

Els cultius mixtes de farratges ecològics com a eina d'optimització de la productivitat i la fertilitat del sòl

Núm. XX

RESUM

L'objectiu general del present projecte és aprofundir en el coneixement sobre les millors combinacions d'espècies farratgeres, per tal d'optimitzar la provisió de serveis ecosistèmics dels sistemes farratgers ecològics. En concret es va avaluar el potencial de l'ús de cultius mixtes sobre la productivitat farratgera, la fertilitat del sòl i l'eficiència en el ús del nitrogen. Considerant els resultats preliminars del projecte es pot concloure que amb només 12 mesos des del establiment de les cobertes, els cultius mixtes ja mostren avantatges vers els monocultius. S'ha observat un increment associat al número d'espècies en la productivitat, l'assimilació neta de CO₂ i el carboni orgànic del sòl. S'espera observar també efectes beneficiosos de la diversitat sembrada sobre la fertilitat del sòl en termes de macro i micronutrients, activitat enzimàtica, estocs de carboni i nitrogen; i sobre les plantes en termes d'eficiència en l'ús de del nitrogen, aspecte clau per maximitzar la productivitat. És altament recomanable però, que les cobertes es deixin al menys dos anys per maximitzar els seus beneficis.

01. Introducció

Els farratges ecològics són imprescindibles per la producció de productes d'origen animal ecològics i de qualitat, i actualment representen la majoria de la superfície de conreu ecològic a Catalunya¹. El cultiu mixt de diverses espècies farratges ha demostrat tenir múltiples avantatges vers els monocultius tradicionals d'unes poques espècies, tant sobre la productivitat agronòmica com sobre la fertilitat del sòl²⁻⁴.

La majoria dels estudis però, s'han realitzat al nord i centre d'Europa^{2,5-7}, on les condicions ambientals no són tant restrictives com a la Mediterrània. Manca per tant coneixement específic sobre com es poden optimitzar aquestes cultius mixtes per maximitzar els seus beneficis, especialment sota condicions restrictives d'aigua i altes temperatures, com és el cas dels ambients mediterranis. Aquest coneixement permetria donar algunes claus per optimitzar els sistemes farratgeres, tant ecològics com convencionals, i tant en termes agronòmics alhora d'incrementar la productivitat i la qualitat farratgera; com ambientals gràcies a potenciar la fertilitat del sòl, reduir la dependència de fertilitzants i mitigar el canvi climàtic.

Així doncs, el present projecte avalua com són els efectes de la diversitat sembrada sobre (i) la productivitat farratgera, (ii) la fertilitat del sòl i, (iii) l'eficiència en l'ús del nitrogen. Per aquest efecte es va establir el camp experimental s'ubica a l'[Escola Agrària del Solsonès](#), el qual forma part de la xarxa internacional de llocs experimentals [LegacyNet](#). Així, els resultats generats són específics de les condicions ambientals de Catalunya però alhora s'encaixen dins un context internacional per poder generar conclusions d'àmbit regional i global.

02. Metodologia

02.01. Camp experimental

El camp experimental del present projecte s'ubica a [Escola Agrària del Solsonès](#) (Figura 1). A la tardor del 2020 es van sembrar diverses combinacions d'espècies farratgeres, resultant en un total de 62 parcel·les experimentals de 3 * 7 m.

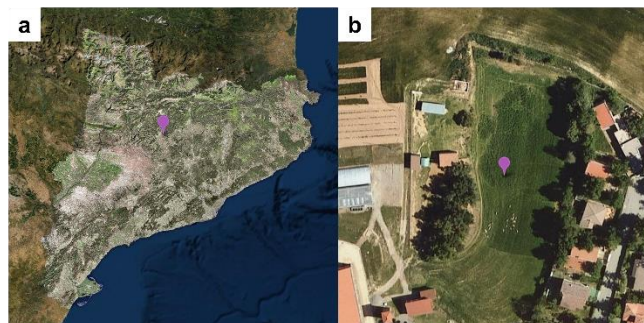


Figura 1. (a) Ubicació del camp experimental a Catalunya i (b) vista aèria del camp experimental a [Escola Agrària del Solsonès](#)

Les espècies sembrades inclouen 12 espècies farratgeres típicament cultivades i pertanyents a tres grups funcionals de plantes: gramínies, lleguminoses i altres herbes no lleguminoses, com per exemple: *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* L., *Medicago sativa* L., *Trifolium pratense* L, *Cichorium intybus* L., i *Plantago lanceolata* L.



Figura 2. Tasques de manteniment al camp experimental.

El període d'estudi ha estat 12 mesos, des de la tardor del 2020 a la tardor del 2021. Durant aquest període s'han efectuat diversos dalls i mesures de diverses variables d'acord amb els objectius del projecte.

02.02. Determinació de la productivitat i la qualitat farratgera

Es van efectuar tres dalls: un de neteja per reduir la presència de males herbes i dos en els dos pics de biomassa (primavera i tardor). Per cada dall i cadascuna de les 62 parcel·les es va determinar la producció (Kg de matèria seca/ m²), la composició per espècies i presència de males herbes i la qualitat farratgera.

02.03. Determinació de la fertilitat del sòl

Paral·lelament als mostres de vegetació es van efectuar mostres de sòl per determinar dels següents paràmetres de fertilitat del sòl a les 62 parcel·les:

- Nitrogen total, carboni orgànic, nitrats, amoni, fòsfor i potassi i micronutrients (cations).
- Activitat enzimàtica.
- Microrespiració.
- Taxes de mineralització de la matèria orgànica.

02.03. Eficiència en el ús del nitrogen

Per avaluar l'eficiència en l'ús del nitrogen cal considerar la dinàmica de nitrogen en el sistema, considerant les entrades i sortides i representades pels següents paràmetres:

- Nitrogen disponible al sòl.
- Nitrogen present a les plantes i el seu d¹⁵N, el qual és un indicador de la procedència del nitrogen.
- Pèrdues de nitrogen a través d'emissions de N₂O. Les mesures de N₂O es fan a camp amb un analitzador de gasos fotoacústic (Figura 3), el qual també mesura intercanvi de CO₂ i CH₄.



Figura 3. Imatge del sistema de mesura de gasos.

02.04. Anàlisi de dades

Per determinar l'influència de les espècies sembrades i les diverses combinacions s'empraran metodologies avançades d'anàlisi estadístic, com per exemple els "Generalized Diversity-Interaction models"^{8,9}, els quals permeten avaluar la relació entre diversitat i funció.

03. Resultats

03.01. Productivitat

Els resultats mostren una tendència a incrementar la productivitat al incrementar el número d'espècies presents al cultiu.. Aquest efecte s'observa especialment al dall de tardor (Figura 4), ja que és el moment en el que la comunitat està més establerta i presenta menys males herbes, essent la combinació de *M. sativa* i *C. inthybus* especialment favorable per la productivitat (Taula 1).

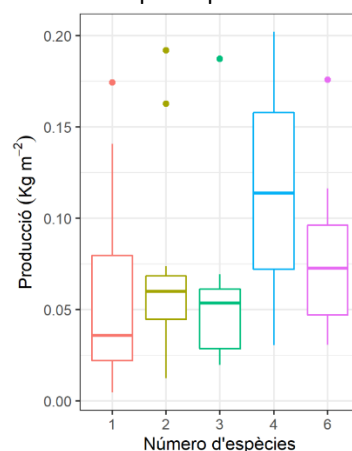


Figura 4. Producció en funció del número d'espècies, dall de tardor.

Taula 1. Resultats del diversity-interaction model, productivitat en funció de les espècies. Nivells de significança, $p < 0.1$; $p < 0.05$ *, $p < 0.01$ ** , $p < 0.001$ ***

	Coefficient	Error estàndard	p
<i>L. perenne</i>	0.06	0.01	***
<i>F. arundinacea</i>	0.03	0.02	.
<i>M. sativa</i>	0.11	0.02	***
<i>T. pratense</i>	0.06	0.02	**
<i>C. inthybus</i>	0.03	0.02	
<i>P. lanceolata</i>	0.05	0.02	**
<i>M. sativa</i> x <i>C. inthybus</i>	0.59	0.14	***

També s'observa un increment en les taxes d'assimilació neta de CO₂ amb un número creixent d'espècies (Figura 5). Aquest resultat està d'acord amb l'increment de la productivitat prèviament descrit (Figura 4).

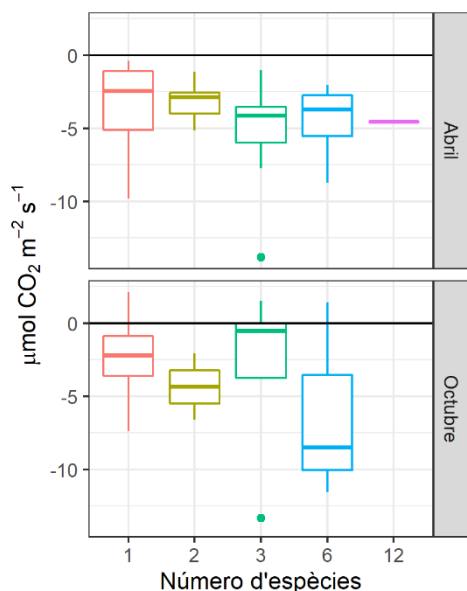


Figura 5. Assimilació neta de CO₂ en funció del número d'espècies, dalls de primavera i tardor.

També es preveuen efectes beneficiosos de la diversitat sembrada sobre la qualitat farratgera.

03.02. Fertilitat del sòl

S'observa un lleu increment del carboni orgànic del sòl amb el número d'espècies presents al cultiu al dall de tardor (Figura 6), especialment notable a les combinacions de quatre i sis espècies. Tot i que aquest increment és lleu, és remarcable que s'observi aquesta pujada amb només 12 mesos des del establiment de les cobertes, ja que els processos en el sòl són lents.

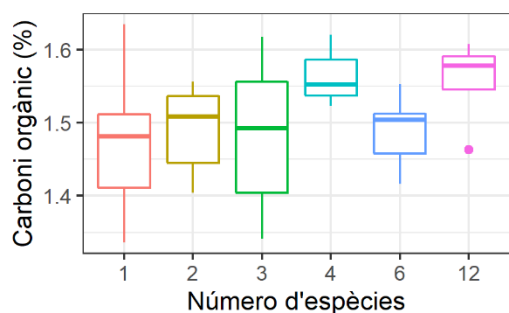


Figura 6. Carboni orgànic al sòl en funció del número d'espècies, dall de tardor.

També es preveuen efectes beneficiosos la diversitat sembrada sobre altres paràmetres de la fertilitat del sòl com són el contingut de nitrogen total, micronutrients i l'activitat enzimàtica, entre d'altres.

03.03. Eficiència en l'ús del nitrogen

Contràriament a lo esperat no s'observa un increment de les emissions de N₂O significatiu associat a la presència de lleguminoses. Aquest és un resultat interessant per lo que respecta la l'eficiència en l'ús del nitrogen, ja que les lleguminoses acostumen a presentar altes taxes de productivitat i fertilitat del sòl, però també tendeixen a

incrementar les emissions de N₂O al haver-hi més nitrogen disponible gracies a la seva capacitat de fixació del N₂ atmosfèric. Es seguirà estudiant aquest aspecte tenint en el nitrogen disponible al sòl i la dinàmica del nitrogen en planta.

04. Conclusions

Considerant els resultats preliminars del projecte es pot concloure que els cultius mixtes incrementen la productivitat i fertilitat del sòl vers els monocultius. S'ha observat un increment associat al numero d'espècies en la productivitat, l'assimilació neta de CO₂ i el carboni orgànic del sòl. S'espera observar també efectes beneficiosos de la diversitat sembrada sobre els macro i micronutrients del sòl, l'activitat enzimàtica, els estocs de carboni i nitrogen, i en l'eficiència en l'ús de del nitrogen per part de les plantes.

És altament recomanable però, que les cobertes es deixin al menys dos anys per maximitzar els beneficis de la diversitat sembrada, ja que s'ha pogut observar que els efectes de la diversitat sembrada eren més clars cap al final del període de mostreig, tardor, quan la coberta està més establerta.

05. Referències

1. DARP. *Observatori de l'Agricultura i l'Alimentació Ecològiques. Dades de la producció agroalimentària ecològica a Catalunya 2000 - 2019.* (2019).
2. Finn, J. A. *et al.* Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: A 3-year continental-scale field experiment. *J. Appl. Ecol.* **50**, 365–375 (2013).
3. Ribas, A. *et al.* Plant identity and evenness affect yield and trace gas exchanges in forage mixtures. *Plant Soil* **391**, 93–108 (2015).
4. Brophy, C. *et al.* Major shifts in species' relative abundance in grassland mixtures alongside positive effects of species diversity in yield: a continental-scale experiment. *J. Ecol.* **105**, 1210–1222 (2017).
5. Ceschia, E. *et al.* Management effects on net ecosystem carbon and GHG budgets at European crop sites. *Agric. Ecosyst. Environ.* **139**, 363–383 (2010).
6. Kutsch, W. L. *et al.* The net biome production of full crop rotations in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.* **139**, 336–345 (2010).
7. Vuichard, N. *et al.* Simulating the net ecosystem CO₂ exchange and its components over winter wheat cultivation sites across a large climate gradient in Europe using the ORCHIDEE-STICS generic model. *Agric. Ecosyst. Environ.* **226**, 1–17 (2016).
8. Kirwan, L. *et al.* Evenness drives consistent

- diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *J. Ecol.* **95**, 530–539 (2007).
9. Kirwan, L. *et al.* Diversity–interaction modeling: estimating contributions of species identities and interactions to ecosystem function. *Ecology* **90**, 2032–2038 (2009).

**Mercedes Ibañez^{1,2}, Àngela Ribas^{3,4},
Stefania Mattana⁴**

¹Grup GAMES, Dept. HBJ, ETSEA, Univeristat de Lleida (UdL). Av. Alcalde Rovira Roure, 191, 25198, Lleida.

²Laboratori d'Ecologia funcional i Canvi Global (ECOFUN), Cenrte de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC). Ctra de Sant Llorenç de Morunys, Km 2, 25280, Solsona, Lleida.

³Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 08193, Bellaterra, Barcelona.

⁴Centre de Recerca i Aplicacions Forestals (CREAF), 08193, Bellaterra, Barcelona.

Telèfon 973481752

mercedes.ibanaez@ctfc.cat

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