

Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Agroalimentària

**Títol: Micotoxines en el blat de moro.
Efecte de la varietat en la presència de micotoxines en el gra.**

Document: Memòria

Alumne: Maria Roca i Castañer

Tutor: Pere Vilardell i Coderch

Departament: Enginyeria Química, Agrària i Tecnologia Agroalimentària

Àrea: Producció Vegetal

Convocatòria (mes/any): Juny 2018

ÍNDEX GENERAL

RESUM	1
PARAULES CLAU	3
AGRAÏMENTS	4
1. INTRODUCCIÓ	5
2. MARC TEÒRIC	8
2.1. FONGS PRODUCTORS DE MICOTOXINES.....	8
2.1.1. <i>Fumonisines</i>	8
2.1.2. <i>Deoxinivalenol (DON) i Zearalenona (ZEA)</i>	9
2.1.3. <i>Aflatoxines</i>	9
2.1.4. <i>Altres fongs menys rellevants</i>	11
2.2. CLIMATOLOGIA.....	12
2.3. BONES PRÀCTIQUES AGRÀRIES	13
2.4. PLAGUES.....	13
2.4.1. <i>Sesamia nonagrioides</i>	14
2.4.2. <i>Ostrinia nubilalis</i>	16
2.4.3. <i>Helicoverpa armigera</i>	18
3. OBJECTIUS	20
4. MATERIAL I MÈTODES	21
4.1. LOCALITZACIÓ	21
4.2. ANÀLISI DEL SÒL.....	22
4.3. CLIMATOLOGIA.....	22
4.4. PRÀCTIQUES CULTURALS.....	23
4.5.1. <i>Material vegetal</i>	25
4.5.2. <i>Disseny de l'assaig</i>	26
4.5.3. <i>Avaluacions realitzades a camp</i>	27
4.5.4. <i>Determinació del contingut en micotoxines</i>	29
4.6. ASSAIG D'INOCULACIÓ DE <i>F. GRAMINEARUM</i> I <i>F. VERTICILLIOIDES</i> A DIFERENTS VARIETATS DE BLAT DE MORO. .	29
4.6.1. <i>Material vegetal</i>	29
4.6.2. <i>Disseny de l'assaig</i>	29
4.6.3. <i>Condicions d'inoculació</i>	30
4.7. ANÀLISI DE DADES	32
5. RESULTATS	33
5.1. ASSAIG DE VARIETATS DE BLAT DE MORO PER A GRA I SEGUIMENT DE LA PRESENCIA DE FONGS CAUSANTS DE MICOTOXINES AIXÍ COM DE LES DE PLAGUES QUE AFECTEN AL CULTIU.	33
5.1.1. <i>Data de floració</i>	33
5.1.2. <i>Producció</i>	33
5.1.3. <i>Afectació per lepidòpters</i>	36
5.1.4. <i>Afectació de Fusarium</i>	39
5.1.5. <i>Contingut Fumonisines B₁+B₂</i>	43
5.1.6. <i>Comparació de parelles de varietats isogèniques</i>	47
5.2. ASSAIG D'INOCULACIÓ DE <i>F. GRAMINEARUM</i> I <i>F. VERTICILLIOIDES</i> A DIFERENTS VARIETATS DE BLAT DE MORO. .	49
5.2.1. <i>Inoculació Fusarium verticillioides</i>	49
5.2.2. <i>Inoculació Fusarium graminearum</i>	50
6. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS	52
6.1. EFECTE DE LES VARIETATS DE BLAT DE MORO EN LA PRESENCIA DE FONG A LA PANOTXA I EN EL CONTINGUT DE MICOTOXINES.....	52

6.2.	EFFECTE DELS ATACS PER LEPIDÒPTERS EN LA PRESENCIA DE MICOTOXINES EN EL GRA.	52
7.	CONCLUSIONS	54
8.	BIBLIOGRAFIA	55

ÍNDIX FIGURES

FIGURA 1. AFECTACIÓ AVANÇADA EN PANOTXA DE FUSARIUM VERTICILLIOIDES (08/09/17).....	8
FIGURA 2. AFECTACIÓ A PANOTXA DE FUSARIUM VERTICILLIOIDES (08/09/17).....	8
FIGURA 3. AFECTACIÓ DE FUSARIUM GRAMINEARUM (08/09/17).....	9
FIGURA 4. AFECTACIÓ A PANOTXA D' AFLATOXINA. FONT: IRTA MAS BADIA.....	10
FIGURA 5. AFECTACIÓ A PANOTXA DE THRICHODERMA (08/09/17).....	11
FIGURA 6. AFECTACIÓ A PANOTXA DE CEPHALOSPORIUM ACREMONIUM (08/09/17).....	11
FIGURA 7. TEMPERATURES I HUMITATS ÒPTIMES PEL DESENVOLUPAMENT DE F.GRAMINEARUM, F. VERTICILLIOIDES, ASPERGILLUS SP. I PENICILLIUM SP. FONT: MAIORANO I REYNERI.....	12
FIGURA 8. OUS DE SESAMIA NONAGRIOIDES FONT: PLAGAS DEL MAIZ.....	15
FIGURA 9. PUPA HIVERNANT DINS LA CANYA DE BLAT DE MORO. FONT: PLAGAS DEL MAIZ.....	15
FIGURA 10. LARVA JOVE.....	15
FIGURA 11. LARVA JOVE MENJANT LA CANYA DE BLAT DE MORO.....	15
FIGURA 12. INDIVIDU ADULT DE SESAMIA NONAGRIOIDES.....	15
FIGURA 13. LARVA OSTRINIA NUBILALIS. FONT: JOHN L. CAPINERA, UNIVERSITY OF FLORIDA.....	17
FIGURA 14. OUS QUE ESTAN A PUNT DE NEIXER OSTRINIA NUBILALIS. FONT: USDA.....	17
FIGURA 15. MASCLE ADULT OSTRINIA NUBILALIS. FONT: JOHN L. CAPINERA, UNIVERSITY OF FLORIDA.....	17
FIGURA 16. FEMELLA ADULTA OSTRINIA NUBILALIS. FONT: JOHN L. CAPINERA, UNIVERSITY OF FLORIDA.....	17
FIGURA 17. LARVA HELICOVERPA DE COLORACIÓ CLARA. FONT: JOHN L. CAPINERA, UNIVERSTIY OF FLORIDA.....	19
FIGURA 18. LARVA JOVE ALIMENTANT-SE DE LES SEDES.....	19
FIGURA 19. ADULT HELICOVERPA. FONT: JOHN L. CAPINERA, UNIVERSITY OF FLORIDA.....	19
FIGURA 20. LARVA HELICOVERPA DE COLORACIÓ FOSCA. FONT: JOHN L. CAPINERA, UNIVERSITY OF FLORIDA.....	19
FIGURA 21. TRAMPA DE FEROMONES PER HELICOVERPA.....	19
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓ DINS LA PARCEL·LA DE L'ASSAIG DE LA XARXA DE VARIETATS PER A GRA (PARCEL·LA LILA) I DE L'ASSAIG DE INOCULACIÓ DE F. VERTICILLIOIDES, F. GRAMINEARUM I D'AMBDÓS (PARCEL·LA GROGA). FONT: «VISOR SIGPAC V 3.3», S.D.....	21
FIGURA 23. SITUACIÓ DE VERGES (CERCLE TARONJA) I ELS DOS ASSAJOS (RECTANGLE GROC). FONT: «VISOR SIGPAC V 3.3», S.D.....	21
FIGURA 24. TEMPERATURA MITJANA MENSUAL I PLUVIOMETRIA MENSUAL DE L'ESTACIÓ METEOROLÒGICA MAS BADIA DE LA CAMPANYA 2017, EN COMPARACIÓ AMB LA MITJANA DEL PERÍODE 1984-2017.....	22
FIGURA 25. REPRESENTACIÓ GRÀFICA DE LA TEMPERATURA (MÀXIMA, MÍNIMA I MITJANA) I PLUVIOMETRIA DURANT EL MES DE JUNY. FONT: «SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA», S.D.....	23
FIGURA 26. PREPARACIÓ DEL SÒL AMB ROLEU I FRESADORA. FONT: IRTA MAS BADIA.....	24
FIGURA 27. PROCÉS DE RECOL·LECCIÓ. FONT: IRTA MAS BADIA.....	24
FIGURA 28. PREPARACIÓ DEL SÒL AMB ARADA. FONT: IRTA MAS BADIA.....	24
FIGURA 29. DISTRIBUCIÓ DE LES MICROPARCEL·LES VARIETALS EN L'ASSAIG DE VARIETATS DE BLAT DE MORO PER GRA A LA CAMPANYA 2017.....	27
FIGURA 30. VISITES A CAMP PER MESURAR LA INCIDÈNCIA DE FONGS A PANOTXA. FONT: IRTA MAS BADIA.....	28
FIGURA 31. DISTRIBUCIÓ DE LES MICROPARCEL·LES VARIETALS EN L'ASSAIG D'INOCULACIÓ.....	30
FIGURA 32. INOCULACIÓ DE 2 ML DE CONCENTRAT A LA PART DE LES SEDES DE LA PANOTXA DE BLAT DE MORO (07/07/2017).....	31
FIGURA 33. MATERIAL UTILITZAT PER A LA INOCULACIÓ: CAIXA DE POREXPAN, XERINGUES I QUADERN DE CAMP.....	31
FIGURA 34. CÀRREGA DE LA XERINGA D' INOCULACIÓ (07/07/2017).....	31
FIGURA 35. COMPARACIÓ DE LA DATA DE FLORACIÓ DE LA VARIETAT PR33Y72, PRESA COM A CONTROL RESPECTE A LES 37 VARIETATS RESTANTS DE L'ASSAIG.....	33
FIGURA 36. PRODUCCIÓ (KG/HA) DE CADA VARIETAT. LES LLETRES SOBRE LES BARRES INDIQUEN LA SEPARACIÓ DE MITJANES SEGONS EL TEST DE TUKEY (P-VALOR<0.05).....	34
FIGURA 37. PES ESPECÍFIC (KG/HL) DE CADA VARIETAT. LES LLETRES SOBRE LES BARRES INDIQUEN LA SEPARACIÓ DE MITJANES SEGONS EL TEST DE TUKEY (P-VALOR<0.05).....	35
FIGURA 38. MITJANES DEL PES ESPECÍFIC DE LES VARIETATS TRANSGÈNIQUES, CONVENCIONALS I DEL TOTAL ASSAJADES. LES BARRES D'ERROR INDIQUEN EL VALOR DEL COEFICIENT DE VARIACIÓ.....	35

FIGURA 39. MITJANA DE PRODUCCIÓ DE PLANTES TRANSGÈNIQUES, CONVENCIONALS I TOTALS. LES BARRES D'ERROR INDIQUEN EL VALOR DEL COEFICIENT DE VARIACIÓ.....	36
FIGURA 40. DANYS PER HELICOVERPA DE CADA VARIETAT. LES LLETRES SOBRE LES BARRES INDIQUEN LA SEPARACIÓ DE MITJANES SEGONS EL TEST DE TUKEY (P-VALOR<0,05).....	37
FIGURA 41. RELACIÓ PES ESPECÍFIC I PANOTXES DANYADES PER HELICOVERPA ARMIGERA DE CADA VARIETAT.....	39
FIGURA 42. AFECTACIÓ PER FUSARIUM VERTICILLIOIDES EN LA SUPERFÍCIE DE LA PANOTXA PER CADA VARIETAT. LES LLETRES INDIQUEN DIFERÈNCIES ESTADÍSTIQUES SEGONS EL TEST DE SEPARACIÓ DE MITJANES DE TUKEY (P-VALOR<0,05).....	40
FIGURA 43. INCIDÈNCIA DE FUSARIUM VERTICILLIOIDES A PANOTXA PER CADA VARIETAT. LES LLETRES INDIQUEN DIFERÈNCIES ESTADÍSTIQUES SEGONS EL TEST DE SEPARACIÓ DE MITJANES DE TUKEY (P-VALOR<0.05).	41
FIGURA 44. RELACIÓ PES ESPECÍFIC I SUPERFÍCIE DE LA PANOTXA AFECTADA PER FUSARIUM VERTICILLIOIDES PER CADA VARIETAT.	41
FIGURA 45. RELACIÓ DE PANOTXES AMB DANYS D'HELICOVERPA ARMIGERA I SUPERFÍCIE DE LA PANOTXA AFECTADA PER FUSARIUM VERTICILLIOIDES PER CADA VARIETAT.....	42
FIGURA 46. MITJANA DE PANOTXES AMB DANYS D'HELICOVERPA ARMIGERA AMB PLANTES TRANSGÈNIQUES, CONVENCIONALS I TOTALS. LES BARRES D'ERROR INDIQUEN EL VALOR DEL COEFICIENT DE VARIACIÓ.	42
FIGURA 47. CONTINGUT DE FUMONISINES B1+B2 PER CADA VARIETAT. ELS VALORS CORRESPONENTS AL RESULTAT ANALÍTIC D'UNA ÚNICA MOSTRA COMPOSADA PER GRA DE LES 4 REPETICIONS DE CADA VARIETAT.....	43
FIGURA 48. MITJANA DEL CONTINGUT DE FUMONISINES EN PLANTES TRANSGÈNIQUES, CONVENCIONALS I TOTAL DE VARIETATS. LES BARRES D'ERROR INDIQUEN EL VALOR DEL COEFICIENT DE VARIACIÓ.	44
FIGURA 49. CONTINGUTS DE DON I ZEA EN LES VARIETATS DE L'ASSAIG EN LES QUE ES VA DETECTAR PRESENCIA DE LES DUES MICOTOXINES.....	44
FIGURA 50. RELACIÓ DEL PES ESPECÍFIC (KG/HL) DEL GRA I EL CONTINGUT EN FUMONISINES B1+B2 (PPB).	45
FIGURA 51. RELACIÓ ENTRE LA SUPERFÍCIE DE PANOTXA AFECTADA PER FUSARIUM VERTICILLIOIDES I EL CONTINGUT EN FUMONISINES PER CADA VARIETAT.....	45
FIGURA 52. MITJANA DE SUPERFÍCIES DE PANOTXA AFECTADES PER FUSARIUM VERTICILLIOIDES EN PLANTES TRANSGÈNIQUES, CONVENCIONALS I TOTAL DE VARIETATS. LES BARRES D'ERROR INDIQUEN EL VALOR DEL COEFICIENT DE VARIACIÓ.	46
FIGURA 53. RELACIÓ ENTRE PANOTXES AMB DANYS HELICOVERPA ARMIGERA (%) I EL CONTINGUT EN FUMONISINES B1+B2 (PPB) PER CADA VARIETAT.....	46
FIGURA 54. SEVERITAT MITJANA DE LES VARIETATS QUE ES VAN INOCULAR AMB F. VERTICILLIOIDES I NO INOCULADES. LES BARRES D'ERROR INDIQUEN EL VALOR DEL COEFICIENT DE VARIACIÓ.	49
FIGURA 55. INCIDÈNCIA MITJANA DE LES VARIETATS QUE ES VAN INOCULAR AMB F. VERTICILLIOIDES I NO INOCULADES.	50
FIGURA 56. SEVERITAT MITJANA DE LES VARIETATS QUE ES VAN INOCULAR AMB F. GRAMINEARUM I NO INOCULADES. LES BARRES D'ERROR INDIQUEN EL VALOR DEL COEFICIENT DE VARIACIÓ PER CADA PARÀMETRE ESTUDIAT.	50
FIGURA 57. INCIDÈNCIA MITJANA DE LES PLANTES VARIETALS QUE ES VAN INOCULAR AMB F. GRAMINEARUM I NO INOCULADES.	51
FIGURA 58. CORBES DE VOL DE SESAMIA NONAGRIOIDES DURANT LA CAMPANYA 2016-2017 I 1987-1988 A LA TALLADA D'EMPORDÀ I ULLÀ. FONT: MAS BADIA.....	52
FIGURA 59. CORBES DE VOL DE HELICOVERPA ARMIGERA DURANT LA CAMPANYA 2016-2017 I 1987-1988 A LA TALLADA D'EMPORDÀ I ULLÀ. FONT: MAS BADIA.....	53

ÍNDIX DE TAULES

TAULA 1. TAULA DEL DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓ EUROPEA 2006/576/CE. FONT COMISSIÓ EUROPEA	6
TAULA 2. NIVELLS ACCEPTABLES DE FUMONISINES I DON PER ESPORC. FONT: ESPORC	7
TAULA 3. TAULA DEL DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓ EUROPEA 1126/2007. FONT COMISSIÓ EUROPEA	7
TAULA 4. TEMPERATURES MÀXIMES, ÒPTIMES I MÍNIMES PEL DESENVOLUPAMENT D' ASPERGILLUS FLAVUS, F. VERTICILLIOIDES I F. GRAMINEARUM. FONT: IRTA MAS BADIA.....	12
TAULA 5. ACTIVITAT MÍNIMA D'AIGUA TOLERADA PER ASPERGILLUS FLAVUS, FUSARIUM I PENICILLIUM VERRUCOSUM. FONT: MAS BADIA.	13
TAULA 6. VARIETATS, CICLE, EMPRESA PROVEÏDORA I TIPUS D'HÍBRID DE CADASCUNA DE LES VARIETATS EMPARADES A L'ASSAIG VARIETAL DE BLAT DE MORO PER GRA. FONT: IRTA MAS BADIA.	25
TAULA 7. MODEL ESTANDARDITZAT PER DETECTAR EL % DE INCIDÈNCIA I SEVERITAT A PANOTXA. FONT: IRTA MAS BADIA ..	28
TAULA 8. VARIETATS, CICLE, EMPRESA PROVEÏDORA I TIPUS D'HÍBRID DE CADASCUNA DE LES VARIETATS EMPARADES A L'ASSAIG VARIETAL DE BLAT DE MORO PER GRA. FONT: IRTA MAS BADIA..	29
TAULA 9. AGRUPACIÓ DE LES VARIETATS QUE TENEN VALORS INFERIORS A LA MITJANA DE PRODUCCIÓ (17515,82 KG/HA) I DANYS PRODUÏTS PER HELICOVERPA ARMIGERA A LA SUPERFÍCIE DE LA PANOTXA.	38
TAULA 10. AGRUPACIÓ DE LES VARIETATS QUE TENEN VALORS INFERIORS A LA MITJANA DE PRODUCCIÓ (17515,82 KG/HA) I DANYS PRODUÏTS PER HELICOVERPA ARMIGERA A LA SUPERFÍCIE DE LA PANOTXA.	38
TAULA 11. PARÀMETRES EXPERIMENTALS OBTINGUTS A CAMP DE LA VARIETAT 68.K I 69 YG.	47
TAULA 12. PARÀMETRES EXPERIMENTALS OBTINGUTS A CAMP DE LA VARIETAT P1570 I P1570Y.	47
TAULA 13. PARÀMETRES EXPERIMENTALS OBTINGUTS A CAMP DE LA VARIETAT P1921 I P1921Y.	47
TAULA 14. PARÀMETRES EXPERIMENTALS OBTINGUTS A CAMP DE LA VARIETAT PR33Y74 I PR33Y72.	48

RESUM

La presència de micotoxines en el cereal és una de les principals causes de la desvalorització del gra degut a problemes associats a la salut animal i humana, baixos rendiments de producció i conseqüentment disminució dels ingressos pel productor. Aquestes són produïdes per alguns fongs principalment dels gèneres *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*.

Aquests fongs creixen bàsicament en substrats d'origen vegetal com per exemple els cereals sempre i quan tinguin les característiques ambientals òptimes (temperatura i humitat). També hi ha altres factors com les pràctiques culturals, el transport i la conservació que poden influir en el desenvolupament dels fongs productors de micotoxines en el blat de moro. A més, el blat de moro pot ser atacat per múltiples paràsits, animals, àcars, insectes, nematodes, rosegadors, ocells i principalment barrinadors com *Sesamia nonagrioides*, *Ostirnia nubilalis* i *Helicoverpa armigera* produint així ferides a la planta que poden ésser punts d'entrada per a la infecció de fongs.

Les fumonisines són produïdes principalment per *Fusarium verticillioides*. Per tal de poder-se desenvolupar correctament, aquest fong és necessari que hi hagi unes condicions d'humitat elevades i temperatura d'uns 25°C ideals a les que es trobaven els assajos estudiats en aquest treball. El deoxinivalenol i la zearalenona, són produïdes principalment per *Fusarium graminearum*. L'origen de la infecció es produeix principalment a través de les sedes però també a partir de ferides produïdes per barrinadors, pedregades, etc. Les aflatoxines són micotoxines produïdes per *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*. Mostren una elevada toxicitat en les persones i animals.

Un dels sectors més afectats per aquesta problemàtica és el mercat porcí degut a l'alta sensibilitat que té aquest bestiar. Així doncs, davant aquesta creixent problemàtica s'estan aplicant normatives més restrictives i realitzant estudis per disminuir el fong productor i la concentració d'aquests metabòlits secundaris.

No obstant, el present Treball Final de Grau es va centrar en determinar la sensibilitat de les varietats de blat de moro a la presència de micotoxines, als atacs dels fongs productors de micotoxines i a les plagues que afecten a la capça en varietats emprades pels agricultors durant la campanya 2016-2017. Per assolir aquest objectiu general es van desenvolupar dos assajos específics a camp situats al Baix Empordà, concretament a la Tallada d'Empordà.

Els dos estudis queden emmarcats dins el projecte MICOCAT, Grup Operatiu de la Generalitat de Catalunya que agrupa empreses del sector productor de gra de blat de moro, la productora de pinso ESPORC, la Federació de Cooperatives de Catalunya i l'IRTA.

El primer estudi “Assaig de varietats de blat de moro per a gra i seguiment de la presència de fongs causants de micotoxines així com de les de plagues que afecten al cultiu” s’hi van sembrar 38 varietats amb parcel·les elementals de 24 m² i distribuïdes segons un disseny experimental llatinitzat normal amb 4 repeticions. En diferents períodes es van realitzar diferents seguiments i controls de plagues i dels fongs. Per acabar es van analitzar diferents mostres amb l’objectiu de determinar els continguts de micotoxines de cada varietat.

El segon estudi “Assaig d’inoculació de *F. graminearum* i *F. verticillioides* a diferents varietats de blat de moro” es van sembrar 7 varietats amb parcel·les elementals de 24 m² i distribuïdes segons un disseny experimental de blocs a l’atzar amb 3 repeticions. Seguidament es van fer tres tractaments, en un grup s’hi va inocular *F. graminearum*, a l’altre *F. verticillioides* i a l’últim s’hi van inocular els dos fongs. Si bé, només es va fer la inoculació a la primera repetició. Es van avaluar de cada varietat i tractament 10 plantes tractades i 10 no inoculades.

Les dades que es van prendre en els dos assajos es van analitzar amb el paquet estadístic SAS i/o gràficament amb l’Excel.

En el primer assaig es va relacionar i analitzar de manera tant estadística com gràfica la influència de: la data de floració, la producció, l’afectació de lepidòpters relacionat, l’afectació de *Fusarium*, i el contingut de micotoxines.

En el segon assaig es va analitzar de manera gràfica la influència de la inoculació i la no inoculació dels dos tipus de fongs a cadascuna de les varietats.

Les principals conclusions de l’ “Assaig de varietats de blat de moro per a gra i seguiment de la presència de fongs causants de micotoxines així com de les de plagues que afecten al cultiu” són que existeix una relació clara entre la varietat i el contingut en micotoxines al gra. Per altra banda, no s’observa una relació clara entre la superfície de la panotxa afectada per *Fusarium verticillioides* i el contingut en micotoxines. També s’observa una tendència a presentar continguts amb micotoxines més elevats en les parcel·les amb danys per *Helicoverpa armigera*. Per acabar, s’intueix una relació positiva entre el pes específic i la textura del gra amb els atacs de *Fusarium* a la capça.

La principal conclusió de l’ “Assaig d’inoculació de *F. graminearum* i *F. verticillioides* a diferents varietats de blat de moro” és que les inoculacions artificials de *F. verticillioides* i *F. graminearum* han corroborat la diferent sensibilitat varietal als atacs dels dos fongs.

PARAULES CLAU

- Fumonisines
- Deoxinivalenol (DON)
- Zearalenona (ZEA)
- *Fusarium verticillioides*
- *Fusarium graminearum*
- *Cephalosporium acremonium*
- *Sesamia nonagrioides*
- *Ostrinia nubilalis*
- *Helicoverpa armigera*

AGRAÏMENTS

Vull agrair a aquelles persones que m'han orientat i donat suport en l'elaboració d'aquest projecte.

Primerament al personal d'IRTA Mas Badia, en concret al departament de conreus extensius, per donar-me l'oportunitat de poder realitzar aquest estudi i oferir-me els seus recursos. També voldria donar les gràcies a l'empresa on aleshores estava de pràctiques per poder-se adaptar a les meves necessitats estudiantils i no posar cap inconvenient al combinar les dues tasques.

Seguidament, voldria agrair a Pere Vilardell i Joan Serra, tutor i director del projecte, pel seu recolzament, orientació i seguiment. Tanmateix, agrair l'ajuda i coneixement a Roser Sayeras en la feina de camp.

Finalment, m'agradaria donar les gràcies a la família per la paciència i suport en la realització d'aquest treball.

1. INTRODUCCIÓ

La font més important d'alimentació de la població mundial són els cereals amb una recol·lecció que excedeix els 1500 milions de tones. Els experts estimen que depenent de la tecnologia d'emmagatzematge i del clima de la zona es poden produir unes pèrdues d'un 10% a un 30% degut al desenvolupament de fongs. La FAO publica que anualment al menys el 25% de les recol·leccions de cereal del món són afectades per micotoxines amb un substancial impacte per *Fusarium* (Velluti, 2002).

Les micotoxines són productes del metabolisme secundari d'alguns fongs, principalment dels gèneres *Aspergillus*, *Penicillium* i *Fusarium*, sintetitzats principalment després d'un temps de creixement actiu o com a resposta a condicions d'estrès. Aquests fongs creixen bàsicament en substrats d'origen vegetal, principalment cereals, tot i que també es poden trobar en fruiters, fruits secs o farratges, sent aquests aliments i els seus derivats, els principals productes que poden ser potencialment contaminats amb micotoxines (Cano-Sancho *et al.*, 2009). La producció de micotoxines està molt relacionada amb el creixement del fong que les produeix i diversos factors com el potencial genètic del fong, l'activitat de l'aigua, temperatura i nutrients (Velluti, 2002).

Aquestes toxines poden produir-se a camp, durant el desenvolupament dels cultius, o posteriorment com a resultat d'una manipulació i/o emmagatzematge inadequats. També poden arribar a la cadena alimentària a través de productes d'origen animal, com la carn, els ous, la llet i els seus derivats; en aquest cas, l'origen s'ha de buscar en el consum de pinsos contaminats per part del bestiar. Per això és molt important vigilar les primeres fases del procés productiu com la conservació, transport i control de primeres matèries ja que s'ha vist que una vegada hi ha les micotoxines és molt difícil poder-les eliminar. No obstant, el risc a la presència de fongs, i per tant la possibilitat de contaminació per micotoxines és present a tota la cadena de la indústria alimentària.

S'han identificat més de 300 metabòlits secundaris fúngics tòxics, tanmateix només una trentena presenten propietats preocupants pels humans i pels animals.

Les micotoxines poden provocar una àmplia varietat d'efectes adversos en funció de la seva naturalesa química: algunes afecten el sistema immunitari, mentre d'altres són teratogèniques, mutagèniques i/o carcinògenes en algunes espècies animals que en són susceptibles. També han estat associades amb algunes malalties cròniques i agudes en animals i humans en diferents parts del món. Tanmateix, en molts casos, els efectes de les micotoxines sobre la salut humana als nivells d'exposició habituals, encara no es coneixen amb precisió (Cano-Sancho *et al.*, 2009).

Dos dels principals mercats catalans que s'han vist afectats per les micotoxines i han hagut de prendre mesures són el sector porcí i el del blat de moro. El bestiar porcí és més sensible que altres espècies ramaderes a la presència de micotoxines en l'aliment, principalment de fumonísines i deoxinivalenol desenvolupant diferents problemes patològics explicats anteriorment associats a grans pèrdues econòmiques. El blat de moro pateix una greu desvalorització degut a la presència de Fumonísines (B_1 , B_2 i B_3), els tricotecens (DON o vomitoxina...) i les zearalenones (ZEA...) produint així un producte de mala qualitat i que moltes vegades no és acceptat pel mercat d'alimentació animal ni humana.

Per tal de controlar aquesta problemàtica s'ha redactat al "Diario Oficial de la Unión Europea" – RECOMANACIÓ 2006/576/CE valors orientatius sobre el contingut màxim de fumonísines (B_1+B_2), ocratoxina A, deoxinivalenol i zearalenona en productes destinats a l'alimentació animal (Comisión Europea, 2006).

Taula 1. Taula del Diario Oficial de la Unión Europea 2006/576/CE. Font Comissió Europea

MICOTOXINA	PRODUCTES DESTINATS A L'ALIMENTACIÓ ANIMAL	VALOR ORIENTATIU EN ppb PER PINSOS AMB UN CONTINGUT D'HUMITAT DELS 12 %
DEOXINIVALENOL	Matèries primeres per pinsos:	
	Cereals i productes a base de cereals, amb excepció de subproductes de blat de moro.	8000
	Subproductes de blat de moro.	12000
	Pinsos complementaris i complets, amb excepció de:	5000
	Pinsos complementaris i complets per porcs.	900
ZERALENONA	Matèries primeres per pinsos:	
	Cereals i productes a base de cereals, amb excepció dels subproductes de blat de moro.	2000
	Subproductes de blat de moro.	3000
	Pinsos complementaris i complets:	
	Pinsos complementaris i complets per garrins i truges nul·líparas.	100
	Pinsos complementaris per a truges i porcs d'engreix.	250
OCRATOXINA A	Matèries primeres per pinsos:	
	Cereals i productes a base de cereals.	250
	Pinsos complementaris i complets:	
	Pinsos complementaris i complets per porcs.	50
FUMONISINAS B ₁ + B ₂	Matèries primeres per pinsos:	
	Blat de moro i productes a base de blat de moro.	60000
	Pinsos complementaris i complets per:	
	Porcs, cavalls, conillis i animals de companyia.	5000

Algunes fàbriques de pinsos tenen la seva pròpia classificació, com és el cas d'ESPORC S.A., molt més restrictiva que RECOMANACIÓ 2006/576/CE. En la classificació que utilitza ESPORC es considera que una partida de blat de moro està 'NETA' de micotoxines quan el contingut en Fumonisines és inferior a 1000 ppb i a la vegada el contingut en DON és inferior a 500 ppb (Solanes, 2014).

Taula 2. Nivells acceptables de Fumonisines i DON per ESPORC. Font: ESPORC

CARACTERITZACIÓ DE LA PARTIDA DE GRA	FUMONISINES (ppb)	DON (ppb)
NETA	< 1000	< 500
MICOTOXINES	1000 - 4000	500 – 2000
MICOTOXINES ALTA	> 4000	> 2000

Per alimentació humana es troba la normativa al REGLAMENT (UE) nº 1126/2007.

Taula 3. Taula del Diario Oficial de la Unión Europea 1126/2007. Font Comissió Europea

MICOTOXINA	PRODUCTES DESTINATS A L'ALIMENTACIÓ HUMANA	CONTINGUT DE ppb
DEOXINIVALENOL	Cereals no elaborats que no siguin blat dur, soja i blat de moro.	1250
	Blat dur i soja no elaborats.	1750
	Blat de moro no elaborat, excepte el destinat per molí o per via humida.	1750
	Cereals destinats al consum humà directe, farina de cereals i ordi.	750
	Pasta (seca)	750
	Pa (inclosos petits productes de fleca), pastissos, galetes, aperitius de cereals i cereals per l'esmorzar.	500
ZEARALENONA	Oli de blat de moro no refinat.	400
	Pa (inclosos+ petits productes de fleca), pastissos, galetes, aperitius de cereals i cereals per l'esmorzar, exclosos els aperitius de blat de moro i els cereals per l'esmorzar a base de blat de moro.	50
FUMONISINES	Blat de moro elaborat, excepte el destinat per molí o per via humida.	4000
	Blat de moro i aliments a base de blat de moro destinats al consum humà directe.	1000

Existeixen dues metodologies analítiques principals de determinació de micotoxines; la de tipus biològic i la de tipus químic. La de tipus biològic va tenir en els inicis del descobriment de les aflatoxines una major importància, però en l'actualitat s'apliquen més els mètodes químics, ja que són més ràpids, específics, sensibles i reproduïbles (Codony i Boatella, 2002).

El primer pas és la separació d'una fracció reduïda de la mostra que contingui de manera concentrada els analits que s'han de determinar. Normalment l'extracció es realitza mitjançant l'ús de dissolvents. En segon lloc es realitza la purificació de forma exhaustiva amb la fi de disminuir les interferències analítiques, sobretot en mostres amb una certa fracció grassa. Per a una major simplificació del procediment analític i com que les micotoxina, després de la purificació, solen exigir encara la separació de possibles interferències (Codony i Boatella, 2002).

Els mètodes de cromatografia en fase gasosa i líquid-líquid d'alta resolució són molt eficaços. Però, en molts casos, si la matriu és complexa, segueixen exigint una separació o unes purificacions prèvies. Dins del mètodes cromatogràfics s'han proposat protocols que abasten la

cromatografia en columna oberta, la cromatografia en capa fina, la cromatografia líquida d'alta resolució i la cromatografia de gasos. D'altra banda, cal destacar també l'aparició de mètodes d'immunoassaigs de les micotoxines, els quals tenen un futur important en aquest camp, ja que consten d'un conjunt d'operacions ràpides i senzilles que permeten una primera separació molt específica de la micotoxina de la resta de components i una identificació i una valoració ràpida i sensible (Codony i Boatella, 2002).

2. MARC TEÒRIC

La majoria de les micotoxines conegudes són produïdes per espècies dels gèneres *Fusarium*, *Aspergillus* i *Penicillium*. Aquestes colonitzen un ampli rang d'hàbitats ja sigui de forma exclusiva o bé amb altres espècies que coexisteixen.

Les espècies del gènere *Fusarium* es caracteritzen per ser patògenes que ataquen activament a les plantes en els cultius, tot i poder tenir un desenvolupament sapròfit facultatiu. Les espècies *Penicillium* són habitualment sapròfites però poden ser patògenes actives sobre pocs tipus de fruits, especialment en climes frescos (paràsits facultatius). Per últim, les espècies d'*Aspergillus* són patògenes ocasionals de teixits de plantes o animals però són dominants com a sapròfites en climes càlids i en condicions de baixa humitat (Velluti, 2002).

2.1. Fongs productors de micotoxines

2.1.1. Fumonisines

Les fumonisines són produïdes principalment per *Fusarium verticillioides*. És un fitopatogen cosmopolita que es troba a la majoria de sòls on ha crescut el blat de moro. És capaç d'infectar les plantes i grans sense provocar símptomes evidents (Velluti, 2002). El seu correcte desenvolupament es produeix quan les condicions d'humitat són elevada i la temperatura 25°C. L'origen de la infecció es produeix sobretot quan la planta està estressada i/o a través de ferides al gra produïdes per barrinadors, pedregades (IRTA,2017).

La simptomatologia associada a *Fusarium verticillioides* és la formació de miceli blanc en punts aïllats de la panotxa o ocupant tota la zona de la panotxa. També es pot identificar per la formació d'aquest miceli en forma d'estrella dins el gra. Pot desencadenar patologies associades en disfuncions del sistema nerviós i pulmonar (IRTA, 2017). Tot i que els seus efectes en humans són difícils de determinar, les fumonisines han sigut estadísticament associades amb la incidència de càncer d'esòfag en certes àrees de Sudàfrica i amb càncer de fetge a Xina (Velluti, 2002).



Figura 1. Afectació avançada en panotxa de *Fusarium verticillioides* (08/09/17).



Figura 2. Afectació a panotxa de *Fusarium verticillioides* (08/09/17).

2.1.2. Deoxinivalenol (DON) i Zearalenona (ZEA)

El Deoxinivalenol, DON, i la Zearalenona, ZEA, són produïdes principalment per *Fusarium graminearum*. El seu correcte desenvolupament es produeix quan les condicions d'humitat són elevades i la temperatura està al voltant dels 20-25°C. L'origen de la infecció es produeix a través de les sedes, des de l'inici de la seva aparició fins a una setmana després i també a través de ferides al gra produïdes per barrinadors, *Helicoverpa*, i/o altres esdeveniments productors de ferides com les pedregades.

La simptomatologia associada a *Fusarium graminearum* és la formació d'un miceli rosat creixent des de la punta de la panotxa fins a la base i atacs severos produint podrint a l'espigot (IRTA, 2017). DON pot desencadenar malalties al fetge, desordres hormonals, càncer d'esòfag i efectes immunodepressores produint als animals patir altres malalties més fàcilment. ZEA produeix al sector porcí problemes d'infertilitat en les truges, reducció de mida, inhibició d'aliment i hemorràgies (Velluti, 2002).



Figura 3. Afectació de *Fusarium graminearum* (08/09/17).

2.1.3. Aflatoxines

Són micotoxines produïdes principalment pels fongs *Aspergillus flavus* i *Aspergillus parasiticus*. Mostren una elevada toxicitat en les persones i els animals, amb efectes immunosupressors i cancerígens, entre altres. Es poden classificar en varis grups: B (AFB₁ i AFB₂), G (AFG₁ i AFG₂) i M (AFM₁ i AFM₂). Els aliments que més fàcilment es poden contaminar són els cereals principalment el blat de moro, els fruits secs i la llet i els seus derivats. Les aflatoxines B i G estan presents en matèries primeres i pinsos; mentre que les M es troba a la llet i a productes làctics. L'AFB₁ pot ésser absorbida per les vaques lleteres i excretada en forma de AFM₁ a la llet.

La simptomatologia associada a *Aspergillus sp.* en el blat de moro és l'aparició de miceli verd o groguencs d'aspecte granulat a la panotxa. Les patologies associades són trastorns hepàtics, carcinogènesi, problemes de fecunditat i reducció de la resposta immunitària. La infecció es pot produir a camp, però sobretot apareix durant l'emmagatzematge del gra.

Aspergillus sp. és un fong propi de climes més aviat càlids (32°C) i humitat baixa. La temperatura òptima per la seva infecció és superior a la de *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides* i *Penicillium sp.* Per altra banda, està més adaptat que *Fusarium sp.* per a poder infectar en condicions de baixa humitat. Així, les condicions més favorables per la infecció d'*Aspergillus sp.* són la sequera (estrès hídric) i temperatures altes durant la floració i el període de formació del gra (27 a 40°C). Les nits amb temperatures elevades (>21°C) també fan augmentar el risc d'infecció. La presència d'*Aspergillus flavus* en blat de moro a Catalunya és menys habitual que *Fusarium sp.* (IRTA, 2017).

Els límits màxims admesos d'aflatoxines en diverses matèries primeres i pinsos són els següents:

- El blat de moro per l'elaboració d'aliments és 5 ppb d'AFB₁ o 10 ppb considerant la suma d'AFB₁, AFB₂, AFG₁ i AFG₂ (Reglament CE nº 1881/2006).
- Per moltes matèries primeres per la fabricació de pinso (blat de moro, llavor de cotó...) és 20 ppb d'AFB₁ (Reglament CE nº 574/2011).
- En la major part dels pinsos compostos és 10 ppb; una de les excepcions és el pinso pel bestiar productor de llet, que és 5 ppb.
- En la llet per alimentació humana és 0,05 ppb d'AFM₁ (Reglament CE nº 1881/2006).



Figura 4. Afectació a panotxa d'Aflatoxina. Font: IRTA Mas Badia.

2.1.4. Altres fongs menys rellevants

Trichoderma sp. es pot identificar com a fong situat entre els grans. Tot i que no és habitual, algunes espècies de *Trichoderma* poden produir micotoxines, com la T-2, la gliotoxina i hormones del creixement com auxines i gibberalines (Argumedo-Delira *et al.*, 2009). Habitualment s'utilitza pel biocontrol degut a la seva capacitat de competir per l'espai i els nutrients en comparació amb altres fongs, la seva capacitat de producció de substàncies amb efecte antibiòtic i per afavorir la resistència a determinats patògens (*Trichoderma harzianum* T22, *Trichoderma asperellum* T34). Varis estudis mostren que el tractament de *Trichoderma harzianum* T22 permet reduir les infeccions de *Fusarium verticillioides* i la contaminació per Fumonisines (IRTA, 2017).



Figura 5. Afectació a panotxa de *Trichoderma* (08/09/17).

Cephalosporium acremonium: les afectacions al gra són, en principi poc importants, normalment es produeixen en plantes joves de blat de moro a temperatures de 30°C (SABET *et al.*, 1970; CABI, 2018).



Figura 6. Afectació a panotxa de *Cephalosporium acremonium* (08/09/17).

2.2. Climatologia

A la major part de les zones de cultiu de Catalunya es donen condicions climatològiques favorables al desenvolupament de *Fusarium verticillioides* (productors de *Fumonissines*), principalment als anys amb una major pluviometria. També és habitual que es donin condicions favorables per la infecció de *Fusarium graminearum* (productor de DON, ZEA...), principalment a les zones de producció amb temperatures més moderades (la Garrotxa, Osona...) i/o els anys amb períodes amb temperatures inferiors i precipitacions superiors a les habituals. A la següent *Figura 7* es pot identifica quines són les millors condicions de temperatura i humitat pel desenvolupament de cada fong.

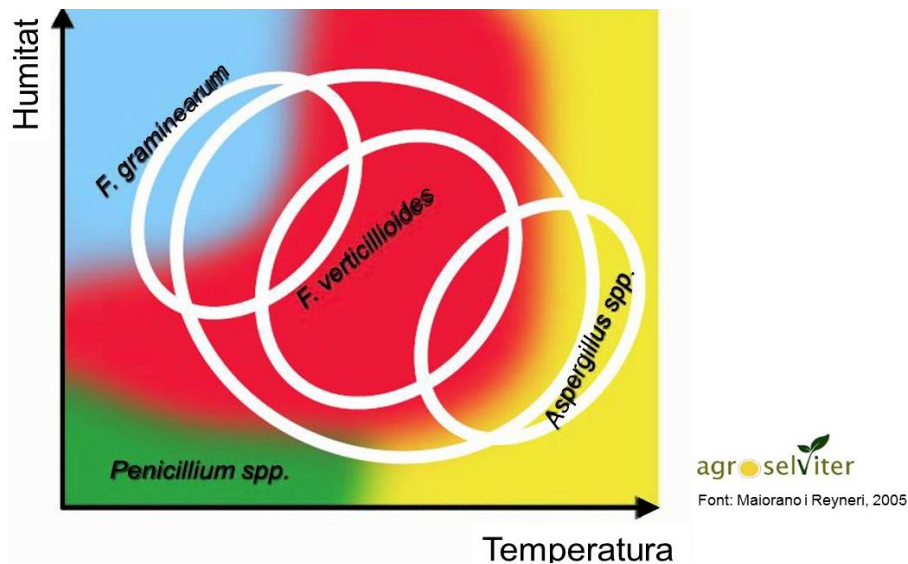


Figura 7. Temperatures i humitats òptimes pel desenvolupament de F.graminearum, F. Verticillioides, Aspergillus sp. i Penicillium sp. Font: Maiorano i Reyneri

Tal com s'indica a la *Taula 4* es pot observar quines són les temperatures òptimes, mínimes i màximes pel desenvolupament dels principals fongs productors de micotoxines que ens trobem a Catalunya.

Taula 4. Temperatures màximes, òptimes i mínimes pel desenvolupament d' Aspergillus flavus, F.verticillioides i F.graminearum. Font: IRTA Mas Badia.

	TEMPERATURA		
	MÍNIMA (°C)	ÒPTIMA (°C)	MÀXIMA (°C)
<i>Aspergillus flavus</i>	10	32	42
<i>Fusarium verticillioides</i>	3	26	35
<i>Fusarium graminearum</i>	3	24	33

L'activitat de l'aigua també és un factor clau que limita la colonització del fong als grans del cereal. Aquest fet determina si una espora fúngica pot germinar i amb quina rapidesa metabòlica

i respiratòria ho fa. Per aquest motiu aquest factor determina el tipus de microorganisme que pot créixer en un determinat substrat.

Dels microorganismes que colonitzen els grans, els fongs són els més tolerants a la baixa disponibilitat d'aigua i en conseqüència són els principals causants del deteriorament.

La disponibilitat d'aigua en el gra pot ser mesurada de diferents formes però pels materials higroscòpics com els grans és millor indicar-la com humitat relativa en equilibri, activitat de l'aigua (a_w) o el potencial hídric (Ψ) (Velluti, 2002).

Tal com s'indica a la *Taula 5* es pot observar quina és l'activitat d'aigua mínima tolerada pels fongs.

Taula 5. Activitat mínima d'aigua tolerada per Aspergillus flavus, Fusarium i Penicillium verrucosum. Font: Mas Badia.

	ACTIVITAT D'AIGUA (a_w) MÍNIMA TOLERADA
<i>Aspergillus flavus</i>	0,80
<i>Fusarium sp.</i>	0,91

2.3. Bones pràctiques agràries

Per tal de prevenir i/o disminuir el contingut de fongs productors de micotoxines en al cultiu és important realitzar unes bones pràctiques culturals. S'ha vist que el monocultiu de blat de moro contribueix a augmentar la contaminació per Fumonisines igual com el fet d'enterrar les restes del cultiu. La data de sembra en algunes situacions pot influir sobre el contingut en fumonisines, principalment si incideix en condicions més o menys favorables al desenvolupament de fongs prop de la maduresa fisiològica. Probablement en les sembres més tardanes (maig i juny) hi hagi una major probabilitat a contaminacions. En dates de sembra més tardanes del 15 de juny es recomanable d'utilitzar cicles més curts per arribar a la maduresa fisiològica abans de mitjans d'octubre. Un altre punt a tenir en compte és el reg, s'ha d'evitar que el cultiu pateixi estès hídric i aportacions excessives d'aigua. Per acabar, la data de recol·lecció en la majoria de situacions si es retarda contribueix a incrementar el contingut de Fumonisines. Per aconseguir arribar a la maduresa fisiològica amb varietats de cicles 700, 600 i 500 abans del 15 d'octubre hem de sembrar en general abans de l'1 de juny als regadius de Lleida i a les comarques de Girona, i abans de l'1 de maig a les comarques interiors de Catalunya (Osona i la Garrotxa) (IRTA, 2017).

2.4. Plagues

El blat de moro pot ser atacat per múltiples paràsits, animals, àcars, insectes, nematodes, rosegadors, ocells i barrinadors.

Sesamia nonagrioides, *Ostirnia nubialis* i *Helicoverpa armigera* són unes de les principals plagues del blat de moro les quals degut als seus danys poden ésser punts d'entrada per a la infecció de *Fusarium sp.* i la posterior producció de metabòlits secundaris com les micotoxines.

Seguidament s'explicarà el cicle biològic i descripció de l'individu, els danys que produeix als cultius, el maneig per controlar-lo i els enemics naturals de les tres plagues esmentades en el paràgraf anterior.

2.4.1. *Sesamia nonagrioides*

Sesamia nonagrioides forma part de l'ordre dels lepidòpter i família *noctuidae*.

2.4.1.1. Cicle biològic i descripció

Quan es troben en fase adulta són papallones amb el tòrax pelut, ales superiors marronoses amb estries grisenques i les inferiors blanquinoses. L'allargada oscil·la aproximadament entre uns 3,5 o 4 cm. *Sesamia nonagrioides* presenta 2 o 3 generacions l'any. Les larves hivernants passen a estadi crisàlide a principis de primavera. D'aquestes crisàlides en surten adultes. Després de l'aparellament, cada femelles diposita 100 ous aproximadament i al cap de pocs dies de realitzar aquesta tasca moren. Els ous eclosionen al cap de 5 o 6 dies, d'ells en surten unes erugues que comencen a excavar galeries cap a l'interior de la planta. *Sesamina nonagrioides* pot viure en diferents gramínies però té predilecció pel blat de moro. Les larves al cap d'un mes arriben al seu màxim desenvolupament i entren a l'estadi de crisàlide, de la qual emergeixen els adults de segona generació. Les erugues nascudes d'aquests adults perforen les plantes de blat de moro, formant galeries longitudinals que poden arribar a debilitar la canya fins a tal punt que provoquin la caiguda amb l'ajuda del vent. Les erugues passen l'hivern en un estadi letàrgic en la part inferior de la planta per poder suportar les temperatures hivernals (Capinera, 2017a). Els primers vols de l'individu de primera generació es realitzen a inicis d'abril i la segona generació a l'agost (Carbonell, 2016).

2.4.1.2. Dany

Depenent de si l'individu és de primera o segona generació el seu atac causarà danys diferents; l'atac a plantes joves per larves de primera generació pot provocar la mort a la planta, l'atac a plantes per larves de segona generació solen actuar penetrant dins la planta debilitant el tronc i produint la caiguda de la planta sobretot si s'hi afegixen factors climàtics adversos. Si l'atac és en panotxa suposa una destrucció parcial, facilitant l'entrada de fongs productors de micotoxines (Carbonell, 2016).

Es considera que a partir de 4 a 6 larves en galeria per cada planta i depenent de la mida es pot constatar unes pèrdues de rendiment variables sobre la producció total (Duran i Balduque, 1983).

2.4.1.3. Maneig

Les eines per combatre aquesta plaga poden ser culturals i químics. Les tasques més convenients recollir les restes del cultiu després de la recol·lecció i no deixar matèria orgànica del cultiu al camp. D'aquesta forma es destrueixen moltes larves i refugis on passarien l'hivern.

També es pot combatre aquesta plaga a partir de productes químics (Duran i Balduque, 1983).

Una altre pràctica més efectiva de què es disposa actualment és utilitzar varietats transgèniques, que confereixen resistència específica a les dues espècies de barrinadors.

2.4.1.4. Enemics naturals

Tant *Sesamia nonagrioides* com *Ostrinia nubilalis* són parasitades per diferents insectes com *Lydella thompsoni*. Es valora que potser arrencar les restes del cultiu i retirar la matèria orgànica pot ser contraproductiu ja que a l'arrencar-los també perjudiquen les poblacions de paràsits (Duran i Balduque, 1983).



Figura 8. Ous de *Sesamia nonagrioides* Font: Plagas del Maiz



Figura 11. Larva jove menjant la canya de blat de moro.



Figura 9. Pupa hivernant dins la canya de blat de moro. Font: Plagas del Maiz



Figura 12. Individu adult de *Sesamia nonagrioides*.



Figura 10. Larva jove.

2.4.2. *Ostrinia nubilalis*

Ostrinia nubilalis forma part de l'ordre dels lepidòpters i la família *crambidae*.

2.4.2.1. Cicle biològic i descripció

El barrinador del blat de moro durant la fred hivernal està en estadi larvari en forma de pupa i emergeix en estadi adult a principis de primavera (Capinera, 2017b) .

Ostrinia nubilalis a la nostra zona presenta 2 o 3 generacions l'any (Carbonell, 2016). Els ous es dipositen irregularment en grups de 15 a 20. Poden tenir formes ovalades, aixafades i són de coloració blanquinosa inicialment fins a enfosquir-se i agafar tonalitats marronoses i taronjoses (Capinera, 2017). Normalment els ous estan dipositats al revers de la fulla quan la planta es troba en període crític amb alçada superior a 35 cm (Carbonell, 2016). Aquests es sobreposen fent una forma semblant a les escames de peixos. Els ous mesuren 1 mm de llargada i 0,75 mm d'amplada i la temperatura adequada pel desenvolupament dels ous són 15°C. Els ous eclosionen al cap de 4 o 9 dies de ser posats. Cal tenir en compte que la mortalitat d'aquest individu normalment és alta durant els primers dies de vida però quan la larva s'estableix dins la planta disminueix.

Ostrinia nubilalis està en estadi de pupa entre l'abril i el maig i més tard si hi ha altres generacions. La pupa normalment és groguenca i marró. Mesura entre 13 i 14 mm de llargada i de 2 a 2.5 mm d'amplada (els mascles són una mica més grans). La duració en estadi de pupa dura uns 12 dies i la seva temperatura ideal són 13°C.

Les ales dels adults mascles tenen una longitud de 20 a 26 i les femelles de 25 a 34 mm. Les femelles són de color groc pàl·lid a marró clar i els mascles són de color fosc, marró-grisos. Es troba més activa en les primeres 3 o 5 hores de foscor. La disposició dels ous dura 14 dies, i cada femella posa de 20 a 50 ous per dia, o sigui un total de 400 a 600 ous durant la seva vida, tenint en compte que és un període de 18 a 24 dies (Capinera, 2017b).

2.4.2.2. Enemics Naturals

Els depredadors i paràsits tenen un efecte perjudicial sobre les població d'*Ostrinia nubilalis*, tot i això sembla que l'efecte més important és produït pels paràsits. Entre els depredadors que afecten als ous d'*Ostrinia nubilalis* i les larves joves hi ha: *Orius insidiosus*, *Chrysoperla sp.*, diferents marietes... Els insectes depredadors normalment eliminen d'un 10 o 20% dels ous d'*Ostrinia nubilalis* i els ocells com *Dendrocopos pubescent*, *Dendrocopos villosus* eliminen d'un 20 a un 30 % de larves hivernals.

Unes 24 espècies de paràsits com per exemple *Lydeella thomsoni* mata a un 30% dels taladres de segona generació.

També trobem malalties microbianes produïdes pel fong *Beauveria bassiana* i *Metarhizium anisopliae* en larves hivernants. Tot i això el patogen que sembla més important és *Nosema pyrausta* que aconseguix un 30% d'infecció a la larva i a vegades fins i tot de 80 a 95% d'infecció (Capinera, 2017b).

2.4.2.3. Clima

Hi ha molts informes que diuen que el clima influeix a *Ostrinia nubilalis*. Per exemple una alta precipitació durant l'eclosió de l'ou normalment dona alta mortalitat. També una baixa humitat, disminució de les temperatures nocturnes, precipitacions fortes i vent perjudiquen la supervivència i la posada d'ous de la femella. No obstant un estudi que va durar 10 anys aplicat

a 3 llocs diferents, Sparks *et al.* (1967) indica una relació no consistent entre el clima i la supervivència (Capinera, 2017b).

2.4.2.4. Dany

Les larves joves s'alimenten tant de les parts reproductives del blat de moro (es mengen el peduncle de les flors masculines produint la seva caiguda) com de la part vegetativa (mosseguen i pincen les fulles) i estructural. L'alimentació de larves més grans usualment provoquen danys més importants ja que majoritàriament fan túnels perforant l'estructura del blat de moro debilitant-lo i fins i tot provocant el seu bolc. Les larves de segona i tercera generació ataquen la panotxa (Capinera, 2017b).

La presència de 1 o 2 larves dins la tija és tolerable, però la presència de larves dins la panotxa és intolerable pels productors, indicant grans pèrdues de rendiment productiu (Duran i Balduque, 1983).

2.4.2.5. Maneig

L'arna és pot mostrejar a partir de llum ultraviolada i trampes de feromones. Les trampes de feromones només afecten als mascles, pel contrari amb el mètode de la llum ultraviolada les captures són pels dos sexes. El mètode de la llum ultraviolada funciona però també es capturen un nombre molt ampli d'insectes i és complicat llavors classificar-los. El mètode de les feromones tendeix a ser el més eficient i el que determina millor la densitat d'aquesta població.

També es pot controlar i/o combatre aquest plaga a partir d'insecticides, pràctiques culturals com destrucció de les restes del cultiu i matèria orgànica del cultiu i aplicar control biològic a partir de *Bacillus thuringiensis* (poc efectiu) i l'himenòpter parasitoide *Trichogramma sp.* (Capinera, 2017b).

Un de les pràctiques més efectives de què es disposa actualment és utilitzar varietats transgèniques, que confereixen resistència específica a les dues espècies de barrinadors.



Figura 13. Larva *Ostrinia nubilalis*. Font: John L. Capinera, University of Florida.



Figura 15. Mascle adult *Ostrinia nubilalis*. Font: John L. Capinera, University of Florida.



Figura 14. Ous que estan a punt de neixer *Ostrinia nubilalis*. Font: USDA.



Figura 16. Femella Adulta *Ostrinia nubilalis*. Font: John L. Capinera, University of Florida.

2.4.3. *Helicoverpa armigera*

Helicoverpa armigera forma part de l'ordre dels lepidòpters i família *noctuidae*.

2.4.3.1. Cicle biològic i descripció

Els ous són dipositats individualment sobre la fulla o a les sedes de la panotxa. La coloració és verd pàl·lid, groguenca o grisa. La forma dels ous varia, passa d'arrodonida a aixafada mesurant aproximadament de 0,5 a 0,6 mm de diàmetre i 0,5 mm d'altura cada ou. Els rangs de fecunditat són des dels 500 als 3000 ous per femella i els ous eclusionen al cap de 3 o 4 dies.

La larva un cop sortida de l'ou deambula per la planta fins que troba un lloc apetitós per començar-se a alimentar, normalment és l'estructura reproductiva de la planta. Les larves joves no són caníbals per tant inicialment potser s'alimentaran juntes. Tot i això, quan la larva madura, té una actitud molt agressiva fins al punt d'alimentar-se de les altres larves. Conseqüentment, normalment només es troba una larva madura a cada panotxa. La larva va variant de color, en general el cap tendeix a ser taronja o lleugerament marró, el tòrax és negra i el cos és majoritàriament negra, tot i que també pot agafar coloracions marronoses, verdoses, rosenques o groguenques. La larva sol tenir una ampla franja fosca lateral sobre els espiracles i una franja de color groc clar a blanc sota els espiracles.

Les larves madures deixen d'alimentar-se i baixen al terra excavant (5-10 cm) i es transformen en pupa. La pupa és de color marró, de llargada fa d'uns 17 a 22 mm i 5,5 d'ampla. La duració de l'estadi de pupa té un període d'entre 10 i 25 dies durant l'estiu.

A l'estadi adult la coloració és variable com el larvari. Majoritàriament el parell d'ales que es troben en primera posició és groguenca-marronosa, i normalment té petites taques negres. Les ales posteriors són de color blanc cremós. L'insecte adult mesura de 32 a 45 mm d'amplada i acostumen a viure 15 dies. No obstant algunes poden arribar a viure fins a 30 dies en condicions òptimes. Tenen majoritàriament activitat nocturna i durant el dia s'amaguen entre la vegetació, però algunes vegades les podem observar alimentant-se de nèctar. La posta dels ous comença al cap de tres dies d'emergir fins la mort d' *Helicoverpa*. El blat de moro jove i actiu és un bon lloc per la posta dels ous (primera generació) però també ho són les sedes (segona generació). Les femelles poden dipositar 35 ous per dia (Capinera, 2017a).

En les zones meridionals de la Península Ibèrica solen haver-hi 2 o 3 generacions anuals o fins i tot 4. És complicat dir-ho amb certesa degut els moviments migratoris estacionals de les diferents generacions anuals (Duran i Balduque, 1983).

2.4.3.2. Danys

En el blat de moro, és comú que la larva jove tendeixi a alimentar-se de les sedes i interfereix-hi en la pol·linització i posteriorment accedeix-hi al fruit (panotxa). Les ferides que té la planta per la seva alimentació són fonts de infecció i desenvolupament fúngic (Capinera, 2017).

2.4.3.3. Enemics naturals

Encara que s'han identificat nombrosos enemics naturals, molts no són efectius. No causen una alta mortalitat a *Helicoverpa armigera* ni prevenen de danys al cultiu.

Un estudi de Texas conclou per Archer i Bynum (1994) que menys d'un 1% de les larves estaven parasitades o infectades per malalties. No obstant, els ous poden estar altament parasitats per *Trichogramma sp.* o *Telenomus sp.*

Generalment, uns 100 depredadors s'alimenten dels ous i de la larva d'*Helicoverpa armigera* Entre ells trobem *Hippodamia convergens*, *Coleomegilla maculata* i ocells...(Capinera, 2017).

2.4.3.4. Maneig

Els ous i les larves normalment no es mostregen perquè els ous són molt difícils de detectar i la larva es troba dins les sedes.

Pel contrari l'insecte adult és més fàcil de controlar a partir de la utilització de llum-fluorescent i trampes de feromones. Els dos sexes són capturats per les trampes de llum, en canvi els mascles són els únics que són atrets per les trapes de feromones sexuals selectives.

Els dos tipus de trampes donen una estimació de quan l'insecte adult ataca i la densitat de població (Capinera, 2017).



Figura 17. Larva *Helicoverpa* de coloració clara. Font: John L. Capinera, Universtiy of Florida.



Figura 20. Larva *Helicoverpa* de coloració fosca. Font: John L. Capinera, University of Florida.



Figura 18. Larva jove alimentant-se de les sedes.



Figura 21. Trampa de feromones per *Helicoverpa*.



Figura 19. Adult *Helicoverpa*. Font: John L. Capinera, University of Florida.

3. OBJECTIUS

El present Treball Final de Grau s'integra dins el projecte MICOCAT, Grup Operatiu de la Generalitat de Catalunya que agrupa empreses del sector productor de gra de blat de moro, la productora de pinso ESPORC, la Federació de Cooperatives de Catalunya i l'IRTA. L'objectiu principal del projecte MICOCAT és reduir el contingut de micotoxines produïdes a camp per la incidència del fong *Fusarium sp.* en el conreu del blat de moro a Catalunya.

Concretament, aquest Treball Final de Grau s'ha centrat en determinar la sensibilitat de les varietats de blat de moro a la presència de micotoxines, als atacs dels fongs productors de micotoxines i a les plagues que afecten al cultiu.

Per assolir aquest objectiu general es van desenvolupar dos assaigs específics a camp:

- Assaig de varietats de blat de moro per a gra i seguiment de la presència de fongs causants de micotoxines així com de les de plagues que afecten al cultiu.
- Assaig d'inoculació de *F. graminearum* i *F. verticillioides* a diferents varietats de blat de moro.

4. MATERIAL I MÈTODES

Els dos assaigs es van realitzar en parcel·les de l'Estació Experimental de IRTA-Mas Badia.

4.1. Localització

La parcel·la on estaven situats els dos assaigs és la Casilla (Figura 22), ubicat a la comarca del Baix Empordà, prop de l'Estació Experimental IRTA-Mas Badia, direcció Verges carretera C-31 (Figura 23).



Figura 22. Distribució dins la parcel·la de l'assaig de la xarxa de varietats per a gra (parcel·la lila) i de l'assaig de inoculació de *F. verticillioides*, *F. graminearum* i d'ambdós (parcel·la groga). Font: «Visor SigPac V 3.3», s.d.



Figura 23. Situació de Verges (cercle taronja) i els dos assaigs (rectangle groc). Font: «Visor SigPac V 3.3», s.d.

4.2. Anàlisi del sòl

Segons la classificació “soil taxonomy” les parcel·les dels dos assajos es classifiquen com a Xerofluven oxiàquic.

Aquesta classificació defineix el sòl com a jove, càlcic amb influències de sedimentació fluvial important, C presenta una distribució irregular en profunditat i un règim d’humitat xèric (Xerofluent). La presència del nivell freàtic temporal a escassa profunditat provoca alguns signes de hidromorfia que obliguen a classificar el sòl en el Subgrup Oxiàquic Xerofluent (Clemente *et al.*, 2000)

El sòl té una textura franca.

4.3. Climatologia

Les dades obtingudes per l’estudi de la climatologia es van extreure de l’estació automàtica del Servei Meteorològic de Catalunya a Mas Badia amb coordenades UTM X= 505127, Y=4655771, altura= 15 m, situada a menys d’un quilòmetre de distància.

La climatologia (humitat, pluviometria i temperatura) és un factor determinant pel possible desenvolupament de fongs i una posterior presència de micotoxines al blat de moro. La campanya 2017 es va caracteritzar per una baixa pluviometria; tret del mes de juny, coincidint amb la floració femenina de moltes varietats (Figura 24). En conseqüència el primer reg es va haver d’avançar respecte a altres campanyes. Cal destacar que les temperatures van ser superiors a les normals durant el període març, abril, maig i juny en comparació als anys anteriors (Figura 25), i això va provocar un lleuger avançament de la floració.

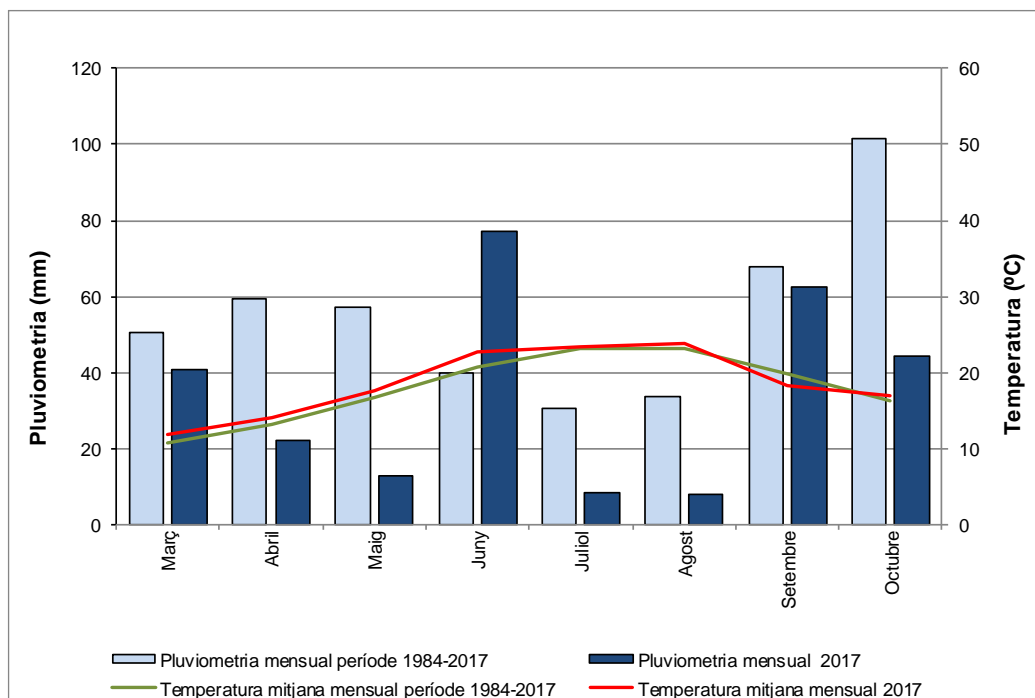


Figura 24. Temperatura mitjana mensual i pluviometria mensual de l’Estació Meteorològica Mas Badia de la campanya 2017, en comparació amb la mitjana del període 1984-2017.

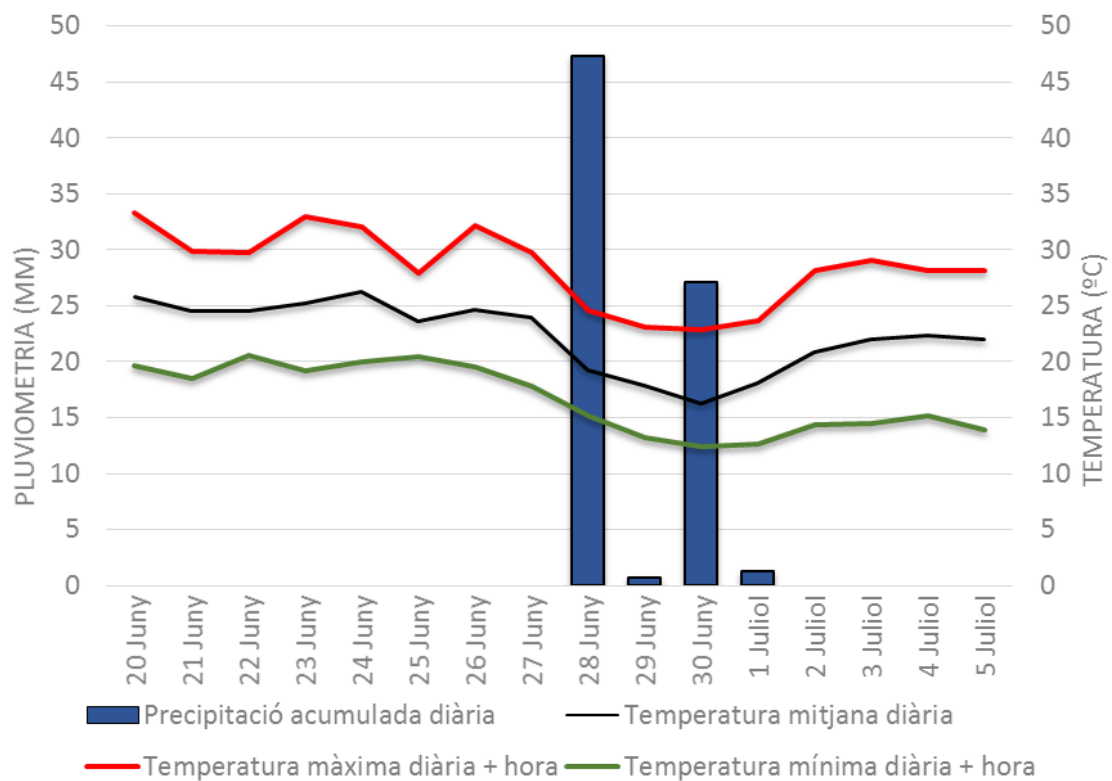


Figura 25. Representació gràfica de la temperatura (màxima, mínima i mitjana) i pluviositat durant el mes de juny. Font: «Servei Meteorològic de Catalunya», s.d.

4.4. Pràctiques culturals

L'adobat de fons es va realitzar el dia 31/03/2017 aportant 100/100/100 UF/ha en forma d'adob complex 15-15-15. El dia 04/04/2017 es va sembrar el cultiu a la dosi de 80.000 llavors/ha, es va aplicar un insecticida de sòl a la línia de sembra amb matèria activa Teflutrin 1,5% [GR] P/P (FORCE 1,5). El tractament herbicida de pre-emergència es va efectuar el dia 07/04/2017 amb un herbicida amb la barreja de Mesotriona 45% + S-Metalacloro 40% [SE] P/V (CAMIX a 3,5 L/ha). En post-emergència del cultiu es va aplicar conjuntament els herbicides Foramulfuron (CUBIX 2,25%) a la dosi de 2,5 l/ha i Tembotrin (LAUDIS 4,4%) a la dosi de 2 l/ha. La naixença del blat de moro es va produir el 15/04/2017. L'adobat de cobertora aplicat va ser de 150 UN/ha amb nitrat amònic càlcic 27%. Durant el cultiu es van fer 7 regs per escolament en regues els dies 04/06/2017-18/06/2017-15/07/2017-25/07/2017-04/08/2017-20/08/2017-01/09/2017. La collita del gra es va dur a terme el dia 05/10/2017.



*Figura 26. Preparació del sòl amb roleu i fresadora.
Font: IRTA Mas Badia*



*Figura 27. Procés de recol·lecció. Font: IRTA Mas
Badia*



*Figura 28. Preparació del sòl amb arada. Font: IRTA Mas
Badia*

4.5. Assaig de varietats de blat de moro per a gra i seguiment de la presència de fongs causants de micotoxines així com de les de plagues que afecten al cultiu.

4.5.1. Material vegetal

A l'assaig es va sembrar 38 varietats certificades de blat de moro, una part d'elles transgèniques i les altres convencionals, representatives i emprades pels agricultors durant la campanya 2017-2018 a les comarques gironines (*Taula 6*).

Taula 6. Varietats, cicle, empresa proveïdora i tipus d'hibrid de cadascuna de les varietats emprades a l'assaig varietal de blat de moro per gra. Font: IRTA Mas Badia.

VARIETAT	CICLE	EMPRESA	TIPUS D'HIBRID
68.K	700	MAÏSADOUR	Convencional
69YG	700	MAÏSADOUR	Transgènic MON 810 (isogènica de 68.K)
BOLEA YG	600	LLAVORS FITÓ	Transgènic MON 810 (isogènica de CALGARY)
CHARLESTON	600	EURALIS	Convencional
DKC5830	500	DEKALB	Convencional
DKC6442	600	DEKALB	Convencional
DKC6650	600	DEKALB	Convencional
DKC6664	600	DEKALB	Convencional
DKC6667YG	700	DEKALB	Transgènic MON 810 (isogènica de DKC6666)
DKC6729YG	700	DEKALB	Transgènic MON 810 (isogènica de DKC6728)
IXABEL	700	RAGT IBÉRICA	Convencional
KEFIEROS	700	K.W.S.	Convencional
KERIDOS	700	K.W.S.	Convencional
KONTIGOS	600	K.W.S.	Convencional
LG30.601 YG	700	LIMAGRAIN IBÉRICA	Transgènic MON 810 (isogènica de LG30.600)
LG30.681	700	LIMAGRAIN IBÉRICA	Convencional
LG30.690 YG	700	LIMAGRAIN IBÉRICA	Transgènic MON 810 (isogènica de LG60.699)
LG30.707 YG	600	LIMAGRAIN IBÉRICA	Transgènic MON 810 (isogènica de GUADIANA)
MAS 75.A	700	MAÏSADOUR	Convencional
MILOXAN YG	600	RAGT IBÉRICA	Transgènic MON 810 (isogènica de MYLOXAN)
NYSTAR YG	700	EURALIS	Transgènic MON 810 (isogènica de NYSTAR)
P0937	600	PIONEER HI-BRED	Convencional
P1524	700	PIONEER HI-BRED	Convencional

P1570	700	PIONEER HI-BRED	Convencional
P1570Y	700	PIONEER HI-BRED	Transgènic MON 810 (isogènica de P1570)
P1574Y	700	PIONEER HI-BRED	Transgènic MON 810 (isogènica de P1574)
P1921	700	PIONEER HI-BRED	Convencional
P1921Y	700	PIONEER HI-BRED	Transgènic MON 810 (isogènica de P1921)
P2105	700	PIONEER HI-BRED	Convencional
POBOA YG	600	SEMILLAS FITÓ	Transgènic MON 810 (isogènica de LERMA)
PR32W86	700	PIONEER HI-BRED	Convencional
PR33Y72	600	PIONEER HI-BRED	Transgènic MON 810 (isogènica de PR33Y74)
PR33Y74	600	PIONEER HI-BRED	Convencional
RESERVE	700	KOIPESOL SEMILLAS	Convencional
SY ANTEX	700	KOIPESOL SEMILLAS	Convencional
SY HYDRO	700	SYNGENTA	Convencional
SY JULLEN	600	KOIPESOL SEMILLAS	Convencional
SY ZOAN	600	SYNGENTA	Convencional

4.5.2. Disseny de l'assaig

Les varietats es van sembrar en parcel·les elementals de 24 m² (8 m de llarg x 3 m d'ample), constituïdes per 4 files de sembra, separades 0,75 m i amb llavors cada 15,6 cm, equivalent a la densitat de 80.000 llavors/ha.

Les parcel·les es van distribuir segons un disseny experimental llatinitzat normal amb 4 repeticions. La distribució en el camp es mostra a la *Figura 29*.

	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	8 m	
4 files																
4 files	MILOXAN YG		PR32W86	KONTIGOS	SY ZOAN	P1570	P1574Y									
4 files	NYSTAR YG		DKC6442	MAS 75.A	MAS 75.A	DKC6729YG	POBOA YG									
4 files	PO937		RESERVE	MILOXAN YG	P1524	DKC5830	P1570									
4 files	CHARLESTON		POBOA YG	KERIDOS	P1574Y	68.K	MILOXAN YG									
4 files	DKC5830		LG30.690 YG	LG30.681	69YG	DKC6442	KERIDOS									
4 files	DKC6442		CHARLESTON	BOLEA YG	RESERVE	P1570Y	P1921									
4 files	DKC6650		P1524	SY ANTEX	SY JULLEN	P0937	P2105									
4 files	DKC6664		DKC5830	KEFIEROS	LG30.681	LG30.707 YG	DKC6650									
4 files	DKC6667YG		DKC6729YG	P1574Y	DKC6667YG	KERIDOS	SY ANTEX									
4 files	DKC6729YG		SY ZOAN	SY HYDRO	NYSTAR YG	CHARLESTON	SY HYDRO									
4 files	IXABEL		LG30.601 YG	IXABEL	KEFIEROS	MILOXAN YG	BOLEA YG									
4 files	KEFIEROS		DKC6664	LG30.707 YG	IXABEL	POBOA YG	NYSTAR YG									
4 files	KERIDOS		P1570Y	68.K	P1921Y	LG30.690 YG	P1921Y									
4 files	KONTIGOS		PR33Y74	DKC6667YG	DKC6650	LG30.601 YG	DKC6667YG									
4 files	LG30.601 YG		RESERVE	SY JULLEN	PR33Y74	P2105	KONTIGOS									
4 files	LG30.681		SY ANTEX	P1921Y	SY ANTEX	KONTIGOS	DKC5830									
4 files	LG30.690 YG		SY HYDRO	NYSTAR YG	PR32W86	BOLEA YG	68.K									
4 files	LG30.707 YG		SY JULLEN	DKC6650	SY HYDRO	PR33Y74	CHARLESTON									
4 files	MAS 75.A		SY ZOAN	PR33Y74	P1921	DKC6664	IXABEL									
4 files																
	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4												

Figura 29. Distribució de les microparcel·les varietals en l'assaig de varietats de blat de moro per gra a la campanya 2017.

4.5.3. Avaluacions realitzades a camp

4.5.3.1. Seguiment i control de plagues

Les plagues de les quals es va fer seguiment de la seva evolució van ser *Helicoverpa armigera*, *Sesamia nonagrioides* i *Ostrinia nubilalis*.

Es va estudiar visualment:

- El nombre de larves de barrinador que es trobaven a les plantes de blat de moro. Es van obrir 10 canyes de les parcel·les isogèniques.
- El nombre de plantes que tenien danys a la panotxa. Aquest paràmetre es va estudiar en dos períodes diferents 27 i 28/07/2017 i al 04/08/2017. Aquest control es realitzà visualment a la part superior de la panotxa on sovint es troba el dany (forat rodó) ocasionat per *Helicoverpa*. Es van valorar 30 plantes per parcel·la el dia 4/08/2017 en les dues fileres laterals, obrint les panotxes per observar els danys.

4.5.3.2. Seguiment del cultiu: floració i producció

La data de floració es va estudiar a partir de visites periòdiques a totes les microparcel·les de l'assaig. En el moment que es va observar que el 50% de les plantes de la microparcel·la presentaven sedes a la panotxa (estadi 63 BBCH), es va estimar la data de floració de cada varietat.

La collita es va realitzar el dia 05/10/2017 emprant una recol·lectora de microparcel·les. Es van recol·lectar les dues files centrals de cada parcel·la i es va mesurar el pes per parcel·la i llavors, es va calcular la producció en Kg de gra/ha al 14% d'humitat. Just després de collir es va valorar la humitat del gra i el pes específic d'una mostra d'1 Kg de cada parcel·la.

4.5.3.3. Seguiment de virosis

Aquests paràmetre es van estudiar de manera visual a les dues files centrals de cada microparcel·la i repetició els dies 27 i 28/07/2017. Aquesta simptomatologia s'observava a tota l'estructura vegetal de la planta, anomenant així plantes nanes o raquítiques, causades per l'afectació del virus MDMV (Maiz Dwai Mosaic virus).

4.5.3.4. Incidència dels fongs

Es va valorar la presència de símptomes del fongs *Fusarium verticilloides*, *Cephalosporium acremonium* i *Fusarium graminearum* en 10 panotxes de les files laterals de cada varietat a dues de les quatre repeticions. Per detectar la incidència i la severitat a panotxa es va utilitzar l'escala visual de la Taula 7.

Taula 7. Model estandarditzat per detectar el % de incidència i severitat a panotxa. Font: IRTA Mas Badia








CLASSIFICACIÓ	VALORACIÓ	INFECCIÓ VISUAL/DANYS
0	0%	
1 - 2	1% - 3%	
2 - 3	4% - 10%	
3 - 4	11% - 25%	
4 - 5	26% - 50%	
5 - 6	51% - 75%	
6 - 7 (100%)	75% - 100%	



Figura 30. Visites a camp per mesurar la incidència de fongs a panotxa. Font: IRTA Mas Badia

4.5.4. Determinació del contingut en micotoxines

A la collita es va extreure una mostra d' 1 Kg de gra de cada varietat, composta de les 4 repeticions. Cada mostra es va assecat en estufa d'aire forçat a 60°C durant 36 hores. Les mostres es van enviar al laboratori BIOMIN per la determinació de la micotoxines, en termes de concentració en ppb. El procediment analític seguit va ser cromatografia de capa fina i espectrofotometria de masses (LC/MS).

4.6. Assaig d'inoculació de *F. graminearum* i *F. verticillioides* a diferents varietats de blat de moro.

4.6.1. Material vegetal

L'assaig es va realitzar amb les 7 varietats comercials de blat de moro més sembrades a Girona la campanya anterior, 2016-2017 (Taula 8).

Taula 8. Varietats, cicle, empresa proveïdora i tipus d'híbrid de cadascuna de les varietats emparades a l'assaig varietal de blat de moro per gra. Font: IRTA Mas Badia..

VARIETAT	CICLE	EMPRESA	TRANSGÈNIC O CONVENCIONAL
DKC6729YG	700	DEKALB	Transgènic (MON 810 isogènica de DKC6728)
LG30.681	700	LIMAGRAIN IBÉRICA	Convencional
P1570Y	700	PIONEER HI-BRED	Transgènic (MON 810 isogènica de P1570)
P1574Y	700	PIONEER HI-BRED	Transgènic (MON 810 isogènica de P1574)
P1921	700	PIONEER HI-BRED	Convencional
POBOA YG	600	SEMILLAS FITÓ	Transgènic (MON 810 isogènica de LERMA)
PR33Y72	600	PIONEER HI-BRED	Transgènic (MON 810 isogènica de PR33Y74)

4.6.2. Disseny de l'assaig

Les 7 varietats es van repetir en dos grups d'inoculació, un amb els fong *F. graminearum* i l'altre amb *F. verticillioides*. Addicionalment, es van sembrar només dues de les varietats (DKC6729YG i P1921) i es va realitzar la inoculació amb la barreja dels dos fongs. Cada varietat es va sembrar en parcel·les elementals de 24 m² (8 m de llarg x 3 m d'ample), formades per 4 files de sembra separades 0,75 m. La distribució és de 3 blocs de repetició dins de cada grup d'inoculació (Figura 31), si bé, solament es van inocular plantes de la primera repetició.

Els efectes de les inoculacions es van controlar periòdicament en 10 plantes inoculades i en 10 plantes no inoculades de cada varietat.



5 m	DKC6729VG	DKC6729VG	DKC6729VG	POBOA YG	PR33Y72	P1574Y	DKC6729VG	P1570Y	P1921Y	LG30.681	DKC6729VG	POBOA YG	PR33Y72	P1574Y	DKC6729VG	POBOA YG	PR33Y72	P1570Y	P1921Y	LG30.681	DKC6729VG	DKC6729VG	DKC6729VG	P1921Y	DKC6729VG	DKC6729VG	DKC6729VG	Rep. 3	
5 m	DKC6729VG	DKC6729VG	P1570Y	P1921Y	POBOA YG	LG30.681	PR33Y72	DKC6729VG	P1574Y	DKC6729VG	DKC6729VG	P1570Y	P1921Y	POBOA YG	LG30.681	PR33Y72	DKC6729VG	DKC6729VG	P1574Y	DKC6729VG	DKC6729VG	P1921Y	DKC6729VG	DKC6729VG	DKC6729VG	DKC6729VG	DKC6729VG	Rep. 2	
5 m	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. verticillioides</i>													<i>F. graminearum</i>													Rep. 1
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													
	DKC6729VG	DKC6729VG	<i>F. graminearum</i>													<i>F. verticillioides</i>													

Figura 31. Distribució de les microparcel·les varietals en l'assaig d'inoculació.

4.6.3. Avaluacions realitzades a camp

4.6.3.1. Incidència dels fongs

Es va valorar la presència de símptomes del fongs *Fusarium verticilloides*, *Cephalosporium acremonium* i *Fusarium graminearum* en 10 panotxes de les files centrals de cada microparcel·la de la repetició inoculada. Per detectar la incidència i la severitat a panotxa es va utilitzar l'escala visual de la “Taula 7”.

4.6.3. Condicions d'inoculació

Les inoculacions es van realitzar el dia 07/07/17, en l'estadi de floració femenina (entre 5 i 10 dies després d'iniciar-se). De cada varietat es van inocular 10 plantes una de les fileres centrals de cada parcel·la. El procediment d'inoculació va ser per punxada injectant en cada panotxa 2 ml d'una suspensió de 10⁶ conidis per mil·lilitre, en la part superior de la panotxa allà on hi havien les sedes (Figura 32).

El cultiu i recompte de plaques de la dilució de conidis que es va utilitzar per la inoculació es va realitzar a l'IRTA de Monells (Programa Seguretat Alimentària IRTA) seguint el “Protocol de contamination artificielle d'essais sur mais par *Fusarium sp*”, cedit per ARVALIS Institut du végétal. Referent a la procedència de l'inòcul les soques són comprades de col·lecció: CBS 110261 (*F. graminearum* corn) i CBS 119825 (*F. verticillioides* Maize kernels).

Durant l'execució es van guardar les mesures de seguretat per evitar les contaminacions creuades, emprant guants, mascare filtradora i xeringues estèrils. Les alíquotes d'inòcul de *Fusarium* es van mantenir dins una caixa de porexpan (aïllant tèrmic) i es va anar canviant la xeringa per cada tractament.



Figura 32. Inoculació de 2 ml de concentrat a la part de les sedes de la panotxa de blat de moro (07/07/2017).



Figura 33. Material utilitzat per a la inoculació: caixa de porexpan, xeringues i quadern de camp.



Figura 34. Càrrega de la xeringa d' inoculació (07/07/2017).

4.7. Anàlisi de dades

Els paràmetres obtinguts a camp de l'assaig de varietats de blat de moro i seguiment de la presència de fongs causants de micotoxines i de plagues s'ha analitzat pel procediment ANOVA del paquet estadístic SAS i separació de mitjanes pel test de Tukey quan el valor de $\alpha < 0,05$. Prèviament, s'ha analitzat el compliment de normalitat del residu, segons el test de Shapiro-Wilk, i de homogeneïtat de les variàncies. Els valors percentuals de la incidència i la severitat de *Fusarium verticillioides* i *Helicoverpa armigera* s'han transformat en ArcSin ($\sqrt{\text{tant per u}}$), els valors del pes específic i producció no s'hi ha aplicat cap transformació. Prèviament a l'anàlisi de la producció s'ha fet un estudi dels residus per detectar punt fora de rang, valors ± 3 , pel que s'ha descartat una repetició de la varietat SY ZOAN.

La comparació entre parelles de varietats isogèniques de blat de moro per la incidència de danys per *Helicoverpa armigera* i d'incidència i severitat d'afectació per fongs, s'ha realitzat mitjançant contrastos ortogonals d'hipòtesis amb el paquet estadístic SAS. També s'ha analitzat gràficament les dades utilitzant el programari Excel.

Alguns paràmetres com la presència de *Sesamia nonagrioides*, *Ostrinia nubilalis* i fongs com *Fusarium graminearum* i *Cephalosporium acremonium* no s'han analitzat estadísticament ni gràficament ja que la seva severitat i incidència ha sigut pràcticament nul·la

Els paràmetres obtinguts en l'assaig d'inoculació de *F. graminearum* i *F. verticillioides* a diferents varietats de blat de moro només s'han analitzat gràficament a partir del programari Excel ja que no hi ha repeticions. El tractament que s'inocula *F. graminearum* i *F. verticillioides* no s'ha analitzat.

5. RESULTATS

5.1. Assaig de varietats de blat de moro per a gra i seguiment de la presència de fongs causants de micotoxines així com de les de plagues que afecten al cultiu.

5.1.1. Data de floració

És important saber la precocitat de la data de floració de cada varietat ja que al relacionar-ho amb la climatologia pot ser un factor determinant pels atacs de fongs i la posterior presència de micotoxines a la panotxa de blat de moro.

Es va prendre com a referència la data de floració de la varietat PR33Y72 (25/06/2018). Les 38 varietats assajades van presentar una variació de 5 dies en la data de floració, la més precoç va ser 69YG el dia 23/06/2017 i la més tardana RESERVE el dia 28/06/2017 (*Figura 35*).

Les varietats transgèniques van tendir a mostrar dates de floració semblants a la varietat control (25/06/2017) o més precoces. No obstant, per les varietats no transgèniques no va haver una tendència clara.

Saber la tardança o precocitat de la data de floració de cada varietat va ser important ja que al relacionar-ho amb la climatologia va ser un factor determinant per a la possible producció de fongs i una posterior presència de micotoxines a la panotxa de blat de moro.

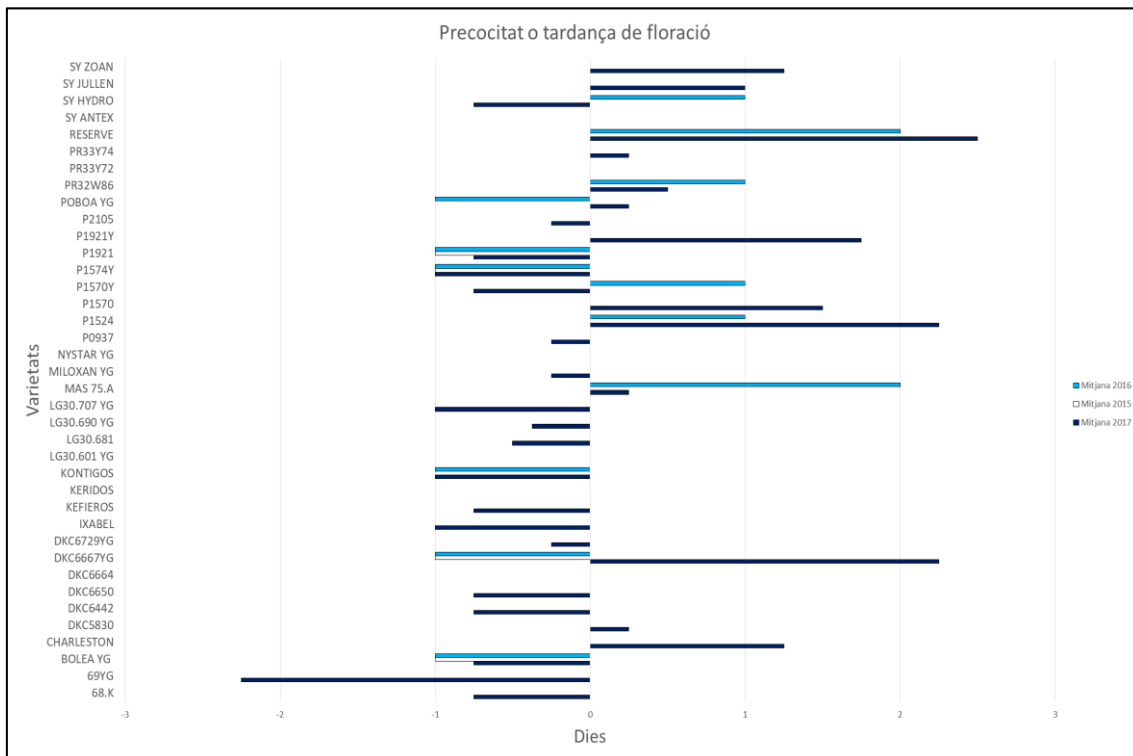


Figura 35. Comparació de la data de floració de la varietat PR33Y72, presa com a control respecte a les 37 varietats restants de l'assaig.

5.1.2. Producció

La producció és un paràmetre molt important per l'elecció d'una varietat. La mitjana de la producció de les 38 varietats de blat de moro va ser de 17515,82 kg/ha al 14% d'humitat, 21 varietats van produir per sobre la mitjana mentre que 17 van estar per sota. Es van apreciar diferències significatives entre elles (ANOVA p-valor= <0,0001). La varietat de major producció va ser P1291Y (19270,83 Kg/ha) i la de menor producció va ser LG30.707 YG (14920,16 Kg/ha) amb diferències significatives entre elles (*Figura 36*).

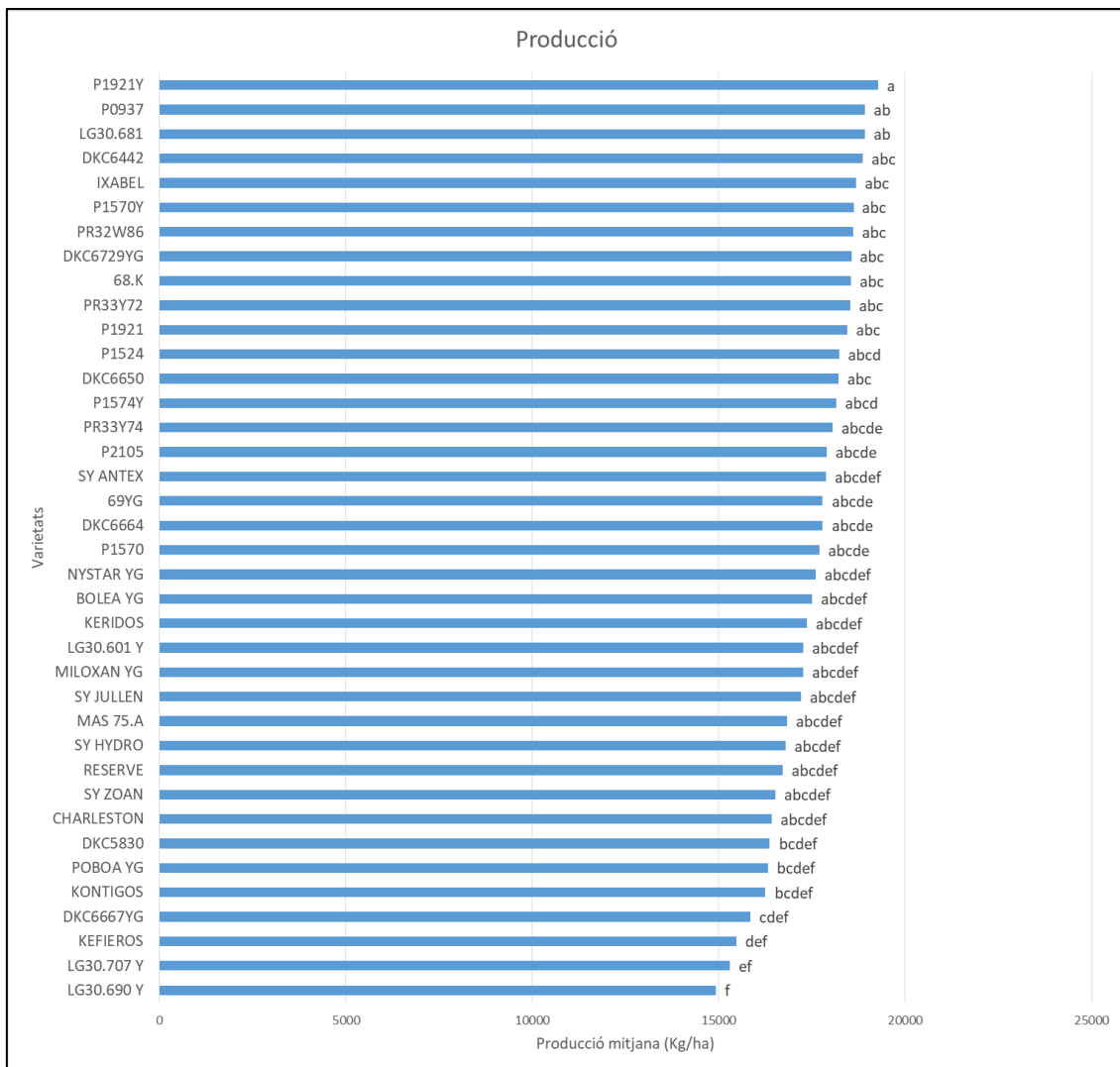


Figura 36. Producció (kg/ha) de cada varietat. Les lletres sobre les barres indiquen la separació de mitjanes segons el test de Tukey (p -valor <0.05).

Un altre paràmetre lligat a la producció és el pes específic (Kg/hl). Un major pes específic va indicar una textura més vítria al gra, el contrari va indicar de textura més farinosa. Es pot relacionar aquest paràmetre amb la severitat dels fongs en la superfície de panotxa. La mitjana de pesos específics va ser de 72,92 Kg/hl. Es van apreciar diferències significatives entre elles (ANOVA p -valor= $<0,0001$). La varietat que va mostrar una textura de gra més farinosa va ser RESERVE (66,875 Kg/hl) i la més vítria va ser PR32W86 (77,3 Kg/hl) amb diferències significatives entre elles (Figura 37).

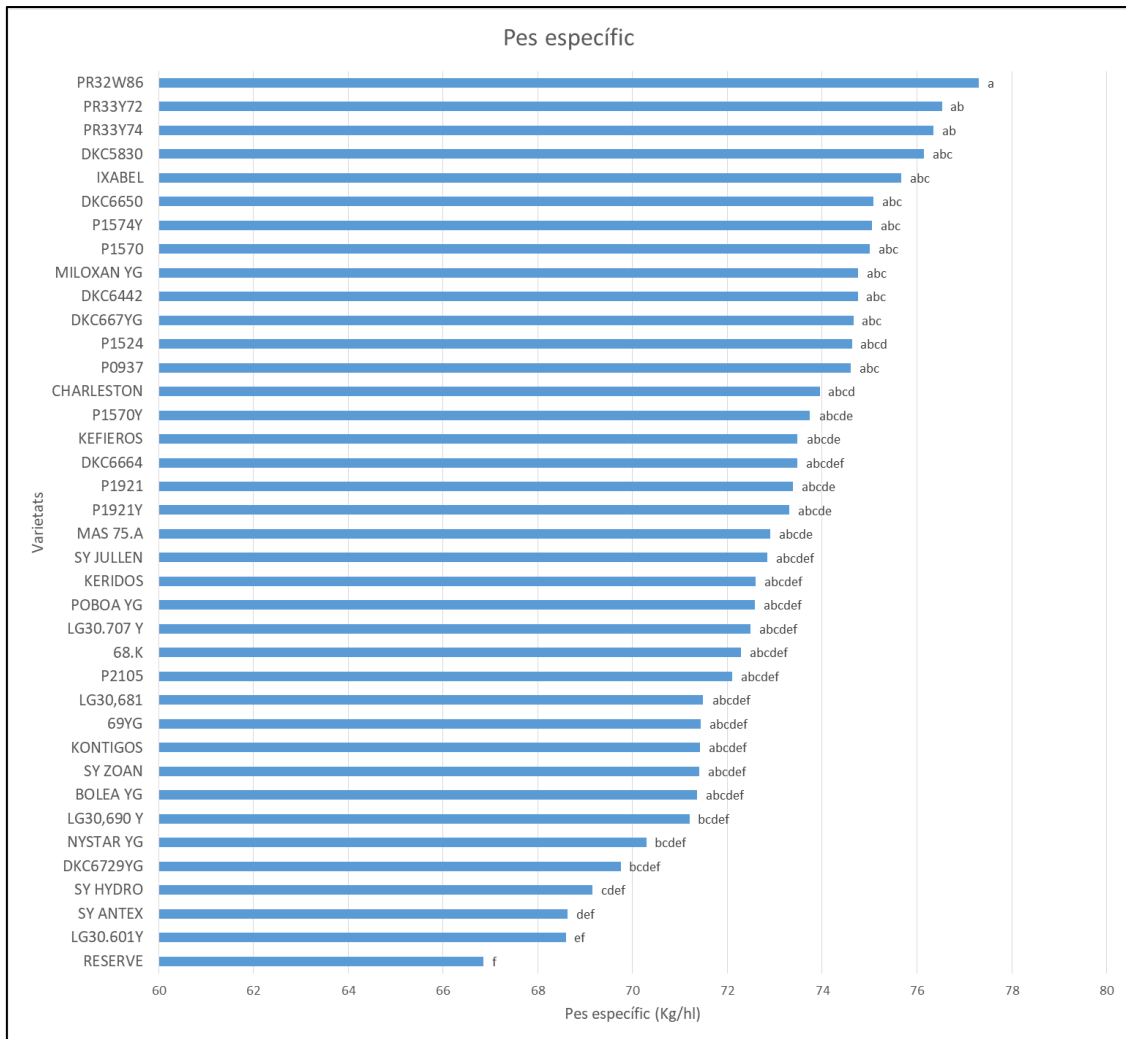


Figura 37. Pes específic (Kg/hl) de cada varietat. Les lletres sobre les barres indiquen la separació de mitjanes segons el test de Tukey (p -valor <0.05).

Separant les varietats estudiades entre convencionals i transgèniques es va observar que els valors de les mitjanes de producció i de pes específic de les varietats convencionals tendeixen a ser més alts que els de les transgèniques (Figures 38 i 39).

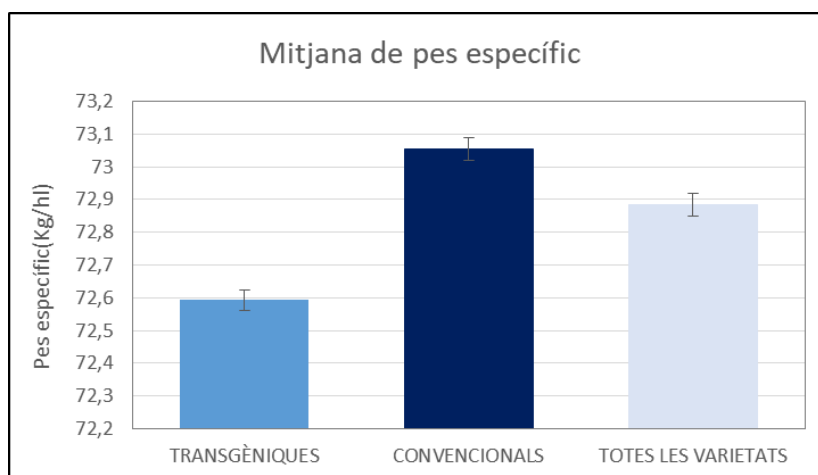


Figura 38. Mitjanes del pes específic de les varietats transgèniques, convencionals i del total assajades. Les barres d'error indiquen el valor del coeficient de variació.

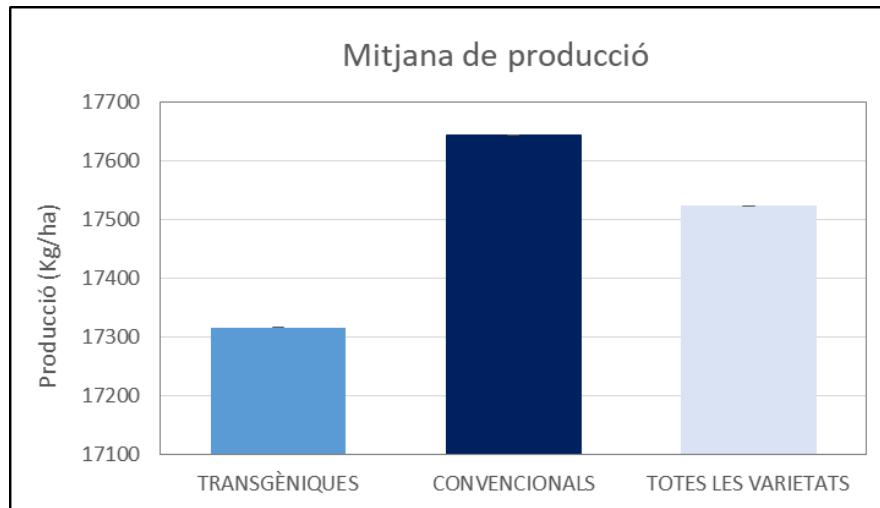


Figura 39. Mitjana de producció de plantes transgèniques, convencionals i totals. Les barres d'error indiquen el valor del coeficient de variació.

5.1.3. Afectació per lepidòpters

L'afectació per lepidòpters a la planta de blat de moro pot produir importants pèrdues de producció i també pot facilitar el desenvolupament de malalties fúngiques. En concret els principals lepidòpter que poden afectar al blat de moro de l'assaig són: *Sesamia nonagrioides*, *Ostrinia nubilalis* i *Helicoverpa armigera*. La incidència dels dos primers va ser pràcticament nul·la (dades que no es mostren en el treball).

La mitjana global de danys per *Helicoverpa* en panotxa va ser baixa aquest any amb un valor mitjà de 4,74%, no obstant es van observar diferències significatives entre varietats afectades (ANOVA p-valor= <0,0001). Les varietats més afectades, suposadament més susceptibles a danys per *Helicoverpa armigera* van ser PR33Y74, DKC6650, P0937, DKC5830, P1921, DKC664, 68.K, P2105, KERIDOS i CHARLESTON amb valors superiors a la mitjana que es corresponen majoritàriament a varietats no transgèniques. Les varietats que van mostrar més incidència, major tolerància, de danys per *Helicoverpa* van ser P1570Y, SY HYDRO, DKC6667YG, DKC6729YG, LG30.601 YG, LG30.707 YG, POBOA YG, SY ZOAN i KONTIGOS, amb valors inferiors a la mitjana de l'assaig.

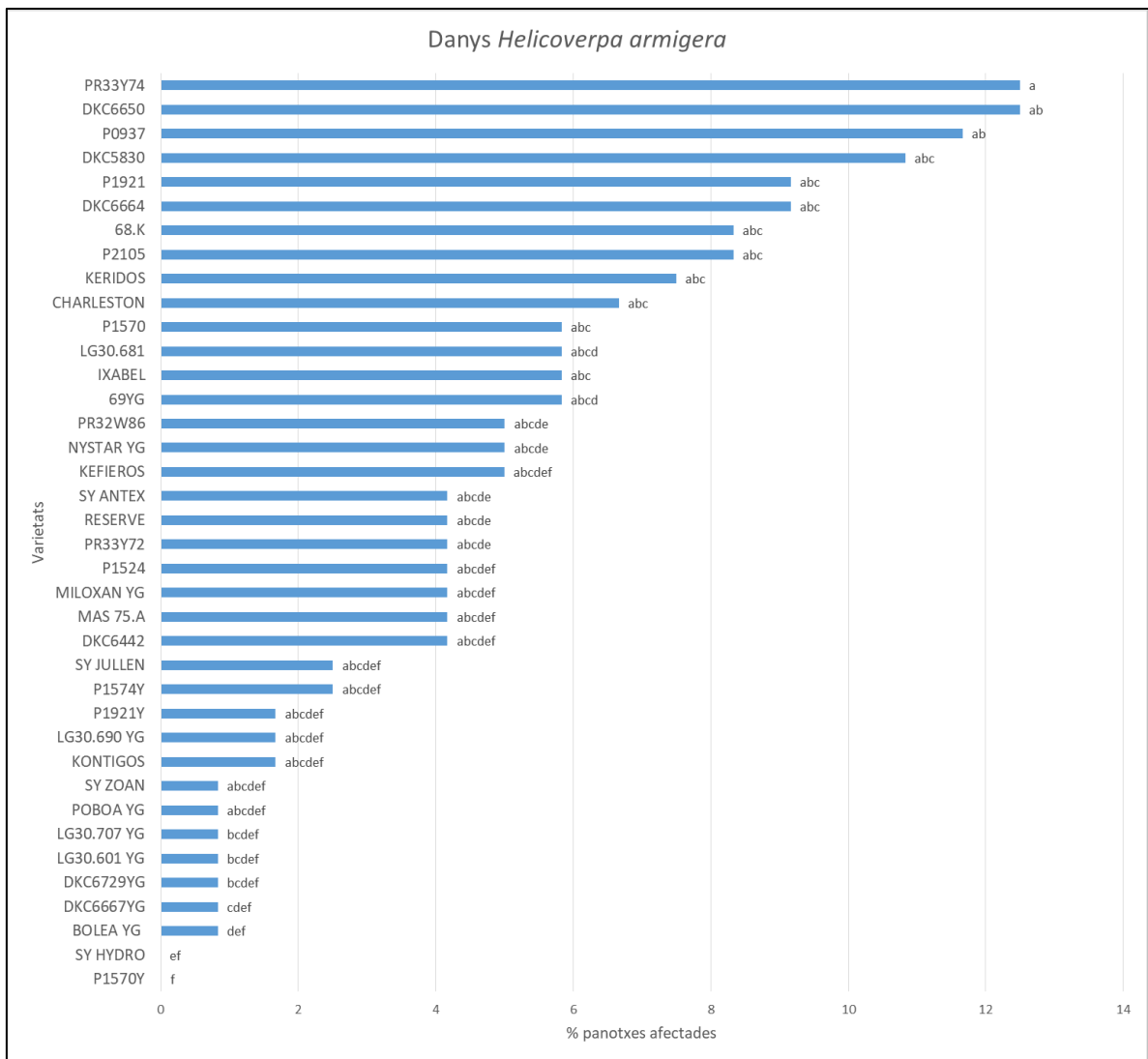


Figura 40. Danys per *Helicoverpa* de cada varietat. Les lletres sobre les barres indiquen la separació de mitjanes segons el test de Tukey (p -valor<0,05).

5.1.3.1. Relació de la producció amb danys *Helicoverpa armigera*

Es va observar com les varietats amb una producció inferior a la mitjana van tenir menys afectació per *Helicoverpa armigera* (3,14%) i contràriament les varietats que van tenir una producció superior a la mitjana van expressar més afectació per *Helicoverpa armigera* (6,59%).

Taula 9. Agrupació de les varietats que tenen valors inferiors a la mitjana de producció (17515,82 Kg/ha) i danys produïts per Helicoverpa armigera a la superfície de la panotxa.

VARIETAT	PRODUCCIÓ (Kg/ha)	<i>Helicoverpa</i> (% superfície afectada)
LG30.690 Y	14.920,16	1,67
LG30.707 Y	15.295,04	0,83
KEFIEROS	15.469,02	5
DKC6667YG	15.846,25	0,83
KONTIGOS	16.251,69	1,67
POBOA YG	16.316,75	0,83
DKC5830	16.371,74	10,83
CHARLESTON	16.411,31	6,67
SY ZOAN	16.512,46	0,83
RESERVE	16.723,40	4,17
SY HYDRO	16.800,73	0
MAS 75.A	16.825,47	4,17
SY JULLEN	17.206,76	2,5
MILOXAN YG	17.258,41	4,17
LG30.601 Y	17.262,53	0,83
KERIDOS	17.373,86	7,5
BOLEA YG	17.497,20	0,83
	Mitjana	3,14

Taula 10. Agrupació de les varietats que tenen valors inferiors a la mitjana de producció (17515,82 Kg/ha) i danys produïts per Helicoverpa armigera a la superfície de la panotxa.

VARIETAT	PRODUCCIÓ (Kg/ha)	<i>Helicoverpa</i> (% superfície afectada)
NYSTAR YG	17.601,48	5
P1570	17.694,15	0
DKC6664	17.778,34	9,17
69YG	17.782,61	5,83
SY ANTEX	17.867,41	4,17
P2105	17.887,76	8,33
PR33Y74	18.049,91	12,5
P1574Y	18.153,09	2,5
DKC6650	18.219,72	12,5
P1524	18.240,40	4,17
P1921	18.448,97	9,17
PR33Y72	18.533,50	4,17
68.K	18.541,81	8,33
DKC6729YG	18.559,17	10,83
PR32W86	18.614,14	5
P1570Y	18.615,84	0
IXABEL	18.691,40	5,83
DKC6442	18.864,72	4,17
LG30.681	18.915,91	5,83
P0937	18.927,32	11,67
P1921Y	19.270,83	9,17
	Mitjana	6,59

5.1.3.2. Relació del pes específic amb danys per *Helicoverpa armigera*

Es va analitzar gràficament la relació entre el pes específic (Kg/hl) i panotxes amb danys d' *Helicoverpa armigera*. A trets generals es va observar com les varietats amb pesos específics baixos van tenir menys afectació per danys d' *Helicoverpa armigera*. Tot i això la correlació va molt baixa entre varietats ($R^2 = 0.1728$).

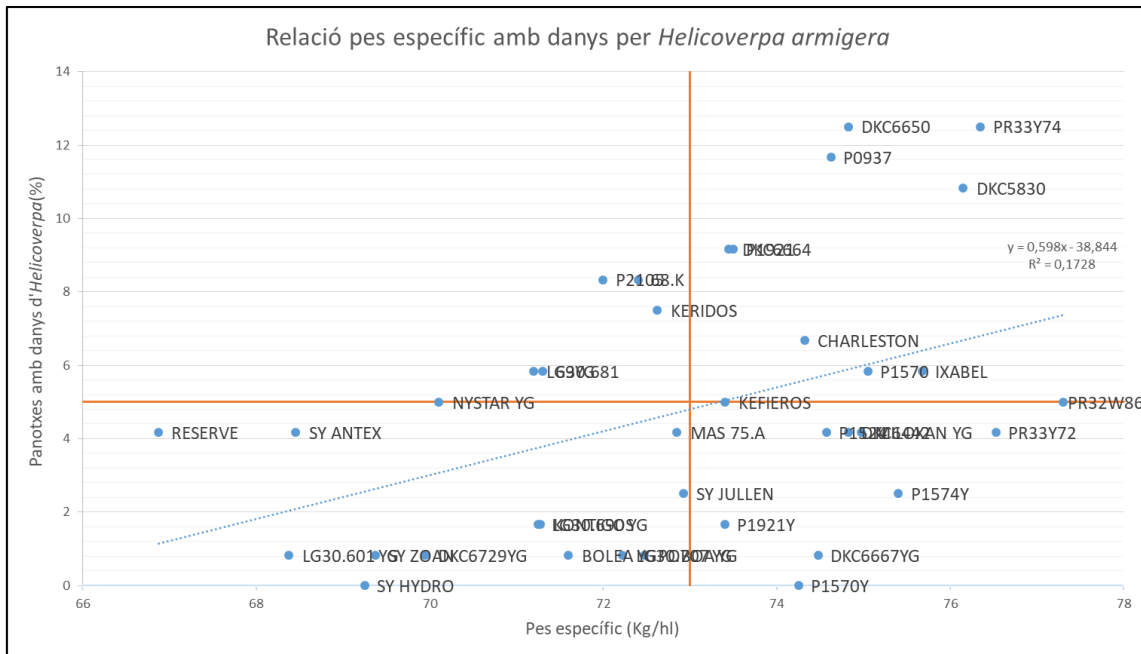


Figura 41. Relació pes específic i panotxes danyades per *Helicoverpa armigera* de cada varietat.

5.1.4. Afectació de *Fusarium*

Les principals espècies de fongs que van poder afectar a la panotxa i ser responsables del contingut de micotoxines al gra van ser *F. verticillioides* i *F. graminearum*. La sensibilitat va variar en funció de les característiques del gra i en especial va influir a la textura (víttria o farinosa), en ser augmentada la sensibilitat (afectació) per *Fusarium*. En l'assaig no es va detectar presència de *F. graminearum* però sí de *F. verticilloides* (Figura 42). Hi ha diferències significatives entre varietats (ANOVA p-valor=0,0051).

La severitat de *F. verticillioides* per panotxa va ser molt baixa amb una mitjana de 2,1%. Les varietats més afectades van ser DKC6442, DKC6664, P1921Y, DKC6650, P1524, CHARLESTON, P2105, KEFIEROS, IXABEL amb valors superiors a la mitjana. Les varietats menys afectades i per tant més tolerants a l'afectació per *F. verticillioides* van ser DKC6729 YG, P1570Y, POBOA YG, BOLEA YG, LG30.601 YG, SY HYDRO, MAS 75.A, 69YG, SY ZOAN , PR3372 i SY JULLEN, amb valors inferiors a la mitjana.

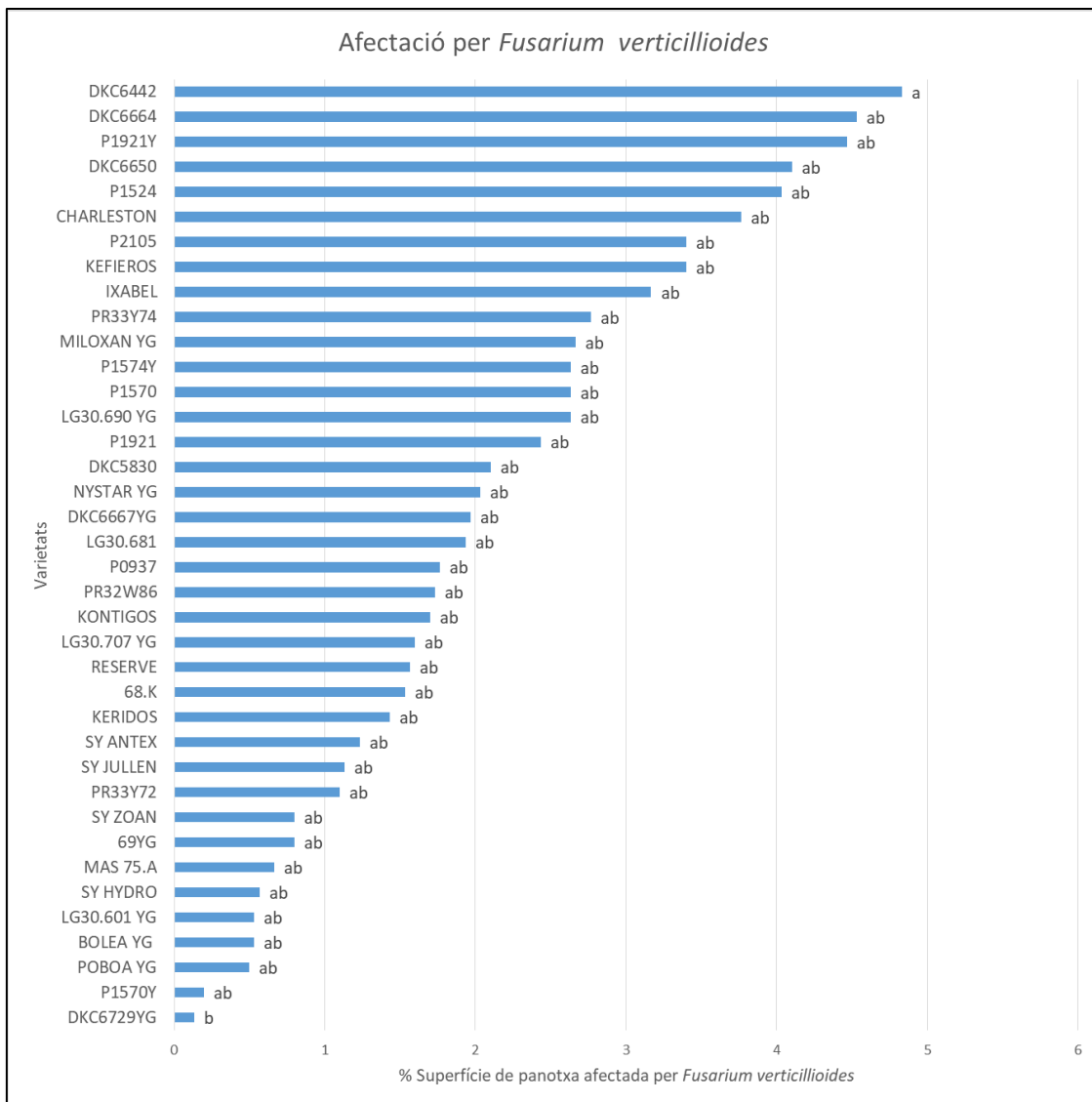


Figura 42. Afectació per *Fusarium verticillioides* en la superfície de la panotxa per cada varietat. Les lletres indiquen diferències estadístiques segons el test de separació de mitjanes de Tukey (p -valor $<0,05$)

La incidència mitjana global de totes les varietats va ser del 42,4%. Les varietats amb una severitat més important també van tendir a tenir una incidència superior. Hi ha diferències significatives entre varietats (ANOVA p -valor=0,0008).

Les varietats més afectades van ser DKC6650, DKC6442, CHARLESTON, MILOXAN YG, IXABEL, P1921, DKC6664, P1921Y, KEFIEROS, P1574Y i P1524 amb valors superiors a la mitjana. Les varietats menys afectades i per tant més tolerants a l'afectació per *Fusarium* van ser DKC6729 YG, BOLEA YG, P1570 Y, P1560Y, MAS 75.A, POBOA YG, SY HYDRO, LG30.601 YG, 69YG i SY ZOAN amb valors inferiors a la mitjana. Majoritàriament les varietats amb els valors més alts de severitat van tenir alts valors d' incidència, contràriament les varietats amb baixos valors de severitat van tenir baixos valors de incidència.

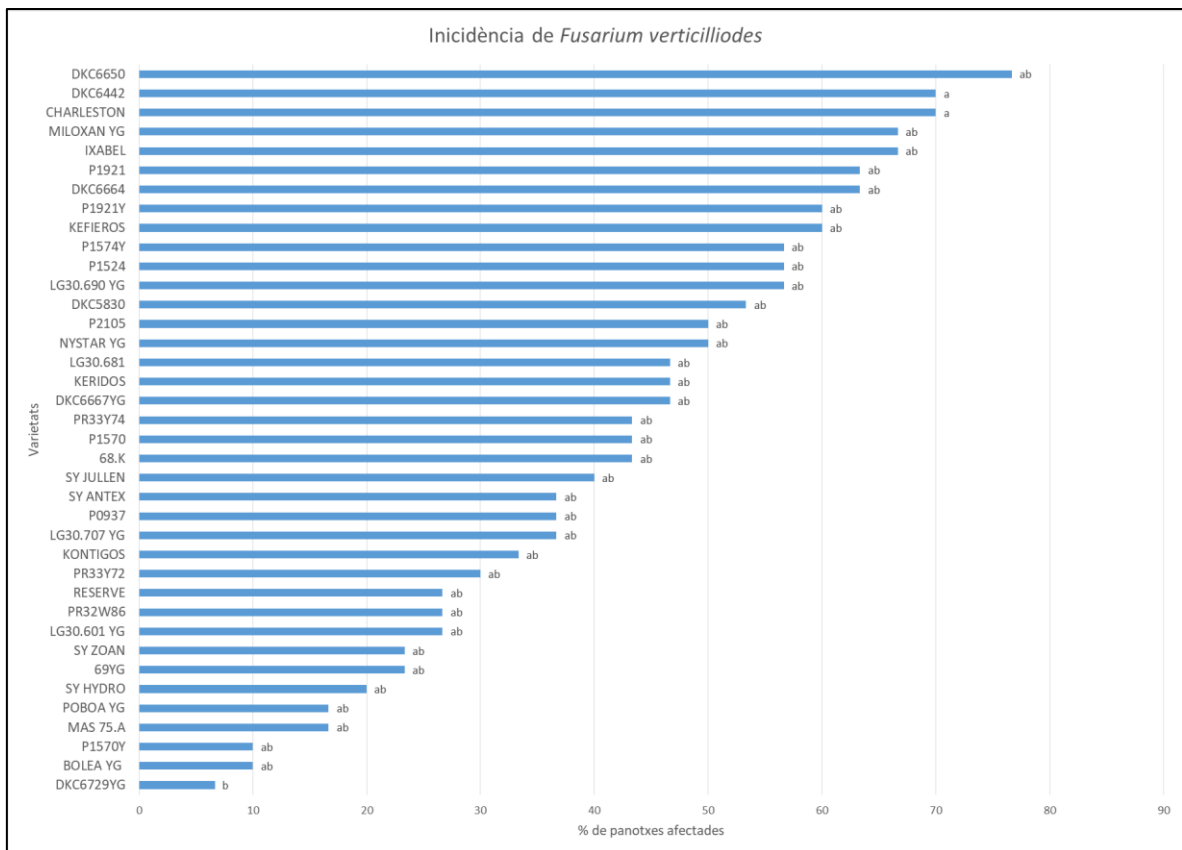


Figura 43. Incidència de *Fusarium verticillioides* a panotxa per cada varietat. Les lletres indiquen diferències estadístiques segons el test de separació de mitjanes de Tukey (p -valor <0.05).

5.1.4.1. Relació del pes específic amb la superfície de la panotxa afectada per *Fusarium verticillioides*

Es va analitzar gràficament la relació que suposa el pes específic (Kg/hl) i la superfície de panotxa afectada per *F. verticillioides* (Figura 44). Més de dos terços de les varietats que van presentar una superfície de panotxa afectada per *F. verticillioides* mitjana a alta van mostrar un tendència de pes específic mitjà a alt (textura més vítria); tot i això la correlació és baixa ($R^2 = 0.1947$).

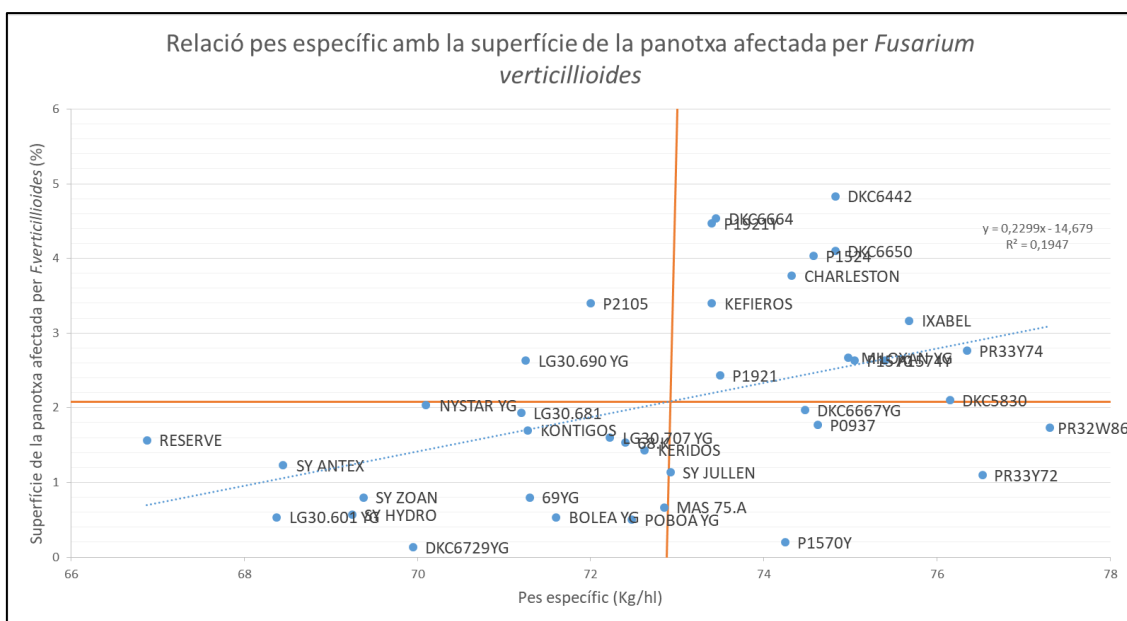


Figura 44. Relació pes específic i superfície de la panotxa afectada per *Fusarium verticillioides* per cada varietat.

5.1.4.2. Relació de danys d' *Helicoverpa armigera* amb la superfície de la panotxa afectada per *F. verticillioides*

Es va analitzar gràficament la relació dels danys d' *Helicoverpa armigera* i la severitat per *F. verticillioides*, i s'observa que la major part de les varietats que van presentar atacs d'*Helicoverpa* mitjans/alts van mostrar més afectació de la panotxa per *Fusarium sp.*

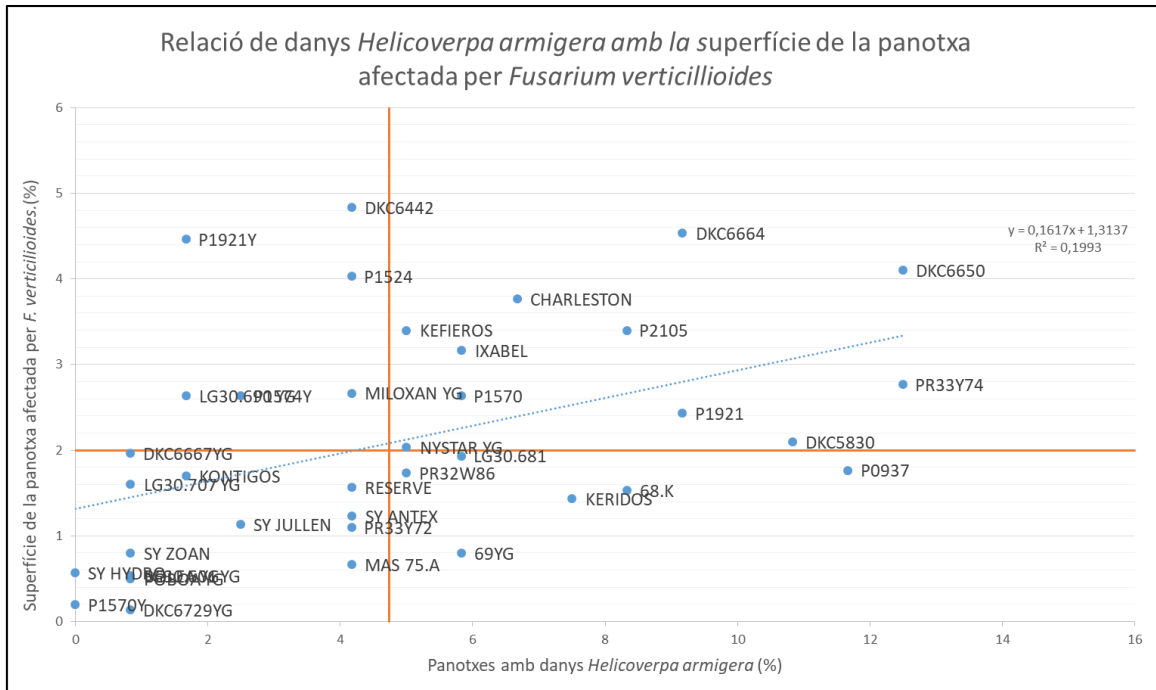


Figura 45. Relació de panotxes amb danys d'*Helicoverpa armigera* i superfície de la panotxa afectada per *Fusarium verticillioides* per cada varietat.

Es va observar com les varietats convencionals van tenir una tendència a tenir més panotxes amb danys d' *Helicoverpa armigera* amb una superfície de panotxa afectada per *F. verticillioides* també més elevada.

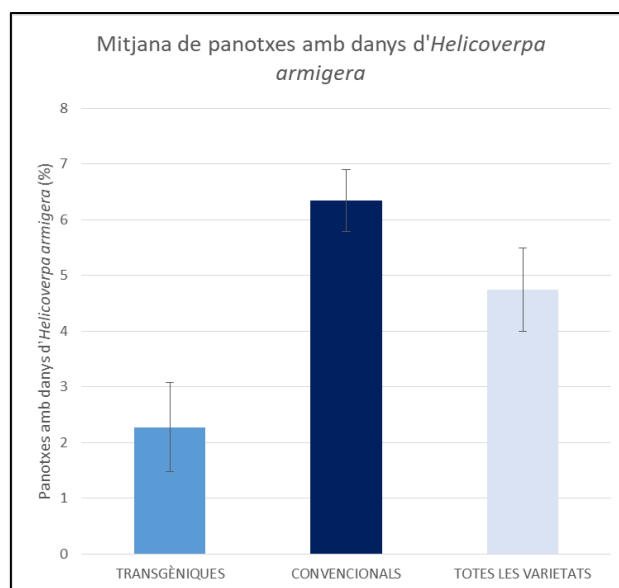


Figura 46. Mitjana de panotxes amb danys d'*Helicoverpa armigera* amb plantes transgèniques, convencionals i totals. Les barres d'error indiquen el valor del coeficient de variació.

5.1.5. Contingut Fumonisines B₁+B₂

El contingut de les micotoxines (Fumonisines B₁+B₂, DON i ZEA) es va analitzar pel laboratori BIOMIN a partir de mostres úniques compostades per les quatre repeticions.

El contingut mitjà de fumonisines de l'assaig va ser de 4067,5 ppb. Les varietats que van mostrar els valors més elevats de contingut en fumonisines van ser P1574Y, P1524, P2105, DKC6442, DKC6667 YG i PR33Y74 i els més baixos SY JULLEN, P0937, P1570Y, P1921, MILOXAN YG, etc (Figura 47).

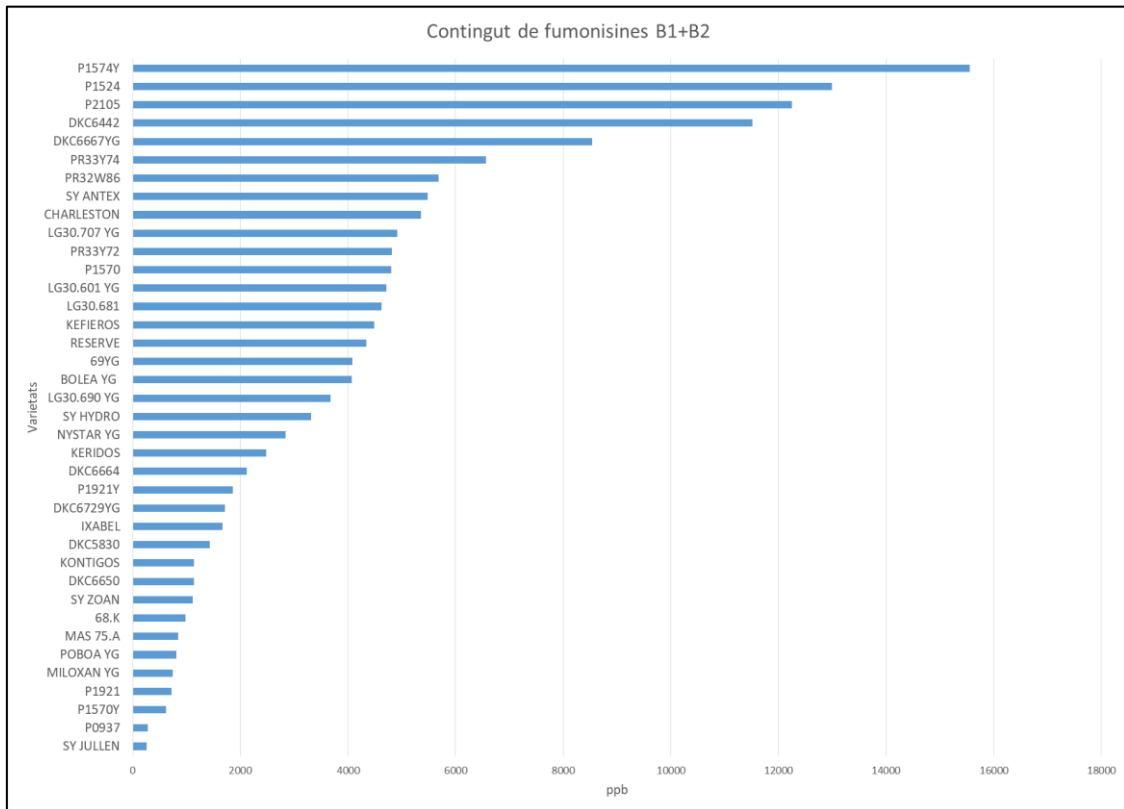


Figura 47. Contingut de fumonisines B₁+B₂ per cada varietat. Els valors corresponents al resultat analític d'una única mostra composta per gra de les 4 repeticions de cada varietat.

Les varietats convencionals van mostrar una tendència a tenir major contingut de fumonisines que les varietats transgèniques.

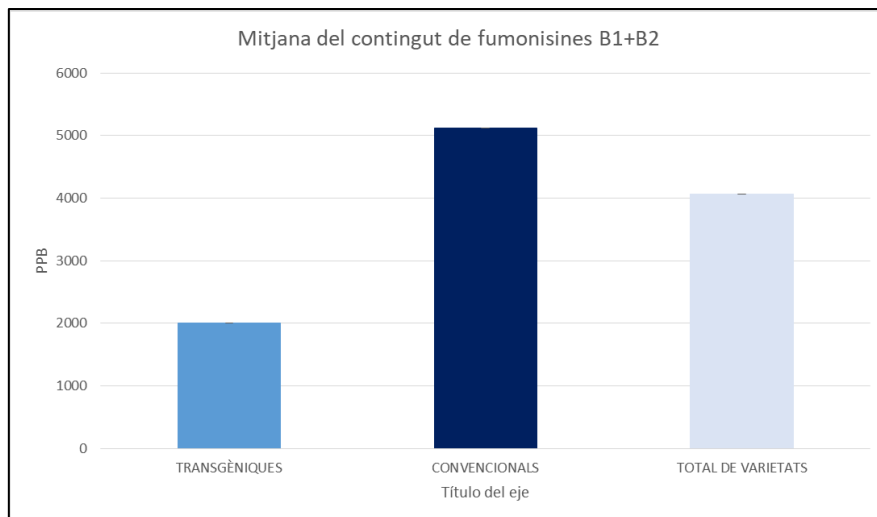


Figura 48. Mitjana del contingut de fumonisines en plantes transgèniques, convencionals i total de varietats. Les barres d'error indiquen el valor del coeficient de variació.

Les varietats que van mostrar els valors més elevats de contingut en DON i ZEA van ser PR33Y74, P1574Y i DKC6442. Un total de 18 varietats sobre 38 van presentar presència de micotoxines DON, ZEA o les dues.

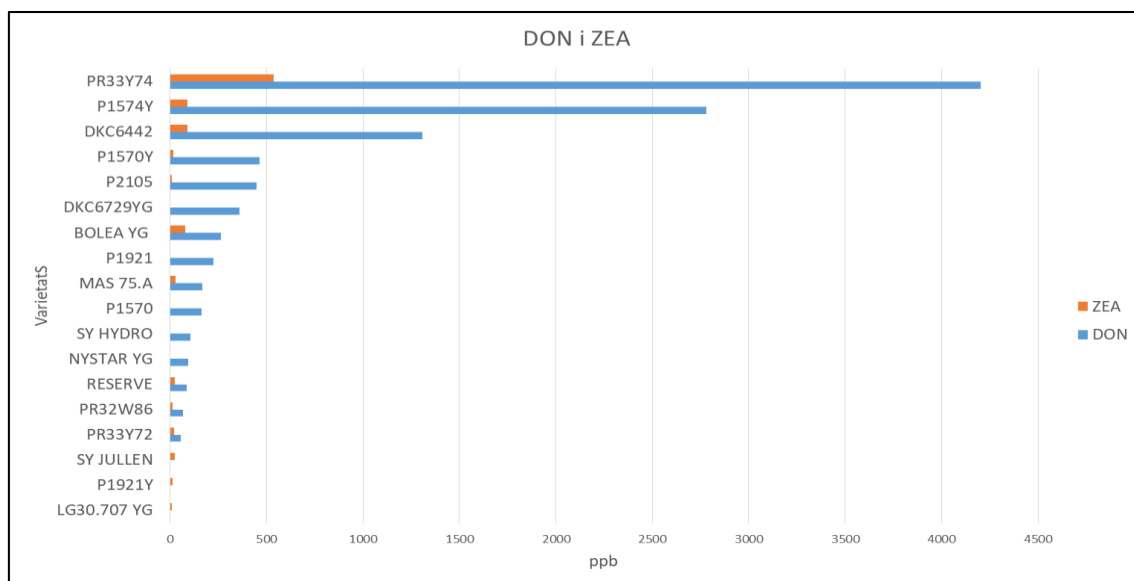


Figura 49. Continguts de DON i ZEA en les varietats de l'assaig en les que es va detectar presència de les dues micotoxines.

No es van trobar concentracions d' Aflatoxina B₁, Aflatoxina B₂, Aflatoxina G₁, Aflatoxina G₂, Ochratoxina A, HT-2 Toxina i T-2 Toxina en cap de les mostres varietals analitzades.

5.1.5.1. Relació del pes específic del gra amb el contingut en fumonisines B₁+B₂

Es va analitzar gràficament la relació pes específic i contingut en fumonisines. La meitat de les varietats que van presentar un pes específic mitjà a alt (textura més vítria) van mostrar un contingut en fumonisines mitjà a alt. Dos tercers parts de les varietats que van tenir un pes específic baix (textura més farinosa) van mostrar un contingut en fumonisines més baix.

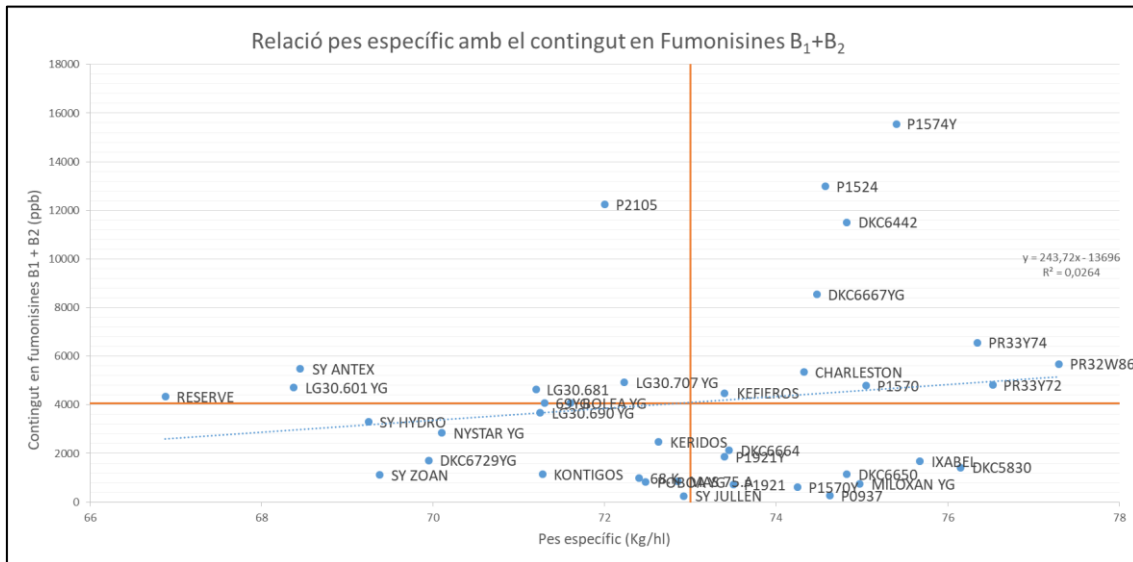


Figura 50. Relació del pes específic (Kg/hl) del gra i el contingut en fumonisines B1+B2 (ppb).

5.1.5.2. Relació de la superfície de la panotxa amb el contingut en fumonisines B₁+B₂

Una mateixa superfície de panotxa afectada per *F. verticillioides* va repercutir en continguts de Fumonisines diferents depenent de la varietat. Així doncs la superfície de la panotxa afectada per *Fusarium* no va ser un bon estimador del contingut en Fumonisines B₁+B₂.

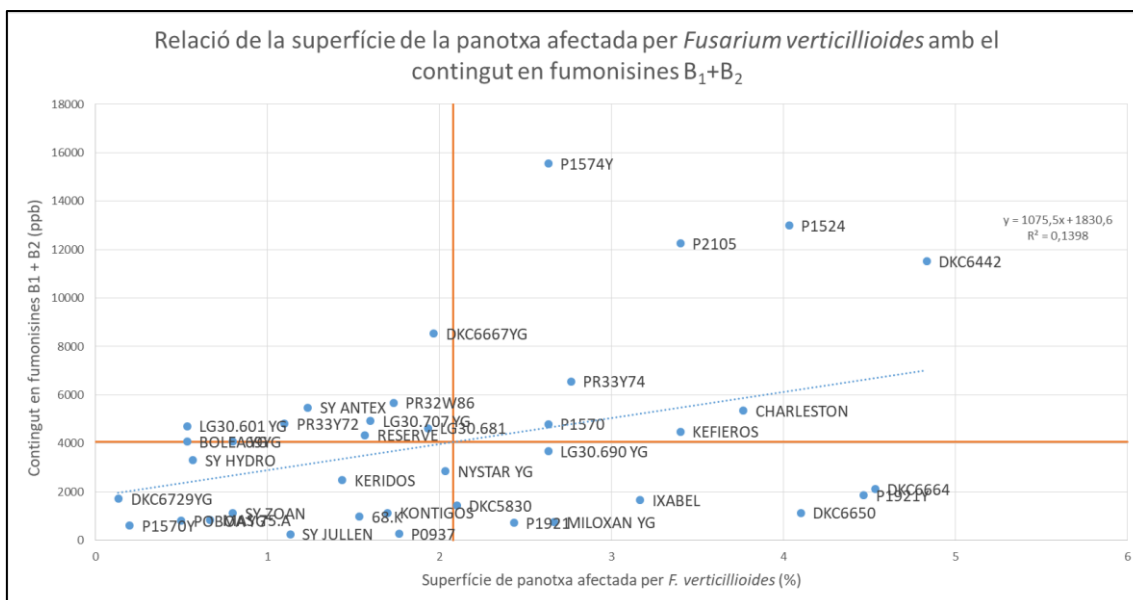


Figura 51. Relació entre la superfície de panotxa afectada per *Fusarium verticillioides* i el contingut en fumonisines per cada varietat.

Es va observar que les varietats convencionals van tenir una tendència a tenir més contingut de fumonisines B₁+B₂ per superfície de panotxa afectada per *F. verticillioides*.

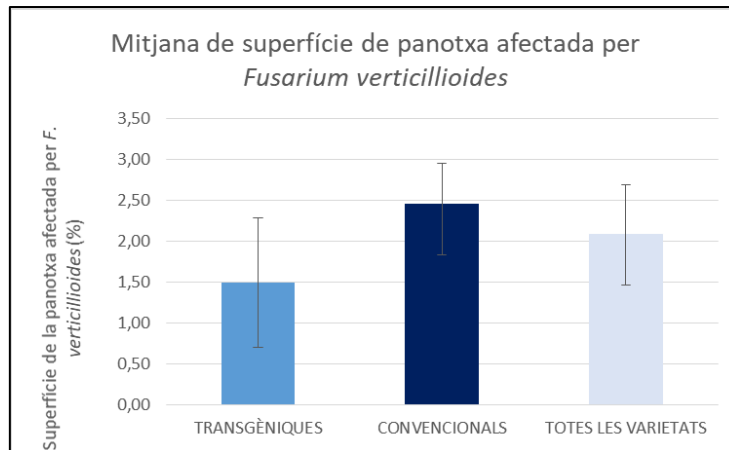


Figura 52. Mitjana de superfícies de panotxa afectades per *Fusarium verticillioides* en plantes transgèniques, convencionals i total de varietats. Les barres d'error indiquen el valor del coeficient de variació.

5.1.5.3. Relació de danys *Helicoverpa armigera* amb el contingut en Fumonisines B₁+B₂

No es va observar una relació entre el contingut en Fumonisines B₁+B₂ i panotxes amb danys *Helicoverpa armigera* (Figura 53). La correlació és molt baixa.

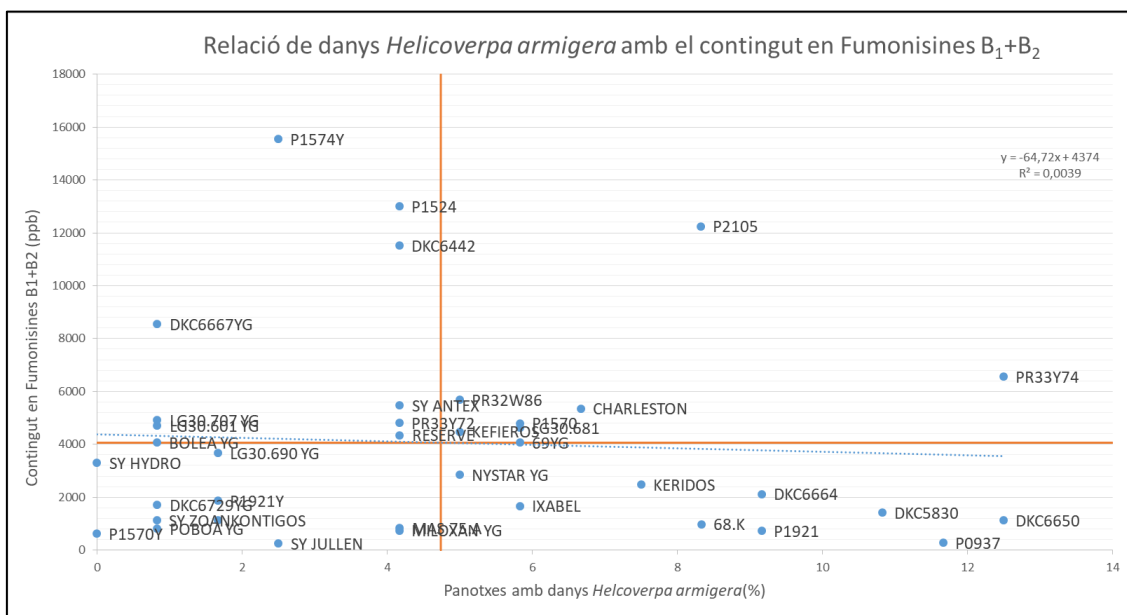


Figura 53. Relació entre panotxes amb danys *Helicoverpa armigera* (%) i el contingut en Fumonisines B₁+B₂ (ppb) per cada varietat.

5.1.6. Comparació de parelles de varietats isogèniques

A l'assaig de 38 varietats de blat de moro es van utilitzar 4 parelles isogèniques. Es va observar una tendència a que les varietats convencionals van tenir més danys d' *Helicoverpa*, més severitat i incidència de *F. verticillioides* i major contingut de micotoxines en la major part dels casos.

Taula 11. Paràmetres experimentals obtinguts a camp de la varietat 68.K i 69 YG.

	CONVENCIONAL	TRANSGÈNIC
Varietats	68.K	69YG
Danys per <i>Helicoverpa</i> (%)	8,3	5,8
Severitat <i>Fusarium verticillioides</i> (%)	1,5	0,8
Incidència <i>Fusarium verticillioides</i> (%)	43,3	23,0
Contingut de fumonisines B1+B2 (ppb)	984	4080
DON (ppb)	0	0
ZEA (ppb)	0	0
Producció (Kg/ha al 14% d'humitat)	18333	18112
Pes específic (Kg/hl)	72,4	71,0

Taula 12. Paràmetres experimentals obtinguts a camp de la varietat P1570 i P1570Y.

	CONVENCIONAL	TRANSGÈNIC
Varietats	P1570	P1570Y
Danys per <i>Helicoverpa</i> (%)	5,8	0
Severitat <i>Fusarium verticillioides</i> (%)	2,6	0,2
Incidència <i>Fusarium verticillioides</i> (%)	43,30	10
Contingut de fumonisines B1+B2 (ppb)	4799	619
DON (ppb)	164	464,00
ZEA (ppb)	0	17,4
Producció (Kg/ha al 14% d'humitat)	17831	18948
Pes específic (Kg/hl)	75	74,2

Taula 13. Paràmetres experimentals obtinguts a camp de la varietat P1921 i P1921Y.

	CONVENCIONAL	TRANSGÈNIC
Varietats	P1921	P1921Y
Danys per <i>Helicoverpa</i> (%)	9,2	1,7
Severitat <i>Fusarium verticillioides</i> (%)	2,4	4,5
Incidència <i>Fusarium verticillioides</i> (%)	63,30	60
Contingut de fumonisines B1+B2 (ppb)	721	1862
DON (ppb)	224	0
ZEA (ppb)	0	12
Producció (Kg/ha al 14% d'humitat)	18522	19094
Pes específic (Kg/hl)	73,5	73,4

Taula 14. Paràmetres experimentals obtinguts a camp de la varietat PR33Y74 i PR33Y72.

	CONVENCIONAL	TRANSGÈNIC
Varietats	PR33Y74	PR33Y72
Danys per <i>Helicoverpa</i> (%)	12,5	4,2
Severitat <i>Fusarium verticillioides</i> (%)	2,8	1,10
Incidència <i>Fusarium verticillioides</i> (%)	43,3	30
Contingut de fumonisines B1+B2 (ppb)	6561	4816
DON (ppb)	4204	54,9
ZEA (ppb)	536	21,5
Producció (Kg/ha)	17817	18232
Pes específic (Kg/hl)	76,4	76,5

5.2. Assaig d'inoculació de *F. graminearum* i *F. verticillioides* a diferents varietats de blat de moro.

5.2.1. Inoculació *Fusarium verticillioides*

5.2.1.1. Severitat de *Fusarium verticillioides*

El tractament que es va inocular *F. verticillioides* estava format per 7 varietats. En tots el casos que es va inocular, la varietat va tenir una severitat major de *F. verticillioides* que les no inoculades. Tot i així una planta inoculada amb una elevada severitat no va indicar una major sensibilitat a les plantes no inoculades de la mateixa varietat (Figura 54).

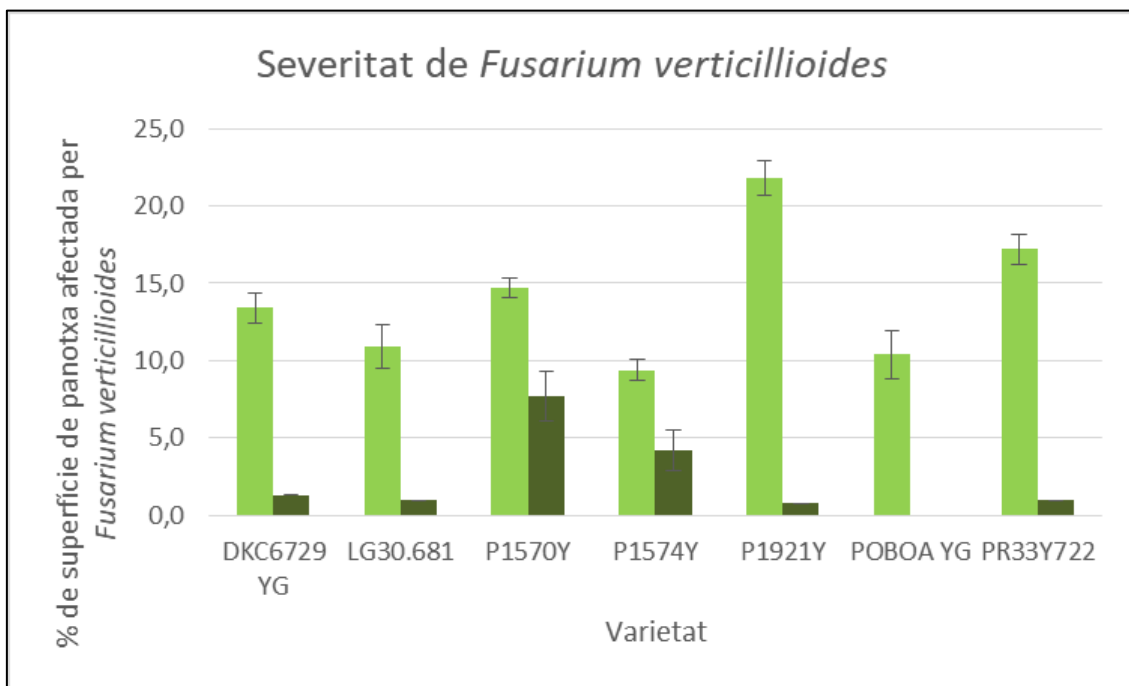


Figura 54. Severitat mitjana de les varietats que es van inocular amb *F. verticillioides* i no inoculades. Les barres d'error indiquen el valor del coeficient de variació.

5.2.1.2. Incidència de *Fusarium verticillioides*

En tots els casos les plantes inoculades van tenir una incidència major de *F. verticillioides*. La varietat inoculada amb més incidència va ser P1921Y. Majoritàriament entre varietats inoculades tenen incidències semblants.

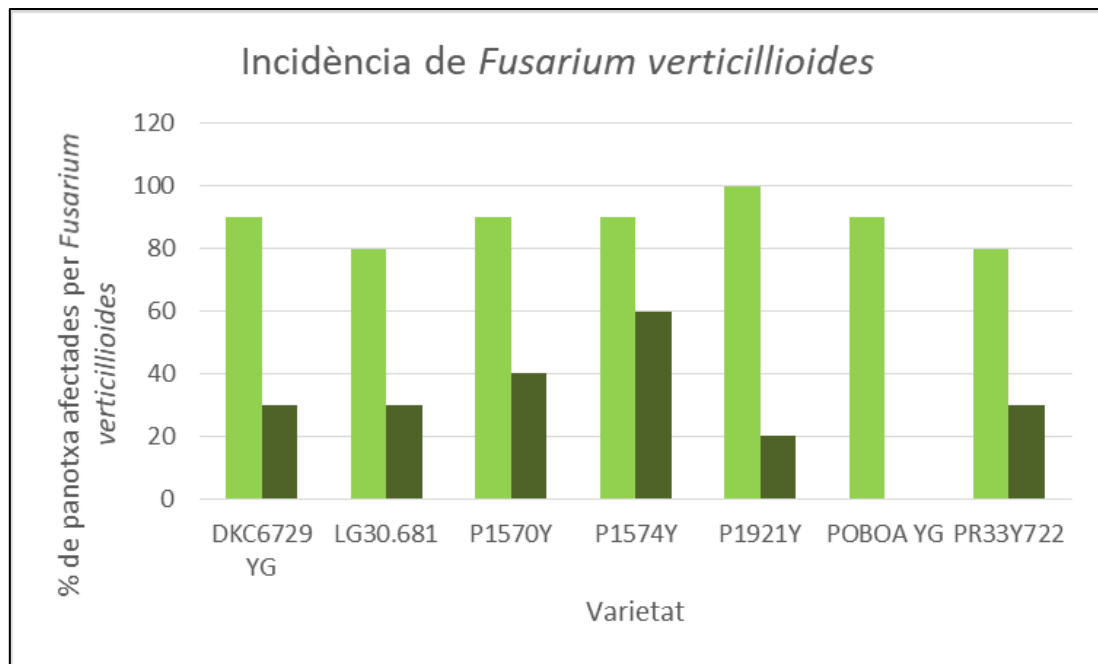


Figura 55. Incidència mitjana de les varietats que es van inocular amb *F. verticillioides* i no inoculades.

5.2.2. Inoculació *Fusarium graminearum*

5.2.2.1. Severitat *Fusarium graminearum*

El tractament que es van inocular amb *F.graminearum* estava format per 7 varietats. Com s'observa a la Figura 56, només en els casos que es va inocular *F.graminearum* s'hi va trobar superfí afectada. La varietat més sensible va ser POBOA YG. La severitat de *F.graminarum* va variar per cada varietat inoculada.

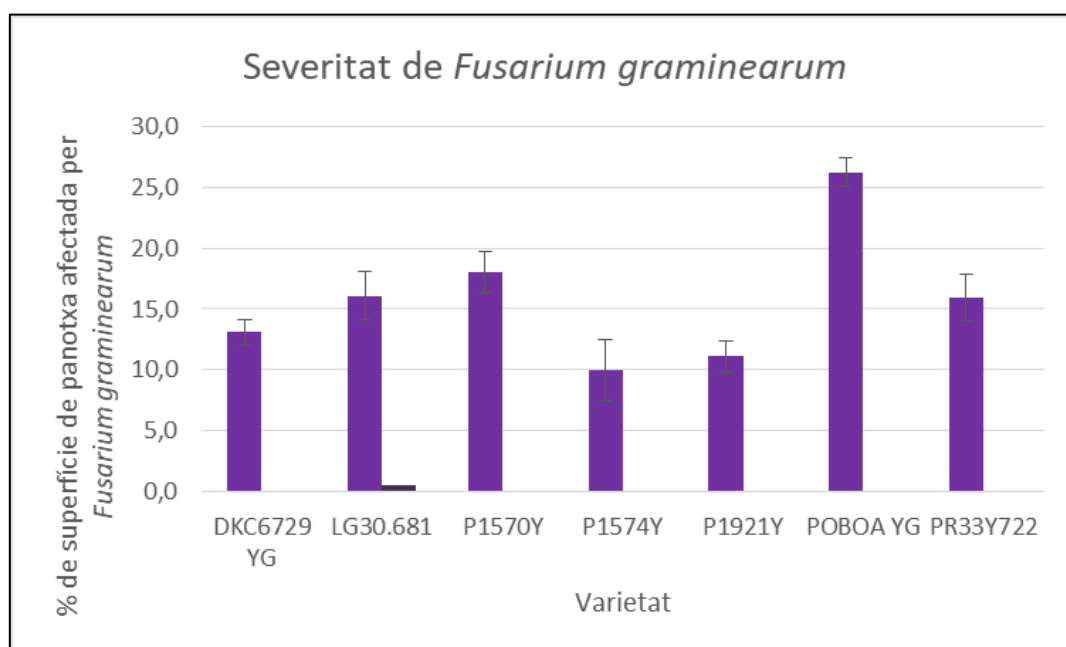


Figura 56. Severitat mitjana de les varietats que es van inocular amb *F. graminearum* i no inoculades. Les barres d'error indiquen el valor del coeficient de variació per cada paràmetre estudiat.

5.2.2.2. Incidència *Fusarium graminearum*

Com s'observa a la *Figura 57* totes les plantes inoculades van tenir incidència de *F.graminearum*. Les varietats P1570Y, DKC6729 YG i P1921Y van tenir una incidència molt semblants entre elles.

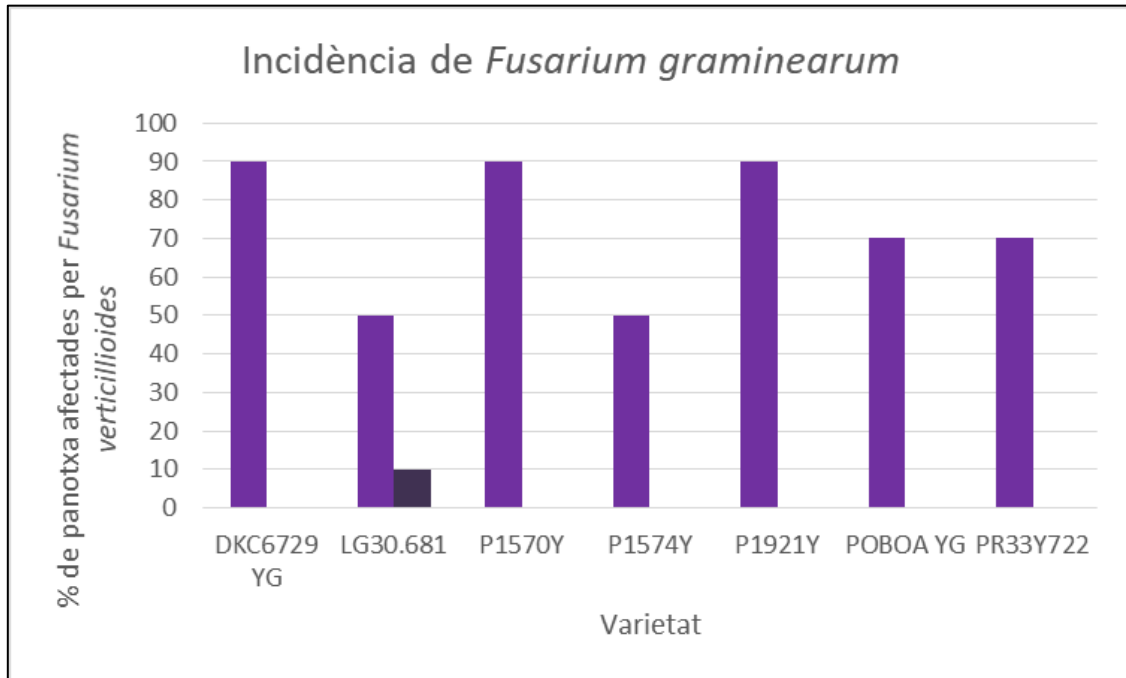


Figura 57. Incidència mitjana de les plantes varietals que es van inocular amb *F. graminearum* i no inoculades.

6. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

6.1. Efecte de les varietats de blat de moro en la presència de fong a la panotxa i en el contingut de micotoxines.

La varietat podria ser un dels principals factors pels quals veiem diferents afectacions de fongs i continguts de micotoxines.

No s'observa diferències significatives en producció entre les varietats convencionals (mitjana 17612 Kg/ha) i les varietats transgèniques (mitjana 17395 Kg/ha) (Figura 36).

6.2. Efecte dels atacs per lepidòpters en la presència de micotoxines en el gra.

Durant la campanya 2016-2017 els afectes per lepidòpters han sigut molt baixes o nul·les (Figura 40). Com s'observa a les corbes de vol (Figura 58 i 59) a la Tallada d'Empordà, on es troba situat l'assaig segueixen la mateixa tendència que el resultats obtinguts per l'assaig.

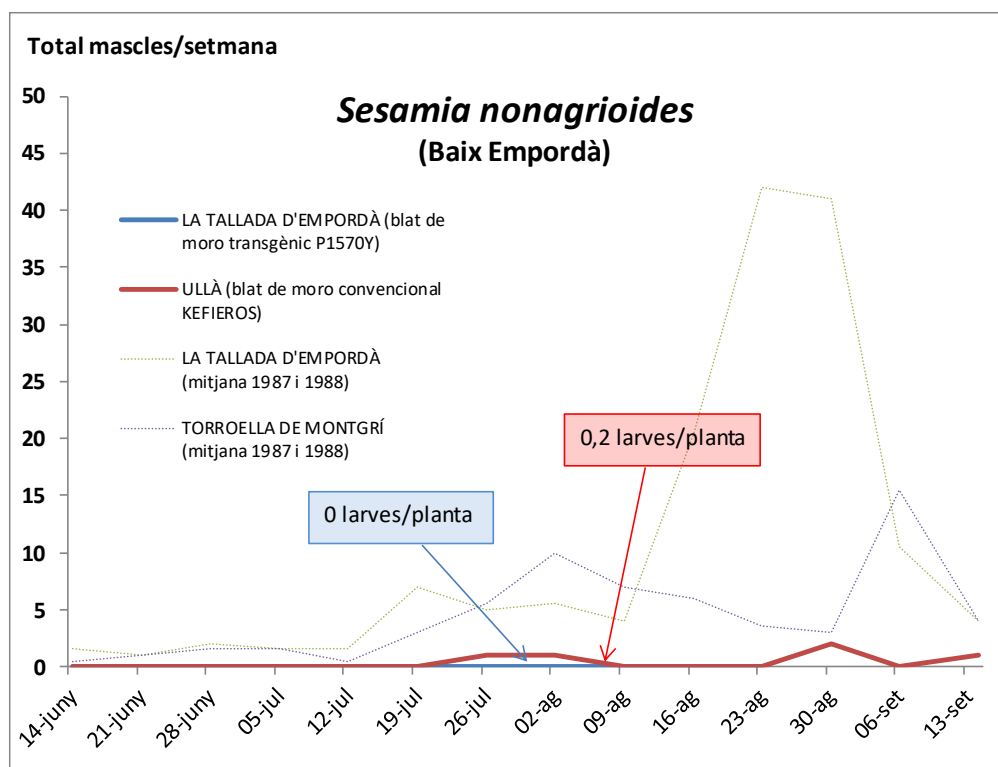


Figura 58. Corbes de vol de *Sesamia nonagrioides* durant la campanya 2016-2017 i 1987-1988 a la Tallada d'Empordà i Ullà. Font: Mas Badia

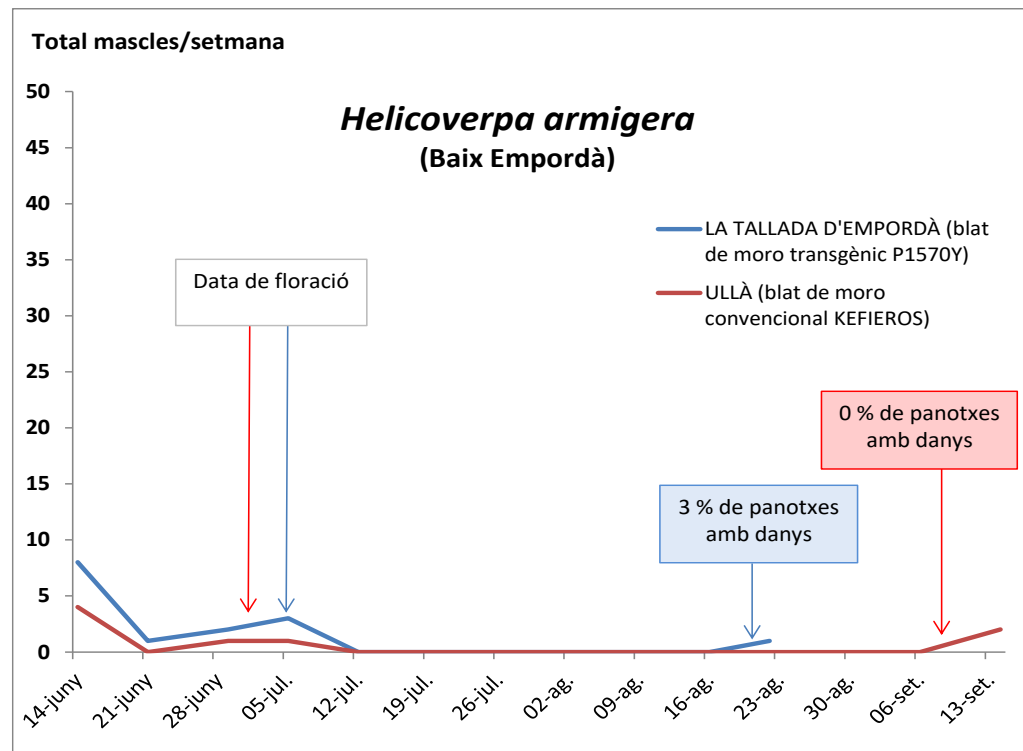


Figura 59. Corbes de vol de *Helicoverpa armigera* durant la campanya 2016-2017 i 1987-1988 a la Tallada d'Empordà i Ullà. Font: Mas Badia

Una de les possibles raons que justificarien la baixa població de barrinadors (mitjana 4,74%) seria les temperatures elevades que hi van haver durant el cicle del conreu de blat de moro (Figura 25).

Tot i la baixa població, s'observa com la major part de les varietats que presenten danys per *Helicoverpa armigera* mostren una severitat més elevada per part de *F. verticillioides* (Figura 45). Una major presència de danys per *Helicoverpa armigera* (Figura 46) indica més incidència i per tant més ferides a la panotxa que són substancialment una entrada de fongs alguns d'ells productors de micotoxines. També s'observa a la Figura 44 que més de dos terços de les varietats que han presentat una superfície de panotxa afectada per *F. verticillioides* mitjana - alta han mostrat una tendència a pesos específics mitjans alts (textura més vítria). Una possible interpretació podria ser que la sensibilitat varia en funció de les característiques del gra. Les varietats convencionals tendeixen a tenir major nombre de danys per *Helicoverpa armigera*.

Malgrat observar major severitat de *F. verticillioides* a les varietats convencionals (mitjana 2,46%) que a les transgèniques (mitjana 1,5%) el contingut de fumonisines a les convencionals és de 4118,71 ppb i les transgèniques de 3988,8 ppb. (Figura 47). Aquesta poca diferència en el contingut en fumonisines (Figura 48) ve determinada per la varietat transgènica P1574Y que fa pujar la mitjana substancialment degut el seu alt contingut de micotoxines 15555 ppb.

La presència de *F. graminearum* és pràcticament nul·la. Segurament ve condicionat per la climatologia, un estiu amb pluviometries baixes i temperatures baixes. Conseqüentment, hi ha poques varietats que tinguin DON i ZEA (Figura 49).

7. CONCLUSIONS

Les conclusions en les condicions en que s'ha realitzat l'assaig són:

- Existeix una relació clara entre la varietat i el contingut en micotoxines al gra.
- No s'observa relació entre la superfície de la panotxa afectada per *Fusarium verticillioides* i el contingut en micotoxines.
- S'observa una tendència a presentar continguts amb micotoxines més elevats en les parcel·les amb danys per *Helicoverpa armigera*.
- Les inoculacions artificials de *Fusarium verticillioides* i *Fusarium graminearum* han corroborat la diferent sensibilitat varietal als atacs dels dos fongs.
- S'intueix una relació positiva entre el pes específic i la textura del gra amb els atacs de *Fusarium* a la capça.

8. BIBLIOGRAFIA

- Argumedo-Delira, R. *et al.* (2009) «EL GÉNERO FÚNGICO *Trichoderma* Y SU RELACIÓN CON CONTAMINANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS», *Rev. Int. Contam. Ambient*, 25(4).
- CABI (2018) *Harpophora maydis (late wilt of maize), Invasive Species Compendium*. Disponible a: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/109285> (Accedit: 30 març 2018).
- Cano-Sancho, G. *et al.* (2009) «Micotoxines Estudi de dieta total a Catalunya 2008-2009», *Generalitat de Catalunya*.
- Capinera, J. L. (2017a) *Corn earworm - Helicoverpa zea, University of Florida*. Disponible a: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/corn_earworm.htm (Accedit: 22 març 2018).
- Capinera, J. L. (2017b) *European corn borer - Ostrinia nubilalis (Hubner), University of Florida*. Disponible a: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/field/e_corn_borer.htm (Accedit: 29 març 2018).
- Carbonell, A. (2016) «Afectació de diferents plagues en el cultiu del blat de moro implantat en el segon any de la rotació», *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació*.
- Clemente, L. *et al.* (2000) *Clasificación morfológica y genérica de suelos, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología (CSIC). Sevilla*. Disponible a: <http://edafologia.ugr.es/Revista/tomo7tr/a337v7tt.htm#anchor132536> (Accedit: 20 març 2018).
- Codony, R. i Boatella, J. (2002) «Anàlisi d'aliments», *Edicions Universitat de Barcelona, Departament de Nutrició i Bromatologia Divisió de Ciències de la Salut*. Disponible a: <https://books.google.es/books?id=6r5Gej4K29QC&printsec=frontcover&hl=ca#v=onepage&q=micotoxines&f=false> (Accedit: 20 març 2018).
- Comisión Europea (2006) «Recomendación de la comisión sobre la presencia de DON, ZEN, OTA, toxinas T-2 y HT-2 y fumonisinas en productos destinados a la alimentación animal», *Diario Oficial de la Unión Europea*, 2006/576/C, p. 2005-2007.
- Duran, J. E. i Balduque, R. (1983) «Plagas del maíz», en *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*.
- IRTA MAS BADIA. (2017). *Les micotoxines en el cultiu de blat de moro*.
- Maiorano i Reyneri (2005) *AGROSELVITER*. Disponible a: http://www.irespiemonte.it/irta/index.php?option=com_content&view=article&id=46%3Aagroselviter&catid=5&Itemid=3 (Accedit: 18 abril 2018).
- SABET, K. A. *et al.* (1970) «Pathogenic behaviour of *Cephalosporium maydis* and *C. acremonium*», *Annals of Applied Biology*. Wiley/Blackwell (10.1111), 66(2), p. 257-263. doi: 10.1111/j.1744-7348.1970.tb06432.x.
- Servei Meteorològic de Catalunya* (sense data) *Generalitat de Catalunya*. Disponible a: <http://www.meteo.cat/> (Accedit: 20 març 2018).
- Solanes, X. (2014) «Implicacions de les micotoxines del panís en l'alimentació animal», *ESPORC/IRTA*.
- Velluti, A. (2002) «Ecofisiología de especies de *Fusarium* productoras de fumonisinas, zearalenona y deoxinivalenol en maíz: aceites esenciales como inhibidores fúngicos», *Tesis doctoral Universitat de Lleida*.
- Visor SigPac V 3.3* (sense data). Disponible a: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/> (Accedit: 20 març 2018).