



**Escola Superior d'Agricultura  
de Barcelona**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



## **EFFECTE DE LA FERTILITZACIÓ AMB NITROGEN MINERAL EN BLAT I ORDI**

Treball Final de Grau  
Enginyeria Agrícola

Autor: Marc Ufano i Vives

Tutor: Gil Gorchs i Altarriba

Juny de 2018

## RESUM

La fertilització nitrogenada és un factor important per a la producció de cereals, però també presenta un cost econòmic i energètic considerable, i alhora pot causar greus problemes mediambientals, que també s'han de tenir en compte.

Determinar l'eficiència de l'ús del nitrogen permet avaluar la resposta del gra envers al N aplicat, alhora que també ens informa del possible impacte del fertilitzant no transformat en gra per la planta. A la comarca del Baix Llobregat no es troben estudis sobre la fertilització nitrogenada en cereals, de manera que l'objectiu d'aquest treball és determinar l'efecte de l'adobat nitrogenat sobre la producció de cereals en condicions de secà al Baix Llobregat.

Els assajos, un amb blat i l'altre amb ordi (*cv.* Odiel i *cv.* Gustav, respectivament) s'han realitzat al camp de pràctiques de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, a Castelldefels (41°16'35,2"N; 1°59'10,3"E) durant la campanya del 2017. S'han assajat quatre nivells de fertilització nitrogenada (0, 60, 120 i 180 kg N/ha) amb tres repeticions, disposades per blocs totalment aleatoritzats. S'ha determinat el rendiment de biomassa i gra, l'índex de collita, els components del rendiment i s'ha calculat l'eficiència agronòmica del nitrogen. Els resultats es van analitzar amb el programari SAS Studio (University Edition 2.7).

La mitjana de rendiment de gra ha estat de 5.715 kg/ha en el blat i 7.521 kg/ha en l'ordi.

En el cas del blat, els resultats obtinguts mostren que rendiment de biomassa fresca i seca, rendiment de gra i densitat d'espigues, augmenten significativament amb la fertilització nitrogenada. En l'ordi, el rendiment de biomassa fresca és l'únic paràmetre que augmenta significativament amb la dosi de N aplicada. En tots dos casos s'obtenen valors superiors pels tractaments adobats respecte els no adobats, però sense diferenciar-se entre ells. Aquests resultats donen a entendre que el N residual en el sòl en el moment de la sembra era elevat.

## RESUMEN

La fertilización nitrogenada es un factor importante para la producción de cereales, pero también presenta un coste económico y energético considerable, y al tiempo puede causar graves problemas medioambientales, que también se deben tener en cuenta.

Determinar la eficiencia del uso del nitrógeno permite evaluar la respuesta del grano respecto al N aplicado, al tiempo que también nos informa del posible impacto del fertilizante no transformado en grano por la planta. En la comarca del Baix Llobregat no se encuentran estudios sobre la fertilización nitrogenada en cereales, por lo que el objetivo de este trabajo es determinar el efecto del abonado nitrogenado sobre la producción de cereales en condiciones de secano en el Baix Llobregat.

Los ensayos, uno con trigo y el otro con cebada (cv. Odiel y cv. Gustav, respectivamente) se han realizado en el campo de prácticas de la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, en Castelldefels (41°16'35,2"N; 1°59'10,3"E) durante la campaña del 2017. Se han ensayado cuatro niveles de fertilización nitrogenada (0, 60, 120 y 180 kg N / ha) con tres repeticiones, dispuestas por bloques totalmente aleatorizados. Se ha determinado el rendimiento de biomasa y grano, el índice de cosecha, los componentes del rendimiento y se ha calculado la eficiencia agronómica del nitrógeno. Los resultados se analizaron con el software SAS Studio (University Edition 2.7).

La media de rendimiento de grano fue de 5.715 kg/ha en el trigo y 7.521 kg/ha en la cebada.

En el caso del trigo, los resultados obtenidos muestran que rendimiento de biomasa fresca y seca, rendimiento de grano y densidad de espigas, aumentan significativamente con la fertilización nitrogenada. En la cebada, el rendimiento de biomasa fresca es el único parámetro que aumenta significativamente con la dosis de N aplicada. En ambos casos se obtienen valores superiores por los tratamientos abonados respecto a los no abonados, pero sin diferenciarse entre ellos. Estos resultados dan a entender que el N residual en el suelo en el momento de la siembra era elevado.

## ABSTRACT

The fertilization is an important factor for the cereals production; however, it represents a considerable economic and energetic cost, while it can cause serious environmental problems, which we also have to take into account.

Determining the efficiency use of the nitrogen allow us to evaluate the answer of grain towards N applied, while it also shows us the possible impact of the fertilizer not transformed into grain for the plant. In the region of Baix Llobregat it is not possible to find studies about the nitrogen fertilization in cereals, so the purpose of this work is to determine the effect of the tanning nitrogen in the production of cereals in drying conditions in Baix Llobregat.

The essays, one with wheat and the other with barley (cv. Odiel i cv. Gustav, respectively) have been realized in the “Escola Superior d’Agricultura de Barcelona” practice fields, situated in Castelldefels (41°16’35,2”N; 1°59’10,3”E) during the 2017 campaign. Four levels of nitrogen fertilization have been rehearsed (0, 60, 120 i 180 kg N/ha) with three repetitions, arranged by fully random blocks. Biomass yield and grain yield has been determined, the harvest index, performance components and the agronomic efficiency of nitrogen has been calculated. The results were analysed with SAS Studio software (University Edition 2.7).

The average grain yield was 5.715 kg/ha in wheat and 7.521 kg/ha in barley.

In the case of wheat, the results obtained show that fresh and dry biomass performance, grain yield and spike density, increase significantly with fertilization. In barley, fresh biomass performance is the only parameter that significantly increases with the dose of N applied.

In all cases, higher values are obtained for treatments with fertilization compared to unfertilized ones, but without differentiating between them. These results suggest that the residual N in the ground at the time of planting was high.

## Agraïments

Vull expressar el meu agraïment a tots aquells qui m'heu ajudat a realitzar aquest treball, especialment al meu tutor Gil Gorchs i Altarriba, per tots els seus consells, paciència i temps que ha dedicat en aquest treball; per aquells "va!" per animar-me i acomiadar-se quan sortia del seu despatx .

També vull donar les gràcies a la meva família, pel seu suport tècnic i moral, en especial als pares i germana, Javier, Queralt i Xènia, que no heu dubtat mai del que més m'ha agradat i m'ha servit de motivació; a la vegada també els meus avis, quan des de ben petit em deien que aquest món és molt bonic, però dur i sacrificat, i tot i així sempre m'han ajudat a assolir aquell objectiu que em vaig proposar.

També vull donar les gràcies a Albert Pons Melich i Bienvenido Pla Bertomeu, qui m'han guiat sempre amb el món de la producció de cereals i dels quals n'he après molt, i de ben segur que en seguiré aprenent, sou una font de saviesa.

Particularment a algú en especial, quina sort poder comptar amb tu cada dia, moltes gràcies pel teu suport incondicional.

A tots vosaltres, moltes gràcies!

# ÍNDIX

<b>RESUM</b> .....	<b>2</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>Índex de figures</b> .....	<b>7</b>
<b>Índex de taules</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Introducció</b> .....	<b>9</b>
1.1. El cultiu del blat i l'ordi a Catalunya.....	9
1.2. Efecte de la fertilització nitrogenada en els cultius i el medi ambient.....	11
1.2.1. El cicle del nitrogen .....	11
1.2.2. Pèrdues per lixiviació i zones vulnerables .....	13
1.2.3. Fertilització racional .....	15
1.3. Gestió de l'adobat nitrogenat .....	16
1.3.1. El balanç de nitrogen .....	16
1.3.2. Anàlisi foliar.....	17
1.3.3. Anàlisi del suc de la base de la tija.....	17
1.3.4. Índex de nutrició nitrogenada .....	18
1.4. Eficiència de l'ús del nitrogen .....	18
<b>2. Objectiu</b> .....	<b>22</b>
<b>3. Materials i mètodes</b> .....	<b>23</b>
3.1. Localització dels assajos .....	23
3.2. Tractaments i disseny experimental .....	23
3.3. Maneig del cultiu.....	24
3.3.1. Cultivars .....	24
3.3.2. Preparació del sòl i sembra.....	26
3.3.3. Protecció del cultiu .....	26
3.4. Determinacions en el cultiu .....	27
3.5. Cronograma de tasques .....	29
3.6. Càlcul de l'eficiència agronòmica del nitrogen .....	29
3.7. Anàlisi estadístic.....	30
<b>4. Resultats i discussió</b> .....	<b>31</b>
4.1. Meteorologia de la campanya .....	31
4.2. Efecte del nitrogen en el rendiment i en els seus components .....	33
4.2.1. Resultats en blat .....	33
4.2.2. Resultats en ordi .....	38
<b>5. Conclusions</b> .....	<b>42</b>
<b>6. Bibliografia</b> .....	<b>43</b>

## Índex de figures

<b>Figura 1.</b> Producció mundial de blat per continents l'any 2016 .....	10
<b>Figura 2.</b> Principals països productors de blat a Europa l'any 2016 .....	10
<b>Figura 3.</b> Esquema simplificat del cicle del nitrogen.....	12
<b>Figura 4.</b> Zones vulnerables a la contaminació per nitrats a Catalunya .....	15
<b>Figura 5.</b> Corba representativa de l'eficiència de l'ús del nitrogen .....	19
<b>Figura 6.</b> Espigues de blat cv. Odiel .....	24
<b>Figura 7.</b> Espigues d'ordi cv. Gustav.....	25
<b>Figura 8.</b> Diagrama ombrotèrmic d'El Prat de Llobregat .....	31
<b>Figura 9.</b> Valors de precipitació acumulada diària i temperatura mitjana durant el cicle del cultiu a Viladecans .....	32
<b>Figura 10.</b> Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i la densitat de cultiu.....	37
<b>Figura 11.</b> Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i la densitat d'espigues.....	37
<b>Figura 12.</b> Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i el pes de 1000 grans.....	37
<b>Figura 13.</b> Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i la densitat de cultiu.....	41
<b>Figura 14.</b> Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i la densitat d'espigues.....	41
<b>Figura 15.</b> Efecte de la dosi de nitroben sobre la relació entre el rendiment de gra i el pes de 1000 grans.....	41

## Índex de taules

<b>Taula 1.</b> Producció de blat i superfície conreada per províncies a Catalunya .....	11
<b>Taula 2.</b> Fertilització en cobertura de blat permesa a zones vulnerables a la contaminació per nitrats segons precedent i qualitat del sòl. ....	14
<b>Taula 3.</b> Distribució de les parcel·les i dosis d'adob nitrogenat. ....	23
<b>Taula 4.</b> Comportament del cv. Odiel envers malalties i accidents.....	24
<b>Taula 5.</b> Comportament del cv. Gustav envers malalties i accidents .....	25
<b>Taula 6.</b> Càlculs determinants de la dosi de sembra. ....	26
<b>Taula 7.</b> Tasques realitzades a l'assaig, segons data d'actuació.....	29
<b>Taula 8.</b> Rendiment de biomassa i de gra, índex de collita, components del rendiment i anàlisi de la variància ( $P > F$ ) per al blat (cv. Odiel) en funció de la dosi de nitrogen .....	36
<b>Taula 9.</b> Rendiment de biomassa i de gra, índex de collita, components del rendiment i anàlisi de la variància ( $P > F$ ) per a l'ordi (cv. Gustav) en funció de la dosi de nitrogen .....	40



## 1. Introducció

### 1.1. El cultiu del blat i l'ordi a Catalunya

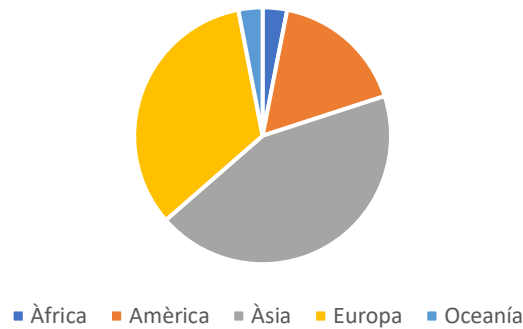
El blat pertany a la família de les Gramínies, tribu *Triticeae*. El gènere *Triticum* comprèn al voltant de 30 tipus de blats que presenten suficients diferències genètiques com per a ser considerats espècies diferents. D'entre aquestes, el *Triticum aestivum* és la més cultivada (López-Bellido, 1991).

El blat presenta una arrel fasciculada amb nombroses ramificacions. La tija és una canya buida exceptuant els nusos, on roman massissa. Les fulles són cintiformes, paral·lelinèrvies i acabades en punta amb beina, lígula i aurícules ben definides. La inflorescència és en forma d'espiga composta per un raquis per sobre del qual van disposades de 20 a 30 espiguetes en forma alterna i laxa o compacta, duent cadascuna diverses flors envoltades per glumes i glumel·les. Els grans són cariòpsides que presenten forma oval amb els seus extrems arrodonits. En el cicle del blat es diferencien tres períodes: el vegetatiu, que comprèn des de la sembra fins al començament del canonat, el període de reproducció, que ocorre des del canonat fins al final de l'espigat i el període de maduració, que comprèn des del final de l'espigat fins al moment de la collita (Guerrero, 1999).

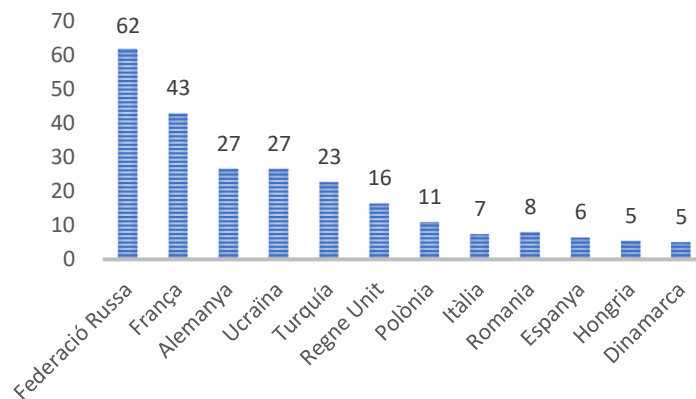
Els avenços de la millora genètica d'aquest cereal han anat en paral·lel amb la pròpia trajectòria humana. L'agricultura, sorgida fa uns 10.000 anys al Neolític amb la domesticació d'espècies silvestres, va tenir les seves fites inicials amb el cultiu al Pròxim Orient del blat dur (*Triticum turgidum*) i l'ordi (*Hordeum vulgare*). La millora del blat com a mètode científic és relativament moderna. En aquest sentit, val a destacar la selecció de varietats de blat d'alt rendiment destinades als països en desenvolupament que va realitzar el CIMMYT de Mèxic a partir de la dècada dels 60. L'impacte d'aquesta feina ha estat conegut com a la "revolució verda" i ha elevat els rendiments a nivells superiors a tots els aconseguits des de l'inici de la domesticació d'aquesta planta fa 10.000 anys (López-Bellido, 1991). Les principals característiques d'aquestes noves varietats van ser, la baixa alçada, les tiges i arrels fortes que resistien l'enllitat, major nombre de flors fèrtils, elevada resposta a la fertilització nitrogenada, etc.

El blat constitueix l'aliment principal d'una tercera part de la població humana i es tracta d'un component fonamental de l'alimentació degut al seu alt valor nutritiu. Així, el blat és el cereal de gra el cultiu del qual està més estès, cobrint així un 17% de la superfície cultivable del món, quasi dividida per igual entre els països desenvolupats i els que es troben en procés (Laegrid *et al.*, 1999).

La producció mundial de blat va ésser de 749 Mt l'any 2016, i es va distribuir tal i com es mostra a la **Figura 1**. Àsia va produir el 43.6 %, on hem de tenir en compte que la Xina ja va produir el 17% de la producció mundial, mentre què Amèrica el 16%, essent la contribució dels EUA i el Canadà del 11% i Europa el 33%. En menor mesura el continent Austràlia va produir el 3% (FAOSTAT, 2018).



**Figura 1.** Producció mundial de blat per continents l'any 2016 (FAOSTAT, 2018).



**Figura 2.** Principals països productors de blat a Europa l'any 2016 (FAOSTAT, 2018).

Els majors productors de blat a Europa l'any 2016, van ser Rússia i França, tal i com es mostra a la **Figura 2**. Espanya va produir vora 6,4 milions de tones (FAOSTAT, 2018). A Catalunya la majoria de blat cultivat es troba a la província de Lleida, ocupant una extensió de 49.000 ha respecte les 94.000 ha que presenta el cultiu en el nostre territori, amb una producció de 185 milers de tones representant un total del 53% de la producció total al Principat.

Veiem a la **Taula 1** la producció a Catalunya segons l'Institut d'Estadística de Catalunya, podríem dir que les produccions de blat per província i àrees de conreu serien les següents per a l'any 2014.

**Taula 1.** Producció de blat i superfície conreada per províncies a Catalunya

Província	Producció (T)	Àrea conreada (Ha)
Lleida	184.417	48.973
Barcelona	86.143	23.862
Girona	58.609	14.610
Tarragona	16.945	6.284
<b>Catalunya</b>	<b>346.114</b>	<b>93.729</b>

Si ho reflectim a rendiments, el territori català presenta una mitjana de producció de 3,69 t gra/ha l'any 2016, major que la mitjana espanyola, que és de 2,92 tones de blat per ha el mateix any.

### 1.2. Efecte de la fertilització nitrogenada en els cultius i el medi ambient

El nitrogen és un nutrient fonamental per a plantes i animals. Aquestes l'absorbeixen en grans quantitats, per la qual cosa juntament amb el fòsfor i el potassi se l'anomena macronutrient. És amb gran freqüència un factor limitant de la producció de les plantes; de fet després de les disponibilitats d'aigua, la de nitrogen per part dels cultius és, a nivell mundial, el segon factor limitant de la producció. És per tant evident que un subministrament adequat de nitrogen als cultius és bàsic per a la sostenibilitat dels sistemes agrícoles.

#### 1.2.1. El cicle del nitrogen

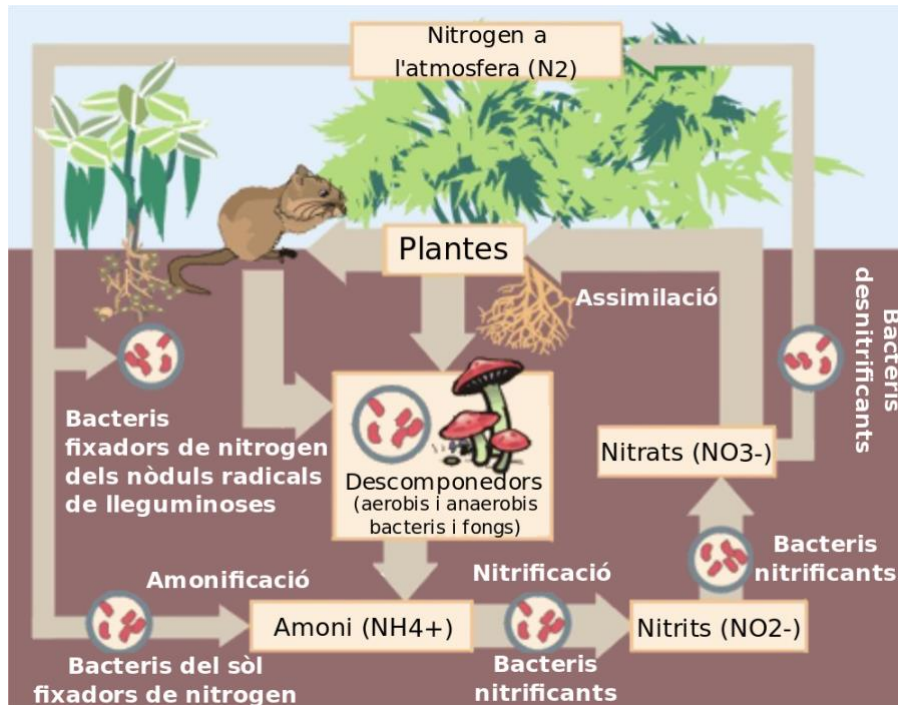
Al sòl, el N està present de tres formes:

- i) Com a compostos orgànics associats amb el material vegetal, organismes i humus del sòl.
- ii) Com a N amoniacal lligat a les argiles minerals, que és difícilment extraïble.
- iii) Com a N mineral en dissolució en forma majoritària d'amoni i nitrat.

El 95% del N del sòl està present en forma orgànica i, per tant, no disponible per a les plantes. La mineralització del N orgànic ocorre quan els microorganismes del sòl descomponen els residus vegetals o la matèria orgànica, alliberant així el N que no utilitzen per al seu creixement en forma d'amoni ( $\text{NH}_4^+$ ). El procés contrari, és a dir, la immobilització del N mineral (tant en forma de nitrat com d'amoni) pels microorganismes, ocorre quan aquests no obtenen el suficient N per al seu creixement i desenvolupament, i prenen el N inorgànic del sòl. Ambdós processos es produeixen simultàniament i en balanç entre ells, denominat la mineralització neta, que determina la quantitat de N mineral que el sòl posa a disposició de les plantes. (Navarro García (2013). *Química agrícola*. Madrid: Editorial Mundi Prens).

Les principals entrades de N al sistema sòl-planta són la deposició atmosfèrica, les excrecions animals, la fixació biològica del nitrogen i la fertilització nitrogenada (**Figura 3**).

La deposició de l'atmosfera i la pluja poden suposar fins a  $45 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ any}^{-1}$ . La pluja proporciona una petita quantitat, però significativa, estimada en uns  $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ any}^{-1}$ . Altres deposicions atmosfèriques es calculen entre  $6$  i  $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ any}^{-1}$ . (González-Murúa *et. al.*, 2004).



**Figura 3.** Esquema simplificat del cicle del nitrogen. (Font Viquipèdia).

Les excrecions animals són un recurs valuós que permet completar el cicle de nutrients i que fa que gran part del nitrogen, fixat per les lleguminoses i collit en forma de farratge pugui tornar al sòl.

El percentatge de nitrogen de l'atmosfera és d'un 78%, tenint en compte que aquest es troba com a  $N_2$  i és poc reactiu en la majoria de les condicions naturals, només podent passar a formes aprofitables per les plantes (amoní o nitrat) mitjançant la fixació del  $N_2$ . Aquest procés pot produir-se mitjançant la combustió d'aquest  $N_2$  com oxigen a altes temperatures, com ocorre amb els llamps o en el procés de fabricació de fertilitzants, o mitjançant certs microorganismes que tenen la dotació bioquímica que els permet incorporar el  $N_2$  atmosfèric a les seves estructures i convertir-lo en N disponible per a les plantes.

En la fixació del  $N_2$  atmosfèric operen dos sistemes:

- 1) La fixació per microorganismes de vida lliure.
- 2) La fixació per microorganismes que viuen en simbiosi amb les plantes superiors, com el cas de la simbiosi del sistema Rhizobium-Lleguminosa.

Les principals sortides de N del sòl són l'extracció per part de la planta i les pèrdues per volatilització d'amoniac, escorrentia, lixiviació de nitrats i en forma gasosa per nitrificació i/o desnitrificació. Les plantes poden prendre per les arrels tant amoni com nitrat. El nitrat és absorbit per les arrels mitjançant transportadors d'elevada i baixa afinat i s'emmagatzema en vacúols per a posteriorment ser reduït a amoni a l'arrel i/o transportat pel xilema a la part aèria de la planta. A les fulles pot veure's novament emmagatzemat en vacúols o reduït també a amoni.

El ió  $\text{NH}_4^+$  és retingut al sòl per les càrregues negatives de les argiles. De totes maneres si el ph del sòl augmenta, l'equilibri existent entre el  $\text{NH}_4^+$  i el  $\text{NH}_3$  dissolt es desplaça cap a la forma d' $\text{nh}_3$ . D'aquesta manera, es pot donar una pèrdua d'amoniac cap a l'atmosfera. Aquestes pèrdues per volatilització d'amoniac augmenten amb la temperatura, valors de ph superiors a 6-7 i quan s'han realitzat addicions de residus orgànics al sòl (Stevenson, 1982).

El N a l'aigua d'escorrentia pot estar present en forma orgànica juntament amb les partícules del sòl erosionat o en forma inorgànica dissolt en l'aigua. Les pèrdues per lixiviació i nitrificació i/o desnitrificació es comenten seguidament.

### **1.2.2. Pèrdues per lixiviació i zones vulnerables**

L'anió  $\text{NO}_3^-$  es lliga només dèbilment a les partícules del sòl i per tant segueix el moviment de l'aigua. Les plantes absorbeixen els nutrients dissolts a l'aigua evacuant així l'aigua de l'atmosfera mitjançant la transpiració per les fulles. Per altra banda, l'aigua també pot evaporar-se des del sòl. La lixiviació d' $\text{NO}_3^-$  ocorre per tant amb l'aigua de drenatge quan el sòl està saturat d'aigua i l'entrada d'aquesta supera la pèrdua de la mateixa per evapotranspiració.

Hi ha estudis que indiquen que l'aplicació de quantitats majors de fertilitzant nitrogenat que la dosi optima, fa incrementar notòriament el nitrat lixiviat a les aigües de drenatge, ja que es sobrepassa la capacitat que el cultiu té d'aprofitar el N aplicat. De fet, les elevades concentracions de nitrat a les aigües s'associen al grau d'extensió agrícola de la zona.

Com a conseqüència d'una elevada lixiviació de nitrat, les aigües es contaminen i eutrofitzen (Addiscot *et al.*, 1991).

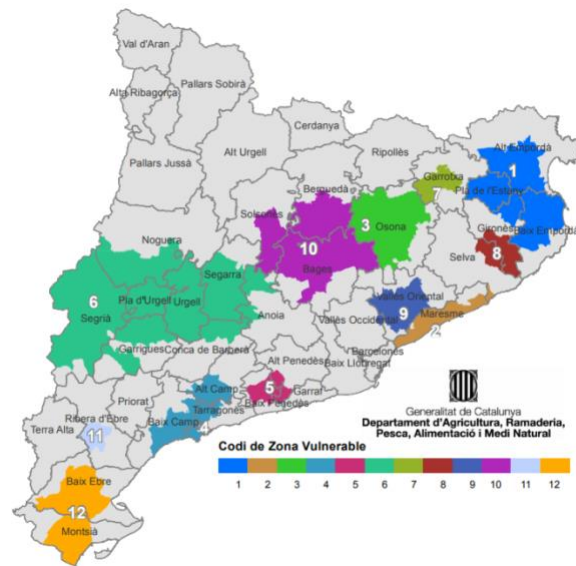
Les àrees de la Unió Europea particularment vulnerables a la lixiviació de nitrat estan subjectes a les regulacions específiques que els països membres han de complir per tal de reduir la contaminació de les aigües per nitrats (EEC, 1980). Les regulacions consisteixen en: identificar i classificar les àrees vulnerables als nitrats, quan en aquestes la concentració d'aigües superficials o profundes sigui propera, igual o superior a  $11,3 \text{ mg N-NO}_3^- \text{ L}^{-1}$  o si les aigües fluvials, costeres o dels estuaris pateixen

el perill d'eutrofització i s'ha d'establir un pla d'acció amb l'objectiu de reduir la contaminació de nitrats en aquestes aigües.

A Catalunya, gran part de la superfície destinada al cultiu del blat i l'ordi es troba en zones en les que el *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Ambient* va declarar vulnerable a la contaminació de les aigües per nitrats procedents de l'activitat agrària (**Figura 4**). En aquesta zona la màxima aportació de fertilització nitrogenada permès al llarg de la campanya per al blat és de 140 kg N ha<sup>-1</sup> (**Taula 2**) i es prohibeix aportar fertilitzant nitrogenat a una distància de 3 metres de qualsevol curs d'aigua.

**Taula 2.** Fertilització en cobertura de blat permesa a zones vulnerables a la contaminació per nitrats segons precedent i qualitat del sòl. (Font: GV-EJ, 1999).

Cultiu anterior	Qualitat del sòl (kg N/ha)	
	Fèrtil	Pobre
Patata	100-125	140
Remolatxa	125	140
Cereal	125	140
Lleguminosa	100	140



**Figura 4.** Zones vulnerables a la contaminació per nitrats a Catalunya . Font (Designació i ampliacions de les zones vulnerables).

### 1.2.3. Fertilització racional

El nitrogen és essencial per al desenvolupament de les plantes i causa un creixement ràpid i visible en les mateixes. Aquest element és, després de l'aigua, el factor limitant del creixement més important per a les plantes i, per tant, per a la producció agrícola. Conseqüentment, el consum global de fertilitzants ha incrementat notablement des de la dècada dels 40. Abans de la Segona Guerra Mundial, la quantitat de fertilitzant nitrogenat utilitzat al món era de 3 milions de tones mentre que el 1988 va arribar a 80 milions de tones (Ladha *et al.*, 2005) i el 2008 va arribar a 90 milions de tones de consum per tal de satisfer la demanda global d'aliments. Part d'aquest increment es deu a la ràpida i extensa adopció de varietats de blat de menor estatura amb alts rendiments i índexs de collita i major sensibilitat a l'aportació de nitrogen associat a la "revolució verda". Per tant, la quantitat de N que circula pels compartiments del cicle del N relacionats amb l'agricultura ha augmentat substancialment generant diversos problemes mediambientals. Els principals són:

- i) Majors quantitats de nitrat al sòl i en aigües superficials.
- ii) Eutrofització i pèrdua de biodiversitat
- iii) Acidificació del sòl i aigües superficials per deposició d'amoníac i òxids nítrics.
- iv) Augment de l'òxid nítrós a ( $N_2O$ ) l'atmosfera, un gas que contribueix a l'efecte hivernacle i a la degradació de la capa d'ozó.

A més a més, aquests problemes estan associats a la menor eficiència de la fertilització nitrogenada. Per a minimitzar els problemes mediambientals i maximitzar l'eficiència de la fertilització i per tant del benefici econòmic dels agricultors, es suggereix una fertilització més racional que tracti d'ajustar

la dosi a les necessitats de la planta tenint en compte els moments de major necessitat d'aquesta i considerant totes les fonts de nitrogen disponibles (N mineral del sòl, N a l'aigua, etc).

Per al blat, Alley *et al.* (1999) situen els moments de major absorció de N els estadis fenològics Z25 i especialment de Z30 a Z58 segons l'escala de Zadoks (Zadoks *et al.* 1974). És a dir, al voltant de l'afillolat i des de l'inici del canoneig fins abans de l'antesi. Addiscot (1991) i Gate (1995) estimen que la necessitat de N del blat a naixença, normalment inferior a 10 kg ha<sup>-1</sup>, pot ser suplert per la pròpia mineralització del sòl.

A l'inici de l'afillolat, Z20, la dosi d'aportació ha de correspondre a la biomassa a obtenir a l'inici del canonat i no més, de manera que no s'afavoreixi l'aparició de fillols no productius i el consum de luxe (ITCF, 2002).

A la sortida de l'hivern, les necessitats de N són elevades (Gate, 1995; Guerrero, 1999), pel que es fa necessari una aportació de nitrogen. En aquest període s'ha de calcular el N a aportar tenint en compte que en aquest estadi es decideixen components de rendiment importants, així com el perill de lixiviació per abundants pluges i, per tant, el desaprofitament de N pot ser substancial.

Gate, (1995) i Destain *et al.* (2002) proposen una tercera aportació de nitrogen en fulla bandera. L'aportació en fulla bandera, Z37, enriqueix les parts vegetatives del blat amb N que després es traslladarà al gra, augmentant el contingut de proteïna en el mateix.

### **1.3. Gestió de l'adobat nitrogenat**

Amb la finalitat de satisfer les necessitats de nitrogen de la planta per a l'obtenció d'un rendiment i qualitat desitjats i, alhora, evitar pèrdues de N, es fa un petit resum del que pot sorgir com a necessitat d'eines de recolzament a la fertilització nitrogenada.

#### **1.3.1. El balanç de nitrogen**

Els balanços de nitrogen es basen en l'aplicació del principi de conservació de massa als sistemes de cultiu. Així, la variació en la quantitat de N emmagatzemat en un sistema serà igual a la diferència entre les entrades i sortides del sistema (Randall, 1981). El N amònic i nítric en el sòl (N<sub>min</sub>) és el que empren les plantes per al seu creixement i és molt freqüent realitzar el balanç de N considerant les entrades i sortides respecte al N<sub>min</sub> (Quemada *et al.*, 2006).

De totes maneres i malgrat que l'anàlisi d' N<sub>min</sub> al sòl permet conèixer la quantitat de nitrogen mineral disponible per al cultiu en el moment en que es realitza el mostreig, aquest



anàlisi d' Nmin és com una fotografia en un moment concret. Aquest nitrogen mineral mesurat pot perdre's si és utilitzat ràpidament pel cultiu i la pluja l'arrossega, o també pot augmentar si la matèria orgànica del sòl va aportant més en el seu procés de mineralització (Irañeta *et al.*, 2002). És a dir, la quantitat de nitrogen al sòl disponible per a la planta durant el cultiu, no depèn únicament del nitrogen mineral en el moment de la mesura, sinó també d'altres factors ambientals com per exemple la disponibilitat d'aigua i la temperatura, que determinaran la dinàmica del nitrogen al sòl, la lixiviació, mineralització, desnitrificació, etc (Echeverría *et al.*, 1994).

Per tant, el potencial de mineralització d'un sòl i la quantitat de N mineral disponible són punts importants a tenir en compte en el maneig de la fertilització.

Quan la mineralització excedeix a la immobilització, el sòl es converteix en un proveïdor net de N mineral per a les plantes i llavors el fertilitzant, en excés, no és emprat per les plantes i pot perdre's. Pel contrari, si la immobilització excedeix a la mineralització, els microorganismes del sòl competeixen amb les plantes per l' N mineral i el fertilitzant serà immobilitzat de manera que pot ser insuficient per a un rendiment òptim vegetal.

### **1.3.2. Anàlisi foliar**

Entre les utilitats de l'anàlisi de teixits, Reuter & Robinson (1986) enumeren el diagnòstic, la predicció de la deficiència de nutrients, la monitorització de l'efectivitat de l'estratègia de fertilització, la determinació de les quantitats de minerals clau retirats pels cultius per tal de substituir-los... Per tant l'anàlisi foliar constitueix una metodologia per avaluar la nutrició del cultiu ja que integra tots els factors del sòl, ambient i maneig. Pot ser considerada tant per la correcció immediata de deficiències com també per avaluar els resultats del maneig de la nutrició.

### **1.3.3. Anàlisi del suc de la base de la tija**

Mitjançant l'anàlisi del suc de la base de la tija, es poden deduir tant l'estat nutricional de la planta com la disponibilitat de nitrats al sòl (Laurent *et al.*, 1996). Aquest líquid és un extracte aquós de tots els teixits constitutius del mateix. La mesura del contingut de nitrat a la base de la tija representa l'"stock" de ions nitrat presents a la planta i no el flux instantani

d'absorció. Per tant aquesta mesura és útil per a diagnosticar l'aparició d'una deficiència de nitrogen a la planta, encara que no és de gran sensibilitat i no es pot utilitzar sinó per a distingir en gran mesura el dèficit de N. En aquest sentit Laurent *et. al.* (1996) indiquen que l'indicador millor adaptat per a mesurar la carència de N és l'índex de nutrició nitrogenada (INN).

#### **1.3.4. Índex de nutrició nitrogenada**

L'índex de nutrició nitrogenada (INN) quantifica l'estat nutricional nitrogenat d'un cultiu i representa el quocient entre el contingut de N total de la matèria seca aèria i el contingut crític de N per a un creixement no limitat, aquest definit en la corba de dilució. Valors superiors i inferiors al contingut crític de N, indicarien un consum de luxe i una carència nutricional respectivament.

Aquesta corba permet la detecció de carències nutricionals del blat i la seva correcció mitjançant aportacions de N. Per exemple, la relació entre el INN en floració i el nombre de grans relatiu respecte al màxim és molt estreta (Justes *et. al.*, 1997) i es pot determinar l'inn precís per a un rendiment objectiu i corregir-se mitjançant l'aportació de N en floració si es veu que l'estat nutricional del blat és carencial (Laurent *et. al.*, 1996).

#### **1.4. Eficiència de l'ús del nitrogen**

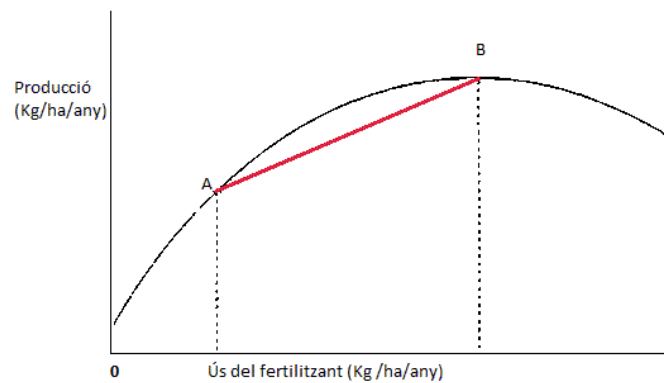
Segons Verheye, W. (2005), aproximadament el 50% del nitrogen mineral aplicat al sòl mitjançant fertilitzants és absorbit pels cultius en el primer any (encara menys en sòls sorrencs), una petita quantitat és incorporada a la matèria orgànica estable i serà disponible més endavant. De manera que una part important es perdrà, bé per volatilització o bé per rentat i acumulació en capes profundes del sòl o del subsòl a l'aigua freàtica.

La creença que només els fertilitzants minerals produeixen pèrdues no és correcta. Es perden quantitats importants de nitrogen també de les fonts orgàniques. És cert que la major part de les pèrdues es produeixen per rentat o desnitrificació des del nitrogen mineral present a terra, particularment des dels nitrats, però en el nitrogen mineral present en el sòl és indiferent, la part que procedeix de fertilitzants de la part que procedeix de fonts orgàniques (fems, residus de collites o la pròpia matèria orgànica del sòl).

Ara bé, l'efecte dels fertilitzants minerals pot predir molt millor en el temps que el de les aportacions orgàniques. La mineralització de la matèria orgànica es produeix quan les condicions a terra són favorables, independentment de l'estat del cultiu.

Els fertilitzants orgànics produeixen menors pèrdues de nitrats per rentat, en part pel major temps que requereix la seva transformació a nitrogen mineral, però també pel fet que amb ells es poden veure incrementades les pèrdues per desnitrificació. El rentat de nitrat és petit durant l'etapa de creixement del cultiu, però s'incrementa ràpidament quan la pluja excedeix l'evapotranspiració (Verheye, W. 2005).

L'eficiència en l'absorció de nitrogen per part dels cultius resulta màxima per a dosis baixes i disminueix a mesura que s'incrementen aquestes (**Figura 5**). L'eficiència segueix una corba semblant a la resposta productiva, també coneguda com a corba de rendiments "finalment decreixents". Aquesta corba, que reproduïx amb força fidelitat l'efecte del nitrogen, indica que l'efecte productiu aconseguït amb cada dosi addicional de fertilitzant va sent progressivament menor, i que arriba un moment en què dosis majors produeixen realment produccions més baixes.



**Figura 5.** Corba representativa de l'eficiència de l'ús del nitrogen.  
(Font pròpia).

Òbviament les pèrdues de nitrogen fertilitzant, a més d'un problema ambiental, suposen una pèrdua econòmica important per a l'agricultor.

Els factors primordials que determinen la pèrdua de nitrogen en forma de nitrats poden resumir-se en:

- Quantitat de nitrogen mineral present en el sòl (concentració de nitrats en la solució del sòl). Procedència d'aquest de fonts minerals o orgàniques.
- Presència o no de vegetació en condicions d'absorbir aquest nitrogen.
- Volum d'aigua de drenatge. Aigua que s'escolli a terra i es perdi per percolació profunda

### L'eficiència agronòmica del nitrogen (EAN)

L'eficiència amb la que els cultius empren el fertilitzant nitrogenat aplicat, és summament important en l'àmbit econòmic, ja que aquesta utilització està relacionada directament amb el benefici de la fertilització. A més a més, aquest ús és també d'interès ambiental, a causa dels perjudicis i les males conseqüències pel maneig en excés dels adobs nitrogenats, com pot ser problemes per lixiviats següent de contaminació d'aigües freàtiques.

El nitrogen és un factor de producció molt important, determina el rendiment. De totes maneres l'ús d'aquest nutrient afecta a la qualitat de l'aigua i de l'atmosfera.

Per una banda, les aigües amb altes concentracions de nitrats produeixen un tipus d'algues que consumeixen l'oxigen i impedeixen també, el desenvolupament de la fauna. D'altra banda, cal afegir que els gasos emesos pels cultius amb índexs de nitrogen molt elevats afavoreixen a l'escalfament global de la terra i produeixen problemes respiratoris per a les persones com l'asma.

Una de les malalties més greus derivades de la ingesta de nitrogen és la *metahemoglobinèmia* o "malaltia dels nens blaus". Es tracta d'una patologia que afecta principalment als nadons i que provoca l'absència d'oxigen a la sang.

La proliferació de casos relacionats amb la intoxicació de nitrats, ja ha dut a moltes indústries conserveres a elevar el seu grau d'exigència als agricultors per tal d'evitar mals en la salut pública.

El que es vol amb aquest assaig, és també veure si aplicant menor quantitat de nitrogen també es pot mantenir un rendiment de producció acceptable i, alhora, reduir costos de producció i impacte ambiental, ja que de cara al futur, també és important potenciar el desenvolupament de sistemes agraris sostenibles.

Tenim referències d'assajos en cereal en fertilització nitrogenada en diferents zones de Catalunya però en condicions del Baix Llobregat no coneixem cap referència sobre l'eficiència a partir de la fertilització nitrogenada.

Aquesta eficiència pot ser expressada com les unitats de producte generat per la unitat de nutrient aplicat, o com la proporció del nutrient afegit que absorbeix el cultiu.

Hi ha diferents maneres d'avaluació de l'eficiència del nitrogen, però nosaltres **només podrem definir i calcular l'agronòmica**, ja que no disposem de dades del sòl prèvies i posteriors a la sembra i recol·lecció del cereal.

L'eficiència agronòmica del nitrogen (kg gra/kg N), d'acord amb la definició de López-Bellido (López-Bellido et. al., 2005), es defineix com la relació entre el rendiment de gra per una dosi de N determinada ( $N_x$ ) menys el rendiment de gra sense adobar amb N ( $N_0$ ), amb la dosi de nitrogen aplicat a  $N_x$ .

L'eficiència fisiològica amb la que les plantes empren el nitrogen, depèn de les característiques de l'espècie i la disponibilitat de N. Si bé és un valor que fluctua dins d'un ampli espectre, al blat es pot assumir una mitjana de 30 kg de gra per cada kg de nitrogen absorbit per la planta, mentre que en l'ordi l'eficiència fisiològica mitjana es comprèn sobre els 40 kg de gra/kg de N. Els coeficients de requeriments de N que s'utilitzen en els models de balanç són la inversa d'aquesta eficiència, el que pel blat seria uns 30 a 35 kg N/t de gra i per a l'ordi uns 25 kg de N/t de gra (Ciampitti i Garcia, 2005)

L'eficiència agronòmica expressa els kg de gra produïts per kg de N aplicat com a fertilitzant. Aquest valor depèn de l'eficiència fisiològica del híbrid o cultivar, de la proporció de N disponible que es absorbit pel cultiu i de les pèrdues que ocorren durant el cicle. Per tant l'eficiència agronòmica varia entre un màxim igual a l'eficiència fisiològica i zero, a mesura que l'absorció de N es veu limitada per un altre factor com la disponibilitat d'aigua o s'incrementen les pèrdues, que poden ser per desnitrificació, volatilització de l'amoni, lixiviació o escorrentia superficial, entre d'altres.

En termes generals, s'estima que entre el 50 i el 80 % del N aplicat és aprofitat pel cultiu, el que implica que entre el 20 i el 50 % del N es pot perdre en el sistema, amb un conseqüent perjudici econòmic i ambiental.

## 2. Objectiu

L'objectiu principal d'aquest treball és el de determinar l'efecte de l'adobat nitrogenat, sobre la producció de cereals en condicions de secà al Baix Llobregat.

Aquest objectiu es pot dividir més acuradament ens els següents objectius específics:

- Determinar l'efecte de l'adobat nitrogenat sobre la producció del blat i l'ordi, estudiant l'efecte que té sobre el rendiment de biomassa i de gra, i sobre els components del rendiment.
- Quantificar l'efecte de l'adobat nitrogenat sobre l'eficiència agronòmica del nitrogen en el blat i l'ordi.

Aquest treball recull les dades de producció de l'assaig realitzat durant la campanya 2017, assaig que forma part d'un projecte de recerca més ampli que estan desenvolupant conjuntament investigadors de l'ESAB i de l'Institut de Geomàtica, en el que es pretén avaluar la idoneïtat d'utilitzar càmeres d'usuaris convencionals com a alternativa de teledetecció amb d'altres mitjans més costosos (càmeres híper-espectrals, sensors satèl·lits, etc. ).

### 3. Materials i mètodes

#### 3.1. Localització dels assajos

Durant la campanya del 2016/2017 es van realitzar dos assajos, un amb blat i un amb ordi, a les parcel·les de pràctiques de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, ubicada a la localitat de Castelldefels (41°16'35,2''N; 1°59'10,3''E).

#### 3.2. Tractaments i disseny experimental.

La metodologia emprada va ser la de micro-parcel·les, de 1,2 m d'ample i 12 metres de llarg (14,4 m<sup>2</sup>). El disseny experimental utilitzat va ser en blocs completament aleatoritzats amb 3 repeticions. El factor de variació vas ser la dosi d'adobament nitrogenat amb 4 nivells (0, 60, 120 i 180 kg N/ha) (Taula 3 ).

*Taula 3. Distribució de les parcel·les i dosis d'adob nitrogenat.*

	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3
	Dosi d'adob (kg N/ha) en blat			Dosi d'adob (kg N/ha) en ordi		
1	0 Odiel	0 Odiel	Odiel 240	240 Gustav	0 Gustav	240 Gustav
2	60 Odiel	180 Odiel	Odiel 120	120 Gustav	0 Gustav	60 Gustav
3	120 Odiel	60 Odiel	Odiel 0	180 Gustav	60 Gustav	120 Gustav
4	0 Odiel	120 Odiel	Odiel 180	60 Gustav	180 Gustav	0 Gustav
5	180 Odiel	0 Odiel	Odiel 60	0 Gustav	120 Gustav	180 Gustav
6	240 Odiel	240 Odiel	Odiel 0	0 Gustav	240 Gustav	0 Gustav

Les dos micro-parcel·les dels laterals de cada bloc, actuen com a vorera per tal de minimitzar aquest fenomen que ocorre quan en un hàbitat convergeixen dos cultius abruptament diferents.

### 3.3. Maneig del cultiu

#### 3.3.1. Cultivars

Les cultivars utilitzades van ser Odiel i Gustav per al blat i l'ordi, respectivament.

##### **Blat Odiel:**

Morfològicament parlant, el port de la planta a final de filloleig és de caràcter semi-erecte i amb una alçada mitjana-baixa. En quant a l'espiga, aquesta presenta barbes, amb absència de vellositats a les glumes i amb un color clar a maduració (**Figura 6**).

És un blat altern de tipus primavera, caracteritzat per una data de canonat, espigat i maduració, precoces.



*Figura 6. Espigues de blat cv. Odiel.*

També es caracteritza per ser un blat bastant productiu, ja que aquest mostra un elevat potencial de producció, amb elevats rendiments.

La seva resposta al comportament envers malalties criptogàmiques i accidents es resumeix en la següent **Taula 4**:

*Taula 4. Comportament del cv. Odiel envers malalties i accidents.*

	<b>Resistència</b>
<b>Oïdi</b>	Mitjana-alta
<b>Septòria</b>	Mitjana
<b>Rovell bru</b>	Mitjana-baixa
<b>Rovell groc</b>	Mitjana-alta
<b>Allitament</b>	Mitjana-alta



**Ordi Gustav:**

En termes de morfologia, es caracteritza per la seva presència de vellositats a l'anvers de la fulla, i d'alçada baixa en el seu port. És un ordi que segons la seva fertilitat de les espiguetes laterals, és de dues carreres (**Figura 7**).

És una varietat alterna de tipus primavera, amb unes dates de canonat, espigat i maduració precoces.

Ha demostrat ser la varietat d'ordi de cicle curt més productiva a la península ibèrica, i les claus del seu èxit són el seu elevat nivell de filloleig, la fertilitat de l'espiga i la mida del gra.



*Figura 7. Espigues d'ordi cv. Gustav.*

El seu gra és de calibre petit, amb un contingut de proteïna en gra baix i un pes a l'hectolitre mitjà-baix.

La seva resposta al comportament envers malalties criptogàmiques i accidents es resumeix en el següent **Taula 5**:

*Taula 5. Comportament del cv. Gustav envers malalties i accidents.*

	<b>Resistència</b>
<b>Oïdi</b>	Mitjana-alta
<b>Rincosporiosi</b>	Mitjana-baixa
<b>Rovell bru</b>	Mitjana
<b>Allitament</b>	Mitjana

### 3.3.2. Preparació del sòl i sembra

Els assajos es varen sembrar el dia 2 de març del 2017, prèviament veníem de cultius també de blat i ordi de la campanya anterior, els quals es varen incorporar les restes vegetals ja seques per tal de mineralitzar-se en el sòl. Es va anar mantenint la parcel·la durant la tardor i hivern a base d'estripadora i corró, per així anar combatent les adventícies que hi poguessin sortir.

A la **Taula 6** es resumeixen els càlculs per a la sembra a camp.

*Taula 6. Càlculs determinants de la dosi de sembra.*

Cereal	P <sub>200</sub> llav(g)	P <sub>1000</sub> llav (g)	Ds (llav/m <sup>2</sup> )	DS (kg/ha)	Pes bossa (g)
Odiel	8,36	41,8	425	178	255,8
Gustav	7,7	38,5	375	144	235,6

$$DS(kg/ha) = \frac{ds(llav/m^2) * P_{1000}(g)}{100}$$

*Equació 1. Càlcul de la dosi de sembra.*

$$Pes\ bossa\ (g) = \frac{P_{1000}(g) * ds(llav/m^2) * S\ (m^2)}{1000}$$

*Equació 2. Càlcul del pes de la bossa per procedir amb la sembra a camp.*

La sembra es va realitzar amb una sembradora de micro-parcel·les de 8 línies de sembra, separades 15 cm.

### 3.3.3. Protecció del cultiu

Es va fer una aplicació d'herbicida el dia 6 d'abril del 2017 per tal de combatre les males herbes que podrien ocasionar competència nutricional amb el cereal sembrat. Exactament el producte emprat va ser **CERTROL H**, les matèries actives tracten d'una composició d'èster octanoic i èster butilglicòlic, amb concentracions del 12% i el 36% respectivament. La dosi a aplicar va ser 2,5L/Ha, de manera que amb els càlculs pertinents afegíem 90 ml de producte per motxilla. Es va aplicar un total de 32,5 litres de caldo.

En segona instància i per preveure atacs de fongs com podria ser el rovell, vàrem aplicar un tractament de fungicida amb el producte **AMISTAR XTRA**, les seves matèries actives són bastant actives, doncs es tracta d'Azoxistrobin al 20% i Ciproconazol al 8% de concentracions. La dosi aplicada va ser de 500 cc/Ha, de manera que per motxilla de 15 litres, afegiríem 30 cc de producte i 15 ml de mullant.

### **3.4. Determinacions en el cultiu**

#### ***Collites***

Es va realitzar la sega de l'ordi i la del blat per separat, amb dates diferents:

- Collita ordi: es van prendre tres submostres de 0,2856 m<sup>2</sup> (1,2 m x 0,238 m) per parcel·la elemental, segat arran de terra. L'ordi es va segar el dia 20 de juny de 2017.
- Collita blat: també es van fer tres repeticions per parcel·la, amb la mateixa tècnica que l'ordi, es va segar aquest el dia 29 de juny del 2017.

#### ***Rendiment i índex de collita***

Per tal de determinar el rendiment de biomassa, primer vàrem calcular el pes fresc de les 3 submostres, de manera que un cop segades van ser pesades a camp. Posteriorment es van dur totes les submostres en sacs diferents al laboratori, on es va comptar el nombre d'espigues de cada mostra i van ser pesades per separat. Seguidament es va introduir a l'estufa a 105°C cada mostra de palla durant 24 hores, per després pesar el pes sec final i procedir a calcular el rendiment.

Les espigues les vàrem desgranar a les instal·lacions d'Agròpolis amb una batedora d'espigues (Walter-Wintersteiger LD 180; Ried, Àustria).

#### ***Components del rendiment.***

La densitat d'espigues es va determinar comptant les espigues de cadascuna de les tres submostres de cada parcel·la. El pes de 1000 grans, es va calcular amb un vas de precipitats de 25ml prèviament tarat, on el vàrem omplir fins  $\frac{3}{4}$  parts de la seva capacitat de gra, el vàrem pesar i es va comptar el nombre de grans amb una màquina específica (Numigral GTEP). Més endavant vam realitzar els càlculs pertinents per a calcular el pes de 1000 grans.

#### ***Control de naixença***

A dia 29 de març del 2017 es va fer un control de naixença tant de blat com d'ordi, de manera que es va comptar les plantes en un metre lineal en tres punts de la parcel·la. Aquest control el vam realitzar en estadi Z12 (segons Codi decimal de Zadoks *et. al.*, (1974), és a dir dos fulles en tija principal i apareixement de la tercera.

### ***Seguiment del cicle de cultiu***

Es van fer quatre controls més d'estadi, on es va poder veure el desenvolupament del cultiu:

Primer control d'estadi, dia *17 de maig de 2017* trobàvem segons el Codi decimal de Zadocks *et. al.*, (1974) l'ordi en estadi 71 i el blat en estadi 65-69, és a dir el primer el trobem en inicis del desenvolupament del gra lletós (cariòpside aquosa) i el segon encara en antesis (a mitja floració).

En el segon control d'estadi, a data *25 de maig del 2017*, veiem que l'ordi es trobava en estadi 79 i el blat en estadi 71, on l'ordi ja acaba el desenvolupament del gra lletós i el blat amb prou feines arranca.

El dia *29 de maig de 2017*, ja l'ordi es troba en inicis del desenvolupament de gra pastós, estadi 83, mentre que el blat encara el tenim als principis del seu desenvolupament en gra lletós, estadi 73.

El darrer control d'estadi es va dur a terme el data *8 de juny del 2017* on podem veure l'ordi ja amb gra pastós-dur, estadi 87-88, mentre que el blat segueix endarrerit a finals de gra lletós, estadi 77-79.

### 3.5. Cronograma de tasques

En la següent **Taula 7**, podem veure les tasques dutes a terme als assajos, ordenades segons la data d'actuació.

*Taula 7. Tasques realitzades a l'assaig, segons data d'actuació.*

02/03/17	Sembra blat i ordi
29/03/17	Control naixença i estadi.
31/03/17	Aplicació de 30-60-90 (120 Bor E): 125-250-376-(501) g/parcel·la.
06/04/17	Aplicació d' herbicida.
04/05/17	2n adobat N i Control estadi.
09/05/17	Aplicació de Fungicida.
29/05/17	Estadis: Ordi 83 +7-; Blat 73.
08/05/17	Estadis: Ordi 85; Blat 77.
20/06/17	Sega ordi, 3 repeticions per parcel·la.
21/06/17	Mostres sòls per nitrats 0-30 i 30-60 cm parcel·les 13 a 20.
29/06/17	Sega blat, 3 repeticions per parcel·la.
04/07/17	Mostres sòls per nitrats 0-30 i 30-60 cm parcel·les 1-8.
05/07/17	Mostres sòls per nitrats 0-30 i 30-60 cm parcel·les 9-12.
13/07/17	Pes sec i número espigues blat.
18/07/17	Desgranar espigues blat.

### 3.6. Càlcul de l'eficiència agronòmica del nitrogen

L'eficiència agronòmica del nitrogen s'ha calculat d'acord amb el que diu López-Bellido (López-Bellido et. al., 2005), amb la següent fórmula (**Equació 3**):

$$EAN(\%) = \frac{\text{Rendiment} \left( N_x \left( \frac{kg}{ha} \right) - N_0 \left( \frac{kg}{ha} \right) \right)}{\text{Rendiment } N_x \left( \frac{kg}{ha} \right)} \times 100$$

*Equació 3. Càlcul de l'eficiència agronòmica del nitrogen.*

### 3.7. Anàlisi estadístic

Els resultats els vàrem sotmetre a l'anàlisi de la variància amb SAS Studio (University Edition 2.7), la part lliure del programari SAS que s'executa online (SAS Institute, 2017). Les diferències significatives entre dosis d'adobat les vàrem determinar mitjançant un test de separació de mitjanes LSD (Least Significant Difference) per  $P < 0,05$ .

Aquest test **LSD de Fischer** és un test de comparacions múltiples i permet comparar les mitjanes dels  $t$  nivells d'un factor després d'haver refusat la hipòtesi nul·la d'igualació de mitjanes mitjançant la tècnica ANOVA.

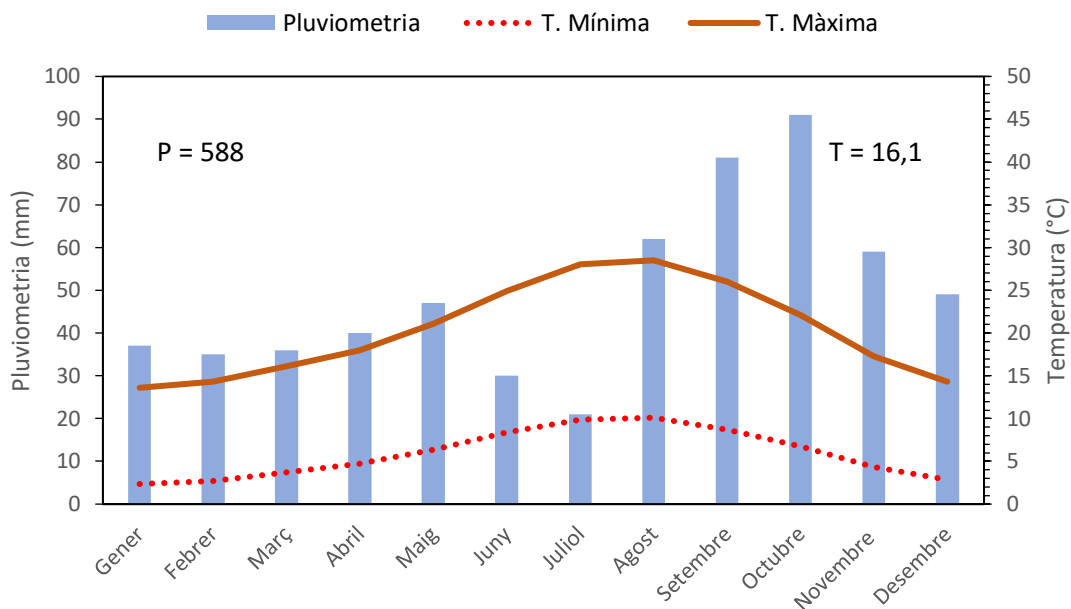
Donat que en la separació de mitjanes observem que en la majoria des casos les úniques diferències es troben entre no adobar i adobar, utilitzem contrastos ortogonals per contrastar el tractament no adobat (0 kg N/ha) amb els tractaments d'adobat en conjunt (60, 120 i 180 kg N/ha).

També s'ha fet una regressió entre el rendiment i els seus components per tal d'observar la relació entre l'efecte del nitrogen i els components del rendiment.

## 4. Resultats i discussió

### 4.1. Meteorologia de la campanya

La climatologia del Baix Llobregat es considera com a clima Mediterrani Litoral (vegis [https://es.wikipedia.org/w/index.php?Title=Clima\\_de\\_Catalu%C3%b1a&oldid=108224399](https://es.wikipedia.org/w/index.php?Title=Clima_de_Catalu%C3%b1a&oldid=108224399)) i es caracteritza per la suavitat dels hiverns donat que en poques ocasions tenim episodis de glaçades. El total anual de precipitació és moderadament escàs amb una distribució bastant regular durant l'any, els valors màxims es registren a la tardor i destaca el juliol com a mes més sec. El règim tèrmic a l'estiu és calorós i a l'hivern moderat, amb una amplitud tèrmica anual moderada (**Figura 8**).



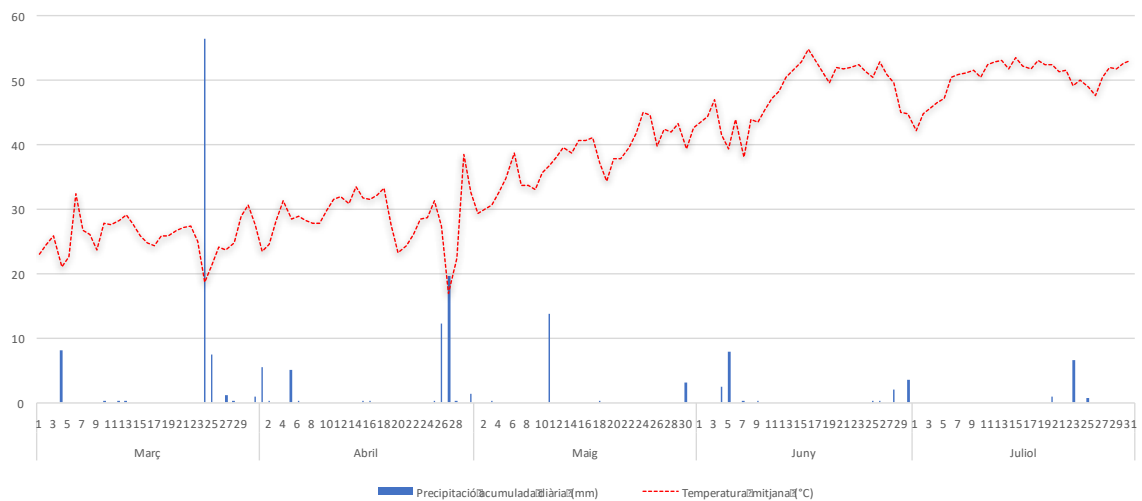
**Figura 8.** Diagrama ombrotèrmic d'El Prat de Llobregat (estació de l'Aeroport del Prat, a 4 metres sobre el nivell del mar). Temperatura (T) i pluviometria (P) mitjanes de l'any mig (1980-2010).

En la següent **Figura 9**, trobem les característiques climàtiques més rellevants de Viladecans durant el cicle del cultiu. Podem diferenciar les dades de temperatura mitjana i precipitació acumulada entre els mesos de març i de juliol.

Les dades van ser enregistrades per la estació meteorològica automàtica de Viladecans, poble més proper d'on es va realitzar l'assaig.

L'any 2017 podríem dir que va ser un any calorós, amb l'entrada de l'estiu força aviat, mentre que en quant a precipitacions val a destacar les caigudes el mes de març i abril, que varen resultar un total de 120 mm de precipitació acumulada.

Les precipitacions més importants són les caigudes en el període març-maig, amb una acumulació de 137,6 litres. Això suposa el 23% sobre el total de la mitjana de les precipitacions acumulades durant 40 anys a l'estació més propera i de la que tenim dades, a l'Aeroport del Prat de Llobregat. Aquesta dada ens indica que hem tingut un inici de temporada més humit respecte els registrats els darrers 40 anys, amb una precipitació de 13 mm superior aquest any respecte les mitjanes de l'any mig 1980-2010.



**Figura 9.** Valors de precipitació acumulada diària i temperatura mitjana durant el cicle del cultiu a Viladecans (Viladecans: 3 m altitud, 41 °18' N, 2' E).



## 4.2. Efecte del nitrogen en el rendiment i en els seus components

Després de les mesures adequades, els càlculs pertinents i elaboració de l'anàlisi estadístic, podem veure diferents resultats obtinguts en quant al maneig de l'adob nitrogenat en blat i ordi a la comarca del Baix Llobregat.

Els resultats corresponents a l'efecte de la dosi de nitrogen durant la campanya 2017, amb la cv. *Odiel* de blat, es presenten en l'apartat 4.2.1. Els resultats de producció de la cv. *Gustav* com a cultiu d'ordi present a l'assaig, en funció del nitrogen es presenten en l'apartat 4.2.2.

### 4.2.1. Resultats en blat

La mitjana del rendiment de biomassa fresca, seca i gra (14%), va ser de 12.388, 10.175 i 5.715 kg N/ha respectivament. Aquests rendiments de biomassa i de gra són un 28% i un 6% inferior respectivament respecte al que obté López-Bellido *et. al.*, (1991) en secà en una àrea mediterrània càlida. La mitjana de rendiment de gra presenta valors de 5.715 kg gra/ha i es pot considerar molt correcte per les condicions de secà al Baix Llobregat. La relació entre el rendiment del blat i els seus components es pot veure en la **Figura 10**, **Figura 11** i **Figura 12**.

L'adobament nitrogenat ha afectat significativament en rendiment de biomassa fresca, rendiment de biomassa seca, rendiment de gra i densitat d'espigues, mentre que en la resta de components del rendiment i l'índex de collita, no hi ha variacions significatives en funció de la dosi de nitrogen aplicat.

### Rendiments de biomassa i gra

El rendiment de biomassa fresca incrementa significativament a la dosi d'adob nitrogenat (**Taula 8**), obtenint la única diferència significativa en el contrast entre tractaments amb adob nitrogenat respecte el tractament sense adob nitrogenat. El major rendiment va ser obtingut amb la dosi de 180 kg N/ha, però de forma no significativa respecte al rendiment obtingut amb la dosi de 120 o 60 kg N/ha. El rendiment més baix és l'obtingut a les parcel·les N<sub>0</sub>, és a dir amb zero kg N/ha d'adobament, essent aquest de 9.723 kg BF/ha.

La biomassa seca total es va comportar alhora com el rendiment de biomassa fresca, amb un rendiment significativament inferior quan no s'adoba amb nitrogen (N<sub>0</sub>) i obtenint el major rendiment amb la dosi de 120 kg N/ha, però sense diferenciar-se significativament de les altres dosis N assajades.

El rendiment de gra de blat presenta també una resposta significativa a l'adob nitrogenat en l'assaig practicat, essent aquest superior en la dosi d'adobament de 120 kg N/ha, però amb diferències no significatives respecte la dosi amb més adob.

En relació a l'índex de collita (%) tenim una mitjana d'un 48,3%, amb un rang comprès entre 47,8 i 49%, observant-se diferències no significatives entre tractaments. Aquests valors d'índex de collita són força similars als que obté López-Bellido *et. al.*, (2005).

### **Components del rendiment**

Amb una resposta no significativa, la mitjana de densitat de plantes va ser de 120 plantes/m<sup>2</sup>, un valor força més baix que l'obtingut en ordi i inferior a l'inicialment plantejat (250 plantes/m<sup>2</sup>).

Podem veure que la densitat de plantes és superior en la dosi d'adob de 120 kg N/ha aplicat (139 plantes/m<sup>2</sup>).

La densitat d'espigues mitjana va ser de 328 espigues/m<sup>2</sup>. Aquest valor s'ha de considerar relativament baix, inferior a la densitat considerada com a òptima (500 espigues/m<sup>2</sup>) i inferior a la que obtenen (Gorchs, G., 2006), essent probablement un dels factors del menor rendiment del blat. La densitat d'espigues va augmentar significativament amb l'adobat N, a valors superiors pels tractaments amb N respecte al tractament sense adobar. Observem que la diferència d'espigues entre els tres tractaments amb adob N, és de 3 espigues/m<sup>2</sup> entre les dosis N<sub>60</sub> i N<sub>180</sub>; i de 1 espiga/m<sup>2</sup> entre les dosis N<sub>120</sub> i N<sub>180</sub>.

Podem veure que el rendiment de gra es relaciona significativament amb la densitat d'espigues, presentant un coeficient de correlació bastant elevat (**Figura 11**).

La diferència entre rendiments amb tractaments d'adobat N i no adobat N, s'explica bàsicament per la diferència que tenim en densitat d'espigues, essent aquesta densitat més elevada amb tractaments d'adobat.

La mitjana del pes de 1000 grans va ser de 36,8 grams, es pot considerar, aquesta, com a baixa degut a que el final del cicle va ser molt càlid, i que juntament amb la baixa densitat de plantes, explica el baix rendiment de blat. L'adobat nitrogenat no va afectar significativament el pes de 1000 grans, que presenta valors compresos entre 35,7 en el cas de 120 kg N/ha i 37,2 g en l'adobament de 180 kg N/ha.

La mitjana de l'eficiència agronòmica del nitrogen (NAE) va ser de 15 kg gra/kg N aplicat. No varia significativament amb la dosi d'adob nitrogenat aplicat. El valor més alt d'eficiència s'obté amb la dosi de 60 kg N/ha (24,5 kg gra/kg) d'adob nitrogenat i aquesta baixa a l'augmentar la dosi de N (8,8 kg gra/kg N per a 180 kg N/ha).

És doncs quan emergeix la pregunta de quina seria la dosi d'adob òptima per al cultiu de blat al Baix Llobregat. Els resultats obtinguts suggereixen que dosis de nitrogen moderades (60 o 120 kg N/ha) serien adequades per les condicions en les que es va desenvolupar l'assaig. La baixa resposta obtinguda a l'adob N podria deure's a què el contingut en N residual al sòl a l'inici de l'assaig era alt. És conegut que en condicions mediterrànies, en períodes secs el N nítric es pot acumular al sòl (Lloveras *et. all.*, 2007).

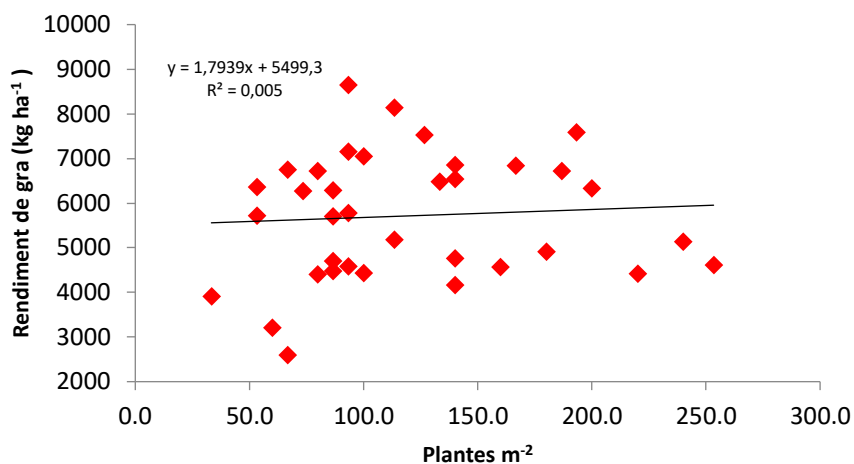
Aquests resultats en l'assaig practicat amb blat, són molt correctes per les condicions en què s'ha desenvolupat el cultiu, ja que aquest va ser de secà i amb les condicions climàtiques esmentades anteriorment, el rendiment de gra i de biomassa seca supera les produccions de la zona.

**Taula 8.** Rendiment de biomassa i de gra, índex de collita, components del rendiment i anàlisi de la variància ( $P > F$ ) per al blat (cv. Odiel) en funció de la dosi de nitrogen (campanya 2017).

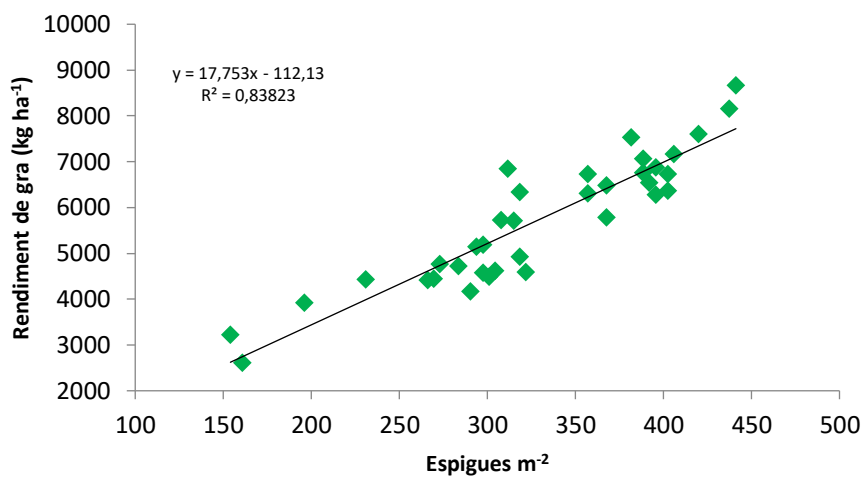
Adob N	Rendiment Biomassa fresca	Rendiment Biomassa seca	Rendiment de gra 14% humitat	Índex de collita	Densitat de plantes	Densitat d'espigues	Núm. Espigues per planta	Pes 1000 llavors	N.A.E
kg N/ha	kg/ha			%	Plantes/m <sup>2</sup>	Espigues/m <sup>2</sup>	Espigues./planta	— g —	kg/kg
<b>0</b>	9.723	8.217	4.524	47,8	106	267	3	37	-
<b>60</b>	13.392	10.613	5.992	48,3	113	347	3,3	37,2	24,5
<b>120</b>	13.140	11.134	6.235	48	139	349	3,2	35,7	14,3
<b>180</b>	13.295	10.738	6.111	49	123	350	3,5	37,2	8,8
<b>Mitjana</b>	12.388	10.175	5.715	48,3	120	328	3,3	36,8	15,8
<b><math>P &gt; F</math></b>	0,0307	0,0358	0,0297	0,8487	0,6464	0,0308	0,9209	0,8059	0,2097
<b>Significació</b>	*	*	*	NS	NS	*	NS	NS	NS
<b>Contrast</b>	0,0034	0,0045	0,0034	-	-	0,0034	-	-	-
<b>CV (%)</b>	23,4	21,7	22,7	5,9	47,6	20,3	49,3	10,1	116

\*\*, \* Indica significació per a  $P < 0,01$  i  $0,05$ , respectivament. NS, no significatiu.

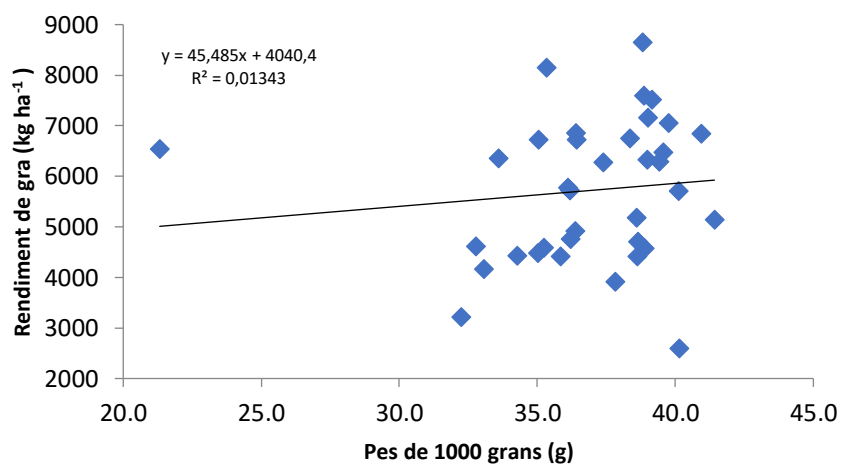
Contrast: dosi 0 kg N/ha respecte 60, 120 i 180 kg N/ha.



**Figura 10.** Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i la densitat de cultiu. Regressió no significativa.



**Figura 11.** Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i la densitat d'espigues. Regressió significativa ( $P > F = 0,001$ ).



**Figura 12.** Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i el pes de 1000 grans. Regressió no significativa

### 4.2.2. Resultats en ordi

Les mitjanes de rendiment de biomassa fresca i gra (14%) en el cas de l'ordi cv. Gustav, van ser 22.100 i 7.521 kg/ha respectivament. Podem apreciar una diferència notable en quant a rendiment d'ordi respecte al rendiment del blat en l'assaig al Baix Llobregat, ja que els resultats obtinguts són elevats en quant a quantitat de gra i biomassa per la zona. Aquests rendiments són superiors als obtinguts per Gómez-Mercado *et. al.*, (2009). El rendiment en ordi és força superior al del blat i aquest fet pot deure's, en part, a que l'ordi té un final de cicle més ràpid i pot suportar millor que el blat un final de cicle més càlid. Aquests resultats es poden veure amb més detall a la **Taula 9**.

La relació entre el rendiment i els seus components es pot veure en la **Figura 13**, **Figura 14** i **Figura 15**.

L'efecte de l'adob nitrogenat només ha presentat un increment significatiu en el rendiment de biomassa fresca, i podem apreciar una relació marginalment significativa en la densitat d'espigues, però els rendiments de biomassa seca i gra, índex de collita i els restants components del rendiment, no varien significativament amb la dosi d'adob nitrogenat.

#### **Rendiments de biomassa i gra**

La mitjana del rendiment de biomassa fresca en l'assaig va ser de 22.100 kg/ha, essent aquest rendiment de 26.424 kg/ha en la dosi de 180 kg N/ha i de 18.888 kg/ha en la dosi de zero adob nitrogenat. Podríem dir que el rendiment de biomassa fresca en ordi respon positivament a l'adobament nitrogenat en les condicions de l'assaig a la zona del Baix Llobregat (**Taula 9**).

La mitjana de rendiment de gra és de 7.521 kg/ha, sense increment significatiu, la diferència entre els tractaments és relativament baixa, fet que suggereix un alt nivell de N residual en el sòl, que podria ser major als 150 kg N/ha, si volem obtenir 7 t gra/ha amb els 24 kg N/ha que necessita el cultiu (com. pers. Gorchs, G). Aquest rendiment de gra es pot considerar força correcte per les condicions de desenvolupament del cultiu.

Els resultats de l'índex de collita i el rendiment de biomassa seca en el cas de l'ordi no els hem pogut estudiar i analitzar com els altres paràmetres, per un error comès a l'hora d'assecar les mostres a l'estufa. Els valors que s'havien obtingut eren de l'ordre del 70%, de manera que és poc possible arribar a aquesta relació entre rendiment de gra i rendiment de biomassa total.

Aquest percentatge d'índex de collita sovint costa de superar al 45% assolit per Gómez-Mercado *et. al.*, (2009), és per això que hem omès la informació respecte a l'índex de collita.

### **Components del rendiment**

La mitjana de densitat de plantes de 190 plantes/m<sup>2</sup>. S'observen diferències no significatives amb valors compresos entre 196 plantes/m<sup>2</sup> i 176 plantes/m<sup>2</sup>.

La densitat mitjana d'espigues va ser de 830 espigues/m<sup>2</sup>, la qual explica l'elevat rendiment de biomassa en l'ordi. El nitrogen afecta de forma marginalment significativa en la densitat d'espigues ( $P > F$ , 0,0657), però incrementa clarament amb la dosi de nitrogen. El rendiment de gra es relaciona significativament amb la densitat d'espigues (**Taula 9**).

En quant a la relació entre espigues i planta, obtenim una resposta no significativa amb la dosi d'adob nitrogenat aplicat. La mitjana resultant és de 5,4 espigues/planta que equival a la obtinguda sense adobar amb nitrogen, mentre que el major nombre d'espigues per planta és l'obtingut a partir de la major dosi d'adob nitrogenat. Aquests valors són elevats en general, i ens indiquen una disponibilitat hídrica i de nitrogen durant el període vegetatiu que és quan es fixa aquest component del rendiment.

La mitjana de pes de 1000 grans va ser de 44,1 g, amb un increment no significatiu envers a les dosis d'adob nitrogenat podem dir que són valors alts per l'ordi. Aquests valors responen a que el final de cicle càlid va afectar menys a l'ordi que al blat. Normalment el pes de 1000 grans explica part important de les diferències de rendiment. Aquests resultats difereixen poc entre tractaments, i són deguts a l'elevat contingut de nitrogen residual en el sòl.

L'eficiència agronòmica del nitrogen veiem que no està relacionada significativament amb la dosi d'adob nitrogenat, obtenim una mitjana de 6,3 kg gra/kg N, assolint una eficiència màxima amb la dosi de 180 kg N/ha (6,94 kg gra/kg N) i una eficiència mínima amb la dosi de 60 kg N/ha.

Aquesta eficiència del nitrogen en el cas de l'ordi és baixa, per tant fins a quin punt ens surt a compte adobar amb més nitrogen o no adobant? Si adobem amb la major dosi podem veure que el rendiment de gra és gairebé 1,2 T superior i que en el cas de biomassa també és superior en l'ordre de 1,1 T aproximadament.

Taula 9. Rendiment de biomassa i de gra, índex de collita, components del rendiment i anàlisi de la variància ( $P > F$ ) per a l'ordi (cv. Gustav) en funció de la dosi de nitrogen (campanya 2017).

Adob N	Rendiment Biomassa fresca	Rendiment Biomassa seca <sup>2</sup>	Rendiment de gra 14% humitat	Índex de collita <sup>2</sup>	Densitat de plantes	Densitat d'espigues	Núm. Espigues per planta	Pes 1000 llavors	N.A.E
kg N/ha	kg/ha			%	Plantes/m <sup>2</sup>	Espigues/m <sup>2</sup>	Espigues./planta	— g —	kg/kg
<b>0</b>	18.888	-	6.928	-	191	776	5,4	43,67	---
<b>60</b>	19.644	-	7.231	-	196	784	4,7	44,76	5,1
<b>120</b>	23.442	-	7.746	-	196	842	4,9	43,6	6,8
<b>180</b>	26.424	-	8.178	-	176	919	6,5	44,2	6,9
<b>Mitjana</b>	22.100	-	7.521	-	190	830	5,4	44,1	6,3
<b><math>P &gt; F</math></b>	0,0053	-	0,1008	-	0,9660	0,0657	0,5240	0,5909	0,9397
<b>Significació</b>	**	-	NS	-	NS	<b>NS<sup>1</sup></b>	NS	NS	NS
<b>Contrast</b>	0,0224	-	-	-	-	0,1344	-	-	-
<b>CV (%)</b>	20,9	-	14,7	-	50,3	14,1	50,6	4,6	199,3

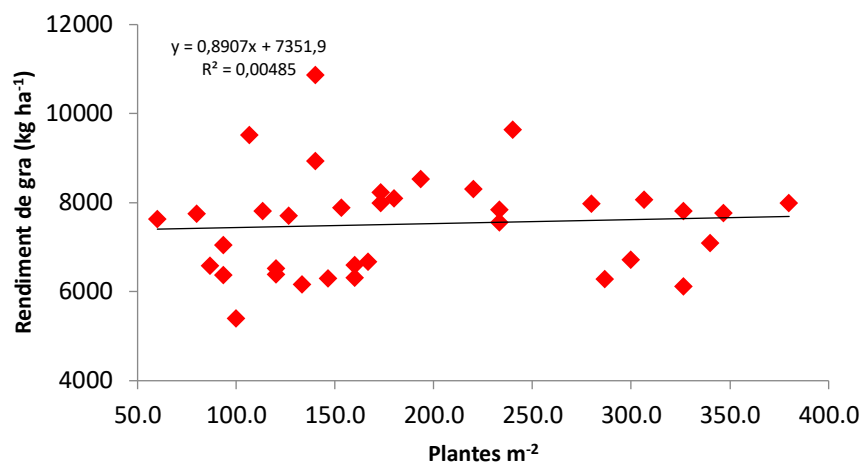
\*\* , \* Indica significació per a  $P < 0,01$  i  $0,05$ , respectivament. NS, no significatiu.

Contrast: dosi 0 kg N/ha respecte 60, 120 i 180 kg N/ha.

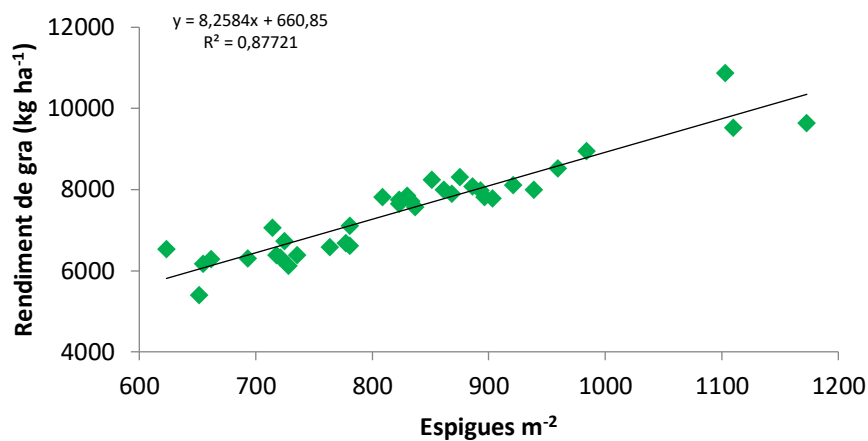
NS<sup>1</sup> Marginalment significatiu:  $P > F = 0,0657$

<sup>2</sup> Dada no disponible

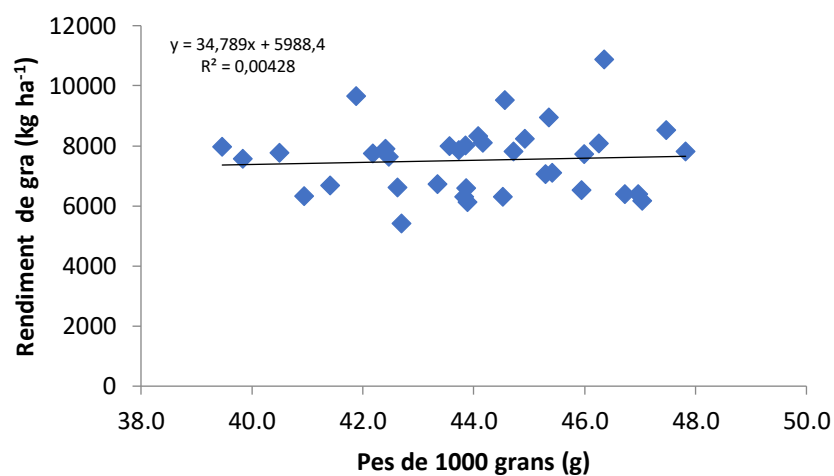




**Figura 13.** Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i la densitat de cultiu. Regressió no significativa.



**Figura 14.** Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i la densitat d'espigues. Regressió significativa ( $P > F = 0,001$ ).



**Figura 15.** Efecte de la dosi de nitrogen sobre la relació entre el rendiment de gra i el pes de 1000 grams. Regressió no significativa.

## 5. Conclusions

1. El rendiment de biomassa fresca i gra en el blat, incrementa amb la fertilització nitrogenada, mentre que en l'ordi aquest increment només s'observa pel rendiment de biomassa fresca.
2. En el blat, l'adobat nitrogenat també afecta positivament en la densitat d'espigues.
3. En tots els paràmetres afectats positivament per l'adobat nitrogenat, s'obtenen valors superiors pels tractaments adobats respecte els no adobats, però sense diferenciar-se entre ells. Aquest fet suggereix que el N residual en el sòl en el moment de la sembra era elevat i que dosis moderades de nitrogen serien les òptimes en les condicions de l'assaig.
4. El blat presenta valors de pes de 1000 grans baixos, sensiblement inferiors als de l'ordi, fet que es pot deure al final de cicle molt càlid al que s'adapta amb més facilitat l'ordi, essent en part el motiu per al que el blat obté un rendiment de gra inferior a l'ordi.
5. Els rendiments de gra obtinguts s'han de considerar alts pel Baix Llobregat en condicions de secà, particularment per l'ordi. No obstant, no s'ha aconseguit l'objectiu perseguit amb l'assaig, que era el d'obtenir diferències notables entre nivells d'adobat nitrogenat per tal d'estudiar si amb una càmera convencional es podia captar la variabilitat generada, amb l'objectiu d'avaluar l'estat nitrogenat del cereal, aspecte que es treballava en altres "TFG's".
6. L'eficiència agronòmica del nitrogen no incrementa significativament en cap dels assajos practicats. Aquesta en blat, és superior en la dosi més baixa d'adob aplicat i disminueix a mesura que augmentem la dosi d'adob, mentre que en ordi aquesta eficiència agronòmica del nitrogen és molt baixa i varia molt poc entre tractaments.

## 6. Bibliografia

- Addiscot, T.M., Whymore, A.P., Powlson, D.S. 1991. Farming, fertilizers and the nitrate problem. CAB International, Wallingford, UK.
- Alley, M.M., Brann, D.E., Hammons, J.L., Scharf, P. y Baethgen, W.E. 1999. Nitrogen management for winter wheat: Principles and recommendations. Virginia Coop. Ext. Pub. 424-026.
- Angás, P., Lampurlanés, J., Cantero-Martínez, C. (2006). Tillage and N fertilization: effects on N dynamics and barley yield under semiarid Mediterranean conditions. Soil and Tillage Research. 57: 59-71.
- Ciampitti, IA y García, F.O. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y Extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios.I. Cereales, oleaginosas e industriales. Archivo Agronómico 11: 13-16.
- Departament d'agricultura, ramaderia i pesca. Dejeccions ramaderes i fertilitzants nitrogenats. (Consulta a 15 de febrer del 2018). Disponible a: <http://www.gencat.cat/darp/c/ramader/dejecram/dejec11.htm>.
- Destain, J.P., Bodson, B., Herman, J.L., y Destain, J.P. 2002. Évolution de la fumure du Livre blanc «céréales». F.U.S.A. y C.R.A, Gembloux, France.
- Echeverría, H., Bergonzi, R. y Ferrari, J. 1994. Un modelo para estimar la mialización de nitrógeno en suelos del sudeste de la provincia de BuenosAires. Argentina. Ciencia del suelo, 12:56-62.
- FAO. Manual técnico de la fijación del nitrógeno. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Pp. 10-35. 1995.
- Gate, P. 1995. Ecophysiology du blé. Lavoisier Tec and Doc, Paris.
- Gómez-Mercado, R. 2009. Estimación del rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera con el método FAO. Agricultura Técnica en México. INIFAP.
- González-Murúa, González Moro, MB y Estavillo, JM. 2004. Nitrógeno, agricultura y medio ambiente. p. 49-58. En: Reigosa Roser, M.J., Pedrol Bonjoch, N. y Sanchez Moreiras A. (eds). La ecofisiología vegetal, una ciencia de síntesis. Thompson Paraninfo, Madrid.
- Gorchs, G., J. Lloveras, L. Serrano, and S. Cela. 2007. Hemp Yields and Its Rotation Effects on Wheat under Rainfed Mediterranean Conditions. Agron. J. 109:1551-1560. Doi:10.2134/agronj2016.11.0676.

- Guerrero, A. 1999. Cultivos Herbáceos extensivos. Mundi Prensa, Madrid.
- Irañeta, I., Armesto, A.P., Segura, A., Lafarga, A., Arregui, L.M., Baroja, E. Y Quemada, M. Herramientas de ayuda a la decisión para el manejo correcto de los fertilizantes nitrogenados en cereales de invierno. Navarra Agraria nº 133, pp. 6-16. 2002.
- Ladha, J.K., Pathak, H., Krupmik, T.J., Six, J., y van Kessel, C. 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Adv. Agron.*, 87:85-155.
- Laegrid, M., O.C. Bockman, and O. Kaarstad. 1999. Agriculture fertilizers and the environment, CABI Publishing in association with Norsk Hydro ASA, Wallingford Oxon, UK.
- Laurent, François; Eric Justes, Philippe Gate. 1997. Jubil 1996. La méthode s'affine. *Perspectives Agricoles N°214*: 63-74
- López-bellido, L., López-bellido, R.J., castillo, J.E. y López-bellido ,F.J. Effects of tillage, crop rotation, and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean conditions". *Agronomy Journal* nº 92, pp. 1054-1063. 2005. 3
- López Bellido, R.J., i L. López Bellido. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean Conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research* 71, 31-46.
- López-Bellido, L. (1991), Cereales. Cultivos herbáceos.
- Meisinger J.J., y Randall, G.W. 1991. Estimating nitrogen budgets for soil-crop systems. p. 85-124. En: Follet R.F. et. al., (eds.) *Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability* SSSA, Madison, WI, EEUU.
- Navarro García, G. (2013). *Química agrícola. Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas* (3ª ed.). Madrid. Editorial Mundi-Prensa.
- Quemada, M. Balance de nitrógeno en sistemas de cultivo de cereal de invierno y de maíz en varias regiones españolas. *Monografías INIA: serie agrícola, nº 21*. Editorial Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid. P. 144. 2006.
- Quemada, M y Lloveras, J. 2006. Conclusiones. p 134-137. En: Quemada, M. (ed.) *Balances de nitrógeno en sistemas de cultivo de cereal de invierno y de maíz en varias regiones españolas. Monografías INIA: Serie agrícola. nº 22*. INIA, Madrid.
- Randall, P.J., Spencer, K., y Freney, J.R. 1981. Sulfur and nitrogen fertilizer effects on wheat. I concentrations of sulfur and nitrogen and the nitrogen to sulfur ratio in grain, in relation to the yield response. *Australian Journal of Agricultural Research*, 32 (2): 203-212.

- Reuter, D.J. y Robinson, J.B. Plant Analysis. An interpretation manual. Inkata Press, Sidney. 1986
- Ruralcat.net. (2017). Ruralcat. La comunitat virtual agroalimentària i del món rural – Prediccions del temps, informació de plagues, dades i models agro-meteorològics. [online] Disponible a: <https://www.ruralcat.net/web/guest/agrometeo>.
- Stevenson, F.J. 1982. Origin and distribution of N in the soil. En: Stevenson F.J. (ed). Nitrogen in agricultural soils. American Society of Agronomy, Madison, WI, EEUU.
- Verheye, W. Land use management, in Land Use and Land Cover, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford,UK, [http://www.eolss.net] [Retrieved December 8, 2005].
- Villalobos, F.J., Mateos, L., Orgaz, F., Ferreres, E., 2002. Fitotecnia: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Ediciones Mundi-Prensa.
- Zadocks, J.C., T.T. Chang, i C.F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereales. Weed Research 14, 415-421.