
**BRACHYPODIUM RETUSUM (PERS.) BEAUV. (POACEAE),
UNA ESPÈCIE D'INTERÈS PER A LA RECUPERACIÓ D'ESPAIS
DEGRADATS MEDITERRANIS**

Daniel Espejo Fraga*

RESUM

Brachypodium retusum (Pers.) Beauv. (*Poaceae*) és una gramínia autòctona mediterrània. Domina en prats propis de les fases més degradades de la vegetació mediterrània. Per les seves característiques biològiques i ecològiques, sembla adequada per a la seva utilització en projectes de restauració de terres mediterrànies. L'objecte d'aquest treball és l'estudi de la germinació i el creixement d'aquesta gramínia durant els primers estadis de desenvolupament. En condicions d'hivernacle, s'experimentà amb la capacitat de germinació i creixement de la planta en tres nivells de substrat, dos nivells de fertilització i dos nivells de reg. Es va realitzar un control periòdic del nombre de tiges, fulles verdes i fulles seques. Es mesurà la fitomassa seca aèria i subterrània, i la cobertura vegetal de les plantes als 72 dies i als 130 dies des de la sembra. Es conclou que la germinació es pot veure molt afectada per processos d'encrostament superficial. Alhora, la planta presenta una certa resistència davant de l'estrès hídric i les altes temperatures. Cal continuar estudiant les característiques d'aquesta gramínia, ja que sembla una espècie potencialment molt interessant per a intervencions de restauració de terres degradades.

PARAULES CLAU: *Brachypodium retusum*, gramínia mediterrània, restauració de terres, germinació, fitomassa seca, cobertura vegetal.

RESUMEN

Brachypodium retusum (Pers.) Beauv. (*Poaceae*) es una gramínea autóctona mediterránea. Domina en prados propios de las fases más degradadas de la vegetación mediterránea. Por sus características biológicas y ecológicas, parece adecuada para su utilización en proyectos de restauración de

* Masia de Can Deu. Apartat de correus 2107, 08208 Sabadell (Barcelona). A/e: daniesfra@hotmail.com.

tierras mediterráneas. El objetivo de este trabajo es introducirse en el conocimiento de la germinación y el crecimiento de esta gramínea durante los primeros estadios de desarrollo. En condiciones de invernadero, se ha experimentado con la capacidad de germinación, de crecimiento y desarrollo de la planta en tres niveles de sustrato, dos niveles de fertilización y dos niveles de riego. Para ello, se realizó un control periódico del número de tallos, hojas verdes y hojas secas. A parte, se midió la fitomasa seca aérea y subterránea, y la cobertura vegetal de las plantas, a 72 días y 130 días desde la siembra. Se concluye que la germinación se puede ver muy afectada por procesos de encostramiento superficial. A su vez, la planta presenta una cierta resistencia ante el estrés hídrico y las altas temperaturas. Es necesario proseguir estudiando las características de esta gramínea, ya que resulta una especie muy interesante por su potencial en intervenciones de restauración de tierras degradadas.

PALABRAS CLAVE: *Brachypodium retusum*, gramínea mediterránea, restauración de tierras, germinación, fitomasa seca, cobertura vegetal.

ABSTRACT

Brachypodium retusum (Pers.) Beauv. (*Poaceae*) is a Mediterranean native grass. It dominates on the most degraded stage of Mediterranean vegetation. Because of its biological and ecological traits, *B. retusum* seems appropriate for Mediterranean lands's restoration. The aim of this work is to know about germination and development of this grass, through the firsts development stages. By means of green house conditions, it have been experiment with germination faculty, growth and development of plants, under three substrate types, two fertilization and irrigation types. A periodic control has been carried out for different variables (number of shoots, green leafs and dried leafs). Also, for these ones, aboveground and belowground dried phytomass and vegetal cover was weighed and measured for two stage (72 days and 130 days since sowing). It's concluded that germination can be affected by superficial crusted processes. Moreover, this plant showed resistance in the presence of water stress and high temperatures. So, in the future, this grass would ought to be studied more, because its very interesting potential in interventions of land restauration.

KEY WORDS: *Brachypodium retusum*, Mediterranean grass, land restoration, germination, dried phytomass, vegetal cover.

INTRODUCCIÓ

Una gran diversitat d'espècies de gramínies (*Poaceae*) dominen espontàniament medis degradats d'arreu del món. Són molt valorades en intervencions de recuperació d'espais degradats, gràcies al prolífic desenvolupament vegetatiu, a l'alt potencial dispersiu de les llavors (Masalles *et al.*, 1988) i a l'efecte beneficiós en la creació d'una bona coberta vegetal, que estructura i estabilitza el sòl (Bradshaw i Chadwick, 1988).

A Catalunya, sota condicions climàtiques mediterrànies, trobem bons exemples de gramínies dominants en comunitats vegetals secundàries (Cl. Thero-Brachypodietea Br.-Bl. 1947). Consegüentment, aquests últims anys, alguns autors ja recomanen la utilització d'algunes espècies autòctones (Ruiz de la Torre *et al.*, 1996; Guardia i Ninot, 1998). *B. retusum* és una de les gramínies recomanades per la seva idoneïtat (Cerdà, 1998; Guerrero, 1998; Caturla *et al.* 2000).

Popularment anomenada *llistó* o *fenàs reüll*, aquesta gramínia està àmpliament distribuïda per la regió mediterrània i arriba fins a la península Aràbiga. Als Països Catalans és molt freqüent des de la terra baixa fins a l'estatge montà (Tutin *et al.*, 1980; ORCA, 1985-1987; Watson i Dallwitz, 1992; Bolòs *et al.*, 1993). L'espècie és descrita majoritàriament com un camèfit herbaci rizomatós, que ocupa tota mena de terrenys: àcids, bàsics, arenosos, argilosos, guixencs, calcaris, silícics, menys aquells que són salabrosos (Bolòs, 1962; Jaunzein i Montegut, 1983; Font, 1993; Bolòs *et al.*, 1993; Longares, 1997; Guerrero, 1998). Aquesta adaptabilitat, sempre en el marc mediterrani, li ha permès associar-se amb multitud d'altres plantes, dominant en major o menor grau en diverses comunitats vegetals (Bolòs, 1962; Braun-Blanquet, 1979; Cano i González, 1992; Guardia i Ninot, 1992; Casas i Ninot, 1995; Folch *et al.*, 1989; Conesa, 1997; Blanco *et al.*, 1998; Font, 2005).

La fenologia anual de *B. retusum* està íntimament marcada per l'estacionalitat del recurs aigua (Bolòs, 1962; Braun-Blanquet, 1979; Cardona, 1980; Guardia i Ninot, 1991; Caturla *et al.*, 2000). El període actiu de creixement i de reproducció es dona durant les estacions més favorables, primavera i tardor. Durant el període eixut d'estiu (juliol i agost), la planta presenta un procés regular de dessecació de les seves estructures aèries, per tal d'aconseguir esmorteir les deficiències en el medi (Caturla *et al.*, 2000). A mesura que finalitza el període àrid, la planta inicia un procés de recuperació vegetativa, mitjançant l'aparició de tiges i fulles a partir dels nusos dels rizomes i les tiges aèries. Les estructures mortes s'acumulen amb el pas dels anys fins a formar una espessa capa, que afavoreix la retenció d'humitat i la incorporació de matèria orgànica en el sòl (Francis *et al.*, 1986).

El sistema radicular fasciculat de *B. retusum* presenta una rizosfera rica en bacteris i fongs, que facilita la formació d'agregats estables i, per tant, l'es-

tructuració del sòl (Cerdà, 1998; Roldán *et al.*, 1994). Això permet la millora nutricional de sòls semiàrids deficients en fòsfor, gràcies a l'acció de fongs micorizants vesiculars-arbusculars (VAM) (López-Sánchez *et al.*, 1992). En definitiva, la presència de *B. retusum* és positiva en la progressiva maduració de sòls incipients perquè engega un procés autogènic de successió, però limitat per l'efecte del foc o el pasturatge freqüents. És prou destacable, però, la ràpida capacitat regenerativa en forma de rebrotada de noves estructures vegetatives, després tant de l'efecte del foc com de la desbrossada (Franquesa, 1987; Bautista i Bellot, 1994; Papió, 1994; Bautista *et al.*, 1996; Casanovas i Vilà, 1999; Pausas *et al.*, 1999; Caturla *et al.*, 2000; Luís *et al.*, 2004).

Tot i el seu perfil idoni per a intervencions de restauració, la seva presència en barreges de llavors és poc documentada en experiències a l'Estat espanyol (Ederra, 1997). Aquest fet es deu, probablement, al desconeixement que encara es té sobre aquesta gramínia. És per això que creiem que cal aprofundir més en el coneixement biològic i ecològic de *B. retusum*, per tal de definir millor el seu potencial d'aplicació.

En aquest treball s'avalua la capacitat de desenvolupament i creixement de *B. retusum*, en diferents condicions ambientals controlades.

MATERIAL I MÈTODES

Disseny experimental

Es va voler analitzar la influència de tres factors controlats (tipus de substrat, nivell de fertilització i nivell de reg) en el creixement i desenvolupament qualitatiu de la planta. Per això es comparà l'evolució de diversos paràmetres biomètrics (vegeu la taula III) en el temps, entre les diferents categories trifactorials resultants. Aquests paràmetres havien de ser mesurats per mitjà de mostratges destructius i no destructius.

Per això, l'experiment es fonamentà en el cultiu en contenidor, amb reg controlat, sota condicions d'hivernacle, de plantes de *B. retusum* a partir de la sembra d'un nombre determinat i constant de llavors d'origen silvestre. El conjunt de contenidors de cultiu s'organitzà seguint un disseny de blocs aleatoritzats a partir dels tres factors (substrat, fertilització i reg), amb quatre o vuit rèpliques per categoria, depenent de la data de mostreig.

Material biològic

Les cariòpsides madures utilitzades en l'experiment procedien d'espiquetes de plantes d'una població espontània localitzada a la serra de Collse-

rola (Barcelona) (UTM 1 × 1 km: 31TDF290880), que es recol·lectaren el 21 de juliol de 2000 i foren emmagatzemades en cambra frigorífica, a 10 °C de temperatura i ambient sec durant aproximadament sis mesos. D'aquestes se seleccionaren manualment 5.040 cariòpsides, seguint el criteri de selecció següent: consistències rígides i color marronós, mantenint les glumelles que embolcallen.

Factors ambientals controlats

TAULA I i I'. Resultats de l'anàlisi granulomètrica per als substrats S, FO i V

Taula I	S	FO	V
Densitat aparent (g/cm ³)	1,93	1,65	1,38
Densitat real (g/cm ³)	2,8	2,67	2,42
Porositat (%)	31,25	38,35	43,16
Punt de saturació, SAT (%)	19,5	30	35
Aproximació CC (%)	9,8	15	17,5
Aproximació PMP (%)	4,9	7,5	8,7
Grava (< 4 mm) (%)	24,84	0	0
% argila de terra fina	4	20,5	26
% llim de terra fina	4	20,5	5
% sorra de terra fina	92	59	69
Tipus de textura (USDA)	Arenosa	Francoargil·loarenosa	Francoargil·loarenosa
pH actual	7,45	7,9	7,7
pH potencial	6,8	7,4	6,9
CE (dS/m) 25 °C	0,07857	0,13289	0,18139
Reacció HCl (presència CaCO ₃)	NO	SÍ	SÍ

Taula I'	Localitat d'origen	Coord. UTM (10 × 10 km)
S	Riera de Sobirans (Arenys de Munt, Barcelona)	31TDG60
FO	Roc de Forejac, vessant nord (Corbera de Llobregat, Barcelona)	31TDF08
V	Talús autopista AP-7, peatge de la Roca (la Roca del Vallès, Barcelona)	31TDG40

— Substrat mineral: se'n distingiren tres tipus diferents (S, FO i V) per la seva naturalesa mineral, granulometria i propietats fisicoquímiques. La seva caracterització es mostra en les taules I i I'.

— Fertilització: es distingiren dues qualitats de fertilització, F i f. Per a F es considera una aplicació inicial al substrat d'1,46 g/test d'un fertilitzant d'alliberació controlada NPK 15/10/12, 2 % MgO i microelements, del tipus perla, d'embolcall resinós, només sensible al canvi de temperatura. I per a f no es considera cap aplicació, i per tant no hi ha fertilització.

— Reg: es distingiren dos nivells quantitius de reg en superfície amb aigua destil·lada, R i r. Per a R es considera el manteniment periòdic d'un nivell aproximat de capacitat de camp (CC) específic per al substrat en el contenidor. I per a r es considera el manteniment periòdic d'un nivell aproximat al punt de marciment permanent (PMP) específic per al substrat en el contenidor. Els diferents nivells de reg establert es mantingueren mitjançant el control periòdic d'una mostra representativa, per categoria, del contingut massic d'aigua al substrat (Porta *et al.*, 1999; w: massa d'aigua (g)/massa substrat (g)).

Medi de cultiu

S'utilitzaren contenidors de plàstic (7,5 cm de radi màxim secció i 12 cm d'altura, foradats pel fons). El substrat fou estratificat de baix a dalt de la manera següent: malla (al fons, per retenció), terra volcànica (2 cm de gruix) i substrat mineral (9 cm).

Procediment

S'inicià el cultiu el dia 20 de febrer de 2001, amb la sembra de cariòpsides sobre el substrat mineral, amb els contenidors ja preparats, amb una densitat de 35 unitats/contenidor.

Des de llavors, es realitzà un registre termomètric diari a l'interior de l'hivernacle (vegeu la figura 1).

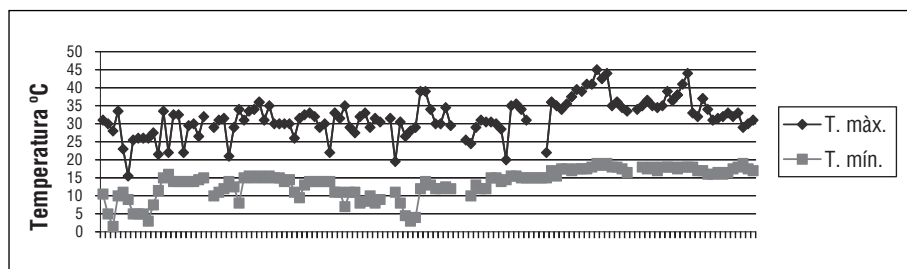
Al llarg del cultiu es van realitzar mesures de setze variables mètriques de biomassa o d'altres tipus, la llista de les quals es presenta en la taula III. Per a la mesura de les variables de biomassa, que implicava la recol·lecció de la planta sencera, es realitzaren dos mostreigs destructius separats en el temps: el primer als 72 dies i el segon als 130 dies des de la sembra (vegeu la taula II). Per a cada contenidor mostrejat i cada planta recollida, es mirava el seu estat (planta viva o morta). Les plantes vives es van processar separant la fracció aèria (fulles, tiges i, de vegades, cariòpsides) de la fracció subterrània (arrels primàries, arrels adventícies, rizomes i, de vegades, cariòpsi-

des sense germinar). El material s'assecà en una estufa a $> 95-105\text{ }^{\circ}\text{C}$ durant un mínim de dotze hores (1r mostratge, 72 dies des de sembra) o quaranta-vuit hores (2n mostratge, 130 dies des de la sembra).

Per a la mesura de les altres variables biomètriques, que només implica l'observació de les plantes al mateix cultiu, sense destrucció, es realitzaren quinze mostreigs visuals separats per dies en el temps, que van consistir en la quantificació de tiges verdes i seques, i fulles verdes i seques, per a cada contenidor i planta.

I per a la mesura de la variable de cobertura vegetal de contenidor, es va aprofitar els mateixos dos mostreigs realitzats per a les variables de biomassa. La cobertura s'estimà a partir de l'equivalència següent: superfície fotografiada / massa superfície. De manera que el valor s'obtingué a partir de la mesura de la massa de la fracció, planta cobertora i superfície no coberta, representades en una fotografia perpendicular al pla de la superfície del substrat.

FIGURA 1. *Evolució de les temperatures absolutes a l'interior de l'hivernacle*



TAULA II. *Dates dels mostreigs destructius efectuats per a l'obtenció de fitomassa seca*

Dall	n per tractament $SU \times FE \times RE$	Dates	Dates inici-final d'interval de temps	Dies transcorreguts des de la sembra
Primer	4	2-3/V	20/II-3/V	72
Segon	8	28-29/VI	20/II-29/VI	130

TAULA III. *Relació de variables considerades (sigles i definició)*

NPV	Nombre de plantes vives per unitat de superfície
NPS	Nombre de plantes dessecades per unitat de superfície
NPT	Nombre de plantes totals (vives i dessecades) per unitat de superfície
PFV	Nombre de fulles verdes per planta
PFS	Nombre de fulles dessecades per planta
PFT	Nombre de fulles totals (verdes i dessecades) per planta
PT	Nombre de tiges totals per planta
SFV	Nombre de fulles verdes per unitat de superfície
SFT	Nombre de fulles (vives i dessecades) per unitat de superfície
ST	Nombre de tiges totals per unitat de superfície
MA	Fitomassa seca aèria
MS	Fitomassa seca subterrània
RNP	Relació plantes vives/plantes totals (NPV/NPT)
RPF	Relació fulles verdes/fulles totals (PFV/PFT = SFV/SFT)
MR	Relació massa seca aèria/subterrània (MA/MS)

Tractament estadístic

Per tal de valorar les diferències entre les mitjanes entre tipus de tractaments, es procedí mitjançant la realització de l'anàlisi de la variància (ANOVA) independent per a cada variable. Posteriorment, s'utilitzà un mètode d'identificació de diferències entre grups (tipus *post hoc*), anomenat *test de Student-Newman-Kuels* (SNK; $p < 0,05$), mitjançant el procediment General Linear Model (GLM). Tot aquest tractament estadístic de les dades va ser realitzat mitjançant el paquet informàtic estadístic SAS®.

RESULTATS I DISCUSSIÓ

Germinació en test

La germinació de plàntules es va iniciar als nou dies de la sembra. Aquesta data coincideix amb un període en què les temperatures màximes absolutes es van situar una mica per sota de 25 °C, i les mínimes absolutes van ser d'aproximadament 5 °C (vegeu la figura 1). Les temperatures mitjanes s'apropen al rang òptim de temperatures per a la germinació de *B. retu-sum* en condicions de laboratori (21-25 °C) (Espejo, 2001). Més endavant, la dinàmica germinativa es va veure afectada per un augment de les temperatures absolutes (màxima 35 °C i mínima 15 °C), acompanyat d'una disminu-

ció en la freqüència de regs. Finalment, s'observà que entre el 70 % i el 90 % del total de les germinacions es van concentrar en els primers trenta dies de seguiment.

El substrat FO, amb una major capacitat de retenció d'aigua, juntament amb una menor predisposició al segellat i l'encrostament superficial, resultà ser el tractament més favorable per a la germinació (vegeu les figures 2 i 5). El tipus V, tot i la seva aparent millor estructura, presentà un major gruix i grau de duresa i esquarterat, altament limitants per a la penetració de les radícules de les llavors.

FIGURA 2. Evolució de la variable de creixement NPT, segons el factor substrat (S, FO i V). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)

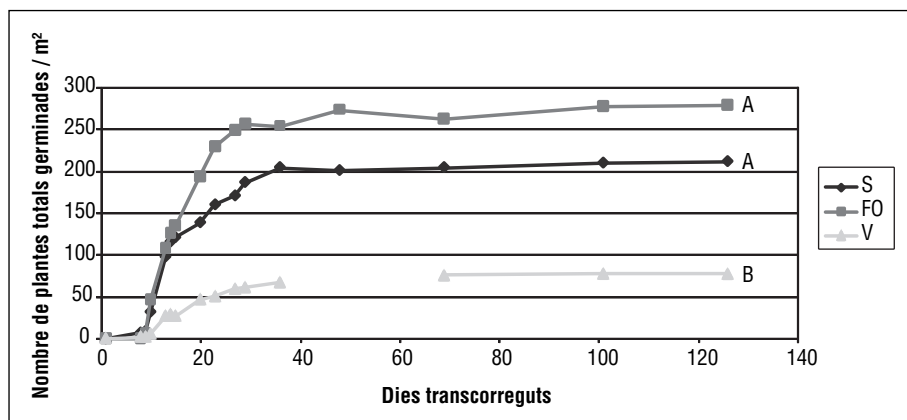


FIGURA 3. Evolució de la variable de creixement NPT, segons el factor fertilització (F/f). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)

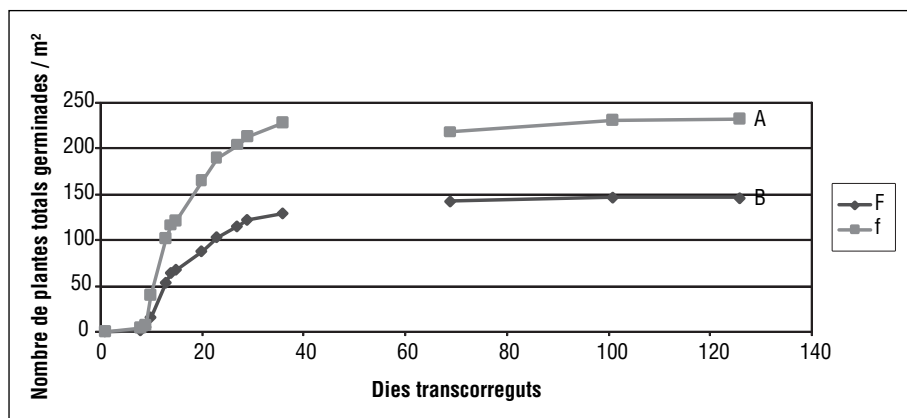


FIGURA 4. *Evolució de la variable de creixement NPT, segons el factor reg (R/r). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)*

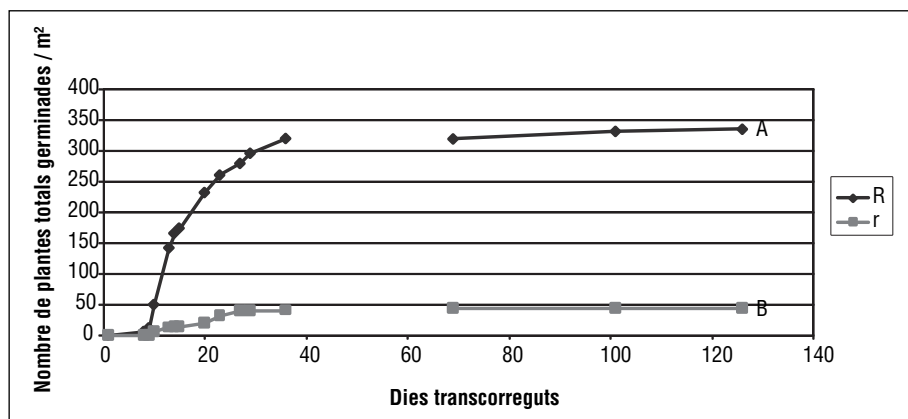
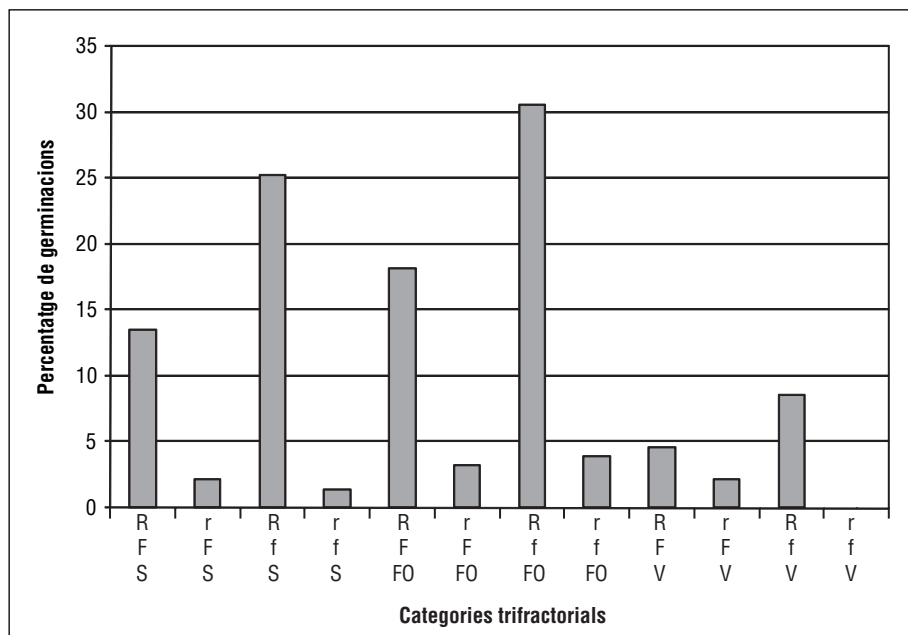


FIGURA 5. *Taxa de germinació (%) de Brachypodium retusum, en el cultiu en contenidor, per a cada categoria trifactorial (substrat $\times$ fertilització $\times$ reg)*



El tractament tipus F-r va resultar ser el més limitant per a l'èxit germinatiu (vegeu les figures 3, 4 i 5). A partir de l'onzè dia es van notar els efectes d'una probable acumulació de sals en superfície. Les reduccions més importants de germinació (41-46 %) es van produir en aquells substrats on,

per efecte d'una major retenció d'humitat, es donà una major alliberació de fertilitzant en superfície (vegeu la figura 5). En els substrats més àrids la reducció no fou tant perceptible, perquè les condicions estaven més marcadess per l'aridesa. En general, el percentatge de germinació major ha estat baix, amb un 31 % en el tractament FO-f-R, als 130 dies (vegeu la figura 5).

Creixement i desenvolupament de les plantes

A FO, tot i la major taxa germinativa observada, les plàntules van presentar un desenvolupament dèbil, explicable pel probable efecte limitant de les particulars propietats fisicoquímiques d'aquest substrat. El pH pròxim a 8, conjuntament amb la presència de calci actiu, va poder influir en una baixa disponibilitat de ions solubles monoortofosfat i difosfat, HPO_4^{2-} i H_2PO_4^- , per efecte de retrogradació càlcica i l'aparició de ions trivalents de l'àcid fosfòric (Thompson i Troeh, 1988; Urbano, 2002).

TAULA IV. Resultats de l'ANOVA que presenten el valor de l'estadístic *F*, conjuntament amb la corresponent significació estadística sobre la base de *p* (*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ****: $p < 0,0001$). Mida mostral a 72 dies ($n = 48$) i a 130 dies ($n = 96$)

		FACTOR					
		Substrat		Fertilització		Reg	
		72 dies	130 dies	72 dies	130 dies	72 dies	130 dies
Variable	NPT	16,01****	16,34****	8,30**	8,61**	94,80****	98,61**
	NPS	5,62**	6,43**	1,33	0,01	6,47*	7,80**
	PT	1,88	4,30*	0,23	0,05	0	0,59
	PFV	2,26	3,69*	0,11	0,04	0,36	0,93
	PFS	2	3,21*	1,31	1,65	0,52	0,13
	RFT	1,86	3,30*	0,41	0,2	0,02	0,56
	MA	12,23****	5,6**	2,06	0,07	38,22****	39,59****
	MS	10,33***	1,91	0,1	4,26*	59,50****	58,44****
	MT	14,61****	4,13*	0,59	0,33	62,59****	48,11***
	MR	5,82*	20,76****	2,42	30,84****	0,4	5,61*
	COB	12,49****	4,98**	0,39	0,02	47,51****	37,96****

FIGURA 6. *Valors mitjans, fitomassa total seca (MT), per unitat de superfície. S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)*

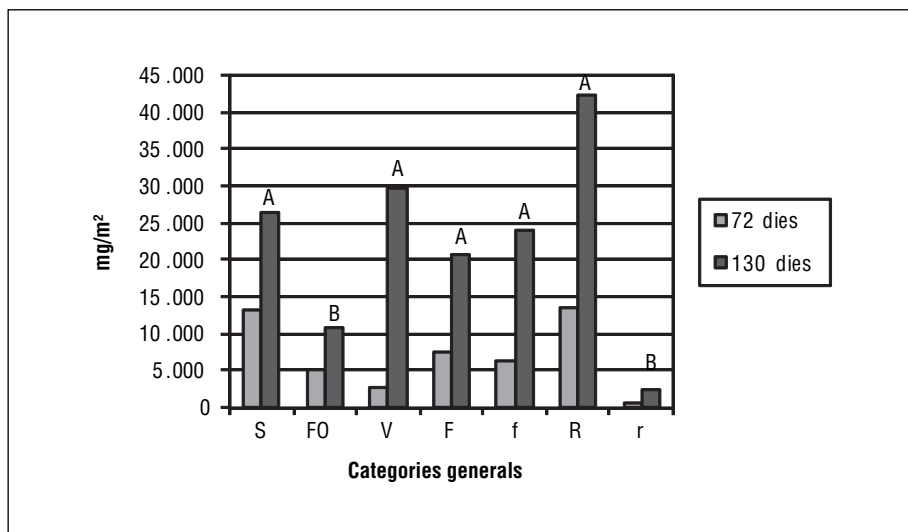
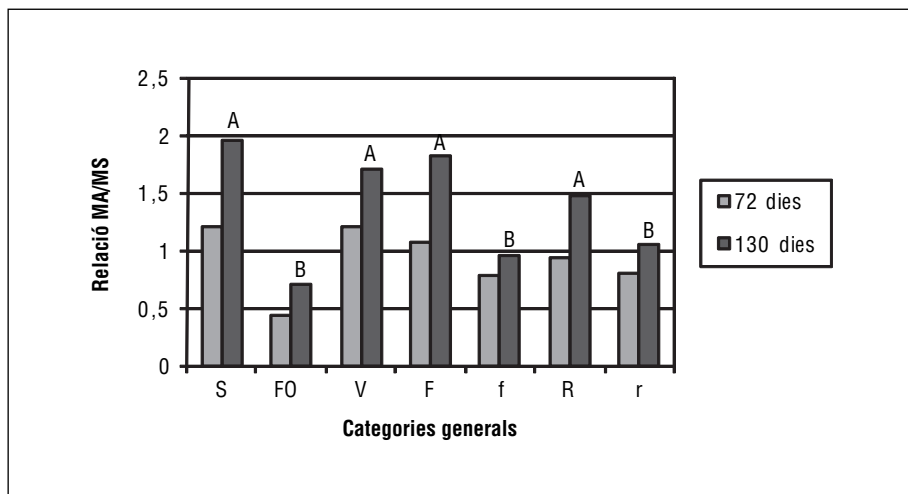


FIGURA 7. *Valors mitjans, relació fitomassa aèria/subterrània seca (MR). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)*



El desenvolupament de les parts subterrànies de les plàntules, a FO, va ser superior a l'observat en les parts aèries. Aquest fet pot explicar-se en cas de manca de P (vegeu les figures 6, 8, 9, 11, 12, 13) (Fitter i Hay, 1987; Thompson i Troeh, 1988).

FIGURA 8. Producció neta de matèria seca (Pn) durant el període comprès entre 72 i 130 dies, segons les diferents categories dels factors: substrat (S, FO i V), índexs de fertilització (F i f) i índexs de reg (R i r)

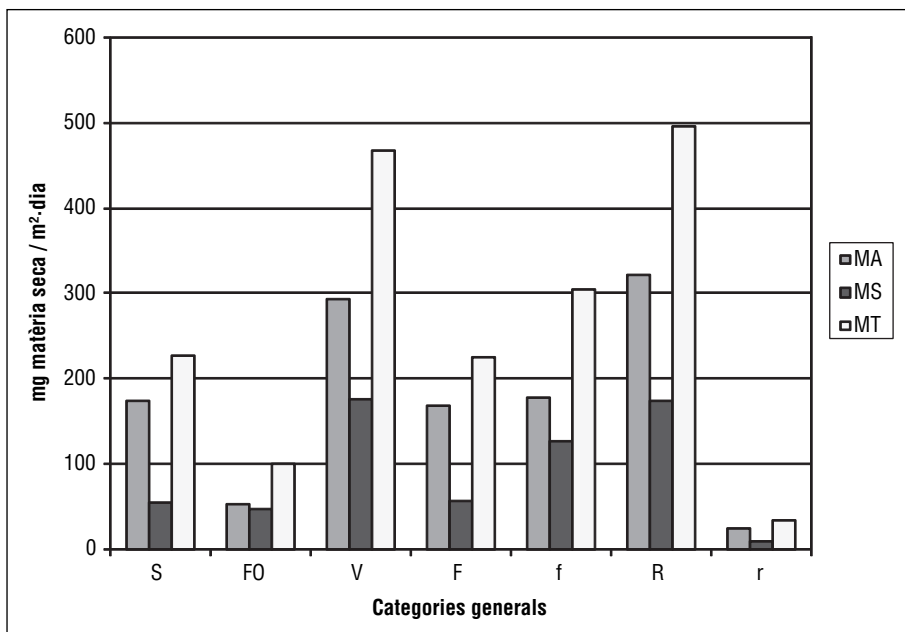
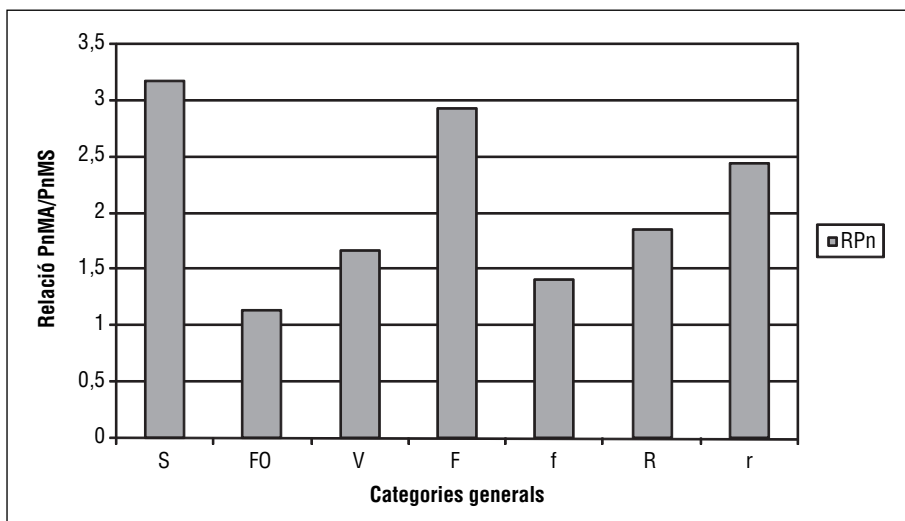


FIGURA 9. Relació producció neta de matèria seca entre la part aèria i la subterrània, durant el període de temps comprès entre els 72 i els 130 dies des de la sembra, per a les diferents categories dels factors: substrat, fertilització i reg

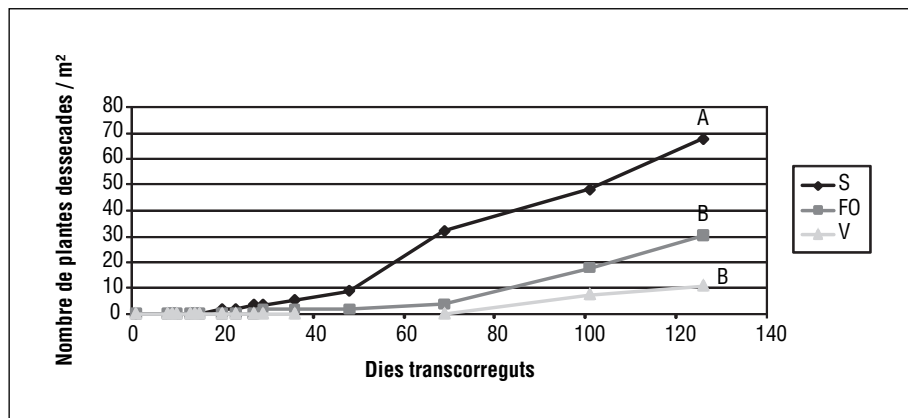


Cal tenir en compte que la població original de *B. retusum* d'on s'obtingueren les llavors per a aquesta experiència es localitzava en una comunitat vegetal rica en espècies pròpies de pradells terofítics acidòfils (aliança *Helianthemion guttati* Br.-Bl. 1931).

Als 72 dies des de la sembra, el substrat S resultà ser el més productiu (vegeu la figura 6). Aquest fet va ser degut al major nombre de germinacions respecte a V, i a les menors limitacions nutritives respecte a FO. Als 130 dies des de la sembra, però, el grau de desenvolupament de les poques plantes a V va suposar que la producció final de fitomassa seca total, per superfície, resultés lleugerament superior a l'observada als altres substrats (vegeu les figures 6 i 8). La relació fitomassa aèria/subterrània (MR) a V fou > 1 (vegeu la figura 7) i s'assoliren, finalment, valors pròxims a 2 (130 dies), igual que al substrat S.

En general, als tres substrats, la producció neta diària de la fracció aèria fou superior a la subterrània, entre els dies 72 i 130 de seguiment (Pn; mg/m²·dia). En els substrats FO i V, la relació fou d'1-1,5, valor equivalent a un creixement equilibrat, mentre que a S es donà una relació > 3 (vegeu les figures 8 i 9), fet relacionat a una major activitat regenerativa.

FIGURA 10. Evolució de la variable de creixement NPS, segons el factor substrat (S, FO i V). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)



B. retusum presenta metabolisme C3 (Watson i Dallwitz, 1992), fet que implica un òptim de fotosíntesi neta entre 15-20 °C. Per tant, la dessecació generalitzada de la part aèria fotosintètica (vegeu les figures 10, 13 i 14) deu haver tingut relació directa amb l'augment progressiu de la velocitat de foto-respiració i respiració mitocondrial. Tots dos tipus de respiració poden ha-

ver estat afavorits per les elevades temperatures enregistrades (30-45 °C). Durant aquest període de severes condicions de temperatura i eixut, la mitjana de fulles seques per planta va anar augmentant, mentre que la mitjana de fulles verdes productives es mantingué estable en el temps (vegeu la figura 12). Al llarg del seguiment, la mitjana de fulles marcides per planta fou semblant a S i V (vegeu la figura 13), mentre que a FO va ser menor. Però la proporció d'aquestes fulles marcides, respecte al total de fulles, fou aproximadament d'un 57 % (S i FO), enfront d'aproximadament un 39 % a V (vegeu la figura 14). El substrat V va destacar perquè les plantes presentaren una notable recuperació de les estructures productives verdes, tot i la presència de 16-20 fulles marcides per planta. En canvi, a S i FO només s'observà una substitució equivalent de fulles verdes per marcides.

Durant les últimes setmanes de seguiment, les temperatures màximes absolutes diàries van disminuir 10 graus (es van situar en els 30 °C). A partir d'aquest moment es va percebre un fort increment de la mitjana de fulles verdes per planta a S i V, però especialment en aquest últim tipus de substrat.

En resum, les plantes van presentar una elevada capacitat de regulació de les estructures fotosintètiques i de la superfície transpirable en condicions desfavorables, tal com observà també Caturla *et al.*, 2000 (vegeu la figura 12).

FIGURA 11. *Evolució de la variable de creixement PT, segons el factor substrat (S, FO i V). S'afageix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)*

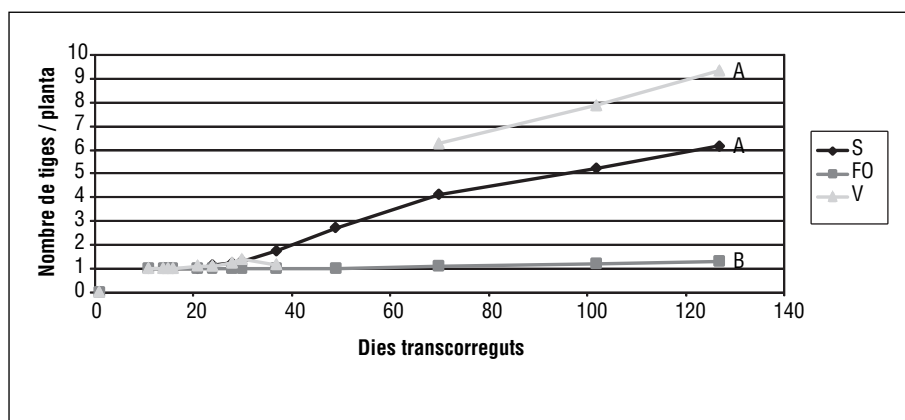


FIGURA 12. *Evolució de la variable de creixement PFV, segons el factor substrat (S, FO i V). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)*

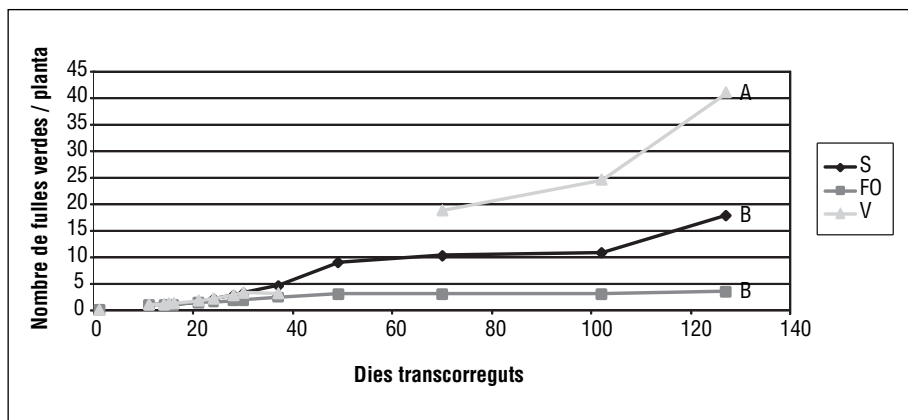


FIGURA 13. *Evolució de la variable de creixement PFS, segons el factor substrat (S, FO i V). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05$)*

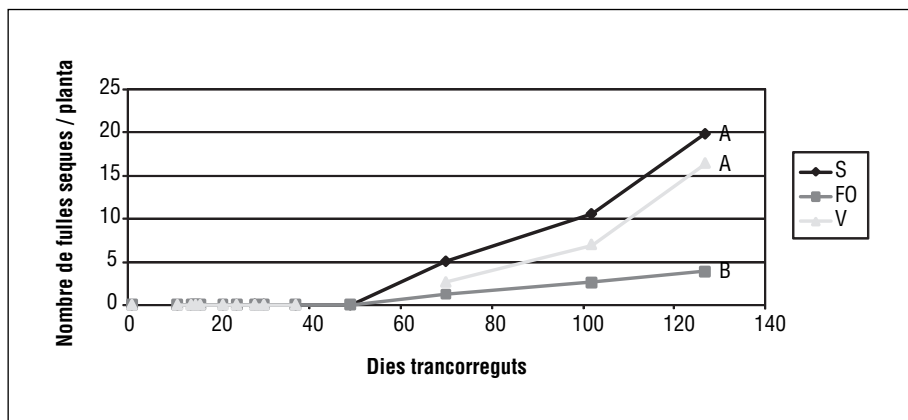
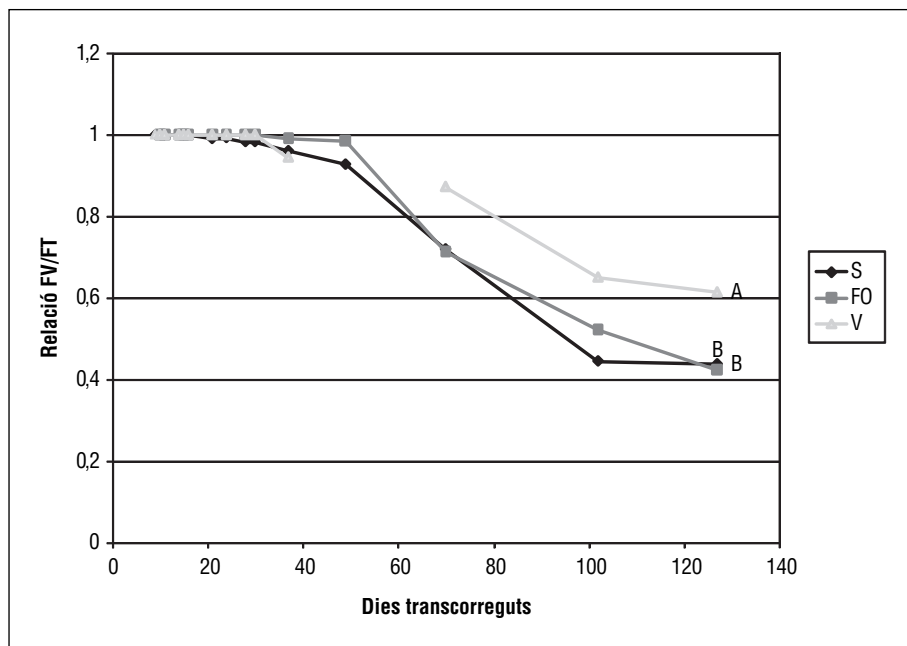


FIGURA 14. Evolució de la variable de creixement RFT, segons el factor substrat (S, FO i V). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)



Descripció del tipus de desenvolupament

El desenvolupament vegetatiu de *B. retusum* es caracteritzà per la producció múltiple i simultània de tiges, rizomes i arrels fasciculades (vegeu les figures 8 i 11). Als 21 dies (V) i 24 dies (S) des de la sembra, les plantes començaren a fillolar. Els fillols presentaren desenvolupament extravaginal, i es diferenciaven tiges de rizomes. Dels rizomes, a V, entre els 102 i els 130 dies des de la sembra, van emergir tiges que iniciaren la producció de noves fulles verdes i arrels adventícies. La profunditat de soterrament d'aquests rizomes estava compresa entre 1 cm i 2,5 cm. Aquest fet denota el gran potencial vegetatiu que presenta l'espècie, ja des d'estadis juvenils. En S, fou més freqüent el desenvolupament exclusiu de tiges aèries. La formació de crostes superficials podria haver afavorit l'elongació de tiges subterrànies, exposades a major resistències en l'emergència.

D'altra banda, s'observà que la mitjana del conjunt de tiges i fulles per planta no fou alterada pel factor fertilitat ni pel reg. Tampoc no va ser alterada entre dos dels substrats (S i V), de manera que l'estructura general de tiges i fulles es caracteritzà pel seu desenvolupament poc plàstic, pel que fa a

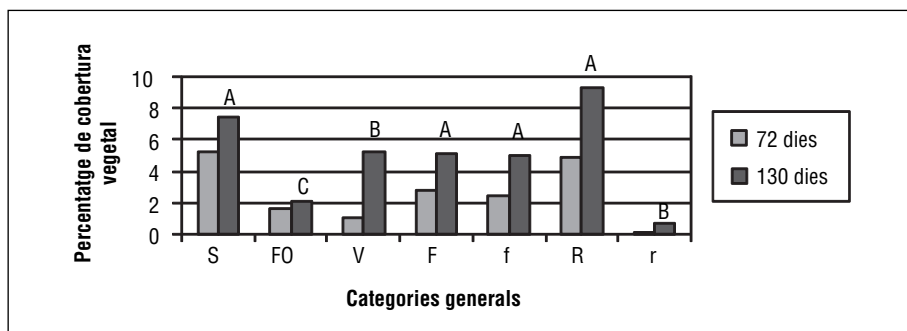
la quantitat. Pel que fa a la qualitat, però, fulles i tiges mostraren modificacions diferents, segons els factors ambientals. De manera que fulles i tiges es van adaptar a les circumstàncies diverses mitjançant la dessecació de les seves parts o la modificació de les seves dimensions.

Cobertura vegetal

A partir dels resultats (vegeu la figura 15), es pot observar clarament la relació directa de l'augment de la coberta vegetal amb una alta germinació, acompanyada d'un alt creixement vegetatiu, que són afavorits amb la disponibilitat d'aigua i nutrients.

S-R va ser el tractament on s'observà els valors més alts de cobertura vegetal (aproximadament un 14 %, als 72 dies). Aquest percentatge de cobertura pràcticament es va mantenir (15 % als 130 dies) per efecte de l'assecam de fulles i l'adquisició de formes aciculars reduïdes.

FIGURA 15. Cobertura vegetal superficial (COB). S'afegeix el resultat del test de Student-Newman-Kuels ($p < 0,05$)



CONCLUSIONS

A partir de l'avaluació del desenvolupament de *B. retusum*, segons la influència d'alguns factors ambientals controlats, es conclou el següent:

1. Les cariòpsides utilitzades en l'estudi van germinar a partir del novè dia des de la sembra, amb temperatures màximes inferiors a 25 °C. El procés de germinació va ser asincrònic i es va veure condicionat negativament per processos d'encrostament del substrat i exposició permanent a temperatures elevades (> 30 °C). Les textures de substrat més adequades han estat les de tendència francoargilosa, però amb baixa susceptibilitat a l'encrostament.

2. El factor substrat actuà com a limitant a l'hora de cobrir les necessitats d'aigua de la planta, tot i que eren escasses. També, valors de pH pròxims a 8, conjuntament amb la presència d'abundant calci actiu, van fer minvar la productivitat de plantes originàries de poblacions acidòfiles. Cal·lidria comprovar si aquest fet té relació amb deficiències en la nutrició fosfatada.

3. L'exposició a temperatures diürnes permanents $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ va influir en un augment de la dessecació de la part aèria fotosintètica. Aquest fet, però, no provocà generalment la mort de les plantes, tot i que s'assoliren proporcions de fins al 59 % de fulles dessecades respecte del total. Les plantes reaccionaren dessecant, generalment, el mateix nombre de fulles, independentment de quina fos la seva representació proporcional respecte del total de fulles.

4. La producció de fitomassa total seca, als tres mesos de creixement, va ser diferent entre la fracció aèria i la subterrània. Les estructures aèries persistents acostumaren a presentar un 50 % més de fitomassa respecte de les estructures subterrànies, i podien incrementar-se fins a un 200 % més, en cas de fort estrès hídric.

5. Les plantes de *B. retusum* van procurar mantenir sempre un mínim d'estructura fotosintetitzadora estable, a partir de la qual poder recuperar-se posteriorment, en cas de l'aparició de situacions ambientals més benignes. Són capaces d'emmotllar aquestes estructures, dessecant-les o variant les seves dimensions, segons factors ambientals com ara la disponibilitat d'aigua. Per tant, es reafirma la forta regulació de la fotosíntesi i de la superfície transpirable, produïda per aquesta gramínia, ja descrita per altres autors.

6. En general, s'observa en la planta un destacat creixement i desenvolupament vegetatiu global, que es tradueix en el desenvolupament de nombroses arrels, fulles, tiges i, fins i tot, rizomes. Aquests últims ja són observables en estadis juvenils, especialment quan la planta disposa d'un mínim contingut d'aigua disponible periòdicament abundant.

7. L'etapa de fillolar s'inicia a partir de 21 dies, en les condicions més favorables provades. I és a partir dels 102 dies, des de la sembra, que es va començar a produir l'emergència de rizomes, prèviament desenvolupats subterràniament a una profunditat d'1 cm a 2,5 cm. Un sistema radicular fasciculat dens i un ritme de creixement equilibrat entre la part aèria i la part subterrània serveixen com a indicadors d'un desenvolupament correcte de la gramínia.

8. Per acabar, cal dir que la gramínia *B. retusum* pot ser molt útil per la seva utilització en restauració de terres degradades mediterrànies. Cal, però, avaluar mínimament el mètode d'aplicació seleccionat i preveure la viabilitat de la germinació i el desenvolupament dels primers estadis de creixement d'aquesta planta. Per tant, és indicat realitzar la sembra durant les èpoques més humides en el clima mediterrani, com són primavera o, preferentment, tardor, quan les plantes puguin tenir l'oportunitat d'hidratar-se i penetrar en

el substrat. També podria ser molt indicat acompanyar la sembra amb una coberta de matèria orgànica, per tal de proporcionar major retenció d'humitat en el substrat i així afavorir l'alt desenvolupament vegetatiu de *B. retusum*. Cal, per a un futur, realitzar altres assaigs en el camp, i així perfilar les dosis de sembra adients per obtenir bones cobertes vegetals i grans xarxes subterrànies d'arrels i rizomes.

AGRAÏMENTS

Aquest estudi forma part de la recerca realitzada en el treball de fi de carrera defensat i editat el 2001 a l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (UPC). Alhora, va ser guardonat amb un accèssit, en la vuitena convocatòria del Premi per als Treballs de Fi de Carrera, organitzat pel Col·legi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles i Perits Agrícoles de Catalunya. Vull agrair especialment al doctor A. M. C. Verdú, del Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), l'atenta ajuda proporcionada en la realització, redacció i revisió d'aquest treball. També agraeixo molt tot el suport i l'ajuda rebuts d'altres professors, com ara el doctor Ramon Josa i Xavier Fàbregues; i també a bons amics, família, bidells i companys d'universitat. Moltes gràcies a tothom.

BIBLIOGRAFIA

- BAUTISTA, S.; BELLOT, J. (1994). «Evaluación de la siembra de herbáceas como tratamiento de control de los procesos erosivos post-incendio en una zona semiárida: diseño experimental y primeros resultados». *Studia Oecologica*, x-xi, p. 129-136.
- BAUTISTA, S.; BELLOT, J.; RAMÓN VALLEJO, V. (1996). «Mulching treatment for postfire soil conservation in a semiarid ecosystem». *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 10, p. 235-242.
- BLANCO, E.; CASADO, M. A.; COSTA, M.; ESCRIBANO, R.; GARCÍA, M.; GÉNOVA, M.; GÓMEZ, A.; GÓMEZ, F.; MORENO, J. C.; MORLA, C.; REGATO, P.; SAINZ, H. (1998). *Los bosques ibéricos: Una interpretación geobotánica*. Barcelona: Planeta.
- BOLÒS, O. de (1962). *El paisaje vegetal barcelonés*. Barcelona: Universidad de Barcelona. Facultad de Filosofía y Letras.
- BOLÒS, O. de; VIGO, J.; MASALLES, R. M.; NINOT, J. M. (1993). *Flora manual dels Països Catalans*. 2a ed. Barcelona: Pòrtic.
- BRADSHAW, A. D.; CHADWICK, M. J. (1988). *Restauració de terres: Ecologia i recuperació de terres malmeses i degradades*. 1a ed. catalana. Barcelona: Diputació de Barcelona. (Manual; 4)
- BRAUN-BLANQUET, J. (1979). *Fitosociología*. Madrid: Blume.
- CANO, E.; GONZÁLEZ, A. (1992). *Estudio básico para el conocimiento de la flora de Sierra Morena*. Jaén: Facultad de Ciencias Experimentales de Jaén.

- CARDONA, M. A. (1980). *Funcionalisme i ecologia d'algunes comunitats vegetals barcelonines*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. (Arxius de la Secció de Ciències; 59)
- CASANOVA, A.; VILÀ, M. (1999). «Regeneració del càrritx a les franges de protecció contra incendis al Parc Natural del Garraf». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 67, p. 141-149.
- CASAS, C.; NINOT, J. M. (1995). «Estudi fitocenològic de les pastures de la Plana de Vic. II: Comunitats terofítiques (*Thero-Brachypodietea*) i síntesi». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 63, p. 27-50.
- CATURLA, R. N.; RAVENTÓS, J.; GUÀRDIA, R.; RAMON VALLEJO, V. (2000). «Early post-fire regeneration dynamics of *Brachypodium retusum* Pers. (Beauv.) in old fields of the Valencia region (eastern Spain)». *Acta Oecologica*, 21 (1), p. 1-12.
- CERDÀ, A. (1998). «Soil aggregate stability under different Mediterranean vegetation types». *Catena*, 32, p. 73-86.
- CONESA, J. A. (1997). *Tipologia de la vegetació: anàlisi i caracterització*. Lleida: Edicions de la Universitat de Lleida: F. V. Libros. (Eines; 19)
- EDERRA, A. (1997). *Botánica ambiental aplicada. Las plantas y el equilibrio ecológico de nuestra tierra*. 2a ed. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra. (Ciencia Biológicas)
- ESPEJO, D. (2001). «Estudi introductori sobre la germinació i el creixement de *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv. (*Poaceae*), durant els primers estadis de desenvolupament, i valoració de la seva utilització en recuperació de terres degradades mediterrànies». Barcelona: ESAB: CEIB: UPC. [Treball de fi de carrera]
- FITTER, A. H.; HAY, R. K. M. (1987). *Environmental physiology of plants*. 2a ed. Londres: Academic Press.
- FOLCH, R.; FRANQUESA, T.; CAMARASA, J. M. (1989). *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 7: *Vegetació*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana.
- FONT, X. (1993). *Estudis geobotànics sobre els prats xeròfils de l'estatge montà dels Pirineus*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- (2005). *Mòdul flora i vegetació. Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya*. Generalitat de Catalunya: Universitat de Barcelona. <<http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>>.
- FRANCIS, C. F.; THORNES, J. B.; ROMERO DIAZ, A.; LOPEZ BERMÚDEZ, F.; FISHER, G. C. (1986). «Topographic control of soil moisture, vegetation cover and land degradation in a moisture stressed mediterranean environment». *Catena*, vol. 13, p. 211-225.
- FRANQUESA, T. (1987). «Regeneració de les brolles silicícòles de la península del cap de Creus. A: TERRADES, J. [et al.] [coord.]. *Ecosistemes terrestres. La resposta als incendis i a d'altres pertorbacions*. Barcelona: Diputació de Barcelona. (Quaderns d'Ecologia Aplicada)
- GUÀRDIA, R.; NINOT, J. M. (1991). «Models de comportament fenològic als prats secs i a les brolles de l'àrea meridional de la Noguera». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 59, p. 117-127. (Sec. Bot.; 8)

- (1998). «Assaigs de sembra d'*Achnatherum calamagrostis* en una àrea aixaragallada de Vallcebre (Berguedà)». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 66, p. 115-127.
- GUERRERO CAMPO, J. (1998). *Respuestas de la vegetación y de la morfología de las plantas a la erosión del suelo. Valle del Ebro y Prepirineo Aragonés*. Saragossa: Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- JAUNZEIN, P.; MONTEGUT, J. (1983). *Graminées (Poaceae) nuisibles en Agriculture*. Aubervilliers: École Nationale Supérieure d'Horticulture de Versailles: Société d'Édition Champignons et Nature.
- LONGARES ALADRÉN, L. A. (1997). *El paisaje vegetal en el entorno de la reserva ornitológica El Planerón (Belchite-Zaragoza)*. Saragossa: Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón: Sociedad Española de Ornitología (SEO/Birdlife).
- LÓPEZ-SÁNCHEZ, M. E.; DÍAZ, G.; HONRUBIA, M. (1992). «Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and P addition on growth and P nutrition of *Anthyllis cytisoides* L. and *Brachypodium retusum* (Pers.) Beauv.». *Mycorrhiza*, 2, p. 41-45.
- LUÍS, M. [et al.] (2004). «Fire and torrential rainfall: effects on the perennial grass *Brachypodium retusum*». *Plant Ecology*, 173, p. 225-232.
- MASALLES, R. M. [et al.] (1988). *Història natural dels Països Catalans*. Volum 6: *Plantes superiors*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana.
- ORCA (1985-1987). *Atlas corològic de la flora dels Països Catalans*. Vol. I: *Mapes 1-103*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques.
- PAPIÓ, C. (1994). *Ecologia del foc i regeneració en garrigues i pinedes mediterrànies*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques. (Arxius de les Seccions de Ciències; 108)
- PAUSAS, J. G.; CARBÓ, E.; CATURLA, R. N.; GIL, J. M.; RAMÓN VALLEJO, V. (1999). «Post-fire regeneration patterns in the eastern Iberian Peninsula». *Acta Oecologica*, 20 (5), p. 499-508.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 2a ed. Barcelona: Mundi-Prensa.
- PUJOL, M. (1998). *Gramíneas: Aplicaciones agronómicas*. Barcelona: UPC.
- ROLDÁN, A.; GARCIA-ORENES, F.; ALBALADEJO, J. (1994). «Microbial populations of *Brachypodium retusum* and their relationship with stable aggregates in a semiarid soil of southeastern Spain». *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 8 (2), p. 105-114, 26 ref.
- RUÍZ DE LA TORRE, J.; CARRERAS EGAÑA, C.; GARCÍA VIÑAS, J. I.; ORTÍ MORIS, M. (1996). *Manual de la flora para la restauración de áreas críticas y diversificación en masas forestales*. Sevilla: Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente.
- THOMPSON, L. M.; TROEH, F. R. (1988). *Los suelos y su fertilidad*. 4a ed. Barcelona: Reverté.
- TUTIN, T. G.; HEYWOOD, V. H.; BURGESS, N. A.; MOORE, D. M.; VALENTINE, D. H.;

- WALTERS, S. M.; WEEBS, D. A. [ed.] (1964-1980). *Flora europaeae*, 1-5. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- URBANO, P. (2002). *Fitotecnia: Ingeniería de la producción vegetal*. Madrid: Mundi-Prensa.
- WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. (1992). *The grass genera of the world*. Wallingford: CAB International.