

MILLORA DE L'EFICIÈNCIA EN L'ÚS DEL NITROGEN DEL BLAT ECOLÒGIC A TRAVÉS DEL MATERIAL VEGETAL I DEL MANEIG DEL CULTIU

Núm. 36

RESUM

La recerca d'estratègies de maneig ecològic que contribueixen a reduir la distància respecte el potencial productiu genètic del blat passa per l'adaptació a les condicions ambientals i la consideració dels recursos propis de la zona productiva. En aquest projecte, s'ha avaluat la resposta productiva i l'eficiència en l'ús del nitrogen (N) del blat tou ecològic com a resultat, a curt termini, de la combinació del material vegetal utilitzat, la fertilització orgànica i l'associació amb favó. En un assaig a la localitat de Riumors (Alt Empordà) s'han avaluat deu varietats de blat amb diferents característiques definides per la seva capacitat de competir amb les males herbes, la fenologia i el seu potencial productiu, amb o sense fertilització orgànica (fems) i en cultiu pur o en associació amb favó. Els resultats indiquen que l'elecció de la varietat de blat és clau ja que influeix en aspectes com la capacitat de competir amb les males herbes, en la capacitat d'associar-se amb lleguminoses i en l'eficiència de l'ús de N. Aquesta decisió determina, en gran mesura, la producció i la qualitat i ha d'ésser considerada en relació als objectius productius. L'aplicació de fems i el cultiu associat amb favó milloren la proteïna del blat. El cultiu associat amb lleguminosa representa una forma sostenible per a millorar la qualitat del blat en producció ecològica ja que es basa en la recirculació de N del sistema. Per tal que l'associació sigui una forma de cultiu viable per a la producció del blat ecològic, la reducció de rendiment de blat, deguda a la menor proporció de sembra, hauria de poder ser compensada amb l'increment de proteïna i la valorització de la lleguminosa. En les condicions de l'assaig, una proporció de sembra de 85% blat i 15% favó sembla indicada per l'objectiu productiu de millorar la proteïna del blat tou ecològic, tenir un aprofitament de favó i millorar la fertilitat del sistema.

01. Introducció

Una de les causes que limiten l'increment de superfície de conreu ecològica és el menor rendiment productiu que en molts casos s'obté. La diferència pot arribar a un 30-40% en el cas de cultius extensius produïts en ambients propicis per assolir el potencial genètic (Shah i col., 2017), com seria el cas del blat. Les principals causes que expliquen aquestes diferències estan relacionades amb la disponibilitat de nutrients, en particular nitrogen (N), i amb les limitacions pel control de males herbes (Berry i col., 2002; Doltra i col., 2011; Kanpp i van der Hijeden, 2018).

La forma més comuna i que més contribueix a incrementar la disponibilitat de N en agricultura ecològica és l'aplicació de fems i purins aptes per aquest tipus de producció (Doltra i col., 2011; Shah i col., 2017). En explotacions amb baixa càrrega ramadera o en situacions on no es poden aplicar aquests productes, les lleguminoses representen una font fonamental per subministrar N al sòl. Aquestes espècies fixen biològicament el N₂ atmosfèric a través de les associacions en forma de nòduls que estableixen a les arrels amb un determinat tipus de bacteris (generalment *Rhizobium*). La contribució del N de les lleguminoses pot continuar tenint lloc a més llarg termini que l'adob orgànic (Olesen et al., 2007; lanetta et al., 2016). La descomposició de la part subterrània de les lleguminoses pot representar una quantitat significativa de N pel cereal (Li et al., 2015; De Notaris et al., 2020). Per altra banda, les males herbes competeixen amb el cultiu pel N disponible i diversos estudis mostren la coincidència de més

biomassa de males herbes i menor producció (p.e., Olesen et al., 2007; Shah et al 2017). Per reduir la incidència de males herbes en blat, es poden cultivar varietats amb unes determinades característiques de desenvolupament (grau de cobertura, alçada,..) que les fan més competitives davant de les males herbes.

La recerca d'estratègies per millorar el rendiment del blat ecològic passa per l'adaptació a les condicions ambientals i a la consideració dels recursos propis de la zona productiva. En aquest projecte s'ha avaluat, en un assaig al prelitoral de Girona, la resposta productiva i l'eficiència en l'ús del N del blat tou ecològic com a resultat, a curt termini, de la combinació del material vegetal utilitzat, la fertilització orgànica i l'associació amb el favó com a lleguminosa.

02. Metodologia

En una parcel·la de producció ecològica localitzada a Riumors (Alt Empordà), amb textura argilo-llimosa i contingut mitjà de matèria orgànica, precedida de girasol, s'han avaluat deu varietats de blat tou amb diferents característiques relatives a la capacitat de cobertura del sòl i competència amb les males herbes, el cicle fenològic, la productivitat i el contingut proteic (taula 1).



Figura 1. Assaig de Riumors mostrant les diferències d'alçada i cobertura de les varietats de blat avaluades.

Taula 1. Varietats i poblacions de blat avaluades al projecte i característiques principals.

Varietat	Característiques
Florence Aurora	Antiga, precoç i bona competència amb males herbes
Xeixa	Tradicional (població local), bona competència amb males herbes
Montjuïc	Tradicional (població local), bona competència amb males herbes
Soissons	Varietat de referència, cycle llarg i bona aptitud en producció ecològica
Artur Nick	Varietat de referència, molt cultivada i de cycle curt
Nogal	Varietat de referència, productiva, molt cultivada i bona aptitud per ecològic
Valbona	Moderna, bona aptitud ecològic, cycle curt i orientada a qualitat
Chambo	Moderna, molt productiva, cycle llarg
Basilio	Moderna, molt productiva, cycle llarg
RGT Tocayo	Moderna, molt productiva, cycle mitjà-llarg

Cada una de les varietats de blat s'ha avaluat amb dues formes de cultiu: en cultiu pur (100% dosi de sembra de blat) o en associació amb favó, tipus del país, sembrat en mescla (85% dosi de sembra de blat i 15% dosi de sembra de la lleguminosa). L'assaig s'ha desdoblant en tractaments amb aplicació de fems o sense fertilització orgànica. El disseny de l'assaig ha estat de blocs a l'atzar amb tres repeticions jerarquitzades a la fertilització amb fems. El dispositiu experimental ha constatat de 126 parcel·les elementals (10 varietats de blat x 2 formes de cultiu x 2 tractaments de fertilització x 3 repeticions i favó en cultiu pur: 2 tractaments de fertilització x 3 repeticions), amb una mida aproximada de 10 m². Les principals característiques de l'assaig es recullen a la taula 2.

Es va fer un seguiment de la cobertura del sòl, la fenologia i la competència amb les males herbes, i es va determinar la implantació de cada un dels cultius i espècies aproximadament un mes després de la sembra. Durant els mesos de febrer a abril s'ha fet un seguiment visual de la incidència de males herbes a cada parcel·la elemental. Abans de la senescència, es va realitzar un control de la biomassa dels cultius amb separació de les fraccions en el cas de les associacions, en dues repeticions a cada tractament. Es van agafar mostres per a determinar el pes sec i el contingut de N. En collita es va determinar la producció de cada parcel·la i de cada una de les

fraccions en el cas de cultius associats. En dues de les repeticions, es van agafar mostres per a la determinació del contingut proteic i del pes hectolítric del blat. També es va determinar el contingut de proteïna del favó en cultiu pur. Els resultats de rendiment i qualitat s'han tractat amb el paquet estadístic SAS.

Es va fer un mostreig per a la caracterització del sòl de la parcel·la i la determinació de N mineral inicial previ a l'aplicació de fems a la capa superficial del sòl (0-30 cm). Després de la collita es va determinar el N mineral residual en les parcel·les de favó i de quatre varietats de blat (Florence Aurora, Montjuïc, Nogal i Valbona) en cultiu pur i associació. La quantitat de nitrogen que ha aportat el favó al sistema per fixació de N₂ atmosfèric es va estimar a partir de la biomassa del favó de cada associació i del calculat a partir de Stern (1991). L'eficiència a l'ús del N (EUN) del blat es va definir com el rendiment del blat produït per kg de N disponible, sent aquest últim la suma del N inicial en forma mineral, el N estimat que han aportat els fems i la fixació de la lleguminosa.

Taula 2. Localització, principals característiques físico-químiques del sòl i operacions de cultiu de l'assaig.

Localitat	Riumors (Alt Empordà)
Principals característiques del sòl	
Argila	47,7%
Llim	42,8%
Sorra	9,6%
Textura	Argilo-llimosa
Matèria orgànica	3,03 %
pH	8,4
Nitrogen (Kjeldahl)	0,28 %
Fòsfor (Olsen)	44,4 ppm
Potassi	464 ppm
Relació C/N	6,4

Operacions de cultiu de l'assaig

Cultiu precedent	Gira-sol
Aplicació fems vedella	38 t/ha (309 kg N total /ha, 78% N-orgànic i 22% N-amoniacal)
Data aplicació fems	02/01/2021
Sembra	07/01/2021
Dosi sembra blat (cultiu pur)	500 llavors/m ²
Dosi sembra favó (cultiu pur)	70 llavors/ m ²
Collita	29/06/2021

03. Resultats

03.01. Establiment de cultius

Incidència de males herbes

La incidència de males herbes va ser mitjana-alta. La biomassa de males herbes mitjana a l'inici de juny era de 0,69 t/ha, quantificada al conjunt de parcel·les amb presència de la varietat Nogal. La Fig. 2 mostra l'evolució de l'impacte de les males herbes en tres de les varietats assajades considerant el conjunt de les formes de cultiu. El control de males herbes va ser desigual entre les varietats. Florence Aurora té un alt control de desherbatge i Valbona té major incidència de males herbes. Altres varietats com Montjuïc i Xeixa van presentar un comportament similar a Florence Aurora, mentre que Soissons i RGT Tocayo també van tenir una forta incidència d'adventícies.

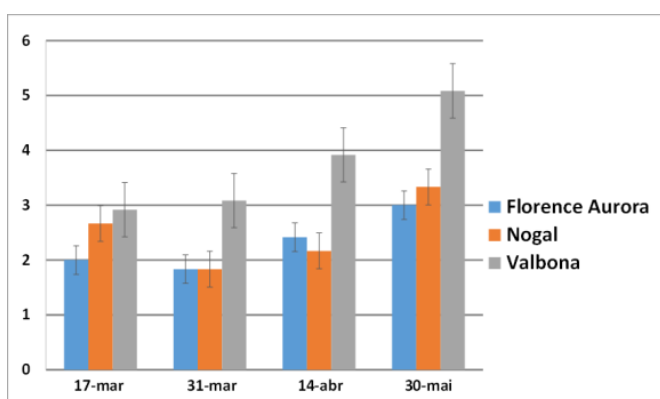


Figura 2. Dinàmica de la incidència de males herbes en tres de les varietats de blat avaluades: escala visual [0-10], n= 6. Valor de 0 indicaria nul·la incidència de males herbes i 10 màxima incidència.

Cobertura i espigat de les varietats de blat

La Fig. 3 mostra el % de cobertura del blat mitjà englobant totes les formes de cultiu. La varietat Montjuïc és la que va presentar una cobertura mitjana més alta i Nogal la més baixa. La data d'espigat de les diferents varietats es presenta a la taula 3.

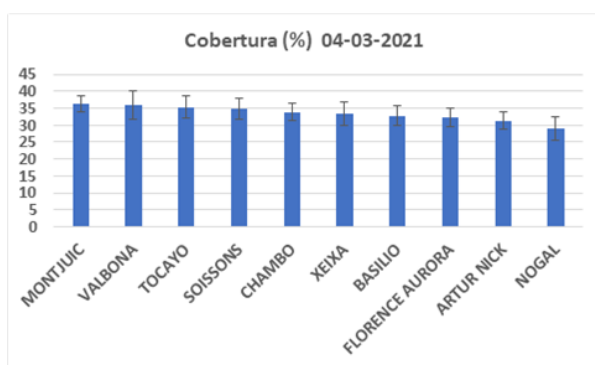


Figura 3. Cobertura mitjana del sòl (%) considerant el conjunt del tractament de les diferents varietats de blat el 04-03-2021 (n=12) calculada a partir de fotografies digitals i el software BreedPix.

La varietat més precoç ha estat Florence Aurora, avançant-se en més tres setmanes a les varietats més tardanes (Xeixa, Soissons i Chambo). Les varietats que també han mostrat precocitat han estat Valbona i Artur Nick. La fenologia de la varietat ha influït en la capacitat de cobertura.

Taula 3. Data d'espigat de les varietats i poblacions de blat avaluades al projecte.

Varietat	Data d'espigat
Florence Aurora	19/4/2021
Valbona	22/4/2021
Artur Nick	24/4/2021
RGT Tocayo	26/4/2021
Montjuïc	28/4/2021
Nogal	30/4/2021
Basilio	1/5/2021
Chambo	7/5/2021
Soissons	11/5/2021
Xeixa	12/5/2021

Establiment de les fraccions de blat i favó en les formes de cultiu associat

Els resultats (Fig. 4) mostren que les varietats (poblacions) rústiques com Montjuïc, amb més capacitat de cobertura, o Xeixa, molt competitiva amb les males herbes, són també aquelles en les que la proporció de favó ha estat menor en la forma de cultiu associat. Varietats més productives com Chambo i Nogal han mantingut també controlada la fracció de favó en les associacions.

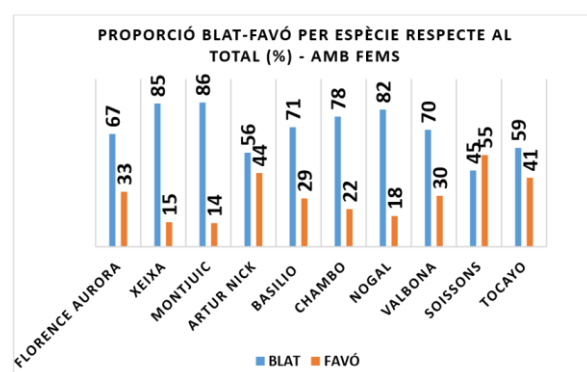


Figura 4. Proporció de blat i favó per a les diferents varietats de blat als cultius associats amb aplicació de fens al moment de maduresa del cultiu.



Figura 5. Parcel·la amb la varietat de blat Chambo associada amb favó al tractament sense fems el 04-05-2021.

03.02. Producció i qualitat de blat i favó amb diferents formes de cultiu

Efecte de la varietat de blat

La varietat de blat va tenir un efecte important tant en la producció com en la qualitat del gra de blat. Els resultats productius i de qualitat es recullen a les Figs. 6, 7 i 8. Els rendiments obtinguts, considerant el conjunt de formes de cultiu, van estar en el rang de 2.166-3.953 kg/ha. Basilio, Chambo i Nogal han estat les varietats més productives i Soissons, Valbona i Xeixa les que menys. Valbona és la varietat de major contingut de proteïna de gra a l'assaig (11,71%) i RGT Tocayo la de menys (9,15%). Respecte el pes hectolítric, Montjuïc va presentar el pes hectolítric més alt (79,8 kg/hl) i Chambo el més baix (69,8 kg/hl).

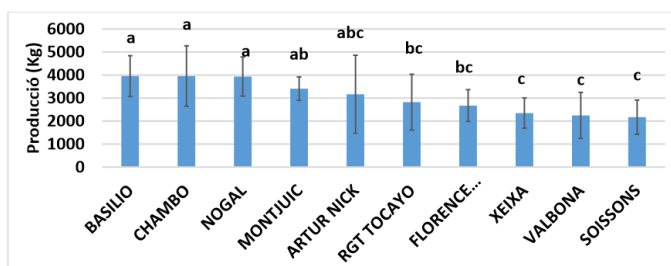


Figura 6. Rendiment del gra de blat de les diferents varietats de blat considerant el conjunt de formes de cultiu. Lletres diferents indiquen diferències significatives, test de Tukey $p < 0.05$.

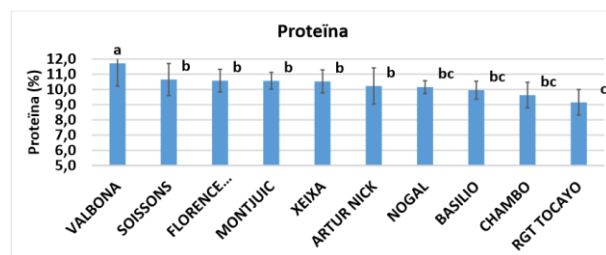


Figura 7. Contingut de proteïna del gra de blat de les diferents varietats de blat considerant el conjunt de formes de cultiu. Lletres diferents indiquen diferències significatives, test de Tukey $p < 0.05$.

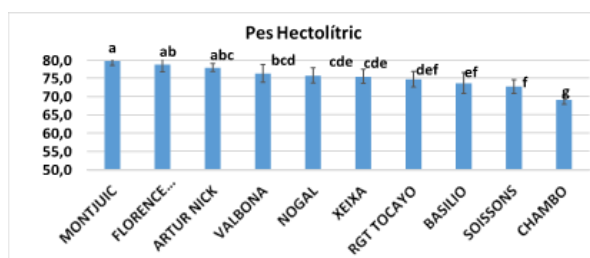


Figura 8. Pes hectolítric del gra de blat de les diferents varietats de blat considerant el conjunt de formes de cultiu. Lletres diferents indiquen diferències significatives, test de Tukey $p < 0.05$.

Efecte de l'aplicació de fems

No es va trobar un efecte significatiu en la producció de blat amb l'aplicació de fems ($p = 0,5818$), però aquests sí que van incrementar significativament el contingut de proteïna en un 0,9% de mitjana (Figura 9).

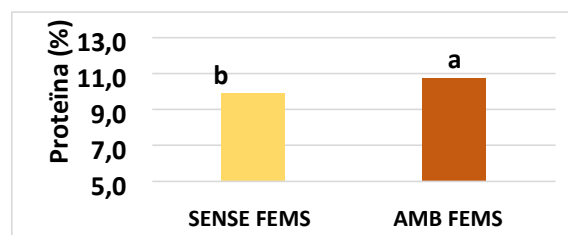


Figura 9. Contingut de proteïna del gra de blat amb i sense aplicació de fems considerant el conjunt de tractaments. Lletres diferents indiquen diferències significatives, test de Tukey $p < 0.05$.

Efecte de l'associació amb favó

Els rendiments del blat en cultiu pur i en associació amb favó, considerant el conjunt de tractaments assajats, es mostren a la Fig. 10. Les formes associades, en conjunt han tingut un menor rendiment de blat (2.748 kg/ha) que el cultiu pur (3.384 kg/ha). Aquesta reducció ha estat de mitjana del 16%. El contingut de proteïna del gra de blat s'ha incrementat de forma significativa en el cultiu associat respecte el cultiu pur (0,49%), al igual que el pes hectolítric (2 kg/hl) (Figs. 11 i 12).

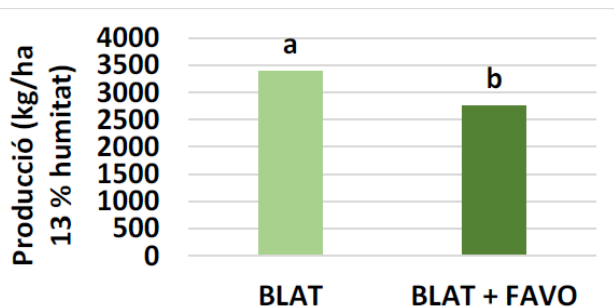


Figura 10. Rendiment del gra de blat en cultiu pur amb associació amb favó considerant el conjunt de tractaments. Lletres diferents indiquen diferències significatives, test de Tukey $p < 0.05$.

El rendiment del gra de favó ha estat de 5.635 kg/ha en cultiu pur, amb un contingut de proteïna mitjà de 27,94%, sense que hi hagi un efecte significatiu dels fems. Amb associació el rendiment ha estat al rang 345-1.702 kg/ha amb tendència ($p = 0.0541$) a un rendiment més alt amb fems. La Fig. 13 mostra el rendiment del favó en cultiu associat amb les diferents varietats de blat. La producció de favó ha estat significativament més alta amb les varietats de blat menys competitives (Artur Nick, RGT Tocayo, Valbona i Soissons).

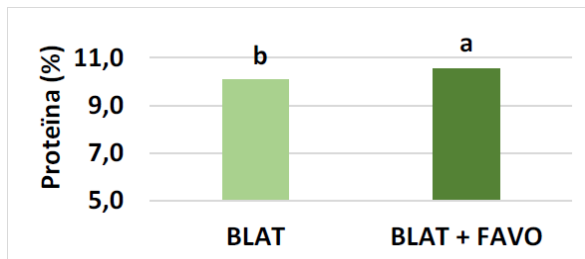


Figura 11. Contingut de proteïna del gra de blat en cultiu pur amb associació amb favó considerant el conjunt de tractaments. Lletres diferents indiquen diferències significatives, test de Tukey $p < 0.05$.

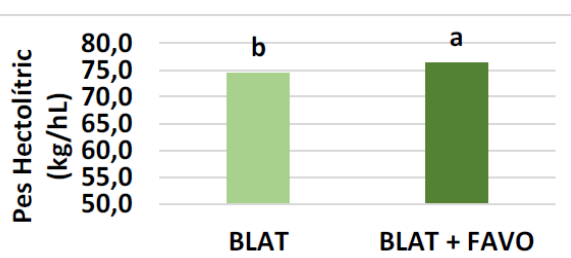


Figura 12. Pes hectolític del gra de blat en cultiu pur amb associació amb favó considerant el conjunt de tractaments. Lletres diferents indiquen diferències significatives, test de Tukey $p < 0.05$.

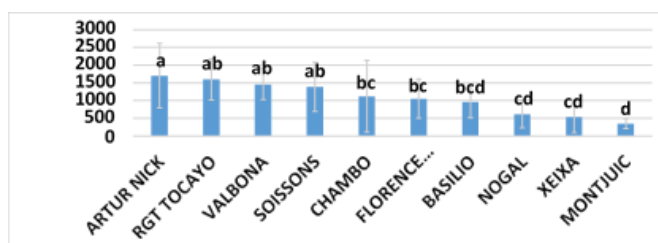


Figura 13. Rendiment de favó en gra (14% humitat) en associació amb les diferents varietats de blat.

La producció total del cultiu associat, suma del rendiment del blat i del rendiment del favó, va ser de mitjana un 13% superior respecte la producció del blat en cultiu pur (taula 4).

Taula 4. Rendiment del cultiu pur del blat i del cultiu associat (blat, favó i total) en kg/ha, i diferència total de productivitat relativa al cultiu pur (%).

Varietat	Blat Pur	Blat Associat	Favó Associat	Total Associat	Difer. (%)
Artur Nick	4.339	1.992	1.702	3.695	-15
Basilio	3.217	2.426	1.594	4.019	25
Chambo	4.464	3.438	1.122	4.560	2
Florence Aurora	2.531	1.951	1.458	3.409	35
Montjuic	4.311	3.552	616	4.168	-3
Nogal	2.919	2.426	1.050	3.476	19
RGT Tocayo	4.185	3.722	956	4.677	12
Soissons	3.476	3.339	345	3.684	6
Valbona	2.119	2.214	1.384	3.597	70
Xeixa	2.275	2.418	535	2.953	30
Mitjana	3.384	2.748	1.076	3.824	13

03.03. Estimació de la fixació de N i eficiència del seu ús en les varietats de blat

S'ha estimat que el favó pot arribar a aportar almenys 250 kg N/ha en les condicions de l'assaig amb cultiu pur (taula 5). Aquest valor s'ha trobat per diferència entre el N extret i deixat al sòl un cop collit el favó i l'extret i deixat al sòl pel cultiu de blat pur.

Taula 5. Extraccions de N del cultiu i biomassa del favó abans de senescència i N residual un cop collit l'assaig. La fixació de N s'ha estimat a partir de Stern (1993): $N \text{ fixat} = (N \text{ lleguminosa} - N \text{ cereal}) + (N \text{ sòl lleguminosa} - N \text{ sòl cereal})$

Cultiu	N extret kg ha ⁻¹	N sòl kg ha ⁻¹	N fixat kg ha ⁻¹	Biomassa kg ha ⁻¹
Favó	342	50	256	15954
Favó + fem	449	56	328	14719
Montjuïc	72	39		
Montjuïc + fem	206	47		
Valbona	78	41		
Valbona + fem	89	41		
Nogal	161	40		
Nogal + fem	137	44		
Florence Aurora	73	43		
Florence Aurora + fem	97	46		
Cereal	96	41		
Cereal + fem	132	45		

A partir de la fixació estimada de N pel favó en cultiu pur i de la biomassa del favó a l'estat de maduresa fisiològica en les associacions, s'ha calculat que el N aportat pel favó en les associacions estaria entre 24 i 93 kg N/ha per a les diferents varietats amb o sense aplicació de fems.

Taula 6. N mineral al sòl (0-30 cm), nítric i amoniacal, un cop collit l'assaig, incloent tractaments amb i sense fems (n = 4).

Cultiu	N mineral (N-NO ₃ + NNH ₄)	Error estàndard
Favó	53	2,1
Florence Aurora	45	1,3
Florence Aurora - favó	43	1,8
Montjuïc	42	3,4
Montjuïc-favó	42	1,0
Nogal	42	1,8
Nogal - favó	40	0,8
Valbona	41	0,8
Valbona-favó	42	0,8

p-valor = 0,0079

La taula 6 recull el N mineral al sòl (N-nítric + N amoniacal) després de la collita a les parcel·les amb favó, amb blat i amb cultiu associat. Les mostres es van agafar per les varietats Florence Aurora, Montjuïc, Nogal i Valbona. No es van trobar diferències significatives de N residual entre el cereal pur i el cereal associat però sí entre cereal i favó, sent significativament més alts els nivells de N després de la lleguminosa ($p = 0.0079$).

Considerant els valors de fixació, el N determinat al sòl a l'inici del cultiu i l'aportat amb els fems s'ha estimat l'eficiència de l'ús de N (EUN) del blat a les diferents formes de cultiu. L'EUN no ha estat comparable entre tractaments degut a que la menor proporció de blat a les associacions i la quantitat de N dels fems marquen els valors. L'EUN ha estat en el rang de 29-59 kg N/ha en els tractaments sense aportació de N, de 14-36 kg N/ha en el cultiu associat sense fem, de 5-14 kg N/ha amb el cultiu pur amb fems i de 2-8 kg N/ha en les associacions amb fems. Les varietats Basilio, Chambo i Nogal han estat, generalment, les varietats amb valors més alts d'EUN als diferents tractaments.

04. Conclusions

L'elecció de la varietat de blat és clau ja que influeix en aspectes com la capacitat de competir amb les males herbes, en la capacitat d'associar-se amb lleguminoses i en l'eficiència de l'ús de N. Aquesta decisió determina, en gran mesura, la producció i la qualitat i ha d'ésser considerada en relació als objectius productius. En comparació amb l'aplicació de fems d'un cultiu pur, el cultiu associat amb favó representa una forma sostenible per a millorar la qualitat del blat en producció ecològica ja que es basa en la recirculació de N del sistema. La menor producció de blat en l'associació s'hauria de compensar amb la valorització de la producció de la lleguminosa. La productivitat total de l'associació pot arribar a ser igual o superior a la dels respectius cultius purs. Aquesta valorització passa per tenir la capacitat de separar els grans de cada espècie. Una proporció de sembra de 85% blat i 15% favó sembla indicada per l'objectiu productiu de millorar la proteïna del blat tou ecològic. El reciclat efectiu del N introduït amb les lleguminoses o els fems, necessari en la producció ecològica, ha de preveure un maneig post-collita que faciliti tenir una coberta vegetal en el moment adequat, minimitzant les pèrdues per volatilització i lixiviació.

05. Referències

- Berry PM, Sylvester-Bradley R, Philipps L, Hatch DJ, Cuttle SP, Rayns FW, Goslin P (2002). Is the productivity of organic farms restricted by the supply available nitrogen? *Soil Use Manage* 18:248–255.
- Doltra J, Lægdsmand M, Olesen JE (2011). Cereal yield and quality as affected by nitrogen availability in organic and conventional arable crop rotations: A combined modeling and experimental approach. *Eur J Agron* 34:83-95.
- Iannetta PPM, Young M, Bachinger J, Bergkvist G, López-Bellido RJ, Doltra J, Monti M, Pappa VA, Reckling M, Topp CFE, Walker RL, Rees RM, Watson CA, James EK, Squire GR, Begg GS (2016). A comparative nitrogen balance and productivity analysis of legume and non-legume supported cropping systems: the potential role of

biological nitrogen fixation. *Frontiers in Plant Science*. 7 - 1700, 1-13.

Knapp, S., and M. G. A. van der Heijden. 2018. A global metaanalysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nature Communications* 9:3632.

Li X, Petersen SO, Sørensen P, Olesen JE (2015). Effects of contrasting catch crops on nitrogen availability and nitrous oxide emissions in an organic cropping system. *Agric Ecosyst Environ* 199: 382-393.

De Notaris, C., J.E. Olesen, P. Sørensen, and J. Rasmussen. 2020. Input and mineralization of carbon and nitrogen in soil from legume-based cover crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 116:1–18.

Olesen, J.E., E.M. Hansen, M. Askegaard, and I. A. Rasmussen. 2007. The value of catch crops and organic manures for spring barley in organic arable farming. *Field Crops Research* 100:168–178.

Shah, A., M. Askegaard, I. A. Rasmussen, E. M. C. Jimenez, and J. E. Olesen. 2017. Productivity of organic and conventional arable cropping systems in long-term experiments in Denmark. *European Journal of Agronomy* 90:12–22.

Stern, W.R. 1993. Nitrogen fixation and transfer in intercrop systems. *Field Crops Research* 34, p. 335-356.

**Jordi Doltra, Joan Serra,
Cultius Extensius Sostenibles
IRTA Mas Badia
934674040– jordi.doltra@irta.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

