

RESUM

L'estudi de l'efecte de l'associació de tres varietats de cereals (Florence Aurora, Xeixa i Forment o Blat d'Artés) sobre la provisió de serveis agro-ecosistèmics, estimats a partir de la producció de gra, el control de la flora arvensis i de les poblacions de pugons, mostra les diferències fenològiques entre les tres varietats i la dificultat de conrear-les conjuntament a causa de la precocitat d'una d'elles (Florence Aurora), així com l'extraordinària vulnerabilitat als pugons d'aquesta. Les tres varietats cultivades soles i barrejades mostren una resposta molt similar al tipus de treball del sòl i a la fertilització. En general, la fertilització afavoreix el creixement del cereal i les poblacions d'espècies arvensis. L'arada de pales també afecta positivament el creixement del cereal i redueix les poblacions d'arvensis. En aquest sentit, l'associació de varietats no presenta cap avantatge clar. La infestació de pugons presenta diferències significatives entre els cultius estudiats; el cultiu sol de la varietat Florence Aurora, molt primerenca, és el que presenta major abundància de pugons. Totes les varietats, però especialment la Florence Aurora, presenten menor infestació de pugons quan es cultiven barrejades. La taxa de parasitisme, que és un indicador del grau de control biològic sobre els pugons, no varia entre varietats ni entre cultiu pur i mescla; solament, cap al final del cicle de creixement del cereal, totes tres varietats es beneficien de créixer en barreja ja que s'incentiva la pressió que exerceixen els parasitoides sobre els pugons.

01. Introducció

La diversitat constitueix un element clau per a l'adaptació dels cultius a condicions variables tant de caràcter ambiental com de gestió, però la seva aplicació en els cultius herbacis extensius ecològics és actualment limitada. L'associació de cultius de cereals (coneguda com a mestall) és una pràctica documentada a Catalunya des de fa segles, però s'ha perdut gairebé totalment a causa de la intensificació agrària. El cultiu barrejat de dues o més espècies o varietats diferents pot tenir nombrosos beneficis, tant per assegurar la productivitat en condicions desfavorables, com per la provisió d'altres serveis ecosistèmics com el control de les poblacions d'espècies arvensis i de les plagues. Els darrers anys, el cultiu de barreges de cereals s'ha incrementat en diversos països europeus (Costanzo & Bàrberi, 2014; Lazzano *et al.*, 2018), però encara és poc freqüent en el nostre territori. La difusió de les estratègies basades en la diversitat ha estat limitada per l'escàs coneixement de les interaccions ecològiques en els conreus herbacis extensius ecològics i per l'esclatxa entre el coneixement científic i la implementació pràctica per part dels agricultors (Armitage *et al.*, 2007).

02. Metodologia

02.01. Disseny experimental

L'estudi de l'efecte de l'associació de varietats de blat sobre la provisió de serveis agro-ecosistèmics, estimats a partir de la producció de gra, el control de la flora arvensis i de les poblacions de pugons s'ha dut a terme mitjançant la comparació de l'associació de tres varietats respecte del monocultiu de cadascuna de les varietats que en formen part. L'estudi s'ha dut a terme a l'experiment a llarg termini que el Grup de Recerca d'Agroecologia de la Universitat de Barcelona té a l'Espai Rural d'Interès Natural

de Gallecs. Les varietats de blats seleccionades són la Florence Aurora (FA), la Xeixa (XE) i el Blat d'Artés o Forment (FO). Aquests tres tipus de blats es cultiven actualment a Gallecs en règim de monocultiu, però la farinera de Gallecs elabora pa de molt bona qualitat amb l'associació de les tres varietats. Abans de l'inici del projecte aquesta proposta es va discutir amb els pagesos i els fariners. La força de la varietat Florence Aurora i l'aroma de la Xeixa i del Forment va semblar adequada tant pels fariners com pels pagesos.

L'experiment a llarg termini on es va realitzar l'estudi està format per 32 parcel·les de 12 x 13 m agrupades en vuit blocs formats per dues files de quatre parcel·les contigües (Figura 1). Cadascuna de les parcel·les es va dividir longitudinalment en dues subparcel·les de 6 m x 13 m, en les quals es va sembrar una única varietat de blat o la mescla. Es van sembrar tres varietats de blat, triades perquè la mescla de gra en collita fos aproximadament equivalent a una de les barreges de farines millor valorades per a l'elaboració de pa artesanal a la zona de Gallecs. No es disposa d'informació prèvia de la susceptibilitat d'aquests cereals a plagues i malalties, encara que en general les varietats tradicionals (Xeixa i Forment) es consideren varietats més rústiques. Malgrat es tracta d'espècies diferents de blats, per a simplificar el text ens referirem a elles com a varietats (Fotografia 1).

Triticum aestivum subsp. *aestivum* cv. Florence Aurora és una varietat moderna de blat fariner tou; és la més precoç de les tres varietats ja que comença a canyar i granar setmanes abans que les altres dues varietats. Es caracteritza per l'absència d'arestes a les espigues i tenir la tija i fulles de color blavós. *Triticum aestivum* subsp. *aestivum* cv. Xeixa, conegut comunament com a

blat fariner, té les espigues amb arestes i les lígules de mida petita. A diferència de la varietat Florence Aurora, no es considera una varietat fixa, sinó un complex de varietats antigues de blat tou que poden variar regionalment. *Triticum turgidum* subsp. *durum* cv. Blat d'Artés o Forment té les espigues amb arestes i les lígules llargues, encara que la seva característica distintiva és la suavitat de les seves fulles a causa de la presència de diminuts pèls.

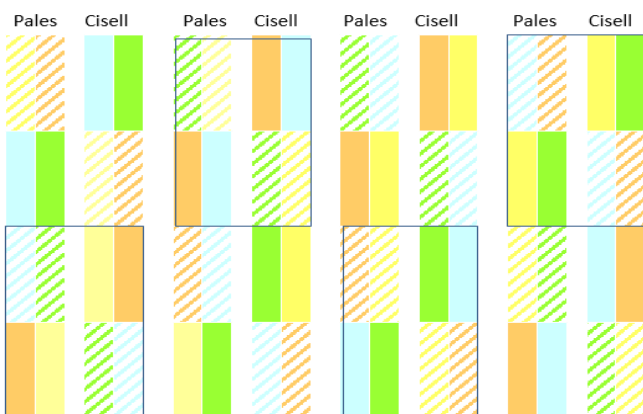


Figura 1. Disseny experimental de l'estudi. En la part superior de cada bloc s'indica el tipus de llaurada aplicat. El color indica la varietat sembrada (taronja, Florence Aurora; verd, Xeixa; groc, Forment; blau, barreja de les tres varietats). Les subparcel·les situades dins del requadre negre van rebre fertilització amb fems els anys anteriors i les subparcel·les amb una trama obliqua van ser sembrades amb adob verd els anys 2012 i 2014 abans del cultiu principal de cigrons i lleties respectivament.

A les 64 subparcel·les es va alternar la sembra de subparcel·les pures on únicament es va conrear una de les varietats, i subparcel·les mixtes on es van conrear les tres varietats conjuntament en una proporció respectivament 6:2:2 per a les varietats FA, XE i FO. La densitat de sembra de FA, XE, FO i de la barreja (MES) va ser respectivament de 206,4 kg ha⁻¹, 185,6 kg ha⁻¹, 213,4 kg ha⁻¹ i 198,2 kg ha⁻¹. Es van establir quatre rèpliques de cadascuna de les combinacions dels tractaments experimentals. En els vuit blocs es va alternar l'arada de cisells i l'arada de pales. L'arada de pales, que causa la inversió de la capa superficial del sòl, és el mètode més emprat en l'agricultura de cultius extensius, doncs, encara que pot afavorir l'erosió, millora l'arrelament i el creixement del cereal. L'arada de cisells, en canvi, no inverteix la capa superficial del sòl i en conseqüència pot afavorir la conservació de la matèria orgànica i reduir-ne l'erosió, però pot comportar l'increment de les poblacions d'espècies arvenses. El disseny experimental comprèn dos factors més: la fertilització mitjançant fems compostats i l'ús d'adobs verds (l'únic propòsit del qual és aportar nitrogen atmosfèric i matèria orgànica al sòl). La meitat de les subparcel·les de cada bloc va ser fertilitzada amb fems compostats (entre 40 kg N ha⁻¹ els anys de lleguminosa, i 140 kg N ha⁻¹ els anys de cereal), mentre que en l'altra meitat no va ser aplicat cap mena de fertilització des de 2011, l'any d'inici de l'experiment. A més, la meitat de les parcel·les (en disposició de tauler d'escacs) va ser sembrada amb un adob verd de veça, erb i mostassa cada

dos anys (abans del cultiu de lleguminosa per a gra a la primavera). El cultiu precedent a l'experiment va ser una barreja de civada i veça; per això, la darrera aplicació de fems va ser la tardor de 2015 durant el cultiu d'espelta i la sembra de l'adob verd la tardor de 2014 abans del cultiu de lleties.



Fotografia 1. Subparcel·la sembrada amb la barreja de varietats; d'esquerra a dreta: Florence Aurora, Forment i Xeixa. Fotografia d'Alejandro Pérez.

02.02. Caracterització del cultiu

L'avaluació de l'establiment del cultiu es va dur a terme mitjançant el recompte de les plantes en un segment de 0,5 m de dues fileres adjacents del cultiu. A cada subparcel·la es van distribuir aleatòriament 6 transsectes. Les mesures es van dur a terme quan el cultiu es trobava en la fase de dues fulles. També es va avaluar periòdicament l'altura i l'estat fenològic de dotze individus de cadascuna de les varietats a cadascuna de les subparcel·les segons l'escala de Zadoks (Zadoks *et al.* 1974). En el cas de l'associació de varietats es va avaluar per a cadascuna de les varietats segons la proporció de sembra.

02.03. Rendiment

La producció de cereal es va estimar a partir de la recol·lecció de la biomassa aèria a dues àrees de 50 cm x 50 cm, situades a la part interior de les subparcel·les per evitar l'efecte vora. En el cas de l'associació de varietats es va recol·lectar separatament cadascuna de les varietats. El gra es va separar de la palla i el gra es va dessecar a l'estufa a 65°C durant 48 hores per obtenir-ne el pes sec.

02.04. Abundància de la flora arvensa

L'abundància de la flora arvensa al llarg del cultiu es va mesurar mitjançant dues metodologies complementàries. Després de l'establiment del cultiu

es va determinar la densitat total de les arvenses; a cada subparcel·la es va comptar els individus en sis unitats rectangulars de 25 cm × 30 cm. Per tal de determinar la biomassa de les espècies arvenses i la seva relació amb el rendiment del cultiu es va recol·lectar la part aèria de les espècies arvenses en les mateixes mostres usades per avaluar el rendiment del cultiu, a cadascuna de les subparcel·les. Posteriorment, es van dessecar les mostres a 65°C durant 48 hores per determinar-ne el pes sec.

02.05. Abundància de pugons i taxa de parasitisme

Des de finals d'abril fins a mitjans de juny, es van recollir quinzenalment 10 fillols de cereal distribuïts de manera equidistant al llarg d'un transecte de 10 m a cadascuna de les subparcel·les. Les tiges recollides es van dipositar dins de bosses de plàstic hermètiques i es van mantenir en una nevera portàtil al camp. Posteriorment, les bosses es van mantenir a 4°C durant un màxim de quatre dies fins que es va poder processar el material per evitar la proliferació dels pugons. Els pugons presents en les tiges de les plantes es van recollir utilitzant pinzells humits i es van conservar en alcohol de 70°; també es van conservar les mòmies (pugons parasitats que contenen la pupa d'un parasitoide). Posteriorment es va comptabilitzar el nombre de pugons per tija, el nombre de mòmies i es calcular la proporció de pugons parasitats (taxa de parasitisme).

03. Resultats

03.01. Establiment del cultiu i atributs de les varietats seleccionades

La densitat d'establiment (mitjana ± error estàndard) va ser més alta a les subparcel·les amb FO (271,42±7,50 individus m⁻²) que a la resta de tractaments (226,72 ± 6,18 50 individus m⁻²) a causa de la mida més petita del gra de FO. L'anàlisi del comportament fenològic posa de manifest que la varietat FA és la més precoç, mentre que les altres dues varietats són més tardanes. L'ordenació de les tres varietats en relació amb el moment de la floració i maduració del gra és FA < XE < FO. Mentre el decalatge entre la varietat FA i les altres dues és d'entre tres i quatre setmanes, la diferència entre XE i FO és només d'una setmana. Pel que fa a l'altura, la varietat més alta és FO i la més baixa FA (Figures 2 i 3).

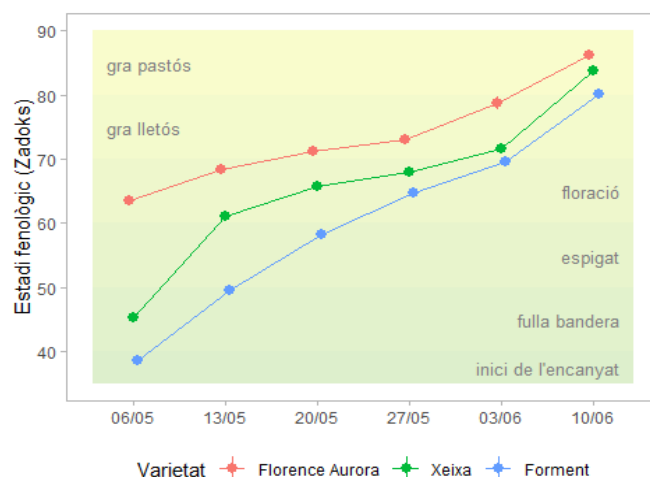


Figura 2. Desenvolupament fenològic de les poblacions de les tres varietats des del mes de maig fins el 10 de juny. S'indica l'estadi en l'escala de Zadoks (mitjana) i, en text dins de l'àrea del gràfic, la seva correspondència amb les fases de desenvolupament.

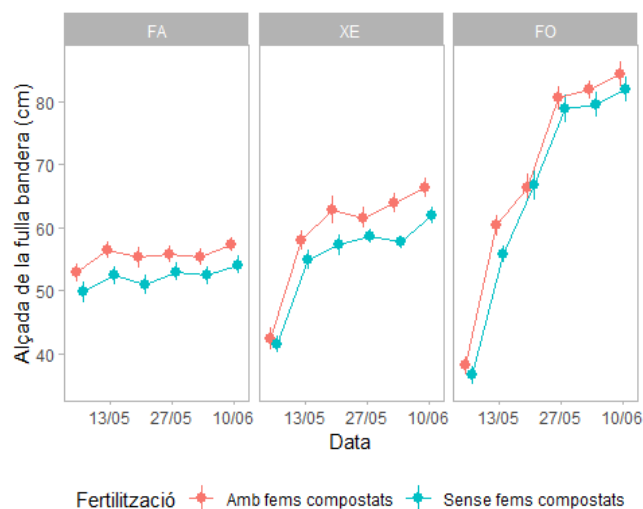


Figura 3. Alçada (valors mitjans ± error estàndard) estimada a partir de l'alçada de la fulla bandera, de les varietats Florence Aurora (FA), Xeixa (XE) i Forment (FO) a les subparcel·les amb fens compostats i sense fens des del 6 de maig fins al 10 de juny.

03.02. Abundància de la flora arvense

La densitat de la flora arvense després de l'establiment del cultiu va variar en relació amb el tipus de llaurada. Així, la densitat és significativament més baixa a les subparcel·les gestionades amb l'arada de pales; l'augment de la densitat d'arvenses a causa de la fertilització només es posa de manifest a les parcel·les amb arada de cisells (Figura 4). L'anàlisi de l'abundància de les poblacions arvenses al final del cicle del cultiu mostra que la biomassa aèria de la flora arvense va ser significativament més gran a les subparcel·les amb arada de cisells (Figura 5). L'abundància de la flora arvense al llarg del cultiu no es va veure afectada per la varietat ni pel seu cultiu pur o en mescla.

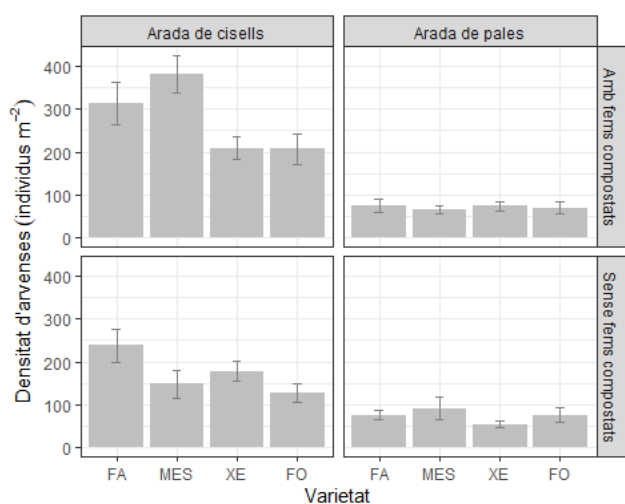


Figura 4. Abundància de la flora arvensa (valors mitjans \pm error estàndard) després de l'establiment del cultiu a les subparcel·les sotmeses a diferents tipus de llaurada i fertilització. S'hi indica els valors per a cadascuna de les varietats en cultiu pur i per a la mescla: Florence Aurora (FA), Xeixa (XE) i Forment (FO) i mescla (MES).

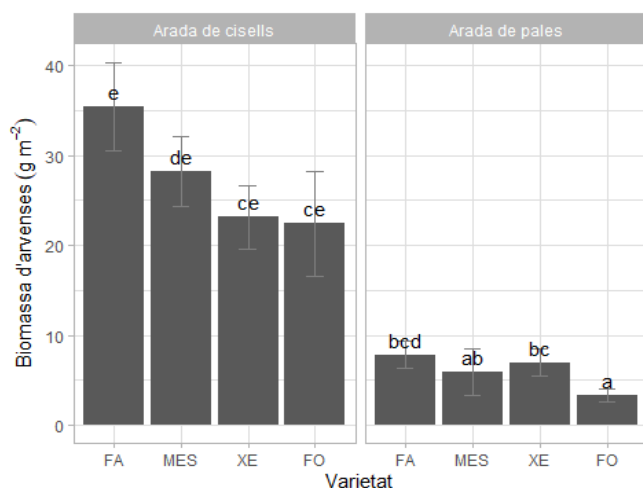


Figura 5. Abundància de la flora arvensa, estimada a partir de la biomassa d'individus m², previ a la collita a les subparcel·les sotmeses a diferents tipus de llaurada. S'hi indica els valors (valors mitjans \pm error estàndard) per a cadascuna de les varietats en cultiu pur i per a la mescla. Florence Aurora (FA), Xeixa (XE) i Forment (FO) i mescla (MES).

03.03. Rendiment del cultiu

El rendiment mitjà del cereal varia més en relació amb el tipus de llaurada i de fertilització que amb la varietat, ja sigui sembrada sola o barrejada (Figura 6). De manera general, el rendiment del cultiu va ser baix i força variable entre tractaments i dins del mateix tractament; la mitjana (\pm error estàndard) de tots els tractaments va ser de $1619,8 \pm 121,3$ kg ha⁻¹, el màxim es va assolir a les subparcel·les amb FO amb arada de pales i sense fertilització ($1920,7 \pm 183,5$ kg ha⁻¹) i el mínim a les subparcel·les amb XE amb arada de cisells i sense fertilització ($1207,4 \pm 66,9$ kg ha⁻¹). El rendiment mitjà de la

barreja de les tres varietats no va diferir significativament del monocultiu. Malgrat que el rendiment de les subparcel·les sembrades amb FA no difereix significativament de les sembrades amb MES, l'anàlisi del comportament de FA corregit per la proporció que representa en la mescla mostra que la producció d'aquesta varietat es redueix fins a un 30% en el cultiu mixt. Totes dues circumstàncies considerades alhora ens indiquen una compensació per les altres varietats.

03.04 Abundància de pugons i taxa de parasitisme

Les espècies dominants de pugons van ser *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758) i *Schizaphis (Schizaphis) graminum* (Rondani, 1852). El 13% eren mòmies de pugons afectats per parasitoides.

El grau d'infestació per pugons a nivell de parcel·la va variar al llarg del temps de manera semblant entre els tractaments (Figura 7); va augmentar del primer al segon mostratge quan es va assolir el màxim, i va decaure fortament durant el tercer i quart mostratge en tres dels tractaments. En el cas de les subparcel·les que contenen únicament la varietat FA, el màxim de pugons es va assolir durant el tercer mostratge, seguit d'un descens abrupte de la infestació. Les subparcel·les amb presència de la varietat FA van presentar una infestació significativament major que les que no incloïen aquesta varietat, és a dir les subparcel·les amb XE i FO.

L'anàlisi a nivell de les varietats individuals mostra que, per totes tres varietats, la infestació a nivell de tija va ser significativament més elevada en cultiu pur que en mescla.

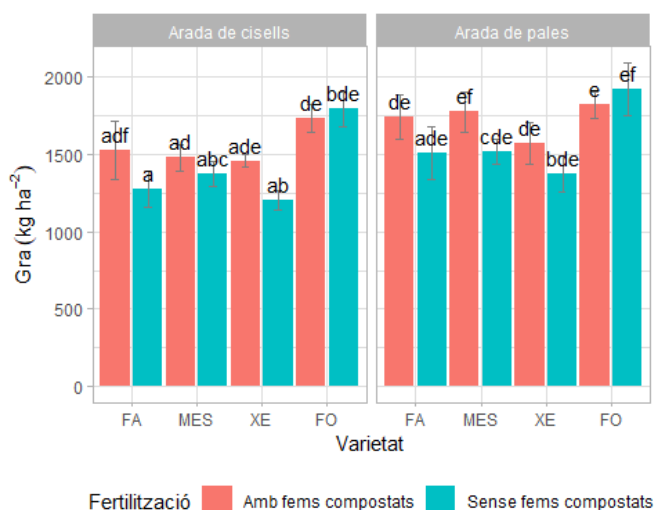


Figura 6. Producció de gra a les subparcel·les sotmeses a diferents tipus de llaurada i fertilització. S'hi indica la producció (valors mitjans \pm error estàndard) per a cadascuna de les varietats en cultiu pur i en la mescla. Florence Aurora (FA), Xeixa (XE) i Forment (FO) i mescla (MES). Els valors de columnes sense lletres en comú difereixen significativament.

Les diferències en la taxa de parasitisme, tant a nivell de subparcel·la sencera com de les tiges de cadascuna de les varietats, no recolza una taxa de parasitisme diferencial entre varietats o cultiu pur en relació amb mescla; hi ha un efecte fort de la densitat de pugons (a més pugons menys taxa de parasitisme). Només a nivell de tija i cap al final de la primavera hi ha un efecte positiu de la mescla sobre la taxa de parasitisme (positiu per totes tres varietats, i més acusat en FO i XE que en FA), que reflecteix que el benefici és fonamentalment cap al final del cicle.

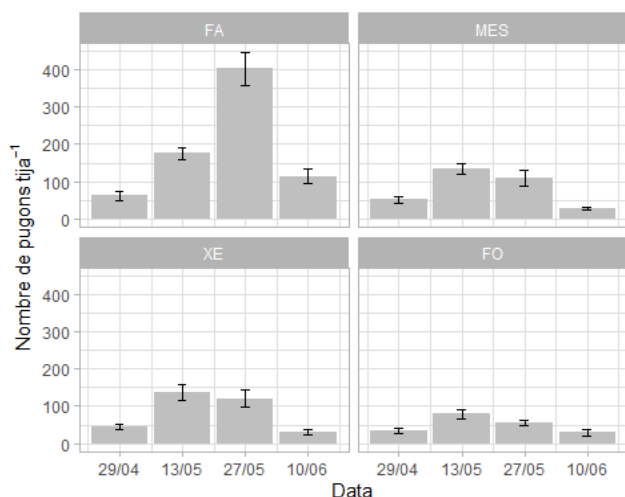


Figura 7. Abundància total de pugons sobre les tiges de cereal al llarg del temps. S'hi indica els valors (valors mitjans ± error estàndard) per a cadascuna de les varietats en cultiu pur i en la mescla. Florence Aurora (FA), Xeixa (XE) i Forment (FO) i mescla (MES).

04. Conclusions

L'estudi mostra la dificultat per conrear les tres varietats conjuntament a causa de la precocitat d'una d'elles (Florence Aurora, FA) i l'extraordinària vulnerabilitat als pugons. Les tres varietats cultivades soles i barrejades mostren un patró de resposta molt similar al tipus d'arada del sòl i la fertilització. La fertilització afavoreix el creixement del cereal, però també de les poblacions d'espècies arvenses. L'arada de pales, en canvi, afecta positivament el creixement del cereal i el control de les poblacions d'arvenses. Aquests efectes són independents de la varietat, i per tant contribueixen per igual a la seva gestió. El fet de cultivar-ne la mescla no té efectes sobre les arvenses. En canvi, la infestació per pugons presenta diferències significatives entre les varietats estudiades; el cultiu pur de Florence Aurora és la que presenta major abundància de pugons. Ara bé, el cultiu en mescla contribueix a reduir la infestació per pugons a nivell de tija en totes tres varietats. La taxa de parasitisme, que és un indicador del grau de control biològic sobre els pugons, no varia entre varietats ni entre cultiu pur i mescla. No obstant això, a nivell de tija i cap el final del cicle del cultiu

la mescla afavoreix la taxa de parasitisme. Malgrat les dificultats que imposen les diferències fenològiques, els resultats obtinguts són esperançadors ja que indiquen diferències poc importants en quant a producció, un comportament estable de les varietats i la barreja davant les tècniques habituals de gestió, i alguns avantatges davant potencials plagues. Aquests resultats s'hauran de contrastar durant els propers anys mitjançant noves experiències.

05. Agraïments

Voldríem agrair la col·laboració de l'Associació Agroecològica de Gallecs pels serveis prestats durant tot el desenvolupament de l'experiència. També hem d'agrair a la Gemma Safont del Consorci del Parc d'Interès Natural de Gallecs les tasques logístiques i tècniques, i als pagesos i fariners de Gallecs la seva contribució al disseny de l'experiment.

06. Referències

- Armitage et al. 2007. Adaptive co-management for social-ecological complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 95-102.
- Costanzo, A. & Bàrberi, P. 2014. Functional agrobiodiversity and agroecosystem services in sustainable wheat production. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 327-348.
- Lazzano, M., Costanzo, A. & Bàrberi P. 2018. Single vs multiple agroecosystem services provided by common wheat cultivar mixtures: Weed suppression, grain yield and quality. *Field Crop Research* 221: 277-297.
- Zadoks, J.C. Chang, T.T. & Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.

F. XAVIER SANS, JOSÉ MANUEL BLANCO-MORENO, LOURDES CHAMORRO, ALEJANDRO PÉREZ-FERRER

Grup d'Agroecologia

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals. Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio). Universitat de Barcelona

934039867 – fsans@ub.edu

www.ub.edu/agroecologia

El projecte ha estat finançat pel Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya a través de l'ajut per incentivar la recerca aplicada en matèria de producció agroalimentària ecològica

