

Guia per a la

REDUCCIÓ DEL CONTINGUT EN MICOTOXINES A CAMP EN BLAT DE MORO PER A GRA

IRTA

RECERCA | TECNOLOGIA
AGROALIMENTÀRIES

AUTORS

Joan Serra Gironella (joan.serra@irta.cat)

Jordi Doltra Bregón (jordi.doltra@irta.cat)

Roser Sayeras Oliveras (roser.sayeras@irta.cat)

Eduard Gonzalo Gilibert (eduard.gonzalo@irta.cat)

Marta da Silva Lopes (marta.dasilva@irta.cat)

Xavier Solanes Tauler (xsolanes@esporc.com)

Montserrat Prat Bau (mprat@esporc.com)

Antoni López Querol

L'activitat de demostració "Pràctiques agronòmiques per la disminució del contingut en micotoxines en blat de moro per a gra (AGROMIC)", forma part de l'operació 01.02.01 (transferència tecnològica) del PDR de Catalunya 2014-2020.



**Fons Europeu Agrícola
de Desenvolupament Rural:**
Europa inverteix en les zones rurals



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació**



QUÈ SÓN LES MICOTOXINES ?

2



QUINES SÓN LES PRINCIPALS MICOTOXINES ?

3



FONGS PRODUCTORS DE MICOTOXINES

5



LA CLIMATOLOGIA

8



TOLERÀNCIA VARIETAL A FUMONISINES

9



PRÀCTIQUES CULTURALS

12



QUÈ SÓN LES MICOTOXINES?

Les micotoxines són substàncies tòxiques (toxines) produïdes de forma natural pel metabolisme secundari de determinats fongs (mico). Alguns d'aquests fongs poden provocar infeccions en grans de blat de moro a camp, durant el transport i l'emmagatzematge. Aquestes toxines causen un elevat nombre de patologies en animals i humans. Quan una partida de gra està contaminada, són molt difícils d'eliminar.

La Unió Europea disposa de legislació i recomanacions sobre els continguts màxims en micotoxines en matèries primeres per l'elaboració d'aliments. Així, la Recomanació 2006/576/CE proposa, pel gra de blat de moro destinat a l'alimentació animal, no sobrepassar els valors orientatius de 60.000 ppb de fumonisines B₁ + B₂ o 8.000 ppb de deoxinivalenol (DON). Són valors poc restrictius, no acceptats com de referència per determinades empreses i col·lectius, els quals utilitzen límits més baixos.

El Foro de Derio (integrat per representants d'organitzacions territorials relacionades amb la seguretat alimentària de matèries primeres per la fabricació de pinso de Galicia, Catalunya, Castella i Lleó, País Basc i Andalusia) ha establert uns criteris respecte a les micotoxines en les partides de blat de moro, assignant els qualificatiu rang baix, mitjà i alt en funció del seu contingut. En aquest cas, una partida es considera baixa en micotoxines quan presenta un contingut en fumonisines inferior a les 5.000 ppb.

Classificació de les partides de gra de blat de moro que ha realitzat el Foro de Derio, en funció del contingut en fumonisines, deoxinivalenol (DON) i zearalenona (ZEA).

RANG	FUMONISINES (ppb)	DON (ppb)	ZEA (ppb)
BAIX	< 5.000	< 1.000	< 300
MITJÀ	5.000 – 20.000	1.000 – 1.800	300 – 1.000
ALT	≥ 20.000	≥ 1.800	≥ 1.000



QUÈ SÓN LES MICOTOXINES?



QUINES SÓN LES PRINCIPALS MICOTOXINES?

El nombre de micotoxines diferents, procedents de contaminacions a camp, que es poden trobar en les produccions de blat de moro és molt elevat. Aquestes es poden classificar dins de varis grups, entre els que destaquen les fumonisines, els tricotecens tipus A i B, les zearalenones, les aflatoxines, i les ocratoxines.

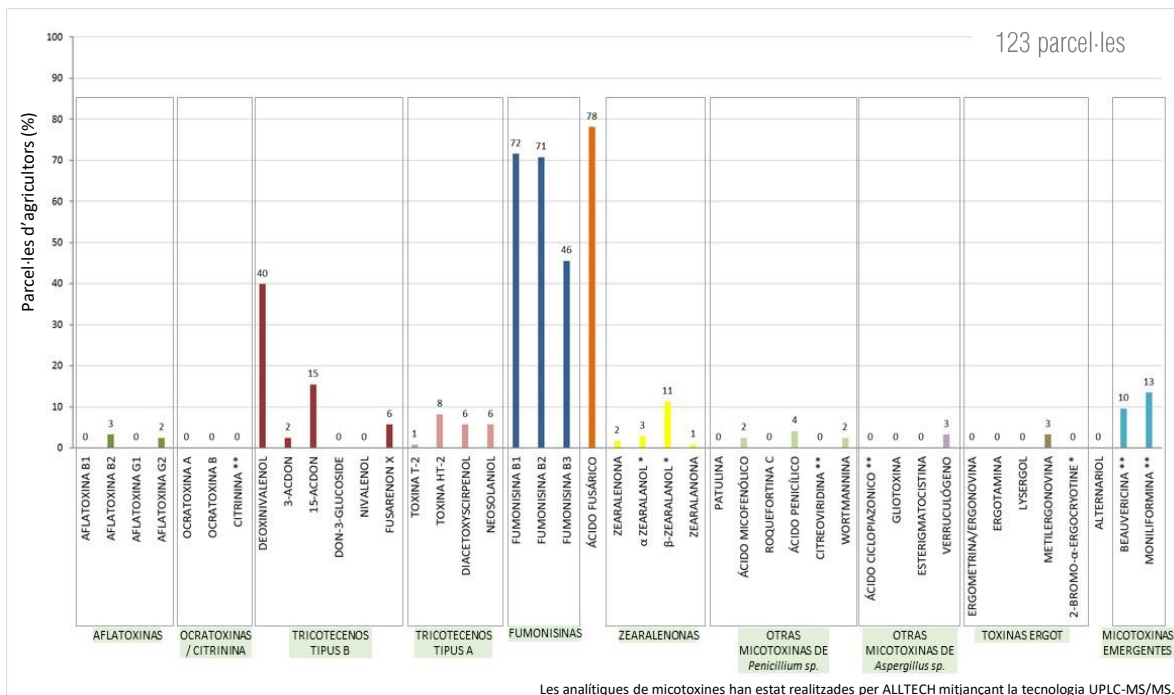
En les principals zones productores de blat de moro de Catalunya (el litoral de Girona i els regadius de Lleida) les micotoxines que s'observen amb una major freqüència són:

l'àcid fusàric, present en un 78 % de les parcel·les

les fumonisines B1 i B2, detectades cada una d'elles en més d'un 70 % de les mostres analitzades
el DON, que contamina prop del 40 % de les partides de gra.

QUINES SÓN LES PRINCIPALS MICOTOXINES

Freqüència de micotoxines procedents de contaminacions a camp, en mostres de gra de blat de moro de parcel·les d'agricultors de Catalunya, cultivades durant les campanyes 2016 i 2017.



Les analítiques de micotoxines han estat realitzades per ALLTECH mitjançant la tecnologia UPLC-MS/MS.

* Micotoxines analitzades únicament la campanya 2016 ** Micotoxines analitzades únicament la campanya 2017.

QUINES SÓN LES PRINCIPALS MICOTOXINES?

La importància de cada micotoxina en les zones productores de blat de moro ve determinada, a més que per la seva freqüència, pels continguts mitjans i per la toxicitat pels diferents tipus de bestiar. La major part del blat de moro que es produeix a Catalunya es destina a la producció de pinsos per l'alimentació de la ramaderia porcina.

MICOTOXINES	Contingut mitjà (ppb)
Àcid fusàric	111 ± 205
Aflatoxines B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	1,2 ± 3,9
Fumonisines B ₁ +B ₂ +B ₃	1446 ± 1353
Tricotecens tipus A	135 ± 508
Tricotecens tipus B	117 ± 108
Zearalenones	74 ± 166

Continguts mitjans en micotoxines de mostres de gra de blat de moro de parcel·les d'agricultors de Catalunya, cultivades durant les campanyes 2016 i 2017.

Les analítiques de micotoxines han estat realitzades per ALLTECH Mycotoxin Management mitjançant la tecnologia UPLC-MS/MS.

Considerant els continguts mitjans en les principals micotoxines i la toxicitat d'aquestes per la ramaderia porcina es pot concloure que:

Les fumonisines. La major part de les partides (75 %) estan contaminades. El 15 % mostren continguts alts (>3.000 ppb) i el 59 % valors baixos (<1.000 ppb)

Els tricotecens tipus A, principalment la toxina HT-2, són relativament poc freqüents

Els tricotecens tipus B, principalment el DON, es detecta presència en el 46 % de les parcel·les, però amb continguts que només en el 2 % són alts (>750 ppb)

Les zearalenones, tot i ésser poc freqüents, mostren sovint nivells alts (<75 ppb)

L'àcid fusàric és present a la majoria de les mostres (78%), però amb continguts baixos.

MICOTOXINES	Continguts de referència per a porcí (ppb)		
	Baix	Moderat	Alt
Àcid fusàric	1.000	2.000	3.000
Aflatoxina B ₁	20	35	50
Aflatoxines B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	20	35	50
Fumonisines B ₁ +B ₂ +B ₃	1.000	2.000	3.000
Ocratoxines A+B / Citrinina	20	35	50
Tricotecens tipus A	50	100	150
Tricotecens tipus B	250	500	750
Zearalenones	25	50	75

Continguts de referència de les principals micotoxines pel bestiar porcí.

Font: ALLTECH.





Fusarium verticillioides (*Gibberella fujikuroi*)

Les infeccions més severes en les panotxes es caracteritzen per la presència de lesions d'aspecte blanquinós en zones separades. En el cas d'infeccions que no acaben de prosperar, degut a períodes amb unes condicions culturals i climatològiques menys favorables pel fong, és habitual que es manifesti en forma d'estries blanques en els grans (aspecte estrellat).

Pot afectar diferents parts de la planta. És un fong oportunista que aprofita situacions de feblesa de la planta (estressos). Les infeccions en els grans i altres zones de la panotxa s'inicien sovint en ferides provocades per insectes, principalment pels barrinadors del blat de moro (*Sesamia nonagrioides* i *Ostrinia nubilalis*) i en menor grau *Helicoverpa armigera*.

És una malaltia habitual en zones càlides o temperades i humides. És el fong productor de micotoxines a camp en blat de moro més important a Catalunya.

És el principal responsable de les contaminacions de fumonisines.





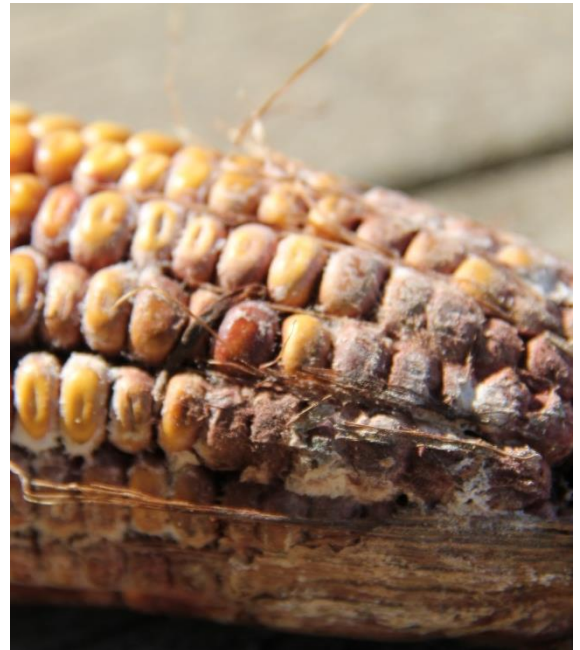
Fusarium graminearum (*Gibberella zeae*)

Les infeccions en panotxes es caracteritzen per la presència d'un miceli que pot variar entre el color blanc i el rosat intens. S'inicien a la punta i es prolonguen cap a la seva base. Normalment tots els grans d'una mateixa corona estan infectats. L'espigot també es podreix i quan es pressiona sobre els grans, aquests s'enfonsen. Les espates i les sedes solen quedar adherides als grans.

Els períodes continuats de pluja durant la floració femenina és un dels principals factors que afavoreix, a través de les sedes, la infecció de les panotxes. La prevalença de temps fresc i humit durant el període de formació del gra, els estressos, els danys d'insectes, etc. són factors que incrementen la probabilitat d'infecció. És un dels fongs causants de podridures a la base de les tiges.

És una malaltia pròpia de zones temperades i humides. A Catalunya té una major rellevància els anys menys calorosos i més plujosos.

És el principal responsable de les contaminacions de deoxinivalenol (DON) i zearalenona.





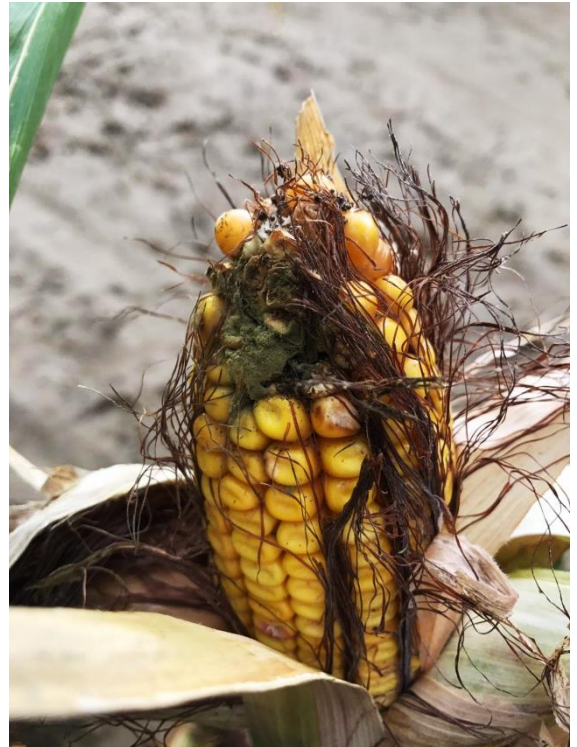
Aspergillus flavus

Les infeccions es poden produir a camp i durant el transport i l'emmagatzematge. A camp, els símptomes s'observen principalment en la zona apical de les panotxes. Es caracteritzen per la presència d'un miceli de color verdós, d'aspecte granulós; que un cop el fong ha esporulat, pot agafar tonalitats més fosques.

És una malaltia habitual de zones càlides. Actualment és un fong amb poca presència en la majoria de parcel·les de blat de moro de Catalunya.

És el principal responsable de les contaminacions d'aflatoxines B1 i B2. La primera és una de les principals substàncies cancerígenes d'origen natural. Les vaques i altres rumugants la metabolitzen parcialment, podent passar a la llet en forma de l'aflatoxina M1.

Una espècia molt propera i difícil de diferenciar és *Aspergillus parasiticus*, que produeix a més les aflatoxines G1 i G2.



LA CLIMATOLOGIA



La climatologia de cada zona productora condiona la major o menor presència de cada un dels fongs productors de micotoxines. Els dos paràmetres més importants són la humitat i la temperatura.

Activitat de l'aigua (Aw) mínima tolerada			
0,80	0,85	0,90	0,95
<i>Aspergillus flavus</i>		<i>Fusarium sp.</i>	

Font: KWS

FONG	TEMPERATURA (°C)		
	Mínima	Òptima	Màxima
<i>Aspergillus flavus</i>	10	32	42
<i>Fusarium verticillioides</i>	3	26	35
<i>Fusarium graminearum</i>	3	24	33

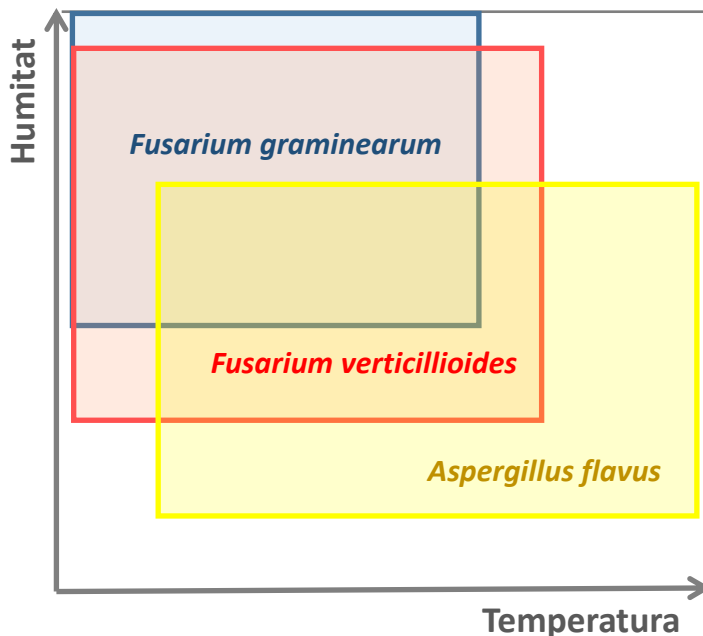
Font: KWS

Representació gràfica de les condicions de temperatura i humitat més favorables pel desenvolupament de fongs productors de micotoxines.

Les condicions climatològiques de les principals zones productores de blat de moro de Catalunya (els regadius de Lleida i el litoral de Girona) són favorables al desenvolupament de *Fusarium verticillioides*. Tot i això, les campanyes més plujoses i amb temperatures més fresques també poden donar infeccions de *Fusarium graminearum*.

L'activitat mínima de l'aigua (Aw) que pot tolerar cada fong determina l'adaptació a condicions seques. S'observa que *Aspergillus flavus* és més resistent que *Fusarium sp.* a situacions de baixa humitat.

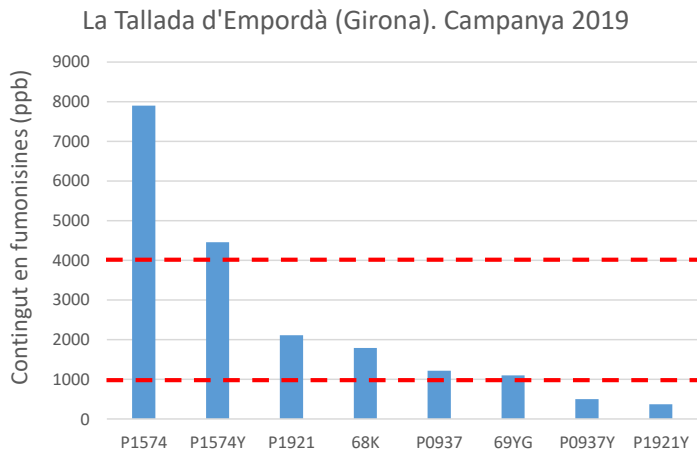
Aspergillus flavus és un fong adaptat a zones càlides; mentre que *Fusarium verticillioides* i *Fusarium graminearum* són propis de climes més temperats. Entre aquests dos darrers, *Fusarium graminearum* es desenvolupa millor en regions lleugerament més fresques.





TOLERÀNCIA VARIETAL A FUMONISINES

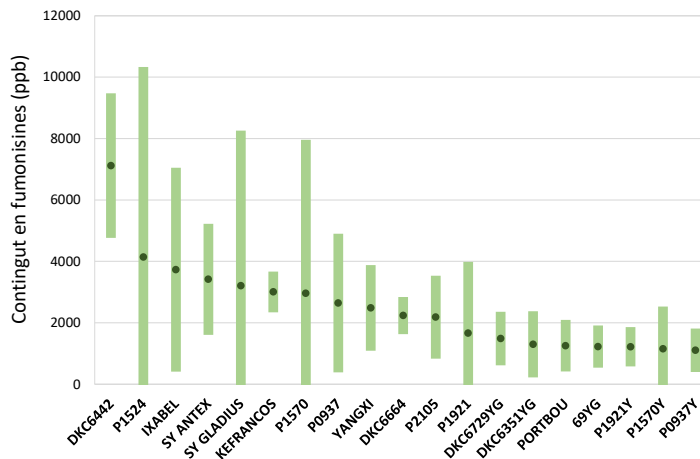
La influència de la varietat sobre el contingut en les diferents micotoxines és notable. No és fàcil obtenir informació en assaigs sobre la tolerància varietal, ja que és necessari que es produeixin contaminacions de forma sistemàtica, fet que a Catalunya només s'ha observat amb les fumonisines.



Contingut en fumonisines de varietats de blat de moro assajades a la Tallada d'Empordà (litoral de Girona) durant la campanya 2019.

En una determinada parcel·la el contingut en fumonisines varia molt depenent de l'híbrid. Una varietat sensible pot presentar fàcilment valors més de deu vegades superiors al d'una tolerant.

Algunes de les varietats que mostren una major tolerància en els assaigs són P0937Y, P1570Y, P1921Y, 69YG, PORTBOU, DKC6351YG, DKC6729YG i P1921. Tot i això, els resultats s'han d'interpretar amb precaució, degut a la variabilitat existent entre assaigs.



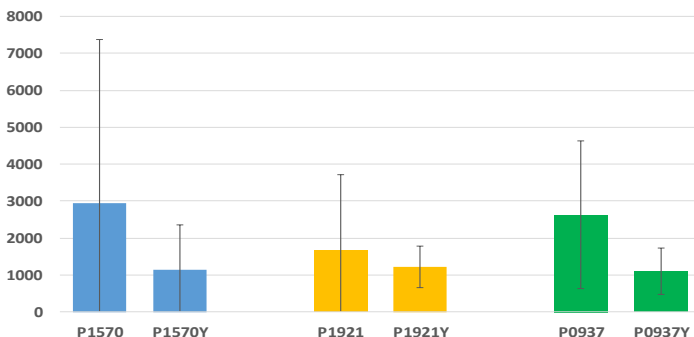
Contingut en fumonisines de varietats de blat de moro per a gra avaluades a les localitats de la Tallada d'Empordà (litoral de Girona) i el Poal (regadius de Lleida), en el marc de la Xarxa d'avaluació de varietats de Catalunya, durant les campanyes 2018 i 2019.



Varietats modificades genèticament amb l'event MON810

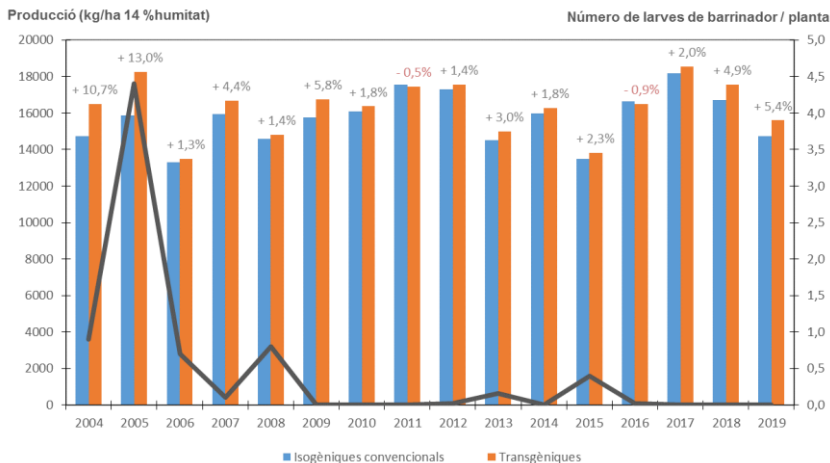
Els híbrids transgènics derivats de la modificació genètica MON810 mostren una resistència total als barrinadors del blat de moro (*Sesamia nonagrioides* i *Ostrinia nubilalis*) i parcial a *Helicoverpa armigera*. Aquestes plagues causen lesions en les panotxes i els grans del blat de moro que són punts d'entrada de les infeccions de *Fusarium verticillioides*. D'aquesta manera, el control d'aquests insectes contribueix indirectament a disminuir el risc de contaminació per fumonisines.

Contenido en fumonisinas (ppb)



Contingut en fumonisines de les varietats convencionals de blat de moro P1570, P1921 i P0937 i les seves isogèniques transgèniques derivades del MON810, P1570Y, P1921Y i P0937Y, assajades a la Tallada d'Empordà (litoral de Girona) i al Pool (regadius de Lleida), durant les campanyes 2018 i 2019.

Els híbrids transgènics presenten menors contaminacions en fumonisines que els seus isogènics convencionals. Tot i això, la forta baixada de les poblacions de barrinadors del blat de moro que s'observa en algunes zones degut a la sembra majoritària durant anys de varietats transgèniques pot diluir aquest efecte.

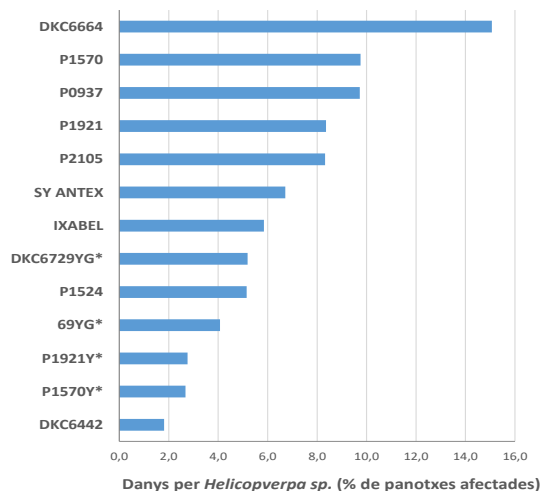


Dinàmica de les poblacions de barrinadors a la Tallada d'Empordà (Girona) i el seu efecte sobre el rendiment de varietats transgèniques i les seves respectives isogèniques convencionals.



Resistència a *Helicoverpa armigera*

Les larves d'*Helicoverpa armigera* causen lesions als grans de la zona apical de les panotxes, que faciliten les infeccions de *Fusarium verticillioides*. Els resultats mostren diferències en la resistència a aquesta plaga entre varietats. Els híbrids transgènics es veuen menys afectats per aquest insecte que els seus isogènics convencionals.

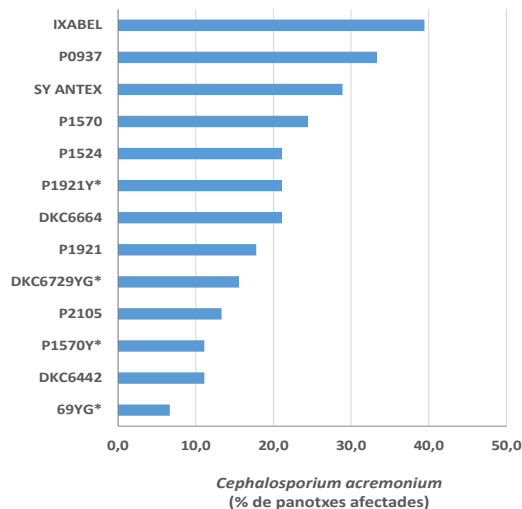


Danys d'*Helicoverpa* sp. segons varietats de blat de moro. La Tallada d'Empordà. Campanyes 2017, 2018 i 2019.



Susceptibilitat a *Cephalosporium acremonium*

El fong *Cephalosporium acremonium* causa lesions en els grans de blat de moro, que són punt d'inici d'infeccions de *Fusarium verticillioides*. No és un fong productor de micotoxines, però de forma indirecta pot afavorir la contaminació de fumonisines. Algunes de les varietats més resistents al fong són 69YG, DKC6442, P1570Y i P2105.



Susceptibilitat de varietats de blat de moro a *Cephalosporium acremonium*. La Tallada d'Empordà. Campanyes 2017, 2018 i 2019.





PRÀCTIQUES CULTURALS

Moltes pràctiques culturals poden ajudar a disminuir el risc de la contaminació per micotoxines. A continuació es fa referència a algunes de les més importants:

1 Disminuir el nivell d'inòcul de fongs productors de micotoxines.

- Realitzar rotacions amb cultius lliures d'infeccions d'aquests fongs. És important evitar el monocultiu del blat de moro.
- Enterrar les restes del cultiu precedent, principalment si aquest és blat de moro infectat per *Fusarium graminearum*.

2 Ajustar el període data de sembra i el cicle de la varietat per evitar que els estadis de formació del gra i els posteriors a la maduració fisiològica tinguin lloc en unes dates excessivament tardanes, que coincideixin amb unes condicions climatològiques més favorables pel desenvolupament de fongs productors de micotoxines. Moltes campanyes les dates de sembra més tardanes tendeixen a presentar continguts en micotoxines més alts.

3 Sembrar híbrids de blat de moro tolerants a les micotoxines. Les varietats transgèniques derivades del MON810 solen presentar continguts més baixos, degut a la protecció que ofereixen contra els barrinadors del blat de moro i altres insectes.

4 Protegir el cultiu dels danys d'insectes, principalment dels barrinadors del blat de moro (*Sesamia nonagrioides* i *Ostrinia nubilalis*) i *Helicoverpa armigera*.

5 Evitar estressos en les plantes de blat de moro.

- Realitzar una correcta gestió de la fertilització, especialment la nitrogenada. Cal evitar carències dels principals nutrients.
- Aportar l'aigua necessària pel cultiu mitjançant el reg, evitant estressos deguts a un dèficit en el subministrament, tant en quantitat com en determinats estadis.
- L'aplicació de substàncies estimulants a la llavor, el sòl o la planta pot ajudar al cultiu a superar possibles estressos.

6 No demorar excessivament la data de recol·lecció.

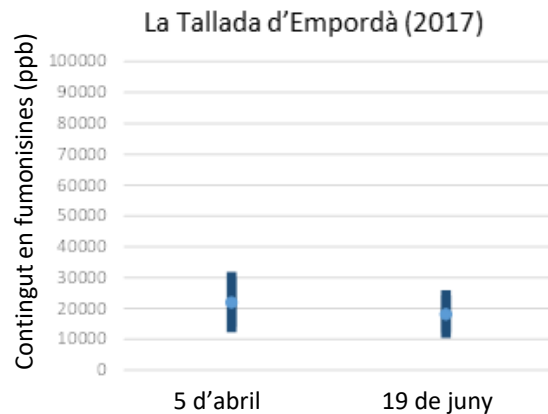
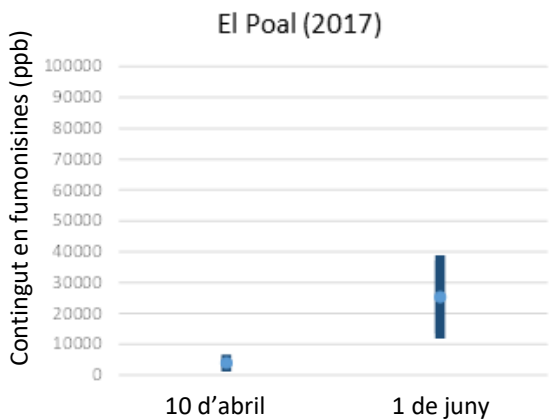
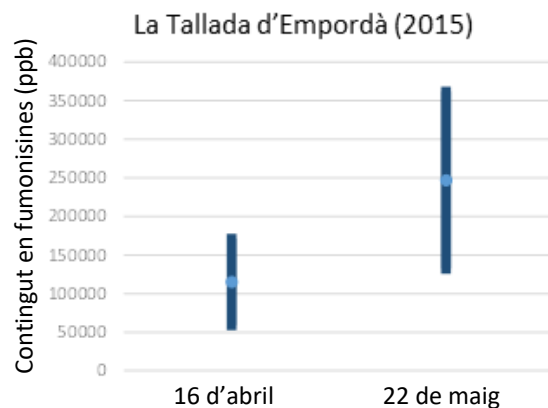
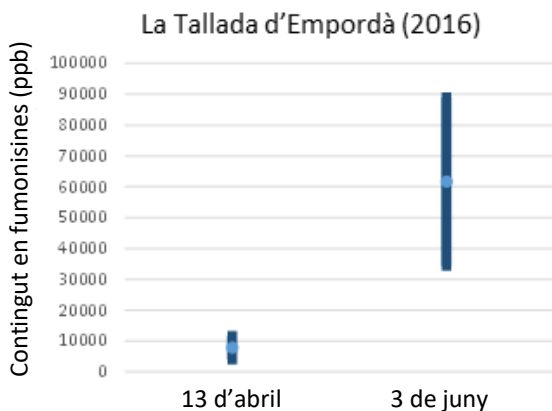
7 Regular adequadament la recol·lectora amb l'objecte d'eliminar la major part possible de grans afectats per fongs i impureses.



Data de sembra

La data de sembra pot determinar el contingut en fumonisines en el gra, encara que la incidència no sempre és clara. Quant més tardana és la sembra, també ho és la data de maduresa fisiològica i de recol·lecció. Si es considera aquest efecte, per una mateixa humitat del gra en el moment de la collita, normalment el contingut en aquesta micotoxina és més elevat en les sèmres més tardanes.

Contingut en fumonisines de diferents varietats de blat de moro assajades a la Tallada d'Empordà (el litoral de Girona), durant les campanyes 2015, 2016 i 2017, i el Poal (regadius de Lleida), durant la campanya 2017, en mostres recollides quan la humitat del gra ha estat propera al 22 %, en funció de la data de sembra.





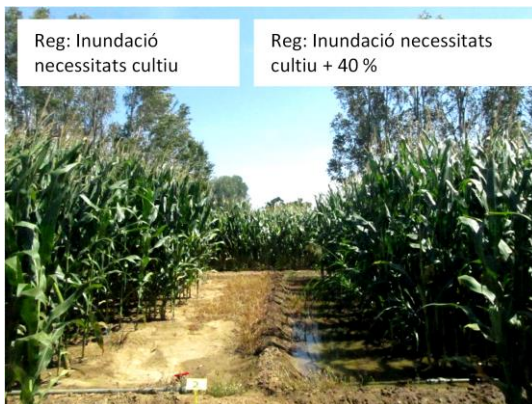
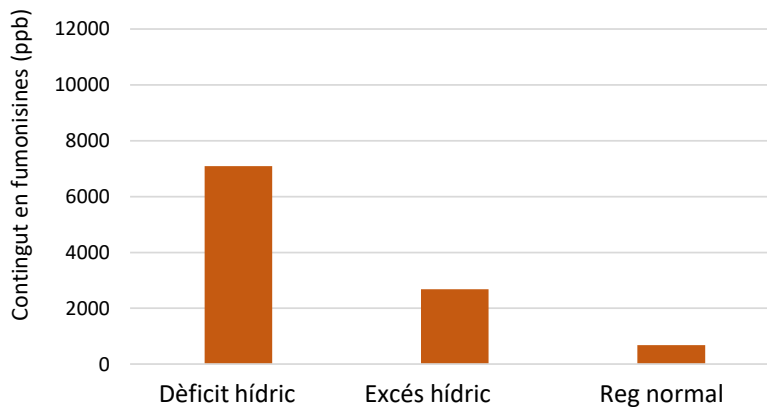
Disminuir el risc d'estrès hídric

Totes les situacions que afebleixen les plantes de blat de moro (dèficit de nutrients, manca d'aigua, etc.) poden afavorir les infeccions de determinats fongs productors de micotoxines, en particular *Fusarium sp.*

Un dels estressos que té una major incidència sobre el contingut en micotoxines és l'hídric. Un reg deficitari, que no satisfaci les necessitats en aigua del cultiu, pot contribuir a augmentar molt significativament el contingut en fumonisines.

Contingut en fumonisines en funció de diferents estratègies de reg per inundació (reg normal -satisfent les necessitats en aigua del cultiu-; dèficit hídric -reg deficitari aportant un 40 % menys d'aigua-; i excés hídric -reg excessiu aportant un 40 % més d'aigua-) obtingut en l'assaig realitzat a la Tallada d'Empordà, durant la campanya 2017.

La Tallada d'Empordà - 2017

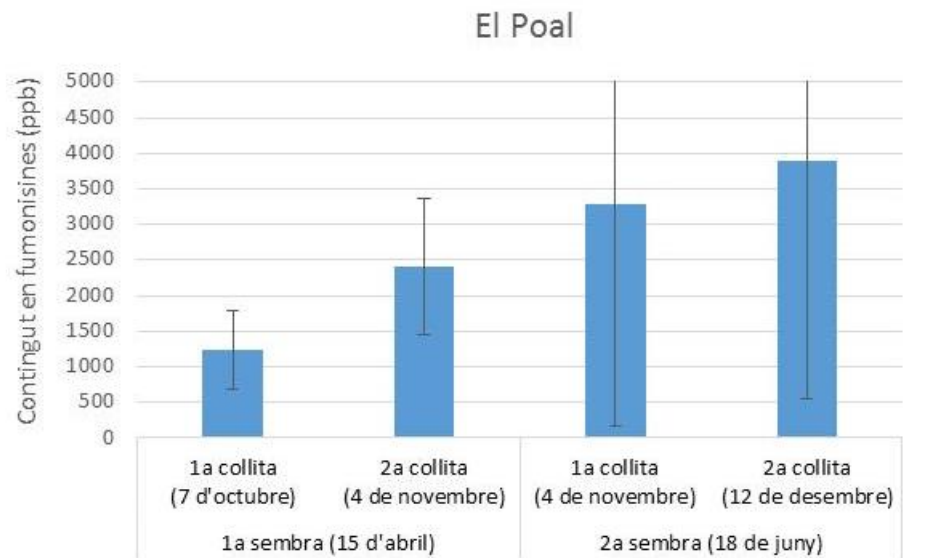




Data de recol·lecció

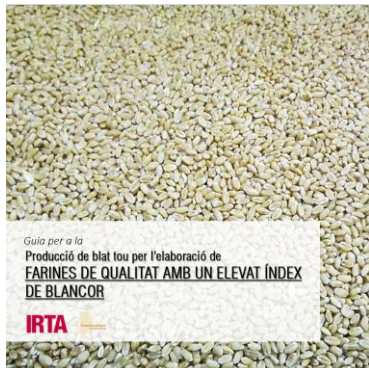
El retard en la data de recol·lecció pot comportar, encara que no sempre, un increment en el contingut en fumonisines. Aquest s'observa principalment en parcel·les infectades per *Fusarium verticillioides* que després de la maduresa fisiològica, quan el gra encara té un percentatge elevat d'humitat, coincideixen condicions climatològiques favorables al desenvolupament del fong.

Contingut en fumonisines en funció de la data de sembra i de recol·lecció en l'assaig realitzat al Poal (regadiu de Lleida) durant la campanya 2019.



ALTRES GUIES D'AQUESTA COL·LECCIÓ

Elaborades per IRTA Mas Badia en el marc de l'operació 01.02.01 del PDR de Catalunya 2014-2020.



 **Fons Europeu Agrícola de Desenvolupament Rural:**
Europa inverteix en les zones rurals

 **Generalitat de Catalunya**
Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació





IRTA

RECERCA | TECNOLOGIA
AGROALIMENTÀRIES

L'activitat de demostració "Pràctiques agronòmiques per a la disminució del contingut en micotoxines en blat de moro per a gra (AGROMIC)", forma part de l'operació 01.02.01 (transferència tecnològica) del PDR de Catalunya 2014-2020.



**Fons Europeu Agrícola
de Desenvolupament Rural:**
Europa inverteix en les zones rurals



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació**