CONTROL DE MARGALL (*LOLIUM RIGIDUM* GAUDIN) EN UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

J. Izquierdo
Dept. d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia
Universitat Politècnica de Catalunya
F.X. Sans, L. Chamorro
Departament de Biologia Vegetal
Universitat de Barcelona
J. Recasens
Dept. d'Hortofructicultura, Botànica i Jardineria
Universitat de Lleida

Resum

El margall (*Lolium rigidum* Gaudin) és una de les principals gramínies arvenses dels cereals de la regió mediterrània. Actualment el seu control es basa en l'aplicació d'herbicides, amb els consegüents problemes d'aparició de resistències, residus i alts costos que això comporta. Amb la finalitat d'elaborar una estratègia de control com més sostenible millor des d'un punt de vista econòmic i mediambiental, l'any 1992 es va iniciar una línia de recerca sobre la interacció margall/cereal en ambients mediterranis. Els resultats que es presenten en aquest article indiquen que l'efecte competitiu del margall és molt variable entre localitats i anys. Les pèrdues oscil·len entre el 0% i el 85%. En canvi, el cultiu és més estable i un bon supressor de la mala herba; la biomassa de margall es redueix en tots els casos fins a un 60% en doblar la dosi de sembra de 75 kg/ha a 150 kg/ha. La reducció també afecta el nombre d'espigues. Les pèrdues de rendiment del cereal són força heterogènies dins d'un mateix camp, lligades a la distribució espacial de la mala herba i de determinats factors edàfics. Les àrees amb més nitrogen i potassi tenen menys pèrdua de rendiment i, juntament amb les àrees amb menys contingut de llim, menys biomassa de *Lolium rigidum*. El coneixement de la distribució espacial d'aquests factors i de com incideixen sobre la interacció margall/cereal ens permetrà ajustar el maneig del camp a les necessitats de cada unitat de terreny i reduir l'impacte ambiental i el cost econòmic de les estratègies actuals.

Mots clau

Lolium rigidum, ordi, blat, interacció margall/cereal, pèrdues de rendiment, agricultura sostenible, distribució espacial, factors edàfics.

Resumen

El vallico (*Lolium rigidum* Gaudin) es una de las principales gramíneas arvenses de los cereales de la región mediterránea. Actualmente su control se basa en la aplicación de herbicidas, con los consiguientes problemas de aparición de resistencias, residuos y altos costes que ello conlleva. Con la finalidad de elaborar una estrategia de control lo más sostenible posible desde un punto de vista económico y medioambiental, se inició en el año 1992 una línea de investigación sobre la interacción vallico/cereal en ambientes mediterráneos. Los resultados que se presentan en este artículo indican que el efecto competitivo del vallico es muy variable entre localidades y años. Las pérdidas oscilan entre el 0% y el 85%. En cambio, el cultivo es más estable y un buen supresor de la mala hierba; la biomasa de vallico se reduce en todos los casos hasta un 60% al doblar la dosis de siembra de 75 kg/ha a 150 kg/ha. La reducción también afecta al número de espigas. Las pérdidas de rendimiento del cereal son bastante heterogéneas dentro de un mismo campo, relacionadas con la distribución espacial de la mala hierba y de determinados factores edáficos. Las áreas con más nitrógeno y potasio tienen una menor pérdida de rendimiento y, junto con las áreas con un menor contenido en limo, una menor biomasa de Lolium rigidum. El conocimiento de la distribución espacial de estos factores y de cómo inciden sobre la interacción vallico/cereal nos permitirá ajustar el manejo del campo a las necesidades de cada unidad de terreno y reducir el impacto ambiental y el coste económico de las estrategias actuales.

Palabras clave

Lolium rigidum, cebada, trigo, interacción vallico/cereal, pérdidas de rendimiento, agricultura sostenible, distribución espacial, factores edáficos.

Abstract

Annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) is one of the most widespread weeds in the cereal fields of the Mediterranean region. Nowadays, herbicides have become a major method for the control of *L. rigidum* in these areas, but herbicide resistance in *L. rigidum* populations have been increasingly reported. Furthermore, the erratic herbicide efficiency and the herbicide spraying costs are a new threat to the sustainability of the cereal systems. In 1992 an intensive research was started in studying the interference between ryegrass and cereal in Mediterranean environments. The first results showed that the competitive effect of *L. rigidum* is highly variable between sites and seasons. Estimated yield losses in barley ranged between 0 and 85 %. However the suppressive effect of the crop on the weed was more consistent along sites and seasons, with a weed biomass suppression of 60 % when the crop seeding rate was increased from 75 kg/ha to 150 kg/ha. Significant reduction in the number of spikes was also observed. Furthermore, the yield losses in cereal field were uneven, being related with the weed distribution and some edafic factors such us the nutrient content. Wed biomass and crop yield losses were lower in the areas with a higher nitrogen and potassium content. The knowledge of the spatial distribution of these edafic factors within a field and how they do modify the *L. rigidum*/cereal interference could allow to develop more sustainable control strategies of this important weed in the Mediterranean regions.

Key words

Lolium rigidum, barley, wheat, weed competition, sustainable agriculture, yield losses, spatial distribution, edaphic factors.

Vers una agricultura sostenible: l'agricultura de precisió

Els últims anys l'augment de la productivitat agrícola als països desenvolupats ha comportat una sobreproducció i una acumulació d'excedents que han provocat una reducció considerable del marge de benefici de les explotacions. El sector s'ha adonat que maximitzar el rendiment no és sinònim de maximitzar el benefici. Excepte en casos comptats, l'increment de preu dels factors productius (llavors, fertilitzants, fitosanitaris, etc.) no repercuteix sobre el preu de venda del producte sinó que l'absorbeix l'agricultor mateix. En aquesta situació, doncs, es fa necessari trobar mecanismes o sistemes que permetin reduir els costos d'explotació, fins i tot acceptant una disminució dels rendiments, si al final s'aconsegueix el benefici màxim. D'altra banda, hi ha una preocupació social creixent per l'impacte ambiental dels productes agroquímics, que demana alternatives que permetin una reducció del consum d'aquests productes. Les actuals línies de recerca en agricultura s'enfoquen vers l'assoliment d'una agricultura més sostenible i respectuosa amb el medi ambient.

Ara deu fer uns deu anys que va sorgir el concepte anomenat *agricultura de precisió*. S'entén com a tal un conjunt de tècniques de cultiu que utilitzen tecnologies de la informació per ajustar l'ús de llavors i de productes agroquímics en cada punt del camp en funció de la diversitat del medi físic i del medi biològic (NRC 1997). Això comporta una reducció dels costos de producció i una gestió agrícola més respectuosa amb el medi. Es tracta d'un nou concepte de maneig dels camps, basat en el fet que la majoria de les variables agronòmiques implicades en la producció (fertilitat del sòl, plagues, males herbes, etc.) presenten una distribució espacial no uniforme però que pot ser coneguda mitjançant les noves tecnologies (sistemes de posicionament global, sensors, sistemes d'informació geogràfica, etc.). Aquestes dades es poden integrar amb dades sobre el desenvolupament del conreu a fi de predir les possibles interaccions i, en conseqüència, decidir les mesures correctores necessàries específiques per a cada punt de la parcel·la (NOLIN, CAMBOURIS i SIMARD 1997).

Tradicionalment, l'agricultor ha considerat el camp com una unitat homogènia pel que fa al maneig agronòmic. Així, per exemple, la selecció i l'aplicació d'un herbicida se solen fer partint d'una observació global del camp, tractant-ho tot amb el mateix producte i aplicant-lo en la mateixa dosi. Però moltes males herbes es distribueixen en grups o rodals, i l'extensió d'aquests grups o rodals, així com la densitat de plantes que es troben en el seu interior, normalment varien, tant en extensió com en magnitud (MARSHALL 1988). El mateix podríem dir de les característiques del sòl i del contingut en matèria orgànica, nitrogen, potassi, fòsfor, la textura, etc., que poden diferir molt segons la zona del camp que considerem (GEYPENS, VANONGEVAL i VOGELS 1999). La variabilitat de tots aquests factors farà que les relacions de competència entre les males herbes i la planta cultivada no siguin les mateixes en tots els punts del camp i, en conseqüència, el rendiment del cultiu varïi també espacialment. Si s'identifiquen aquestes àrees del camp més limitants per al cultiu, es podria aplicar una mesura correctora adequada per compensar-ho (ZANIN, BERTI i RIELLO 1998). Aquest maneig del camp ajustat punt per punt, conegut com a *site-specific management*, integra tots els factors productius i les possibles interaccions entre aquests, i alhora permet un estalvi important de productes i una rebaixa substancial de la càrrega contaminant alliberada al medi; d'aquesta manera es fa més sostenible l'agricultura cerealista de secà.

El margall en l'agricultura cerealista de secà

Lolium rigidum Gaudin (Poaceae), conegut vulgarment com a margall, és una de les males herbes de fulla estreta més importants de les àrees cerealistes de les regions amb clima mediterrani. Segons diverses prospeccions, *Lolium sp.* s'ha trobat en més de 800.000 ha de cereal a Espanya (GARCÍA BAUDÍN 1982) i en més del 50% dels camps de cereal de Catalunya (RECASENS *et al.* 1996). És considerada, per tant, una de les males herbes més abundants dels camps de cereal. Estudis realitzats a Austràlia han mostrat que *L. rigidum* pot ser molt competitiu en aquests cultius (LEMERLE, VERBEEK i MARTIN 1996; COUSENS i MOKHTARI 1998). Les pèrdues que ocasiona són variables en funció del cultiu i la varietat sembrada, però sembla que el blat és més sensible a la competència que l'ordi (COUSENS 1996). Tot i

això, les respostes depenen molt de les condicions climàtiques (LEMERLE, VERBEEK i COOMBES 1995). El clima mediterrani es caracteritza per una gran variabilitat en les precipitacions i són relativament freqüents llargs períodes de sequera durant l'època de creixement. Això indubtablement afecta la capacitat competitiva de la mala herba i també l'eficàcia dels herbicides que, malgrat tot, són el mètode de control més usat pels agricultors. El seu ús continuat ha comportat l'aparició de poblacions de margall resistents a diversos grups d'herbicides (HEAP i KNIGHT 1982; GILL 1995; DE PRADO i MENÉNDEZ 1996; NIETSCHKE *et al.* 1996; BRAVIN, ZANIN i PRESTON 2001). El descobriment de resistència múltiple a diferents grups d'herbicides per part de *L. rigidum* (PRESTON, TARDIF i POWLES 1996) és una nova amenaça per a la sostenibilitat de l'agricultura mediterrània. Diferents investigadors han començat a proposar estratègies alternatives a la química per mantenir les poblacions de margall sota control (MARTIN *et al.* 1993; POWLES i MATTHEWS 1996; SEAVERS i WRIGHT 1999; PLANES, BRICEÑO i RECASENS 1999; RECASENS *et al.* 2001).

La línia de recerca sobre el *L. rigidum*

Amb l'objectiu general de desenvolupar un model de presa de decisions per al control de *L. rigidum* en els ecosistemes cerealistes mediterranis que tingui en compte tots els aspectes mencionats abans, a partir de l'any 1992 es va iniciar una línia de recerca sobre l'estudi de la interacció d'aquesta mala herba amb el cereal amb els objectius específics següents:

a) Estudiar la interacció mala herba/cultiu mitjançant l'anàlisi dels efectes tant de la mala herba sobre el rendiment del cultiu com del cultiu sobre el desenvolupament de la mala herba.
b) Determinar la influència dels factors edàfics i de la distribució de la mala herba en la interacció mala herba/cultiu.
c) Elaborar i validar un model que permeti obtenir mapes d'infestació que donin els riscos de pèrdues de rendiment del cultiu i el risc de creixement de les poblacions de margall a partir de diferents paràmetres mesurables en el camp.

Aquests mapes serien la base per a la planificació dels tractaments, amb l'objectiu d'ajustar l'aplicació dels herbicides i la seva dosi a la problemàtica concreta de cada zona del camp. L'existència avui dia d'equips de polvorització experimentals que permeten realitzar aquests tipus de tractaments diferenciats (*patch spraying*) (MILLER, STAFFORD i PAICE 1995; WALTER, HEISEL i CHRISTENSSEN 2001) dóna a aquesta recerca una aplicabilitat immediata molt gran. Actualment el primer objectiu ja està assolit i s'està treballant en el segon. Tot seguit es presenten alguns dels resultats obtinguts fins ara.

La interacció entre *L. rigidum* i ordi en condicions de cultiu mediterrànies

Amb la finalitat d'avaluar la interacció d'ambdues espècies, es van desenvolupar a les localitats de Lleida, Alguaire (Lleida), Arganda (Madrid) i Wongan Hills (Austràlia), entre els anys 1993 i 1996, un conjunt d'assajos en què es va avaluar el rendiment de l'ordi i el desenvolupament del margall en parcel·les amb diferents densitats d'ambdues espècies. Es va escollir un disseny experimental en blocs a l'atzar a les tres primeres localitats, i parcel·les a l'atzar en la darrera, amb quatre repeticions en tots els casos. La descripció detallada dels assajos es recull a la taula 1. A totes les localitats es va sembrar l'ordi amb una sembradora de microparcel·les i posteriorment es van sembrar a mà les llavors de margall incorporant-les amb un rasclet. A començament de la primavera es va aplicar un tractament herbicida contra fulla ampla. El mostratge per estimar el rendiment de l'ordi, així com el desenvolupament del margall, es va fer a l'època de collita. Va consistir a col·locar a cada parcel·la dos quadrats de 0,5 x 0,5 m^2 i comptar els individus de cada espècie que hi havia a l'interior; després es van tallar a nivell del sòl totes les plantes d'ordi i margall per processar-les al laboratori. De les plantes d'ordi de cada parcel·la es van avaluar el rendiment en gra, la biomassa seca i, en alguns assajos, els components del rendiment (nombre d'espigues, nombre de grans i pes mitjà dels grans). De les plantes de margall es van avaluar la biomassa seca i en algun cas el nombre d'espigues.

Taula 1. Detalls dels experiments de competència entre ordi i *L. rigidum* a les diferents localitats.

Experiment (1)	Any	Variant	Parcel·la (m^2)	Precipitació (mm)	Dosi ordi (2) (kg/ha)	Densitat ordi (3) (plantes m^{-2})	Densitat *L. Rigidum* (4) (plantes m^{-2})	Data sembra	Data collita
ALG94B	93/94	Dobla	1,5x8,5	99	75	210	0 - 620	12 nov.	27 maig
ALG94M					150	376	0 - 622		
ALG94A					300	663	0 - 502		
ALG95B	94/95	Dobla	1,5x8,5	87	75	294	0 - 1.011	3 nov.	30 maig
ALG95M					150	621	0 - 968		
ALG95B	94/95	Dobla	1,5x8,5	175	60	196	0 - 2.485	16 nov.	6 juny
ALG95M					120	262	0 - 2.187		
WH95B	95	Yagan	1,5x2,5	231	25	65	0 - 572	16 juny	29 nov.
WH95M					50	109	0 - 396		
WH95A					200	268	0 - 309		

(1) ALG, Alguaire; ARG: Arganda; WH: Wongan Hills.
(2) Dosi de sembra de l'ordi
(3) Densitat mitjana estimada el mes de febrer a les parcel·les
(4) Interval de densitats observat el mes de febrer a les parcel·les

Efecte de l'ordi sobre el margall

L'efecte més rellevant ha estat la capacitat de l'ordi per reduir el desenvolupament del margall a mesura que augmentava la densitat de sembra del cultiu. Tal com es mostra a la figura 1, la biomassa màxima de margall a les densitats de sembra d'ordi altes és entre un 5% i un 61% menor que a les densitats de sembra baixes; aquest valor depèn, però, de la localitat i de l'any. El nombre d'espigues de margall segueix un comportament semblant: l'augment de la densitat de sembra del cultiu fa que es redueixi el nombre d'espigues de margall de les plantes. A Alguaire s'ha observat una reducció de fins al 42% i a Wongan Hills, de fins al 85%. Diversos autors han trobat que la reducció del nombre d'espigues va acompanyada d'una reducció de la mida de les llavors (RERKASEM, STERN i GOODCHILD 1980). Des d'un punt de vista econòmic, això vol dir que aquestes llavors donaran plàntules que seran més dèbils, tindran menys capacitat competitiva i, per tant, podran provocar menys pèrdues. El marcat efecte competitiu del cereal sobre el margall ha estat constatat també en altres cultius com el blat (MEDD *et al.* 1985). Es pot afirmar que la densitat de plantes del cultiu pot tenir un paper molt important en la contenció de les poblacions d'aquesta mala herba, de manera que a llarg termini es podria aconseguir una reducció de les poblacions i de les pèrdues de rendiment. Aquests resultats ratifiquen la importància que pot tenir una bona feina de sembra.

Efecte del margall sobre l'ordi

L'efecte del margall sobre l'ordi és molt variable (figura 2). En alguns assajos, com a ARG94, no s'han observat pèrdues en l'ordi i en d'altres, com a ARG95, el margall ha provocat unes pèrdues de fins al 85%. Ha estat molt important l'efecte competitiu del margall a baixes densitats, en què petits increments del nombre de plantes de mala herba han comportat importants reduccions del rendiment del cereal. Les pèrdues observades són conseqüència de la reducció del nombre d'espigues en les plantes i, a WH95, també del nombre de grans per espiga. El pes mitjà dels grans sembla un component força constant, ja que no ha quedat afectat en cap dels assajos. La densitat de sembra de l'ordi no sembla que tingui un paper important per reduir o augmentar l'efecte del margall sobre el cultiu, ja

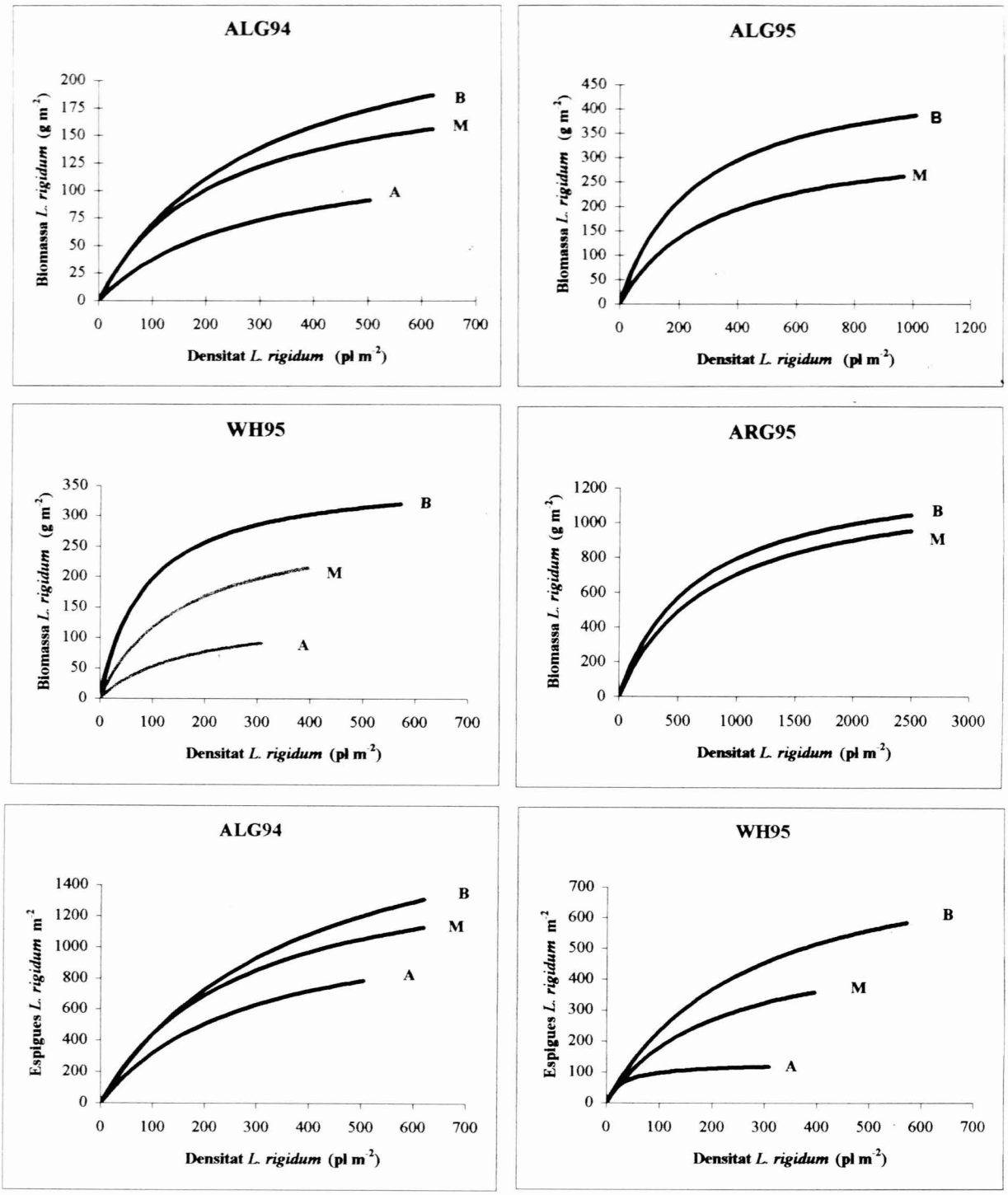


Figura 1. Relacions entre la biomassa (g m^{-2}) i el nombre d'espigues (u m^{-2}) de *Lolium rigidum* amb la seva densitat (plantes m^{-2}) en funció de les diferents densitats de sembra d'ordi.
ALG94: Alguaire 1993-1994. Denseitats ordi: B 75 kg ha^{-1}; M 150 kg ha^{-1}; A 300 kg ha^{-1}.
ALG95: Alguaire 1994-1995. Densitats ordi: B 75 kg ha^{-1}; M 150 kg ha^{-1}.
WH95: Wongan Hills 1995. Densitats ordi: B 25 kg ha^{-1}; M 50 kg ha^{-1}; A 200 kg ha^{-1}.
ARG95: Arganda 1994-1995. Densitats ordi: B 60 kg ha^{-1}; M 120 kg ha^{-1}.

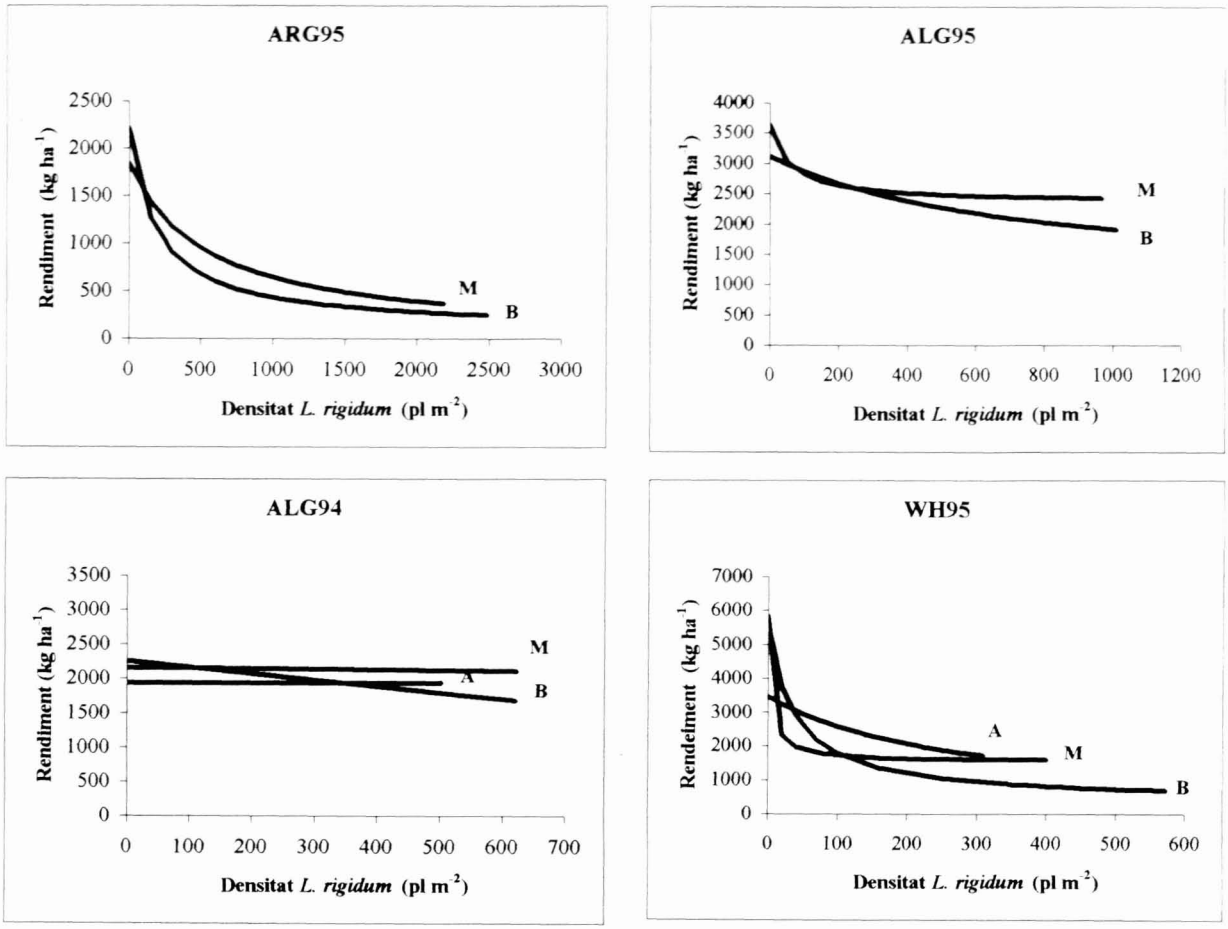


Figura 2. Relacions entre el rendiment del cultiu (kg ha^{-1}) i la densitat de *L. rigidum* (pl m^{-2}) en funció de la densitat de sembra d'ordi.
ALG94: Alguaire 1993-1994. Denseitats ordi: B 75 kg ha^{-1}; M 150 kg ha^{-1}; A 300 kg ha^{-1}.
ALG95: Alguaire 1994-1995. Densitats ordi: L 75 kg ha^{-1}; M 150 kg ha^{-1}.
WH95: Wongan Hills 1995. Densitats ordi: L 25 kg ha^{-1}; M 50 kg ha^{-1}; H 200 kg ha^{-1}.
ARG95: Arganda 1994-1995. Densitats ordi: L 60 kg ha^{-1}; M 120 kg ha^{-1}.

que no s'han observat en cap assaig diferències significatives de rendiment en funció de la densitat d'ordi sembrat.

La variabilitat, esmentada abans, en les respostes del cultiu davant la mala herba ens suggereix que la tolerància del cultiu a la competència és poc consistent, és a dir, és una característica que no és intrínseca del cultiu sinó que depèn d'altres factors, sovint climàtics, que fan que uns anys l'efecte competitiu del margall sigui molt més alt que d'altres. Un dels factors que s'albira com a més important podria ser la precipitació durant l'estació de creixement. Els assajos amb menys pèrdues de rendiment són els que han rebut menys precipitacions al llarg del cicle (ALG94 i ALG95). El margall sembla molt poc competitiu, doncs, en condicions de baixa disponibilitat d'aigua en el sòl.

La distribució espacial dels factors edàfics i la seva influència sobre la interacció margall/cereal

Els assajos per conèixer la distribució espacial dels factors edàfics i de la mala herba i la seva relació amb el rendiment final del conreu es van realitzar a les localitats dels Plans de Sió (Segarra) els anys 1999-2000, i Calaf (Anoia) els anys 2000-2001, en camps comercials d'ordi i

blat respectivament amb infestacions naturals de *L. rigidum*. Es van establir 50 punts separats de 10 x 15 m, d'on es van extreure mostres de terra per determinar-ne el pH, el contingut en nitrogen total (N), el potassi (K) i el fòsfor (P) assimilables, la matèria orgànica, la relació C/N i la textura. També es van fer mesures mensuals del contingut d'aigua del sòl a una fondària de 25 cm. En cadascun dels punts anteriors es van col·locar dos quadres, l'un al costat de l'altre, de 50 x 50 cm. En el primer quadre es va comptar el nombre d'individus de *L. rigidum* i cereal durant el mes de febrer i, al juny, es van recol·lectar totes les plantes per estimar el rendiment del cultiu i la biomassa de *L. rigidum*. El segon quadre es va mantenir net de males herbes i el mes de juny es va avaluar també el rendiment del cultiu. Les pèrdues de rendiment del cereal, obtingudes per comparació dels rendiments d'ambdós quadres, reflectien no només la competència de la mala herba sinó també l'efecte de les característiques del sòl sobre la interacció.

En ambdues localitats la distribució espacial de *L. rigidum*, els factors edàfics i les pèrdues de rendiment mostren una heterogeneïtat espacial important, tal com reflecteixen els mapes de distribució (figura 3) d'algunes d'aquestes variables elaborats amb la tècnica de *kriging* (Heisel, Andreasen i Ersboll 1996). En el camp dels Plans de Sió s'observa un gradient en la direcció est-oest, que coincideix amb la direcció en què es fan les feines agrícoles. En l'assaig de Calaf no hi ha un gradient definit, però sí certes àrees en què les pèrdues de rendiment són més elevades.

El coeficient de correlació de Pearson (taula 2) mostra que als Plans de Sió les àrees amb més pèrdua de rendiment, és a dir, les que han tingut més efecte competitiu per part de la mala herba, són les que tenien més densitat de margall i menys contingut de N i K. El margall s'ha desenvolupat bé en aquestes àrees menys fèrtils i ha resultat ser molt competitiu, mentre que el cultiu s'ha comportat de manera més competitiva en les àrees amb més alt contingut de N i K. González Ponce i Salas (1993) han trobat resultats semblants, en el sentit que els cultius generalment són més eficients en l'absorció de nutrients que les males herbes i, per tant, resulten ser més competitius en ambients amb bona disponibilitat de nutrients.

En ambdues localitats la biomassa de *L. rigidum* ha estat correlacionada significativament amb alguna variable edàfica. A Calaf s'ha trobat una correlació negativa amb el contingut d'arena i positiva amb el contingut de llim. Als Plans de Sió, negativa amb el contingut de nitrogen, fòsfor i argila. La variabilitat d'aquests resultats fa que no puguem dir que en altres situacions no s'hi pugui trobar també alguna altra relació. De fet, en els assajos de competència presentats anteriorment, hem vist que el grau de competència ha resultat ser variable segons els anys, molt probablement a causa de la diferència de precipitacions entre anys i localitats. Treballs recents realitzats en cultius de blat i soja als EUA mostren l'elevada associació entre el relleu del terreny i algunes propietats del sòl amb la presència i abundància de diferents males herbes (Dieleman *et al.* 2000; Medlin *et al.* 2001). La manca de consistència en la correlació entre dues variables també ha estat apuntada per Borges i Mallarino (1997). Aquests autors indiquen que les diferents pràctiques agrícoles dutes a terme històricament en els camps poden fer que un factor esdevingui molt més determinant sobre el rendiment en un lloc que en un altre, i per això en fer les anàlisis s'obtenen valors poc consistents entre els camps. A més, pot ser que no hi hagi significació perquè la magnitud de la variació de la variable en un camp no sigui suficient per influenciar el rendiment de manera detectable.

Els resultats obtinguts fins ara ens han aportat valuoses dades sobre els aspectes biològics i ecològics de la mala herba i la seva interacció amb el cereal. Així, coneixem la importància del cereal com a mecanisme regulador de les poblacions de margall, l'heterogeneïtat en la distribució de les males herbes, en el rendiment dels cultius i en els factors edàfics en un camp, així com la importància que poden tenir aquests factors en la interacció mala herba/cultiu. Queda per avaluar l'efecte de la disponibilitat hídrica del sòl en aquests processos i aprofundir en l'estudi de les relacions entre els paràmetres del sòl i la interacció mala herba/cultiu.

Agraïments

Aquesta recerca ha estat finançada per la beca de formació de personal investigador (FI/92-58) de la Direcció General de Recerca atorgada al primer autor, i per la CYCIT amb càrrec als pro-

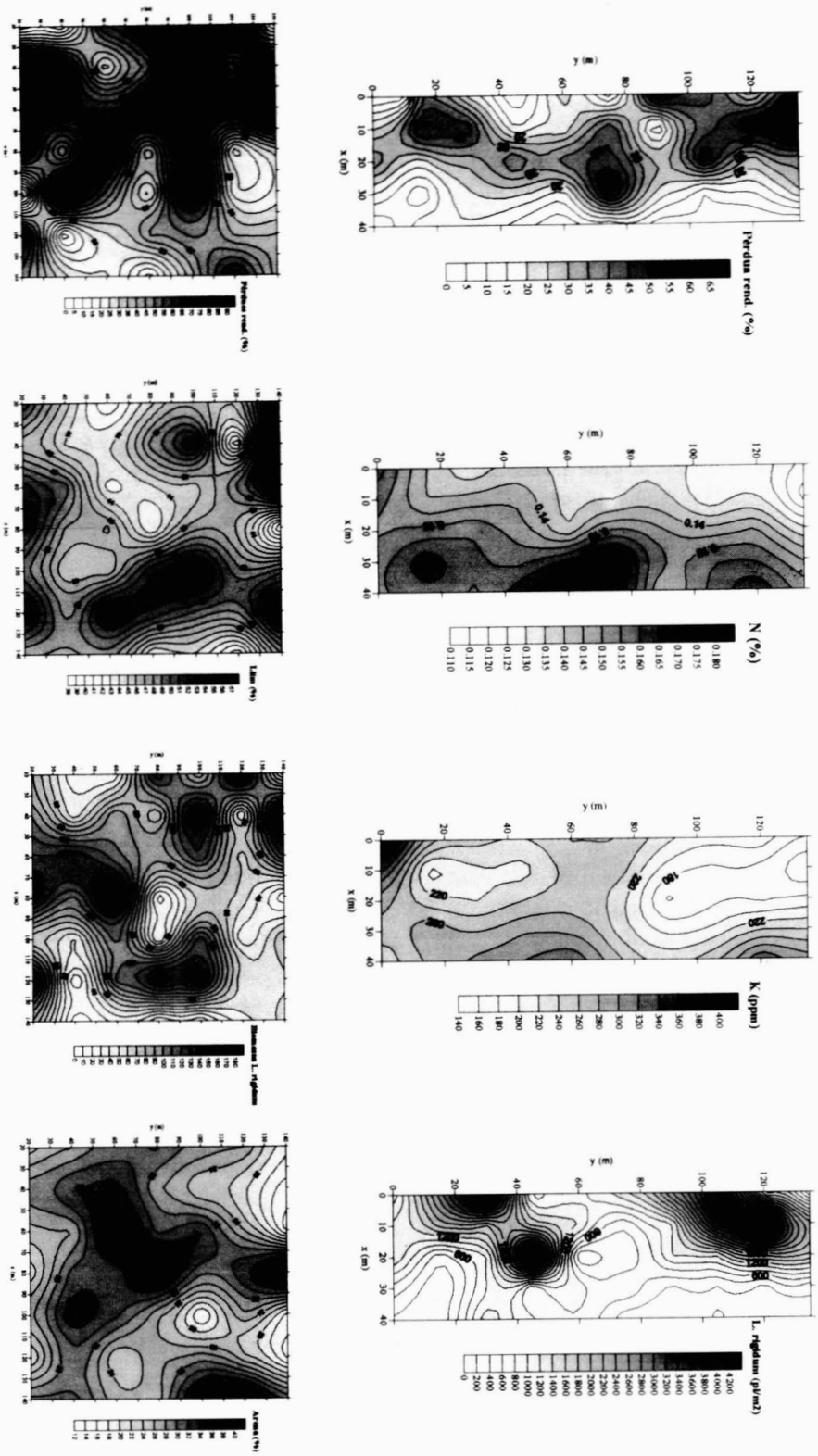


Figura 3. Distribució espacial de les variables amb correlacions significatives entre si a: Plans de Sió (rectangles), Calaf (quadrats).

Taula 2. Valors dels corficients de correlació de Pearson entre els factors edàfics i la pèrdua de rendiment i la biomassa de *L. rigidum* en els assajos dels Plans de Sió i Calaf. NS: no significatiu; *: $0,01<P<0,05$; **: $0,001<P<0,01$; ***: $P<0,001$.

	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Arena (%)	Llim (%)	Argila (%)
Plans de Sió						
Pèrdua rendiment (%)	-0,53**	NS	-0,51**	NS	NS	NS
Biomassa *L. rigidum* (g m^{-2})	-0,53**	-0,42*	NS	NS	NS	-0,44*
Calaf						
Pèrdua rendiment (%)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Biomassa *L. rigidum* (g m^{-2})	NS	NS	NS	-0,34**	0,47***	NS

jectes núm. AGF93-0752-C04-04, titulat "Ecología y control de *Lolium rigidum* en sistemas de producción sostenibles para áreas de secano: demografía y asignación de recursos", i núm. AGF99-1125-C03-02, titulat "Desarrollo de mapas de riesgos para el control de *Lolium rigidum* en cultivos de cereales". La beca FI i el projecte AGF93 es van dur a terme durant la vinculació del primer autor amb l'Escola d'Agrònoms de la Universitat de Lleida, i el projecte AGF99, durant l'actual vinculació amb l'ESAB.

Volem expressar el nostre agraïment al Dr. Gurjeet Gill i al seu equip de la Weed Science Branch del Department of Agriculture of Western Australia per l'ajut en la realització dels assajos i la interpretació dels resultats durant l'estada del primer autor en aquell departament. Així mateix donem les gràcies a totes aquelles persones que en un moment o un altre han col·laborat en l'obtenció dels resultats, d'una manera especial als agricultors que han cedit els seus camps per fer els assajos.

Bibliografia

Borges, R.; Mallarino, A.P. "Field-scale variability of phosporus and potassium uptake by no-till corn and soybean". *Journal of the Soil Science Society of America*, núm. 61 (1997), p. 846-853.

Bravin, F.; Zanin, G.; Preston, C. "Diclofop-methyl resistance in populations of *Lolium* spp. from central Italy". *Weed Research*. núm. 41 (2001), p. 49-58.

Cousens, R.D. "Comparative growth of wheat, barley and annual ryegrass (*Lolium rigidum*) in monoculture and mixture". *Australian Journal of Agricultural Research*, núm. 47 (1996), p. 449-464.

Cousens, R.D.; Mokhtari, S. "Seasonal and site variability in the tolerance of wheat cultivars to interference from *Lolium rigidum*". *Weed Research*, núm. 38 (1998), p. 301-307.

De Prado, R.; Menéndez, J. "Management of herbicide-resistant grass weeds in Europe". A: *Proceedings 2nd International Weed Control Congress*. Copenhaguen: 1996, p. 393-398.

Dieleman, J.A. [*et al.*] "Identifying associations among site properties and weed species abundance. I. Multivariate analyses". *Weed Science*, núm. 48 (2000), p. 567-575.

García Baudín, J.M. "Importancia de los vallicos en los cereales de invierno españoles". *Boletín del Servicio de Plagas*, núm. 8 (1982), p. 179-184.

Geypens, M.; Vanongeval, L.; Vogels, N. "Spatial variability of agricultural soil fertility parameters in a gleyic podzol of Belgium". *Precision Agriculture*, núm. 1 (1999), p. 319-326.

Gill, G.S. "Development of herbicide resistance in annual ryegrass populations (*Lolium rigidum* Gaud) in the cropping belt of Western Australia". *Australian Journal of Experimental Agriculture*, núm. 35 (1995), p. 67-72.

González Ponce, R.; Salas, M.L. "Absorción de nutrientes por diversos cultivos de verano y malas hierbas asociadas". A: *Actas Reunión de la SEMh* 1993, 1993, p. 285-290.

HEAP, J.; KNIGHT, R. "A population of ryegrass tolerant to the herbicide diclofop-methyl". *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, núm. 48 (1982), p. 156-157.

HEISEL, T.; ANDREASEN, C.; ERSBOLL, A.K. "Annual weed distribution can be mapped with kriging". *Weed Research*. núm. 36 (1996), p. 325-337.

LEMERLE, D.; VERBEEK, B.; COOMBES, N.E. "Losses in grain yield of winter crops from *Lolium rigidum* (Gaud.) depend on crop species, cultivar and season". *Weed Research*, núm. 35 (1995), p. 503-509.

LEMERLE, D.; VERBEEK, B.; MARTIN, P. "Breeding wheat cultivars more competitive against weeds". A: *Proceedings of the Second International Weed Control Congress*. Copenhaguen: 1996, p. 1323-1324.

MARSHALL, E.J.P. "Field-scale estimates of grass weed populations in arable land". *Weed Research*, núm. 28 (1988), p. 191-198.

MARTIN, R.J. [*et al.*] (1993) A: *Management of agricultural weeds in Western Australia: Integrated weed control*, p. 41-62. Bulletin 4243. Agriculture Western Australia, Baron Hay Ct., South Perth, Western Australia.

MEDD, R.W. [*et al.*] "The influence of wheat density and spatial arrangement on annual ryegrass, *Lolium rigidum* Gaudin, competition". *Australian Journal of Agricultural Research*, núm. 36 (1985), p. 361-371.

MEDLIN, C.R. [*et al.*] "Using soil parameters to predict weed infestations in soybeans". *Weed Science*, núm. 49 (2001), p. 367-374.

MILLER, P.C.H.; STAFFORD, J.V.; PAICE, M.E.R. "The patch spraying of herbicides in arable crops". A: *Proceedings British Crop Protection Council-Weeds*, 1995, p. 1077-1086.

NRC (National Research Council). *Precision agriculture in the 21th Century*. Washington DC: National Academy Press, 1997. [149 p.]

NIETSCHKE, B. [*et al.*] "A survey of herbicide resistant Lolium and Avena species in South Australia". A: *Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conference*. Toowoomba: 1996, p. 691-692.

NOLIN, M.C.; CAMBOURIS, A.N.; SIMARD, R.R. "La variabilité des sols: son origine et sa gestion". A: *Actes du colloque Nouvelles Technologies en Agriculture*. St-Jean-sur-Richelieu (Quebec): març 1997, p. 35-77.

PLANES, J.; BRICEÑO, R.; RECASENS, J. "¿Influye la fecha de siembra del cereal en el manejo de poblaciones de Lolium rigidum resistentes a herbicidas?". A: *Actas Congreso 1999 de la Sociedad Española de Malherbología*. 1999, p. 387-393.

POWLES, S.B.; MATTHEWS, J.M. "Integrated weed management for the control of herbicide resistant annual ryegrass (*Lolium rigidum*)". A: *Proceedings 2nd International Weed Control Congress*. Copenhaguen: 1996, p. 407-414.

PRESTON, C.; TARDIF, F.J.; POWLES, S.B. "Multiple mechanisms endow multiple herbicide resistance in *Lolium rigidum*". A: *Molecular Genetics and Ecology of Pesticide Resistance*. Washington DC: T.M. Brown, 1996 (American Chemical Society Symposium Series 645), p. 117-129.

RECASENS, J. [*et al.*] "Gramíneas infestantes de los cereales de invierno de Cataluña". *ITEA*, núm. 92(2) (1996), p. 116-130.

RECASENS, J. [*et al.*] "Estrategias de manejo de poblaciones de vallico (*Lolium rigidum*) resistentes". A: *Actas Congreso 2001 de la Sociedad Española de Malherbología*. 2001, p. 117-122.

RERKASEM, K.; STERN, W.R.; GOODCHILD, N.A. "Associated growth of wheat and annual ryegrass. I. Effect of varying total density and proportion in mixtures of wheat and annual ryegrass". *Australian Journal of Agricultural Research*. núm. 31 (1980), p. 649-658.

SEAVERS, G.P.; WRIGHT, K.J. "Crop canopy development and structure influence weed suppression". *Weed Research*, núm. 39 (1999), p. 319-328.

WALTER, A.M.; HEISEL, T.; CHRISTENSSEN, S. "Precision application of herbicides using injection sprayer systems". A: *Proceedings of the Third European Conference on Precision Agriculture*. Montpellier: 2001, p. 611-616.

ZANIN, G.; BERTI, A.; RIELLO, L. "Incorporation of weed spatial variability into the weed control decision-making process". *Weed Research*, núm. 38 (1998), p. 107-118.