

SISTEMES I PROCESSOS

Assaigs de sembra d'*Achnatherum calamagrostis* en una àrea aixaragallada de Vallcebre (Berguedà)

Roser Guàrdia & Josep M. Ninot*

Rebut: 09.09.97
Acceptat: 28.01.98

Resum

En aquest treball presentem els resultats de dues experiències de sembra amb la gramínia perenne *Achnatherum calamagrostis* en àrees aixaragallades o *badlands*, realitzades per tal d'avaluar la seva capacitat de germinació al camp i la possibilitat d'utilització en la restauració d'àrees degradades. En la primera sembrarem sobre dos tipus de regoliat: argilosa vermella i morada amb guix. L'any següent ens centrarem en les argiles vermelles i assajarem l'aplicació d'un adob i d'un condicionador d'estructura. La germinació d'*A. calamagrostis* es va produir el mes de juny tots dos anys, dos mesos després de la sembra. La densitat obtinguda en les sembres va variar considerablement segons el tipus de substrat, de manera que sobre regolít morat les irregularitats del substrat en superfície van facilitar la retenció de les granes enfront els processos erosius. La sembra d'espècies comercials als *badlands* no va donar resultats gaire més alts que la d'*A. calamagrostis*, encara que podria ser per causa de les baixes precipitacions de l'any en què es van realitzar. L'aplicació d'esmenes correctores del substrat aparentment no va millorar els resultats, encara que cal tenir en compte que els nivells de germinació van ser baixos en tots els casos.

* Departament de Biologia Vegetal, Univ. de Barcelona. Diagonal, 645. E-08028 Barcelona.

MOTS CLAU: *Achnatherum calamagrostis*, revegetació, sembres, germinació, *badlands*, erosió, gramínies, Prepirineus.

Abstract

Seeding experiences with *Achnatherum calamagrostis* in a badland area in Vallcebre (SE Pyrenees)

We present the result of two sowing experiments with the autochthonous perennial grass *Achnatherum calamagrostis*, in order to evaluate its germination capability in field conditions and its potential use in reclaiming degraded areas. In the first experiment we sowed two regolith types: red clays and purple clays with gypsum. The following year we focused on the red materials and added two substrate correctives: structure conditioner and fertiliser. Emergence of *A. calamagrostis* occurred in June both years, two months after each sowing. Emergence percentages were about four times higher on the purple regolith than on the red clays, because the roughness of its surface facilitated the retention of seeds against erosive remotion. Densities obtained with standard species were not higher than those obtained with *A. calamagrostis*, but this could be also due to the especially dry conditions of the second year. No effect of the structure

SISTEMES I PROCESSOS

re conditioner or fertiliser on the emergence percentages was detected. However, this question remains unresolved, as emergence levels were low in all cases.

KEYWORDS: *Achnatherum calamagrostis*, revegetation, seeding, germination, badlands, erosion, grasses, pre-Pyrenees.

Resumen

Experiencias de siembra con *Achnatherum calamagrostis* en un área abarrancada de Vallcebre (SE de los Pirineos)

En este trabajo presentamos los resultados de dos experiencias de siembra con la gramínea perenne *Achnatherum calamagrostis* en áreas acaravadas o *badlands*, que se llevaron a cabo con la finalidad de evaluar su capacidad de germinación en condiciones de campo y sus posibilidades de utilización en la restauración de áreas degradadas. En la primera de las experiencias sembramos en dos tipos de regolito: arcillas rojas y moradas con yeso. El año siguiente centramos la experiencia en las arcillas rojas, ensayando dos tratamientos correctores del sustrato: un acondicionador de estructura y un abono. La germinación de *A. calamagrostis* se produjo en junio los dos años, a los dos meses de haber sembrado. La densidad obtenida con las siembras varió considerablemente con el tipo de sustrato, de manera que las irregularidades del terreno en el morado con yeso facilitaron la retención de las semillas frente a la acción de la erosión. La siembra de especies comerciales en los *badlands* no dió resultados mucho más altos que con *A. calamagrostis*, pero también podría ser debido a las escasas precipitaciones del año en que se sembró. Ni el acondicionador ni la fertilización del sustrato tuvieron un efecto claro en la eficiencia de colonización, aunque debe tenerse en cuenta que el volumen de germinaciones fue bajo en todos los casos.

PALABRAS CLAVE: *Achnatherum calamagrostis*, revegetación, siembras, germinación, *badlands*, erosión, gramíneas,

Prepirineos.

Introducció

Les zones fortament erosionades en forma de xaragalls (*badlands* en la terminologia anglosaxona) s'originen en àrees on la roca mare ha quedat al descobert i, per les seves pròpies característiques, s'erosiona de manera relativament ràpida. A la conca de Vallcebre (alt Llobregat, Berguedà) aquestes formacions són especialment freqüents i, encara que ocupen poca extensió, són la principal font de sediments de la conca (Clotet *et al.* 1988)

La vegetació que pobla els *badlands* és, en general, bastant dispersa i heterogènia. Els processos erosius que porten a la formació d'aquestes àrees degradades generen un procés de successió regressiva des de les comunitats inicials, generalment pastures mesoxeròfiles de l'*Aphyllanthion*, fins a la manca gairebé completa de vegetació (Guàrdia & Ninot, 1992). La topografia apareix com un dels factors més determinants de la distribució de la vegetació als *badlands*, tant pel que fa a l'orientació com pel que fa al pendent. Moltes de les espècies dels *badlands* es troben també presents a les comunitats inicials i són realment poques les que colonitzen de nou aquests ambients. Entre aquestes últimes cal destacar *Achnatherum calamagrostis*, gramínia perenne que forma tofes denses que poden arribar a més de 2 metres de diàmetre. Aquesta espècie és una eficient colonitzadora d'ambients amb substrats relativament poc estables, ja siguin naturals (tarteres, *badlands*) o artificials (runes de mines, talussos de carreteres, etc.).

La sembra d'espècies herbàcies en àrees degradades s'ha utilitzat àmpliament com a tècnica per a frenar l'erosió (Bradshaw, 1983; Vallejo, 1997). En les experiències realitzades als Països Catalans s'ha posat de manifest reiteradament la necessitat d'ampliar el

ventall de plantes utilitzables, ja que normalment es recorre sempre a les mateixes espècies, les quals no tenen perquè ser les més adients (Relea, 1987).

En el marc de l'estudi de la biologia de poblacions d'*Achnatherum calamagrostis* ens hem plantejat la realització de sèmbers experimentals de xaragalls amb aquesta espècie per tal d'avaluar la seva capacitat de germinació en condicions de camp i les possibilitats d'utilització d'aquesta espècie per a la restauració d'àrees degradades.

El medi físic

Característiques de l'àrea d'estudi

El present treball s'ha centrat en les àrees aixaragallades de Cal Carot, a la conca de

Vallcebre, a uns 1.230 m d'altitud (figura 1). El bioclima de la zona és axeromèric (Bolòs & Vigo, 1984), caracteritzat per la manca de mesos tèrmicament glacials i l'absència de mesos àrids. El substrat sobre el qual s'han desenvolupat els *badlands* correspon a argiles de fàcies garumniana, les quals s'inclouen en la unitat del mantell del Pedraforca (Clotet, 1984). Corresponen a dipòsits lacustres que donen alternances de materials que es poden distingir fàcilment per la seva coloració. Nosaltres ens hem centrat concretament en dos tipus de regolít: argiles vermelles i material morat amb guix.

Per tal de caracteritzar aquests substrats hem realitzat sengles perfils edàfics i n'hem recollit mostres en superfície i en profunditat per a la seva posterior anàlisi al laboratori. Quant a la composició mineralògica, les argiles vermelles contenen una

TAULA 1. Resultats de les anàlisis físico químiques de les mostres de sòl del perfil realitzat en una regolita d'argiles vermelles (V1 i V2) i en una regolita morada (M1 i M2) en una àrea completament desprovista de vegetació (¹ no detectable, < 0,03%; ² no detectable, < 13 mg de P₂O₅/Kg de terra).

Results of physical and chemical analyses of the soil samples taken from the profiles in the red regolith (V1 and V2) and in the purple regolith (M1 and M2) in a surface completely devoid of vegetation (¹ undetectable, < 0.03 %; ² undetectable, < 13 mg of P₂O₅/Kg of earth).

	V1	V2	M1	M2
Profunditat (cm)	0-10	10-20	0-10	10-20
% graves	5,04	4,92	8,04	29,42
% terra fina	94,96	95,08	91,96	70,58
% sorra	10,62	5,93	—	—
% llim	75,17	75,86	—	—
% argila	14,15	18,21	—	—
Textura	Fr-llim	Fr-llim	—	—
pH (H ₂ O)	8,17	8,31	7,79	7,84
pH (KCL)	7,28	7,31	7,40	7,42
% carbonats	21,79	25,02	19,00	19,05
CE (s. m ⁻¹)	83	88	1.426	1.416
CIC (meq. Na/100g)	35,70	29,31	25,21	25,21
% mat. org.	n. d. ¹	n. d.	n. d.	n. d.
K (mg K ₂ O/Kg terra)	79,4	54,5	71,4	63,4
P (mg P ₂ O ₅ /Kg terra)	n. d. ²	n. d.	n. d.	n. d.

proporció de llims, la qual cosa confereix al material una gran capacitat de retenció d'aigua. A les mostres del regolít morat no s'ha pogut analitzar la textura, perquè la presència de guix impedeix aplicar la metodologia més usual.

Ambdós materials són bàsics. El percentatge de carbonats més alt es detecta sobre substrat vermell. Els valors de conductivitat elèctrica són lògicament més alts a les mostres de regolít morat, per la presència de guix. En cap cas sembla que hi hagi d'haver problemes de salinitat. La capacitat de bescanvi catiònic no presenta diferències remarcables entre substrats. No s'ha detectat presència de matèria orgànica a cap de les mostres.

Precipitacions durant el període d'estudi

En aquest apartat volem analitzar les dades climatològiques del període durant el qual vàrem realitzar les sèmbers experimentals, que inclou els anys 1990 i 1991. L'estació meteorològica més propera de la qual disposem d'un registre llarg correspon a Vallcebre (figura 2). Malauradament aquesta estació no recull les temperatures i per tant només n'hem pogut analitzar les precipitacions. L'any 1990 es va recollir la precipitació més alta, la qual és superior al valor mitjà calculat per un període de 10 anys. Si analitzem aquestes diferències per mesos s'observa que van ser els mesos de maig, juny, agost i setembre els que van presentar precipitacions especialment altes respecte als mateixos mesos de l'any 1991.

Material i mètodes

Les sèmbers experimentals les hem realitzat en vessants completament denudats, per tal d'evitar l'efecte de la competència amb

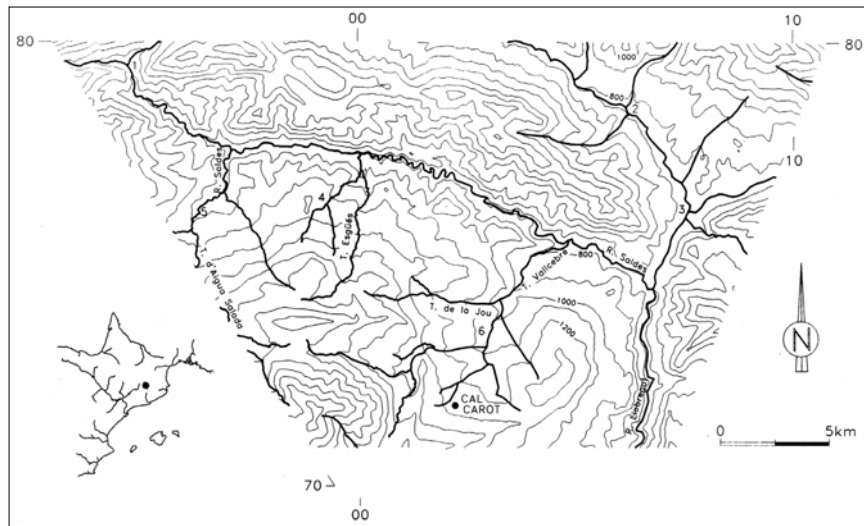


FIGURA 1. Mapa topogràfic de l'àrea d'estudi, on s'indica la localització de les parcel·les (Cal Carot). 1, Gresolet; 2, Bagà; 3, Guardiola; 4, Maçaners; 5, Saldes; 6, Vallcebre.

Topographic map of the area studied, with the situation of the plots (Cal Carot) and main villages (numbers).

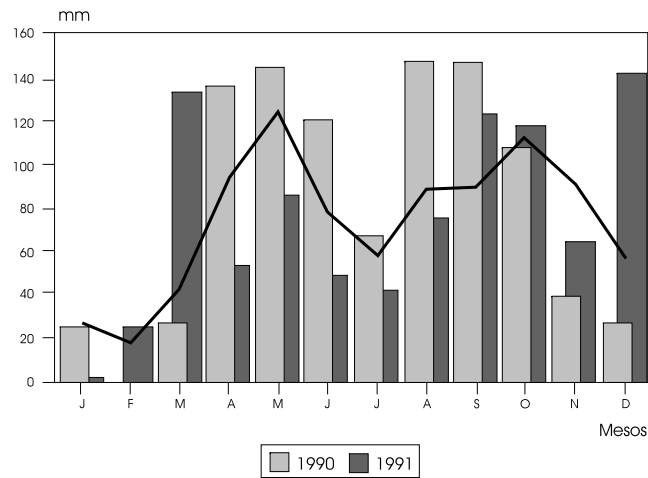


FIGURA 2. Precipitacions mitjanes mensuals enregistrades a l'estació de Vallcebre. La línia contínua representa la mitjana de 10 anys.

Monthly mean rainfall recorded at the Vallcebre observatory. Continuous line represents mean annual precipitation for a ten years period.

altres espècies vegetals. Les llavors d'*A. calamagrostis* van ser recollides en poblacions naturals de la mateixa zona d'estudi l'any anterior i conservades a la foscor a temperatura ambient fins al moment de la seva utilització. Durant aquest període duquérem a terme diversos tests de germinació al laboratori en condicions controlades d'humitat, de llum i de temperatura, per tal de confirmar la viabilitat de les granes. Els percentatges de germinació obtinguts abasten des del 22 fins al 63 %, segons els pretractaments aplicats i les condicions de llum i temperatura de cada test (Guàrdia, 1997).

La primera sembra la vam efectuar l'abril del 1990, sobre els dos tipus de regolita abans descrits. L'any següent, i basant-nos en els primers resultats, ens vam centrar en les argiles vermelles, on assajàrem l'aplicació de mesures correctores del substrat. A continuació descrivim amb detall els procediments seguits en cada cas.

Experiència I: 30 d'abril del 1990

En l'assaig de l'efecte del tipus de substrat hem treballat concretament en les argiles vermelles i la regolita morada amb vetes de guix. Aquests dos tipus de regolit es troben disposats en bandes superposades, amb inclinacions variables segons la zona. El vessant escollit per a realitzar aquesta experiència té la particularitat que les bandes de sedimentació presenten cabussaments pràcticament verticals, de manera que s'hi han pogut ubicar les parcel·les d'un i altre tipus de substrat de costat. El pendent i l'orientació de totes les parcel·les són pràcticament els mateixos, de manera que s'elimina qualsevol altra font de variació que no sigui la variable que volíem analitzar.

El *badland* té una orientació general W, però les parcel·les es localitzen en el vessant N NE; el pendent mitjà és de 41°. Es van delimitar un total de vuit quadrats de 50 cm

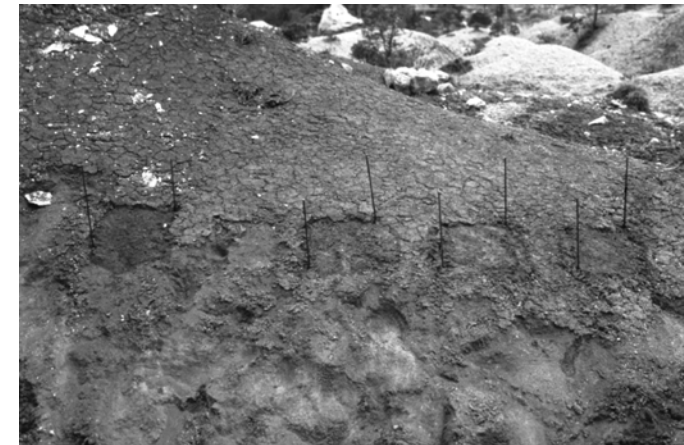


FIGURA 3. Aspecte de les parcel·les on es va realitzar la primera de les experiències de sembrar al camp, sobre el regolit vermell (fotografia superior) i sobre el regolit morat (fotografia inferior).

View of the plots where the earlier field experiment was performed, on the red regolith (up) and on the purple regolith (down).

de costat, quatre per a cada tipus de regolit, tots aproximadament a la mateixa alçada del vessant (figura 3).

Es va sembrar a una dosi de 2.000 llavors/m², de manera que la superfície de cada parcel·la quedava recoberta per les granes pràcticament en la seva totalitat. Les llavors

s'havien tingut prèviament en remull durant 24 hores. Al substrat vermell, abans de dipositar les llavors, es va fragmentar la crosta superficial i després d'escampar les granes es van recobrir novament amb una capa molt fina de terra. Al substrat morat es van escampar les llavors directament sobre

el terreny i després també es va protegir amb una capa prima de terra. Finalment es van humitejar totes les parcel·les amb aigua, per tal d'homogeneitzar la capa superficial remoguda.

Experiència II: 24 d'abril del 1991

Un any després de la primera sembra ens vam plantejar la possibilitat d'assajar de nou la capacitat de germinació d'*A. calamagrostis* al camp, centrant-nos en el substrat argilós vermell, que és on s'havia detectat una eficiència més baixa de les sèmres l'any anterior. En aquesta segona experiència es van introduir dues esmenes per a la millora del substrat: un condicionador d'estructura i un adob. Simultàniament es van assajar les mateixes mesures correctores, però combinant les llavors d'*A. calamagrostis* amb una barreja convencional de quatre espècies d'origen comercial. La dosi de sembra d'*A. calamagrostis* va ser de 6 g·m⁻² a totes les parcel·les, que equival a una dosi de 7.317,1 llavors·m⁻². La barreja es va aplicar a una dosi de 20 gr·m⁻². La seva composició específica i les respectives proporcions són les següents:

	%	llav·g ⁻¹
<i>Dactylis glomerata</i>	25	850
<i>Festuca pratensis</i>	25	475
<i>Lolium x hybridum</i>	17	475
<i>Medicago sativa</i>	33	550

Les proves es van realitzar en una zona de *badlands* molt propera a la de la primera experiència, en una microconca d'un vessant orientat a l'oest. Es van delimitar un total

de cinc parcel·les, en dos vessants paral·lels de dues conques de *badlands* contigües, ambdós amb orientació NNE. Els pendents de les parcel·les són força similars entre ells, de 36 a 44° aproximadament. Cada parcel·la estava formada per un rectangle de 0,5 × 2 m, amb el costat més llarg disposat en la direcció del màxim pendent (figura 4).

L'aplicació d'un condicionador té com a objectiu la millora de l'estructura del substrat, generalment molt desfavorable en els *badlands*. El condicionador emprat és l'alcohol polivinílic (PVAL), producte que ja s'havia utilitzat prèviament amb aquesta

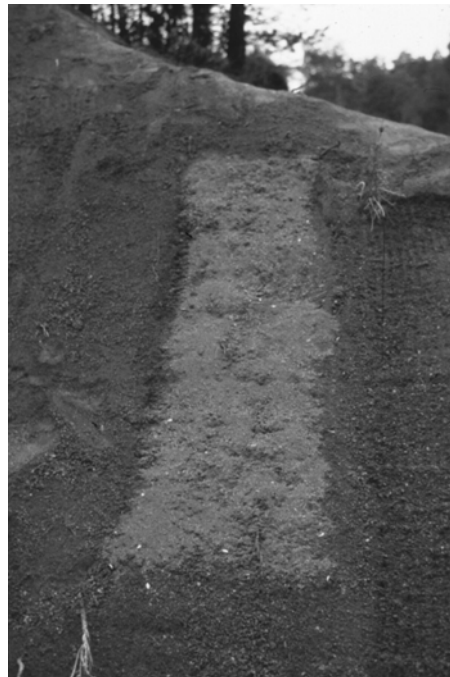


FIGURA 4. Aspecte d'una de les parcel·les on es va realitzar la segona experiència de sèmres al camp, just després de realitzar la sembra.

View of one of the plots where the later experiment took place, just after sowing.

finalitat (Wood & Oster, 1985; Abrol & Painuli, 1988) i havia donat resultats positius. Actualment és comercialitzat per l'empresa Hoechst sota el nom de Mowiol 28-99 P, en una solució aquosa al 4 % a 20 °C. Nosaltres vam aplicar una dosi d'aquest producte de 3 g·m⁻².

L'adob utilitzat en aquestes sèmres és un fertilitzant químic agrícola que conté N:P:K en una proporció 8:15:15. La dosi aplicada va ser de 80 g·m⁻².

A continuació esquematitzem els tractaments aplicats a cada parcel·la amb la nomenclatura per a la seva identificació:

- T-1: condicionador + adob + *A. calamagrostis* (CA)
- T-2: adob + *A. calamagrostis* (A)
- T-3: condicionador + adob + *A. calamagrostis* + barreja (CAB)
- T-4: adob + *A. calamagrostis* + barreja (AB)
- T-5: *A. calamagrostis* (T; parcel·la control)

Des de l'execució de les sèmres es van visitar periòdicament les parcel·les per tal de controlar el moment en què s'iniciava la germinació. En ambdues experiències es realitzà un comptatge del nombre d'individus per parcel·la i per espècies l'estiu següent a la sembra.

Resultats

La germinació de les llavors al camp en les dues experiències realitzades es va iniciar el mes de juny, més de dos mesos després de l'execució de les sèmres. Durant aquest període es va poder constatar que les llavors, inicialment cobertes per una capa fina de terra, van quedar completament desenterrades, i moltes d'elles van ésser

arrossegades per les pluges vessant avall. En tots els casos es va observar la presència d'una gran quantitat de llavors a la part baixa dels vessants, algunes d'elles germinades.

Experiència I

A la taula 2 es recullen els resultats de les sèmres realitzades l'any 1990. S'hi indica el nombre de plàntules (individus) per unitat d'espai i el percentatge que aquest representa respecte al nombre de llavors introduïdes. El recobriment vegetal generat no fou gaire alt, de manera que no es va mesurar perquè era difícilment valorable pels mètodes quantitius habituals.

El nombre d'individus obtingut amb les sèmres és molt variable segons el tipus de substrat. A la regolita morada la germinació va ser gairebé quatre vegades l'obtinguda a les argiles vermelles, amb una mitjana de 294 plàntules·m⁻².

Aquesta densitat observada correspondria a uns percentatges d'emergència entre el 3 i el 15 %, segons el tipus de

TAULA 2. Resultats de l'experiència I (1990). Primera fila: mitjana i error estàndard del nombre total d'individus per m² a les quatre parcel·les sobre regolita vermella i sobre regolita morada amb guix. Segona fila: percentatge de llavors germinades respecte a la dosi de sembra de l'any 1990. A l'última columna s'indica la mitjana per al conjunt de l'experiment.

Results of experiment I (1990). First line: mean and standard error in the total number of seedlings per m² in the four plots on red regolith and on purple regolith with gypsum. Second line: percentage of seeds emerged out of the quantity sown in 1990. The last column shows the mean values of the whole experiment.

	Regolita vermella	Regolita morada	Mitjana
Individus · m ²	75,0±5,6	294,0±6,8	184,5±10,8
% emergències	3,8±1,6	14,7±2,3	9,2±5,5

substrat. De fet aquests valors no es corresponen estrictament amb les emergències reals, ja que no s'ha realitzat un seguiment periòdic prou acurat de les parcel·les i, per tant, no es pot descartar el fet que s'hagi produït alguna mortalitat de plàntules que no hagi estat detectada. No obstant això, sabem per altres estudis que estàvem realitzant a la zona, que una plàntula morta es conserva seca *in situ* durant bastant de temps, i, per tant, si la mortalitat hagués estat elevada, ho hauríem detectat.

Experiència II

Els resultats de l'experiència realitzada l'any 1991 pel que fa a densitat per espècies i total es recullen a la taula 3. La densitat d'*A. calamagrostis* és força variable segons les parcel·les. En aquelles en què es va sembrar barrejada amb altres plantes no s'ha observat cap individu germinat. El nombre més alt d'emergències d'aquesta espècie s'ha produït en la parcel·la en la qual no s'havia aplicat cap tractament. Pel que fa a les altres espècies, destaca la densitat de *Lolium x hybridum*, sobretot a la parcel·la tractada només amb adob. L'única espècie que no presenta diferències substancials entre parcel·les és *Medicago sativa*. No s'ha observat cap germinació de *Festuca pratensis*.

S'ha volgut calcular el percentatge d'emergència que representaria aquesta densitat per a les espècies de la barreja convencional, per tal de comparar l'eficiència d'*A. calamagrostis* respecte d'elles. S'ha hagut de fer un càlcul aproximat, basant-nos en el nombre mitjà de llavors per gram que dona la bibliografia (Ramos *et al.*, 1974). La seva interpretació, doncs, només es pot fer a efectes comparatius. Aquests valors per a cadascuna de les espècies sembrades s'indiquen a la mateixa taula 3. Els percentatges d'emergència d'*A. cala-*

TAULA 3. Densitat de plàntules (ind·m⁻²) i percentatge d'emergències (entre parèntesi) per espècies a cadascuna de les parcel·les de l'experiència II (1991). CA, sembra d'*Achnatherum calamagrostis* amb condicionador i adob; A, sembra d'*A. calamagrostis* amb adob; CAB, sembra d'*A. calamagrostis* i barreja convencional amb condicionador i adob; AB, sembra d'*A. calamagrostis* i barreja convencional amb adob; T, sembra d'*A. calamagrostis* (control).

Seedling density (ind·m⁻²) and percentage of emergences (second row) of the species in each of the plots of experiment II (1991). CA, sowing of *Achnatherum calamagrostis* with soil conditioner and fertilizer; A, sowing of *A. calamagrostis* with fertilizer; CAB, sowing of *A. calamagrostis* and conventional mixture of commercial seeds with conditioner and fertilizer; AB, sowing of *A. calamagrostis* and conventional mixture with fertilizer; T, sowing of *A. calamagrostis* (control).

	CA	A	CAB	AB	T
<i>Achnatherum calamagrostis</i>	10 (0,14)	14 (0,34)	0	0	33 (0,45)
<i>Dactylis glomerata</i>	-	-	10 (0,23)	34 (0,80)	-
<i>Lolium x hybridum</i>	-	-	45 (2,79)	101 (6,25)	-
<i>Festuca pratensis</i>	-	-	0	0	-
<i>Medicago sativa</i>	-	-	34 (0,94)	30 (0,83)	-
Total	10	14	89	165	30

magrostis en aquest cas varen ser més aviat baixos. Les altres espècies presentaren valors del mateix rang, excepte *Lolium x hybridum*, amb una germinació d'aproximadament el 6% a la parcel·la amb adob i sense condicionador.

Discussió

La germinació de les llavors introduïdes amb les sèmres el mes d'abril es produí el mes de juny tots dos anys. El fet que unes

llavors hidratades, que s'havia comprovat que podien germinar amb tests al laboratori en condicions controlades, no germinin al camp fins al cap de dos mesos posa de manifest l'existència d'uns requeriments específics, ja sigui de temperatura ja sigui d'humitat. Cal remarcar el fet que l'aparició espontània de plàntules de l'espècie es produeix concentrada pràcticament en el mateix mes (Guàrdia, 1997). Inicialment es podria pensar que es tracta d'una qüestió de temperatura, que fins al mes de juny no és suficientment alta perquè es produeixi la germinació. Amb els tests realitzats en cambres amb control de temperatura es van observar aproximadament les mateixes taxes de germinació a 10 °C que a 25 °C, sempre en condicions d'humitat òptimes (Guàrdia, 1997). Però podria ser que per sota de 10 °C existeixi algun llindar de temperatura que no permeti la germinació d'aquestes llavors, valor que es podria donar en condicions naturals (per exemple, entre 0 i 5 °C, valors observats com a temperatura mínima el mes de maig a la zona). Actualment s'estan realitzant uns tests de germinació que permetran esbrinar aquest punt.

Els resultats de les sèmres realitzades l'any 1990 van ser ben diferents en funció del tipus de regolita. En ambdós substrats el percentatge de llavors germinades va ser relativament baix, la qual cosa pot ser deguda a causes diverses. En primer lloc hem de tenir en compte que les llavors d'*A. calamagrostis* presenten dormició, de manera que sense l'aplicació de cap tractament el percentatge de germinació a 20 °C és del 22,5% (Guàrdia, 1997). En segon lloc, el gran nombre de llavors observades a les parts baixes del vessant, per sota de les parcel·les, indica la importància de les pèrdues per l'acció dels fenòmens erosius.

Les diferències en els resultats obtinguts entre els dos tipus de substrat confirmarien que es produeix una pèrdua de llavors per erosió. El regolit morat té una elevada pedregositat per la presència de vetes de guix, de manera que aquesta irregularitat de la superfície disminuiria la pèrdua de llavors vessant avall arrosegades per l'aigua de les pluges. La distribució de les plàntules sobre aquest substrat, en petites concavitats del terreny en grupets de tres o quatre, confirmaria aquesta hipòtesi.

La mitjana del percentatge d'emergència de les llavors respecte a les introduïdes amb la sembra, mitjana entre els dos tipus de substrat, és del 9,2%. Si tenim en compte que aquest valor només integra les pèrdues que es poden produir des que les llavors arriben a terra fins que germinen, podem considerar-lo com a indicatiu de la minoració que com a mínim es podria donar des que es produeixen les llavors en una planta adulta fins que s'arriben a instal·lar les plàntules; suposant que des de la planta adulta fins a terra no es produïx cap pèrdua, fet altament improbable. Aquest valor és comparable al d'altres graminies, com per exemple les estudiades per Veenendaal *et al.* (1996) a la sabana, però en aquests casos es considera tot el procés complet. Així doncs, la pèrdua de llavors arrosegades per l'aigua de l'escolament superficial podria ser un dels factors limitants per a l'expansió de les poblacions d'*A. calamagrostis* als *badlands*. L'efecte que podria arribar a tenir aquest fenomen és probablement més alt que el que nosaltres hem detectat, ja que de fet, des de l'abril, que és quan es van realitzar les sèmres, i al juny, pràcticament no s'havia produït cap pluja torrencial (fig. 2). Si tenim en compte que la dispersió de les diàspores d'*A. calamagrostis* es produeix a finals d'estiu, la quantitat de llavors que es poden perdre

per aquesta causa ha de ser força més gran.

Les densitats obtingudes en l'experiència del segon any són molt baixes, fins i tot per a les espècies d'origen comercial. Tot i que aquesta segona experiència no és directament comparable amb la de l'any anterior, sí que posa de manifest que el percentatge d'emergència d'*A. calamagrostis* és molt més baix, aproximadament una setena part de l'observat l'any anterior en el mateix tipus de substrat, independentment del tractament que s'hagi aplicat. Això podria ser degut a les condicions climàtiques particulars del segon any, amb unes precipitacions especialment baixes a la primavera i l'estiu següents a les sembres. Aquesta dependència de la germinació de les llavors respecte a la pluviositat ha estat observada repetidament, a la mateixa zona d'estudi amb altres espècies (Guàrdia & Ninot, 1996; Ballesteros, 1994) i en altres ambients ben diversos (Beatley, 1974; Guàrdia, 1988; Espigares & Peco, 1995).

No s'ha observat cap germinació d'*A. calamagrostis* en les sembres fetes amb altres espècies. La interpretació d'aquests resultats es fa difícil per la falta de rèpliques que confirmin la seva consistència. Tanmateix, les baixes densitats obtingudes en total fan pensar que difícilment es tracta d'una qüestió de competència entre espècies.

Pel que fa a la resta d'espècies introduïdes amb la sembra, les densitats obtingudes són més aviat baixes, excepte per a *Lolium*, que en una de les parcel·les arriba als 100 individus·m⁻². No es va observar cap germinació de *Festuca pratensis*, però no podem afirmar que es tracti d'una incapacitat de germinar d'aquesta espècie en els *badlands*, ja que no vam poder confirmar la viabilitat inicial de les llavors, i no es pot descartar que aquestes fossin defectuoses.

Es fa difícil comparar els valors obtinguts a les nostres sembres amb els d'actuacions similars en ambients erosionats en clima mediterrani o submediterrani, ja que els pocs treballs que hem trobat sobre el tema presenten generalment valors de recobriment i no de densitat. Qualitativament, però, es pot dir que els resultats d'aquesta nostra segona experiència són relativament baixos. Una de les possibles causes d'aquests valors podria ser la baixa pluviositat d'aquest segon any, tal com ja s'ha analitzat en el cas d'*A. calamagrostis*. De tota manera, aquest només seria un factor més a afegir a la suma de condicions desfavorables que caracteritzen les àrees aixaragallades. Es tracta de terrenys en els quals pràcticament no existeix un sòl, sinó que el substrat està constituït per una capa no gaire gruixuda de regolita més o menys alterada. La capacitat de retenció d'aigua d'aquest material, així com el seu paper esmorteïdor de les variacions ambientals de temperatura i d'humitat, són molt baixos. A més, els pendents solen ser molt alts, la qual cosa dificulta la retenció de les llavors. La germinació natural de la majoria d'espècies dels *badlands* presenta un patró de distribució que posa de manifest l'efecte limitant d'aquestes condicions extremes, de manera que hi ha una concentració de plàntules més gran a la part superior del vessant, on les condicions ambientals són més favorables (Guàrdia & Ninot, 1996). El mateix fenomen s'observa en la distribució de la vegetació en aquestes àrees, de manera que els recobriments més alts es troben sempre a la part superior dels vessants i als talwegs o canals centrals (Guàrdia & Ninot, 1992).

La interpretació dels resultats pel que fa a l'efecte de les esmenes aplicades ha de ser més cautelosa, ja que les diferències entre parcel·les no són gaire grans, i a més no es

poden contrastar estadísticament perquè no es disposa de rèpliques. En qualsevol cas, l'efecte de les esmenes va resultar variable segons les espècies. Aparentment, l'aplicació del condicionador disminueix la densitat d'*A. calamagrostis*, *Dactylis glomerata* i *Lolium x hybridum* i no sembla que afecti la de *Medicago sativa*. En el cas d'*A. calamagrostis* el volum més gran de germinació s'obté en la parcel·la testimoni.

Els percentatges d'emergència obtinguts de les sembres d'*A. calamagrostis* respecte els de les altres espècies d'origen comercial no són especialment baixos, sobretot si tenim en compte que aquestes últimes porten un certificat que garanteix la seva viabilitat i qualitat. A més, els percentatges obtinguts el primer any amb aquesta espècie són considerables, sobretot en substrat morat. Cal tenir present també que no s'havia realitzat cap tractament previ de les llavors d'*A. calamagrostis*, que hauria pogut incrementar l'eficiència de les sembres. Seria interessant assajar la sembra de llavors el mes de maig, quan les temperatures ja són més suaus, i amb les llavors tractades prèviament per tal de trencar-ne la dormició. D'aquesta manera es podrien reduir les pèrdues produïdes per erosió, les quals afecten bàsicament les llavors, però no les plàntules un cop establertes (Guàrdia, 1997). També seria interessant introduir algun tipus de mesura correctora que afavorís la retenció de les llavors, tal com s'ha vist que ho feia la presència de graves i altres irregularitats al substrat morat.

Conclusions

La germinació d'*A. calamagrostis* només es produeix en un determinat moment de l'any, pel juny, independentment del mo-

ment en què s'hagin introduït les llavors i coincidint amb l'emergència de les plàntules de l'espècie de manera natural.

La densitat obtinguda en les sembres monoespècífiques d'*A. calamagrostis* als *badlands* és molt diferent segons les característiques del substrat, de manera que les irregularitats de la capa més superficial afavoreixen la retenció de les llavors, i per tant, milloren l'eficàcia de les sembres.

La pèrdua de llavors amb l'erosió deu ser un dels factors limitants de l'expansió de les poblacions d'*A. calamagrostis* als *badlands*.

La sembra d'espècies comercials als *badlands* no dona resultats gaire més bons, encara que podria ser a causa de les baixes precipitacions de l'any en que es van realitzar les sembres.

A. calamagrostis és una espècie autòctona susceptible de ser utilitzada per a la restauració de zones erosionades als Prepirineus, però caldria desenvolupar una tècnica de sembra que inclogui el pretractament de les llavors i assajar noves mesures correctores del substrat.

Bibliografia

- ABROL, I. P. & PAINULI, D. K. 1988. Improving aggregate stability of sodic sandy loam soils by organics. *Catena*, 15: 229-239.
- BALLESTEROS, R. 1994. *Efectes dels factors locals i de la fertilitat en una experiència de revegetació en una àrea de badlands de la conca de l'Alt Llobregat*. Treball final de carrera, inèdit. ESAB. Barcelona.
- BEATLEY, J. L. 1974. Phenological events and their environmental triggers in Mojave desert ecosystems. *Ecology*, 55: 856-863.
- BOLÒS, O. DE & VIGO, J. 1984. *Flora dels Països Catalans*, I. Barcino. Barcelona.
- BRADSHAW, A. D. 1983. The reconstruction of ecosystems. *Journal of applied Ecology*, 20: 1-17.
- CLOTET, N. 1984. *La dinàmica geomorfològica actual responsable del subministrament de cabals sòlids en una conca muntanyosa: La Conca de La*

-
- Baells (Alt Llobregat)*. Tesi doctoral inèdita. Fac. de Geologia. Univ. de Barcelona.
- CLOTET, N.; GALLART, F. & BALASCH, C. 1988. Medium term erosion rates in a small scarcely vegetated catchment in the Pyrenees. *Catena Supplement*, 13: 37-47.
- ESPIGARES, T. & PECO, B. 1995. Mediterranean annual pasture dynamics: impact of autumn drought. *J. Ecol.*, 83: 135-142.
- GUÀRDIA, R. 1988. *Estructura i funcionalisme dels prats secs i de les brolles de l'àrea meridional de la Noguera*. Tesi de llicenciatura, inèdita. Univ. Barcelona.
- GUÀRDIA, R. 1997. *La colonització vegetal de les àrees erosionades de la conca de la Baells (Alt Llobregat)*. Tesis doct. microfitx., 3013. Univ. Barcelona.
- GUÀRDIA, R. & NINOT, J. M. 1992. Distribution of plant communities in the badlands of the Upper Llobregat Basin (Southeastern Pyrenees). *Studia Geobotanica*, 12: 83-103.
- GUÀRDIA, R. & NINOT, J. M. 1996. Dinàmica anual de l'emergència de plàntules a les àrees aixaragallades de la conca de Vallcebre (Alt Llobregat). *Fol. Bot. Misc.*, 10: 211-229.
- RAMOS, F.; DOMÍNGUEZ, M. L.; JIMÉNEZ, F. & SORIANO, C. 1974. *Tratamiento funcinal y paisajístico de taludes artificiales. Revisión del problema. Datos experimentales*. Ministerio de Agricultura. ICONA. Monografías, 2.
- RELEA, F. 1987. *Recomanacions tècniques per a la restauració i condicionament dels espais afectats per activitats extractives*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- VALLEJO, R. ed. 1997. *La restauración de la cubierta vegetal en la comunidad valenciana*. CEAM. València.
- VEENENDAAL, E. M.; ERNST, W. H. O. & MODISE, G. S. 1996. Reproductive effort and phenology of seed production of savanna grasses with different growth form and life history. *Vegetatio*, 123: 91-100.
- WOOD, J. D. & OSTER, J. D. 1985. The effect of cellulose xanthate and polyvinyl alcohol on infiltration, erosion and crusting at different sodium levels. *Soil Science*, 139: 243-249.