se calcularon sobre la proporción de hidrogel de este producto, que representa un 37.5 %, ya que contiene otros aditivos como son el material portador (lava volcánica piroclástica), los abonos, los oligoelementos y los estimulantes del crecimiento. Con ello los tratamientos quedan notados como: C, H1D1, H1D2, H2D1, H2D2, H3D1 y H3D2.

Para la caracterización hidrofísica de los siete tratamientos se empleó el método de las ollas de presión (o de RICHARDS, 1948) para obtener la retención de agua de cada tratamiento (%) para distintos potenciales mátricos de succión, que se establecieron en los valores de 0, 10, 30, 100 y 300 kPa. En cada valor de tensión, se emplearon tres réplicas de cada tratamiento que previamente habían sido saturadas durante 24 horas en agua destilada sobre una placa de presión. El contenido de agua a saturación (%) se corresponde con el valor de 0 kPa.

Para simplificar el número de suelos a ensayar a tres y seleccionar aquellos que presentaran mayor discrepancia respecto a las distintas propiedades más relacionadas con su comportamiento hidrofísico, se realizó un análisis factorial sobre las variables físicas determina-

das. Para minimizar el número de variables con elevadas puntuaciones sobre un mismo factor, se realizó una rotación ortogonal de los factores siguiendo el método varimax con Kaiser Normalization (SPSS, 2003). Para contrastar las diferencias entre los siete tratamientos ensayados según tipo de suelo y tensión de succión se realizó un ANOVA, comprobando el cumplimiento de las exigencias que requiere la prueba sin que fuera necesario realizar transformaciones de los datos. El nivel de significación escogido fue de 0,05 y el test de comparaciones múltiples el de Tukey. Todos los procedimientos mencionados fueron realizados mediante el paquete estadístico SPSS versión 12.0 (Chicago, IL, USA). En todos los casos, los valores presentados se corresponde con la media \pm SE.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos en la caracterización de los ocho suelos estudiados. Como se aprecia, hay una considerable variación entre ellos según la propiedad que se considere, lo cual es común en los suelos de la provincia (VALDECANTOS *et al.*, 2006; DEL CAMPO *et al.*, 2007). De estos ocho suelos iniciales se han escogido los de Chiva, Tous y La Hunde (Ayora), por presentar las mayores variaciones entre sí de acuerdo a los resultados del análisis factorial (Figura 1).

Los distintos tratamientos han generado diferencias significativas sobre el porcentaje de agua retenida en los tres tipos de suelo (Tablas 2 y 3). No obstante, estas diferencias no se han

SUELO	Color seco	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura (USDA)	E. gruesos (%)	pH (H ₂ O) (1:2,5)	CE (dS/m)	M.O. (%)	P asimilable (ppm)	CO ₃ Ca equivalente	Caliza activa (%)	CIC (meq/100g)	N-NO ₃ ⁻ (ppm)	N-NH ₄ ⁺ (ppm)
Enguera	7.5YR/3/4	16,2	48,0	35,7	Franco arcillosa	33,9	8,23	0,159	7,0	...	0,69	0,32	22,8	3,6275	7,512
Onteniente	7.5YR/4/6	34,6	42,3	23,1	Franca	8,0	8,18	0,176	4,0	...	0,47	0,45	19,5	2,5019	6,049
Domeño	7.5YR/7/2					46,0	7,95	2,243	1,8	...	7,25	0,77	5,03	3,2042	2,221
La Hunde	2.5Y/6/2	44,7	30	25,3	Franco arcillo arenosa	19,3	8,33	0,310	3,0	5,358	45,07	9,65	9,87	42,769	4,173
Chiva	10YR/4/4	9,95	40,9	49,2	Franco arcillosa	75,8	8,38	0,230	7,8	0,071	9,85	0,70	25,4	2,846	6,212
Alpuente	10YR/5/2	44,0	30,1	25,9	Franco arenoso	43,8	8,43	0,210	9,7	0,602	60,70	8,82	16,6	11,45	5,694
Tous	10YR/5/3	77,9	14,8	7,3	Areno franca	21,4	8,47	0,159	4,1	0,812	70,81	1,52	8,13	3,5799	4,230
Castellano	10YR/5/4	21,4	42,6	36,0	Franco arcillosa	80,2	8,36	0,183	7,5	0,099	12,39	0,60	20,5	12,124	5,707

Tabla 1. Resultados de las propiedades físico-químicas de la muestra inicial de ocho suelos

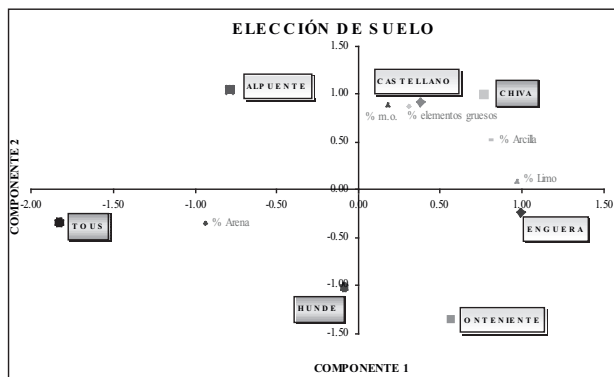


Figura 1. Representación de los dos componentes extraídos en el análisis de componentes principales representando las distintas puntuaciones sobre ellos de las cinco variables mayormente relacionadas con el comportamiento hidrofísico del suelo y los siete suelos analizados (se excluye Domeño). Se han elegido los tres suelos más discrepantes: Chiva, Hunde y Tous

Suelo	0 kPa	10 kPa	30 kPa	100 kPa	300 kPa
Chiva	0,84	2,045	1,87	1,39	3,84*
La Hunde	6,8**	0,86	4,58**	3,62*	6,25**
Tous	4,5**	3,46*	0,84	7,39**	3,23*

Tabla 2. Valor del estadístico F y nivel de significancia para los distintos ANOVA's realizados sobre la variable % de agua retenida en cada tipo de suelo y para cada tensión de succión según el factor tratamiento. (* significativo al p-valor <0,05; ** significativo al p-valor <0,01)

SUELO	CÓDIGO	Media 0	E.T kPa	Tukey	Media 10	E.T kPa	tukey	Media 30	E.T kPa	Tukey	Media 100	E.T kPa	Tukey	Media 300	E.T kPa	Tukey
Chiva	C	47,9	0,9		40,8	3,5		30,8	0,3		29,3	0,1		25,6 a	0,3	a
	H1D1	48,1	0,5		35,7	1,4		30,0	0,2		28,5	0,3		26,0 a	0,3	a
	H1D2	49,0	0,9		38,2	1,0		30,4	0,2		28,8	0,2		26,1 ab	0,4	ab
	H2D1	48,5	1,3		36,1	0,6		30,8	0,4		29,5	0,4		25,6 a	0,3	a
	H2D2	47,8	1,1		34,9	0,7		31,2	0,5		29,3	0,2		27,0 ab	0,4	ab
	H3D1	45,2	2,3		34,7	0,2		30,6	0,2		29,1	0,4		26,3 b	0,1	b
	H3D2	48,2	1,5		36,4	0,5		31,2	0,2		29,6	0,5		27,0 b	0,1	b
	La Hunde	C	43,5	0,6	a	24,5	0,6		18,9	0,2	ab	14,6	0,1	a	12,4	0,1
H1D1		42,6	0,8	a	25,1	0,2		19,2	0,1	ab	14,7	0,1	a	12,4	0,1	a
H1D2		44,7	0,8	abc	24,8	0,2		19,6	0,1	b	15,0	0,1	ab	13,0	0,2	ab
H2D1		44,3	0,9	ab	24,6	0,4		18,4	0,2	a	14,8	0,1	ab	12,5	0,1	a
H2D2		47,5	0,2	bc	25,6	0,4		18,8	0,3	ab	15,0	0,0	ab	12,9	0,0	ab
H3D1		45,2	0,7	abc	24,6	0,3		18,4	0,1	a	14,9	0,3	ab	12,5	0,2	a
H3D2		48,1	1,0	c	24,5	0,6		19,1	0,3	ab	15,4	0,2	b	13,6	0,4	b
Tous		C	40,8	0,1	a	32,4	2,2	ab	14,5	0,2		11,4	0,6	a	10,8	0,2
	H1D1	41,6	0,6	ab	29,8	3,1	a	13,9	0,7		11,3	0,2	a	10,9	0,3	ab
	H1D2	40,6	0,9	a	31,2	0,6	ab	14,5	0,1		12,7	0,4	abc	10,8	0,1	ab
	H2D1	40,8	0,4	a	34,2	0,2	ab	14,1	0,8		12,0	0,1	ab	10,4	0,2	a
	H2D2	42,9	0,1	ab	36,0	0,1	ab	14,9	0,4		13,9	0,5	c	11,2	0,1	b
	H3D1	41,8	0,6	ab	35,2	0,7	ab	14,5	0,3		11,7	0,2	ab	10,4	0,3	a
	H3D2	43,4	0,5	b	37,6	0,2	b	15,2	0,5		13,5	0,4	bc	11,3	0,1	b

Tabla 3. Valores medios y error típico (E.T.) del % de agua retenida para cada combinación de suelo, tratamiento y tensión de succión. En cada combinación de suelo y tensión, valores de los tratamientos seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas según el test de Tukey al p-valor <0,05

dado en todas las tensiones de succión aplicadas. En el suelo más arcilloso (Chiva), sólo aparecieron diferencias entre tratamientos para la tensión de 300 kPa, de modo que las combinaciones H3D1 y H3D2 registraron mayores contenidos volumétricos de agua que el control. No obstante, estas diferencias no son excesivamente abultadas, aunque coinciden con los valores reportados en la bibliografía para concentraciones y tensiones similares (AL-DARBY, 1996; HÜTTERMANN *et al.*, 1999).

En los suelos de La Hunde (franco) y Tous (arenoso), las diferencias entre los tratamientos

han aparecido en casi la totalidad de las tensiones de succión ensayadas. Aunque los grupos formados por el test de comparaciones múltiples han sido escasos en casi todos los casos, en general, se desprende que los tratamientos H2D2 y, especialmente, H3D2, han presentado los mayores valores de agua retenida. Igualmente es destacable que el hidrogel H1, en cualquiera de las dos dosis, no ha discrepado respecto del control para ninguno de los suelos ni tensiones de succión, lo que confirma la hipótesis de que existen diferencias significativas en el comportamiento de los distintos productos

que pueden encontrarse en el mercado bajo el nombre genérico de hidrogel. BARBERÁ *et al.*, (2005) no obtuvieron diferencias significativas en el arraigo de pino carrasco utilizando este tipo de Hidrogel (H1) a una dosis de 5 gr/planta (aproximadamente un 0,015% p/p).

Según se aprecia en la tabla 3, las diferencias entre tratamientos del contenido volumétrico de agua retenida en el suelo son mayores para las menores tensiones de succión estudiadas. Un análisis alternativo de estos datos es considerar el agua liberada entre tensiones de succión, computando la diferencia entre cada dos valores

consecutivos de la tabla 3 (Figura 2, tabla 4). De este modo, se aprecia como efectivamente el efecto más diferenciador de los tratamientos se produce en los valores más altos de humedad del suelo (0-30 kPa), de forma que para los dos últimos puntos de presión (100 y 300 kPa) todos los tratamientos están ya bastante agrupados. Destaca especialmente el suelo arcilloso donde queda patente la menor fuerza de retención de los suelos enmendados con hidrogel respecto del control (puntos 10 y 30 kPa del suelo de Chiva en la figura 2). Esto tiene un efecto en el agua total liberada para este suelo (Tabla 4), que ha

Suelo \ Tratamiento	C	H1D1	H1D2	H2D1	H2D2	H3D1	H3D2
CHIVA	22,22	22,14	22,81	22,82	20,79	18,88	21,16
La HUNDE	31,10	30,22	31,70	31,83	34,51	32,68	34,47
TOUS	30,00	30,65	29,75	30,34	31,6677	31,41	32,16

Tabla 4. Volumen total de agua liberada acumulada (%) para cada suelo y tratamiento a la tensión de 300 kPa

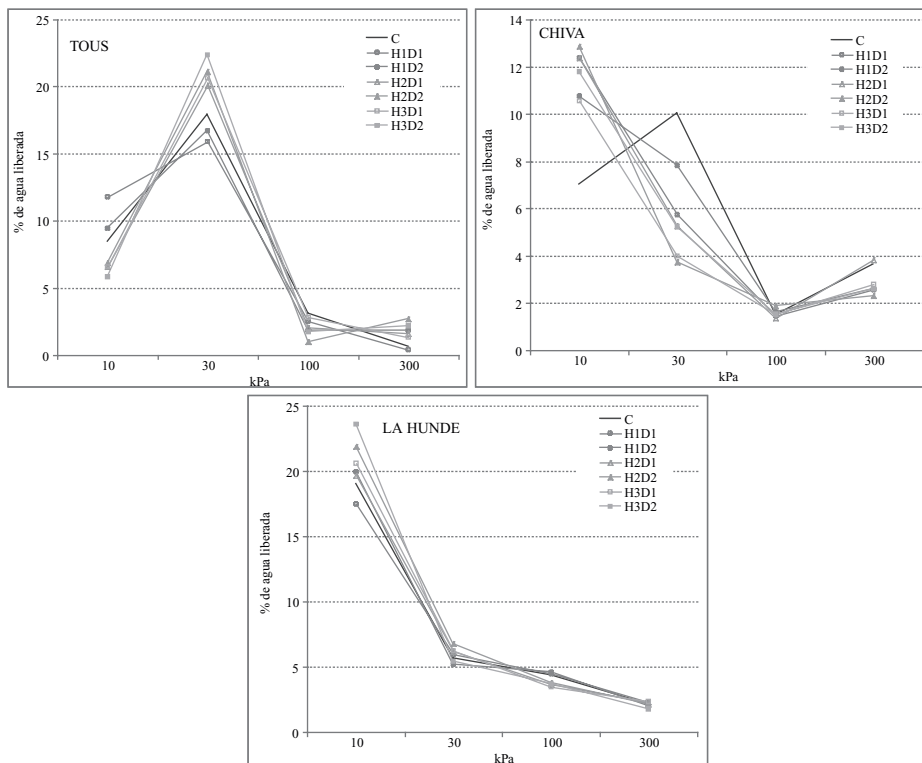


Figura 2. Representación gráfica del de agua liberada en cada suelo y tensión de succión según el tratamiento

sido ligeramente inferior en algunos tratamientos de hidrogel.

En este sentido, no parece probable que el hidrogel pueda suponer problemas de competencia con la planta por el agua tal y como se ha observado en algunos trabajos (WILSON *et al.*, 1991; NAVARRO, 1998). Sin embargo, tampoco puede decirse que estas propiedades sean una ventaja considerable para mantener un mejor estado hídrico del suelo en condiciones de estrés hídrico fuerte, sobre todo teniendo en cuenta que el punto de marchitez permanente (1500 kPa) queda bastante lejos de los valores aquí ensayados.

CONCLUSIONES

Dos conclusiones importantes se desprenden del presente trabajo. Por un lado, la baja tensión a la que trabajan los hidrogeles (en la parte baja del rango de agua fácilmente asimilable), lo cual ha sido general para los tres productos y dos dosis ensayadas. Esto les hace inapropiados para suelos muy arcillosos, donde su efecto llega a ser trivial. Por otro lado, puede deducirse que hay diferencias de comportamiento en los productos encontrados en el mercado y que, dentro del rango de potenciales mátricos bajos, los hidrogeles H2 y H3 han tenido un efecto favorable a una dosis de 0,1% p/p. No obstante, esta dosis está por encima de las cantidades recomendadas por los distribuidores de estos productos y que son comúnmente empleadas en repoblaciones forestales, por lo que habría que estudiar los efectos colaterales de una mayor dosis tales como el aumento excesivo del volumen de suelo (que podría descalzar la planta), el incremento de costes, etc. Sin embargo, a la vista de estos resultados y de los obtenidos en otros trabajos aquí citados, parece desprenderse que las dosis deben aumentarse.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de la Conselleria de Empresa, Universidad y Ciencia de la Generalitat Valenciana a través del proyecto de I+D GV06/128: Influencia del diseño de tubos pro-

ectores en la magnitud del aporte hídrico por condensación e interceptación en repoblaciones forestales en la provincia de Valencia. La Universidad Politécnica de Valencia ha contribuido a través del Programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo 2007.

BIBLIOGRAFÍA

- AL-DARBY, A.M.; 1996. The hydraulic properties of a Sandy soil treated with gel-forming soil conditioner. *Soil Technology* 9: 15-28.
- BARBERA, G.G.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, F.; ÁLVAREZ-ROGEL, J.; ALBALADEJO, J. & CASTILLO, V.; 2005. Short - and intermediate-term effects of site and plant preparation techniques on reforestation of a Mediterranean semiarid ecosystem with *Pinus halepensis* Mill. *New For.* 29: 177-198.
- CLEMENTE, A.S.; WERNER, C.; MAGUAS, C.; CABRAL, M.S.; MARTINS-LOUÇAO, M.A. & CORREIA, O.; 2004. Restoration of a Limestone Quarry: Effect of Soil Amendments on the Establishment of Native Mediterranean Sclerophyllous Shrubs. *Rest. Ecol.* 12(1): 20-28
- DEL CAMPO, A.D.; NAVARRO, R.M.; HERMOSO, J. & IBÁÑEZ, A.J.; 2007. Relationships between site and stock quality in *Pinus halepensis* Mill. reforestations on semiarid landscapes in eastern Spain. *Ann. For. Sci.* 64: 719-731.
- HÜTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M. & REISE, K.; 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil and Tillage Research* 50: 295-304.
- NAVARRO, R.M.; 1998. Nuevas alternativas para mejorar la implantación de repoblaciones forestales. Análisis de algunos ensayos. *En: Curso superior de viveros y producción de planta forestal autóctona para colonización de ecosistemas mediterráneos.* CENEAM-Valsain (Sg) / El Serranillo (Gu).
- RICHARDS, L.A.; 1948. Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science* 66: 105-110.
- SPSS INC.; 2003. *SPSS For Windows*, release 12.0. SPSS. Inc. Chicago.

- VIERO, P.W.M.; CHISWELL, K.E.A. & THERON, J.M.; 2002. The effect of a soil-amended hydrogel on the establishment of a *Eucalyptus grandis* clone on a sandy clay loam soil in Zululand during winter. *South. Afr. For. J.* 193: 65-76
- VALDECANTOS, A.; CORTINA, J. & VALLEJO, V.R.; 2006. Nutrient status and field performance of tree seedlings planted in Mediterranean degraded areas. *Ann. For. Sci.* 63: 249-256.
- WILSON, J.; MUNRO, R. C.; INGLEBY, K.; MASON, P. A.; JEFWA, J.; MUTHOKA, P. N.; DICK, J. MCP. & LEAKEY, R.R.B.; 1991. Tree establishment in semi-arid lands of Kenya-role of mycorrhizal inoculation and water-retaining polymer. *Forest Ecol. Manage.* 45: 153-163.