

RESUM

En el projecte ECO-Q-SÒL s'ha mesurat la bio-disponibilitat de fòsfor (P), l'activitat microbiana i la mineralització de la matèria orgànica (MO) en sòls agrícoles dedicats als cultius extensius per a gra en producció ecològica a Catalunya. Amb els resultats d'aquestes mesures es pretén obtenir noves dades sobre l'efecte de diferents pràctiques agrícoles sobre la qualitat biològica del sòl, amb la finalitat d'elaborar unes recomanacions que permetin millorar l'eficiència de la fertilització en les parcel·les ecològiques de Catalunya.

No s'han observat diferències significatives entre els diferents tractaments de fertilització orgànica de l'assaig en relació a cap de les variables mesurades en aquest estudi, no obstant, les mesures realitzades en parcel·les comercials sí que ens han proporcionat resultats. Aquestes mesures indiquen que l'activitat microbiana i la bio-disponibilitat del fòsfor augmenten en les parcel·les amb continguts més elevats de matèria orgànica.

Els resultats d'aquest estudi ens porten a recomanar l'adopció de pràctiques agrícoles que permetin augmentar el contingut en matèria orgànica del sòl, com ara l'aportació de dejeccions, la incorporació de palla i rostoll, o la rotació de cultius. Aquestes pràctiques poden contribuir a millorar l'activitat microbiana en el sòl i la bio-disponibilitat del P, cosa que pot conduir a una millor producció agrícola i a una menor necessitat d'aplicacions de fertilitzants.

01. Introducció

En general, però especialment en producció ecològica, és important que sigui alta l'eficiència amb la qual els nutrients aportats a les parcel·les puguin ser aprofitats per les plantes.

En aquest projecte s'ha treballat en parcel·les comercials dedicades a la producció de cultius extensius per a gra en ecològic i en un assaig en aquest tipus de rotacions sobre l'aplicació de diferents materials orgànics provinents de les dejeccions, que es porta a terme en el Parc Natural de la Zona Volcànica (PNZV) de la Garrotxa. En ambdós casos s'estudien diferents aspectes que poden ajudar a determinar l'eficàcia amb la qual els adobs orgànics són aprofitats pels cultius extensius.

Amb aquestes dades es pot quantificar la disponibilitat de fòsfor en diferents compartiments del sòl, mesurar l'activitat microbiana en l'horitzó superficial del sòl i estimar la mineralització de la matèria orgànica en diferents moments del cicle de cultiu. Aquestes dades es poden utilitzar per desenvolupar pràctiques agrícoles més sostenibles que puguin millorar la salut del sòl i la producció agrícola.

02. Metodologia

Aquest projecte ha implicat la realització de diverses mesures (Tasques 1, 2 i 3) en un assaig de rotació de cultius extensius per a gra ecològic, ubicat al PNZV de la Garrotxa, on s'experimenta amb els efectes a llarg termini de l'aplicació de compost, fems de boví, fems de porcí i gallinassa. Aquestes mateixes mesures també s'han realitzat en diverses parcel·les comercials que

es dediquen a la producció de gra ecològic repartides en diferents zones productores de Catalunya.

Les tasques realitzades en aquest projecte són:

1- Estimació de la mineralització de la matèria orgànica del sòl. S'ha usat el mètode de la bossa de te (Tea Bag Index).

- Instal·lació de les bosses de te (enterrat en el sòl i manteniment durant 10-12 setmanes) en els tractaments de l'assaig i en les parcel·les comercials.
- Recollida de les bosses enterrades, transport a laboratori i mesura de la taxa de mineralització.

2- Mesura de l'activitat microbiana en el sòl.

- Mostreig del sòl en els tractaments de l'assaig i en les parcel·les comercials.
- Mesura de l'activitat microbiana en les mostres recollides.

3- Avaluació de la bio-disponibilitat de fòsfor en el sòl.

- Mostreig del sòl en els tractaments de l'assaig i en les parcel·les comercials.
- Preparació de les mostres.
- Anàlisi de diferents fraccions de fòsfor (P) orgànic i inorgànic en el sòl.

4- Vinculació dels resultats obtinguts amb la fertilització orgànica realitzada en cada cas i elaboració de recomanacions pel maneig dels cultius i parcel·les.

5- Divulgació dels resultats en jornades, tant en presentacions com mitjançant el repartiment de fulletons divulgatius amb els resultats del projecte.

03. Resultats

02.01. Mineralització de la matèria orgànica del sòl.

La mineralització de la matèria orgànica (MO) és el procés pel qual la MO es descompon en compostos més simples que poden ser absorbits per les plantes. El procés de mineralització és essencial per a que les plantes puguin aprofitar els nutrients aportats en forma orgànica.

Per mesurar aquest procés, s'ha utilitzat el mètode del *Tea Bag Index* o TBI (Kreuskamp et al., 2023).

En l'assaig on es comparen diversos tipus de fertilitzacions orgàniques en producció ecològica, s'han instal·lat bosses de te en el sòl en camp (Figura 1) en dos moments diferents. El primer, ha estat entre els mesos de novembre i febrer, i el segon entre els mesos de febrer i juny de la campanya 2022-2023.

Els tractaments de l'assaig (diferents productes orgànics aplicats com fertilitzants) no han implicat canvis significatius en la velocitat de mineralització de la matèria orgànica del sòl.



Figura 1. Bossa de te en incubació al sòl. S'observa com la etiqueta es deixa a la superfície per a permetre la posterior recuperació de la bossa. (Foto: IRTA).

En les parcel·les comercials seleccionades s'hi han instal·lat bosses de te de forma similar a les instal·lacions fetes en l'assaig.

Les parcel·les comercials on s'hi fan adobs en verd presenten una major velocitat de mineralització de la matèria orgànica que les adobades amb compost i fems de boví.

La velocitat de mineralització de la matèria orgànica varia per diferents moments de l'any. Augmenta, generalment, amb la temperatura i la humitat del sòl.

Les variables ambientals i edàfiques que s'han estudiat no han mostrat correlació significativa amb la velocitat de mineralització de la matèria orgànica. I sí que s'han observat diferències significatives segons el tipus

d'adobat que s'ha realitzat en les parcel·les. Les parcel·les on s'hi fan adobs en verd mostren una velocitat de mineralització de la matèria orgànica significativament major que les adobades amb productes orgànics.

Sí que s'ha pogut observar diferències entre els resultats obtinguts en els diferents períodes mesurats. La velocitat de mineralització ha estat significativament més elevada en les mesures fetes durant la primavera que en les fetes durant l'hivern.

02.02. Activitat microbiana en el sòl

Els microorganismes del sòl són un dels principals responsables de la mineralització de la matèria orgànica en el sòl i, per tant, de la transformació dels nutrients de formes orgàniques a formes disponibles per les plantes. L'activitat microbiana és essencial per a un sòl sa, fèrtil i productiu.

En l'assaig on es comparen diversos tipus de fertilitzacions orgàniques en producció ecològica, s'hi ha mesurat la biomassa microbiana i l'activitat microbiana del sòl abans de les aplicacions de materials orgànics en fons, de la campanya 2022-2023, i abans de les aplicacions en cobertura.

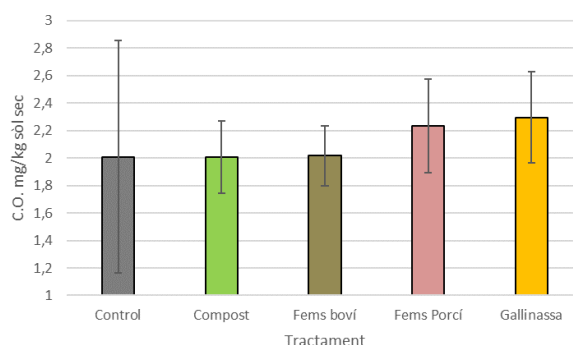


Figura 2. Biomassa microbiana en el sòl en el mes de març en l'assaig d'aplicació de diferents productes orgànics en rotacions de cultius extensius per a gra en producció ecològica.

No s'ha observat efectes estadísticament significatius dels tractaments de l'assaig sobre l'activitat microbiana del sòl. Sí que s'observa, però, una tendència a disposar de major biomassa microbiana en el sòl (Figura 2) en el moment previ a les possibles aplicacions de cobertura, i en els tractaments on s'hi apliquen fems de porcí o gallinassa abans de la sembra dels cultius.

En les parcel·les comercials s'ha observat la relació de diverses característiques edàfiques amb la biomassa i l'activitat microbiana del sòl. S'observa una forta correlació entre el contingut de MO del sòl i l'activitat microbiana. Però no s'ha vist una relació estadísticament significativa amb el tipus de fertilitzants que s'apliquen.

La biomassa microbiana ha mostrat una correlació negativa amb la temperatura mitjana de la zona de la parcel·la. És a dir, ha disminuït en les parcel·les amb

major temperatura mitjana durant la campanya. Aquesta relació es pot explicar perquè l'exposició perllongada a la manca d'aigua, com ha ocorregut aquesta campanya a moltes parts de Catalunya, pot reduir significativament la biomassa microbiana del sòl (Darenova et al., 2023).

Hi ha més activitat microbiana en aquells sòls més rics en matèria orgànica. Per a permetre una activitat microbiana estable és important mantenir nivells elevats de contingut de matèria orgànica en el sòl.

Les temperatures elevades, en un context de sequera, produeixen un descens en la biomassa microbiana dels sòls.

Això fa palès la importància que tindrà per a la salut dels sòls, en el context actual, el fet d'adoptar tècniques d'adaptació dels sistemes agraris al canvi climàtic que permetin augmentar la retenció d'aigua en el sòl.

02.03. Bio-disponibilitat de fòsfor en el sòl

El fòsfor (P) és un nutrient essencial per a les plantes. Però aquestes no poden absorbir totes les formes de P que hi ha en el sòl. Les formes de P del sòl es poden dividir en dues de principals: fòsfor orgànic i fòsfor inorgànic. Dins de les fraccions es produeixen interaccions d'adsorció química en compostos inorgànics que en redueixen o augmenten la bio-disponibilitat i la solubilitat. La proporció del fòsfor orgànic que és bio-disponible és especialment important ja que serà aquesta fracció la que els microorganismes del sòl podran mineralitzar i passar a formes que seran absorbibles per les plantes (Bilyera et al., 2023).

En l'assaig on es comparen diversos tipus de fertilitzacions orgàniques en producció ecològica, s'ha mesurat el fòsfor present en el sòl, en mostres recollides abans de les aplicacions de fons de la campanya 2022-2023, endiverses formes i fraccions. Els tractaments de l'assaig (diferents tipus de dejeccions i materials orgànics ecològics) no han implicat diferències significatives per a les diferents fraccions de fòsfor del sòl mesurades. S'ha observat, però, una tendència a l'acumulació de fòsfor inorgànic, adsorbit químicament en carbonats i compostos minerals no cristal·lins, i de fòsfor orgànic, lligat a l'humus, en els tractaments amb aplicació d'adobs orgànics respecte el control (sense aplicació de fertilitzants). Les primeres dos fraccions són d'especial interès ja que aquests reservoris de fòsfor són mediats per interaccions abiòtiques i permeten mantenir constant la concentració d'ortofosfats lliures del sòl (Xu i Arai, 2022).

En les parcel·les comercials s'ha observat relació entre diverses característiques edàfiques i la bio-disponibilitat de fòsfor en el sòl. Malgrat que no s'han observat diferències significatives entre els diversos tipus de fertilització, els resultats ens han mostrat una forta

correlació entre el contingut de matèria orgànica del sòl i el contingut en fòsfor en les fraccions bio-disponibles. També s'ha trobat correlació amb els continguts en nitrogen total (N-Kjeldhal) i en fòsfor disponible (P-Olsen).

S'ha observat que, en general, hi ha més fòsfor potencialment disponible en aquells sòls més rics en matèria orgànica i en nutrients (N i P).

Per tant, adoptar mesures que permetin augmentar el nivell de matèria orgànica del sòl ens pot permetre augmentar la bio-disponibilitat del P en el sòl.

La relació C/N s'ha correlacionat negativament amb el contingut de fòsfor en forma d'ortofosfat i positiva amb el fòsfor unit a partícules húmiques. Aquest fet, pot indicar que, en sòls amb molt carboni orgànic però poc nitrogen, el fòsfor tendeix a immobilitzar-se en forma d'humus, mentre que en sòls amb molt nitrogen i poc carboni orgànic, el fòsfor tendeix a adoptar la forma d'ortofosfat, que té major capacitat per rentar-se del sòl, especialment en aquells sòls que presenten pH neutre o àcid.

02.04. Elaboració de recomanacions.

S'ha elaborat una guia-resum, en forma de díptic, que s'ha repartit en jornades i a les associacions interessades en la difusió dels resultats del projecte.

En aquest díptic s'hi inclou un resum del que s'ha realitzat en el projecte, els principals resultats i les recomanacions per realitzar pràctiques que permetin augmentar el contingut de matèria orgànica del sòl, alhora que es posa en valor els beneficis que aquestes pràctiques tenen sobre els diversos factors mesurats.

Aquest díptic es pot consultar a la secció de Guies de la biblioteca del butlletí electrònic Extensius.cat. També s'hi pot accedir escanejant el codi QR de la Figura 3.



Figura 3. Codi QR que permet accedir al díptic, entregat en diverses jornades, on es recullen els resultats del projecte ECO-SÒL.

02.05. Divulgació en Jornades

La difusió també s'ha realitzat en forma d'una presentació en la jornada RECOMEX (Figura 4), que es troba disponible a la documentació de la mateixa.

Aquesta jornada és de les més importants que es realitzen en el sector dels conreus extensius i va tenir una participació de més de 300 assistents.



Figura 4. Presentació del projecte ECO-Q-SÒL en la jornada RECOMEX 2023. (Foto: IRTA).

A més de la participació en aquesta jornada, es pretén continuar la difusió de forma conjunta amb el projecte que comença aquest novembre de 2023, anomenat MICROBI-SÒL-ECO, en diverses jornades que s'organitzaran aquest any vinent.

04. Conclusions

L'activitat microbiana i les fraccions potencialment disponibles del fòsfor augmenten en les parcel·les amb continguts més elevats de matèria orgànica. La velocitat de mineralització de la matèria orgànica no ha mostrat canvis significatius entre les diferents parcel·les i zones.

Adoptar pràctiques que permeten augmentar el contingut en matèria orgànica del sòl (aportació de dejeccions, incorporació de palla i rostoll, ...), pot contribuir a millorar l'activitat microbiana en el sòl i la bio-disponibilitat del fòsfor en les parcel·les en producció ecològica a Catalunya.

05. Referències

Keuskamp, J.A., Dingemans, B.J.J., Lehtinen, T., Sarneel, J.M., Hefting, M.M., Muller-Landau, H., 2013. Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods Ecol. Evol.* 4, 1070–1075. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12097>

Darenova, E., Holub, P., Bednařík, A., Klem, K. 2023. Responses of soil CO₂ efflux and microbial activity to water deficit under conventional and adaptation technology, *Soil and Tillage Research*, Volume 234, 105856, ISSN 0167-1987, <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105856>

Bilyera, N., Loginova, I. 2023. Phosphorus in soils. Biological interactions. In Goss, M.J., Oliver, M. (eds.). *Encyclopedia of Soils in the Environment (Second Edition)*, Academic Press, 293-302, ISBN 9780323951333, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822974-3.00179-8>

Xu, S., Arai, Y. 2022. Chapter Seven - Competitive sorption and accumulation of organic phosphorus in phosphate-rich soils and sediments. In: Sparks, D.L. (ed.). *Advances in Agronomy*, Academic Press, Volume 173, 337-374, ISSN 0065-2113, ISBN 9780323989558, <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.02.006>

Autors/es

F. Domingo, E. González i P. Solé
IRTA – Mas Badia
972 780275 – francesc.domingo@irta.cat

J. R. Olarieta, A. Bosch, M. Antúnez
Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl.
Universitat de Lleida

B. Perramon
Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa

X. Pujol
Consorci Sigma

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.