






## Criticità sanitarie

### Variatione annuale della presenza delle principali micotossine

Contaminazione: frumento tenero (nord Italia)

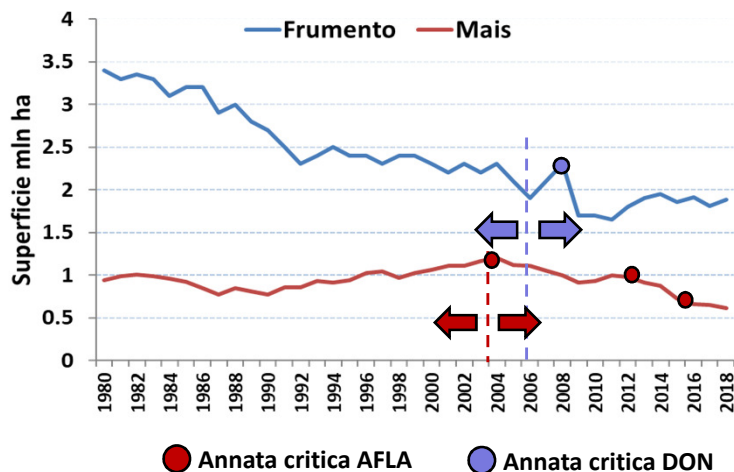
- Elevata e diffusa 
- Elevata ma non diffusa 
- Bassa e non diffusa 

Da:  
CRA-MICOPRINCEM, e  
DISAFA dataset

Anno	DON ***
2000-01	Yellow
2001-02	Yellow
2002-03	Green
2003-04	Yellow
2004-05	Green
2005-06	Yellow
2006-07	Green
2007-08	Red
2008-09	Yellow
2009-10	Yellow
2010-11	Yellow
2011-12	Green
2012-13	Green
2013-14	Yellow
2014-15	Yellow
2015-16	Green
2016-17	Green
2017-18	Red
2018-19	White



## L' "Emergenza" del problema





## Gestione dell'emergenza

### Prima fase ....2004: "Emergenza" del problema

Selezione areali e fornitori, inizio controlli al conferimento.  
Obiettivo: lotti commerciali nei limiti

### Seconda fase 2005-2012: Gestione dell'emergenza

Selezione areali e fornitori, controlli sistematici al conferimento, introduzione elementi agro-tecnici straordinari di mitigazione.  
Obiettivo: i conferimenti dal campo nei limiti

### Terza fase 2013.....: Coesistenza con le micotossine

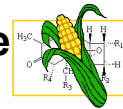
Selezione areali e fornitori, controlli avanzati al conferimento, eliminazione progressiva degli elementi agro-tecnici di rischio.  
Obiettivo: contaminazioni quanto più ridotte

### Quarta fase 202?.....: Controllo delle micotossine

Obiettivo: contaminazioni standard babyfood



## Strategie operative per la mitigazione del rischio da micotossine



1. "Emergenza" del problema
2. Gestione dell'emergenza
3. Coesistere con le micotossine
4. Prospettive



VI Congresso Nazionale  
Micotossine e Tossine Vegetali  
nella filiera agro-alimentare  
Roma 10-12 giugno 2019



## Gestione dell'emergenza

### Frumento tenero e duro: misure per la mitigazione del rischio in campo

Elementi di controllo	Efficacia della misura
Scelta varietale	Impiego di varietà a ridotta suscettibilità
Concia del seme	Concia fungicida mirata
Lavorazione del suolo	Favorire lavorazioni con interrimento dei residui
Controllo delle malerbe	Diserbo attento e completo (resistenze)
Avvicendamento	Preferenza per precessioni con pochi residui
Fertilizzazione azotata	Evitare apporti squilibrati in difetto e in eccesso
Difesa fungicida	Applicazione di fusaricidi alla fioritura



9

### Frumento tenero: scelta varietale

Categoria	Varietà	Produzione t/ha	Peso ettolitrico kg/hl	Proteine %	Colore	Hardness	Precocità	Taglia	Sensibilità malattie			
									O	R	St	F
FB	Bramante	6.2	77.5	12.2	rosso	S	MT	M	MR	MR	MR	MR
	Arabia	6.1	77.7	12.2	bianco	S	MP	A	S	MR	S	MS
	Artico	6.0	72.6	11.2	rosso	S	M	M	MS	MR	MS	MS
FP	Solehio	8.0	77.8	11.4	rosso	M	MT	A	MS	MR	MS	MR
	Altamira	7.1	78.8	12.5	rosso	M	T	A	MR	MR	MS	MR
	Bandera	7.4	77.5	11.7	rosso	MH	P	B	MR	MS	MR	S
	Sirtaki	6.9	73.5	11.6	rosso	MH	T	M	MR	MS	MS	S
	PR22R58	6.3	74.7	11.1	rosso	H	T	M	MR	MR	MR	S
	Antille	6.3	75.0	11.1	bianco	MH	T	A	MS	MR	MS	MR
	Exotic	6.9	74.0	11.6	rosso	MH	T	M	MR	MR	MS	MS
	Epidoc	6.4	72.3	11.4	rosso	MH	T	A	MR	MR	MS	MS
	Palesio	6.6	77.1	12.6	rosso	M	P	M	S	MR	S	MS
	Genesi	6.4	74.5	11.9	rosso	H	T	A	MR	MS	MS	MS
Aubusson	5.9	71.8	10.9	rosso	MH	T	M	MR	MR	MS	MS	
FFe FPS	Bologna	5.4	77.5	12.5	rosso	MH	M	B	MR	S	MS	MR
	Arrocco	6.4	76.0	12.6	rosso	M	MP	B	MR	MS	MS	MR
	Tiepolo	6.7	78.2	12.2	rosso	H	MP	M	MS	MR	MS	MS
	Blasco	5.9	80.2	12.2	ambrato	H	M	B	MR	MR	MS	MR
	Adelaide	6.2	77.4	11.9	rosso	H	P	A	MR	MR	MS	MS
Duro	Dylan	4.8	70.2	14.7				M			MS	MS
	Liberdur	4.9	69.9	14.8				T	A		MS	MS
	Latinur	4.6	69.1	14.6				M	B		S	S
	Imhotep	4.9	70.5	14.1				MP	MA		S	S
	Meridiano	5.3	67.5	14.8				MP	M		S	S
	Levante	4.7	69.4	15.2				M	A		MS	MS

#### Legenda

hardness S = sof; M = medium; MH = medium hard; H = hard

precocità P = precoce; MP = medio precoce; M = media; MT = medio tardiva; T = tardiva

taglia B = bassa; M = media; A = alta

Sensibilità O = oidio; R = ruggini; St = septoria; F = fusariosi della spiga

S = sensibile, MS = mediamente sensibile; MR = mediamente resistente

## Gestione dell'emergenza

### Mais: misure per la mitigazione del rischio in campo

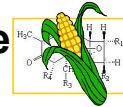
Elementi di controllo	Efficacia della misura		
	AFLA	FUM	DON/ZEA
Scelta dell'ibrido	Yellow	Yellow	Red
Concia del seme	White	White	Yellow
Lavorazione del suolo	Yellow	Yellow	Red
Avvicendamento	Yellow	Yellow	Red
Fertilizzazione	Red	Yellow	Yellow
Irrigazione	Red	Yellow	Yellow
Difesa dalle malerbe	Yellow	Yellow	Red
Difesa da insetti	Red	Red	White
Difesa fungicida	White	White	Red
Raccolta	Red	Red	Red

White: Efficacia nulla  
 Yellow: Efficacia bassa  
 Red: Efficacia elevata  
 Dark Red: Efficacia molto elevata



11

## Strategie operative per la mitigazione del rischio da micotossine

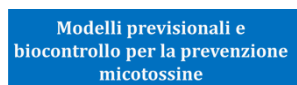


1. "Emergenza" del problema
2. Gestione dell'emergenza
3. Coesistere con le micotossine
4. Prospettive

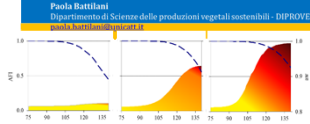


## Dall'applicazione di misure isolate a Percorsi Integrati (PI) di pre e post raccolta

- PI in campo
- PI nel post-raccolta
- Previsioni e modelli previsionali
- Linee guida
- Disciplinari di produzione



LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DI AFLATOSSINE (AFLA), FUMONISINE (FUMO), DEOSSINIVALENOLO (DON), ZEARALENONE (ZEA)  
NELLA GRANELLA DI GRANTURCO  
FASE DI COLTIVAZIONE E RACCOLTA










### Es. Mais: aflatoxine

- Agrotecnica
- Motivazione rischio e condizione di criticità
- Efficacia della misura
- Strategie e azioni di controllo

**La valutazione delle singole misure non tiene conto dell'effetto sinergico/combinato tra le stesse che determina l'esposizione al rischio e le opportune strategie culturali**

	Motivazione del rischio e condizione di criticità	Efficacia nella controllo della micotossina	Strategie e azioni per il controllo
<b>Agrotecnica</b>			
<b>Selezione della coltura</b>	Coltivare varietà ibrida con maturazione precoce e alta resistenza a malattie fungine. Evitare la seconda parte della maturazione aumentata rischio micotossine. Posizionare la maturazione in modo che la seconda parte della maturazione non coincida con la stagione umida.	Molto elevata	Contenere il grado di maturazione, in particolare agronomico. Scelta della varietà in relazione ai probabili rischi.
<b>Conoscenza della coltura</b>	La concia fungicida non è applicata in modo apprezzabile la concia.	Bassa	In caso di probabili attacchi di diabetici (monococcidiosi e rotture esterne all'anno precedente) impiegare prodotti fungicidi alla semina.
<b>Definizione della parità</b>	Attacchi di vettori (afidi) non sono correlati con lo sviluppo delle muffe. Forti effetti di leve di diabetici alla radice (scoraggiare invece la punteggiatura dello stelo e lo sviluppo delle muffe).	Significativa	Apporto dei residui o intervento degli insetti.
<b>Definizione dei rischi (coltura)</b>	Le varietà ibride contengono spore vitali e fungine adatte per la concia, infestazione e per la segnalazione di lesioni del raccolto successivo. Prediligono varietà con maggiore presenza di riccio, la monocoazione di maturazione e l'attacco della semina diretta e la stessa lavorazione (presenza di abbondanti residui).	Significativa	Attenzione di avvicendamento con colture che rilasciano pochi residui, maggiori rischi e monocoazione di mais granella.
<b>Avvicendamento</b>	L'avvicendamento con colture che rilasciano pochi residui e la loro completa interruzione consentono un miglior controllo sullo sviluppo di funghi e afidi della produzione di semina. L'avvicendamento culturale con colture che rilasciano pochi residui di mais per la semina diretta per un anno con la popolazione locale.	Significativa	In ambienti asciutti impiego di foriti e colture intermedie (come il grano) di foriti prima del probabile periodo di massima temperatura. Operazioni verso foriti (seco).
<b>Scelta ibrido</b>	La fertilità e la fase in cui il più probabile la contaminazione della sarga, le alte temperature favoriscono la crescita delle muffe e la sintesi delle aflatoxine.	Significativa	La semina anticipata appena il terreno permette 17-20°C permette spazio di evitare la contaminazione della fertilità con il foriti.
<b>Ferme di semina</b>	La fertilità e la fase in cui il più probabile la contaminazione della sarga, le alte temperature favoriscono la crescita delle muffe e la sintesi delle aflatoxine.	Significativa	In coltura anticipata o con foriti appena dopo semina che favorisce colture in riferimento dell'ibrido e ridurre del 20%.
<b>Investimento della semina</b>	Un'eccessiva influenza il consumo idrico e il microclima nella coltura. Culture fitte (oltre 200 piante al metro quadrato) favoriscono l'accumulo di umidità e il rischio di ristagno di acqua e il rischio di ristagno di acqua, tali quali da favorire un ambiente idoneo allo sviluppo della muffa tossica.	Significativa	Attenzione di avvicendamento con colture che rilasciano pochi residui e la loro completa interruzione consentono un miglior controllo sullo sviluppo di funghi e afidi della produzione di semina. L'avvicendamento culturale con colture che rilasciano pochi residui di mais per la semina diretta per un anno con la popolazione locale.
<b>Controllo delle infestanti</b>	La sarga ibrida predilige gli attacchi di <i>Aspergillus flavus</i> . Una coltura infestata infatti determina un aumento della temperatura del terreno favorendo la crescita di questa muffa termofila. Particolarmente critica è la sarga ibrida a maturazione tardiva della granella.	Molto elevata	Impiego di colture di infestanti della coltura in rapporto all'andamento della sarga (risparmio e prevenzione di infestanti). Attenzione l'irrigazione se la temperatura, sono elevate anche nelle fasi avanzate del ciclo colturale.
<b>Fertilizzazione fosfo-potassica</b>	Una nutrizione squilibrata rende più suscettibile la pianta ad attacchi parassitari e funghi e possono favorire lo sviluppo dell' <i>Aspergillus flavus</i> . Inoltre l'azoto favorisce un rallentamento dello sviluppo nella parte prima del ciclo e quindi un ritardo della maturazione.	Bassa	Controllo delle infestanti e controllo della temperatura del terreno.
<b>Fertilizzazione azotata</b>	Caratteristiche di maturazione (frequenza di maturazione) sviluppo della coltura (propensione agli attacchi dei funghi) (tempo di accensione di affollamento). Caratteristiche di maturazione (frequenza di maturazione) sviluppo della coltura (propensione agli attacchi dei funghi) (tempo di accensione di affollamento).	Significativa	Apporto di azoto tempestivo nel equidistanza (bilanciamento) e maggior consumo per contenere lo sviluppo delle muffe.
<b>Trattamenti insetticidi</b>	L'efficacia delle misure di controllo del mais (colture intermedie) e di altri colture non è causa diretta di sviluppo di funghi, ma <i>A. flavus</i> cresce più rapidamente in colture danneggiate dai insetti perché più esposta alla penetrazione del micelio. Inoltre, la pianta soggetta ad infestazione è sotto stress (meno acqua) per indurre una maggiore sintesi di tossine al fungo. L'attività delle leve di diabetici (diabetici virgole) danneggiando l'apparato radicale espongono la pianta a maggiori rischi di infestazione.	Bassa	Trattamenti in caso di probabile forte infestazione (trattamenti con insetticidi contro le leve di seconda generazione). Il trattamento è efficace dal momento in cui la cattura degli adulti della prima generazione (diabetici virgole). Diabrotica: In caso di monocoazione rilevante l'attività della infestazione mediante trappole.

#### AFLATOSSINE del Mais

Agrotecnica	Stadio	Strategie e azioni per il controllo
Scelta ibrido, avvicendamento, lavorazione del suolo		Scelta opportuna del ciclo dell'ibrido in relazione ai probabili stress. Privilegiare gli avvicendamenti dopo una coltura che lascia pochi residui. Interrare i residui colturali con le lavorazioni.
Semina		Attuare una semina primaverile tempestiva con investimenti contenuti in caso di probabili stress idrici. Applicare concime fosfo-potassico localizzato. In caso di probabili attacchi da ferretto e diabrotica (se in monosuccessione) impiegare geodisinfestanti alla semina.
Insediamento (3-6 foglie)		Curare un adeguato diserbo. Intervenire tempestivamente con le concimazioni azotate in copertura e procedere con una sarchiatura/fincalzatura.
Pre levata (7-10 foglie)		Completare la concimazione azotata in copertura evitando apporti carenti. Possibile distribuzione del fungicida per la difesa della foglia.
Fioritura		Evitare stress idrici fornendo apporti idrici adeguati. Possibile distribuzione del fungicida per la difesa della foglia. Terminata la fioritura si apre la finestra utile per il trattamento insetticida contro la piralide. Per le seconde semine intervenire contro la piralide.
Maturazione latte e cerosa		Per le fioriture precoci alla maturazione latte si chiude la finestra utile per il trattamento insetticida contro la piralide. Evitare stress idrici fornendo apporti idrici adeguati.
Maturazione		In ambienti soggetti a ricorrenti contaminazioni da aflatoossine e in annate a rischio la raccolta deve essere effettuata con umidità della granella al 22-24% e comunque non inferiore al 20%. In ogni ambiente, completata la maturazione non lasciare per tempi prolungati il mais in campo, soprattutto quando le temperature sono elevate

L' esame di percorsi produttivi, conduce ad una diversa esposizione al rischio, cioè ad una diversa **probabilità di frequenza e gravità della contaminazione**: 8 livelli crescenti di rischio probabile

Livello di rischio	Descrizione	
	Probabile contaminazione <sup>(1)</sup>	Condizioni ambientali avverse <sup>(2)</sup>
1	Trascurabile	Solo in casi di eventi eccezionali e violenti concentrati in alcune fasi critiche
2	Molto Bassa	Solo annate con decorso eccezionale
3	Bassa	Annate con decorso avverso, limitato ad alcune fasi critiche
4	Media	Annate con decorso avverso
5	Elevato	Nella maggior parte delle annate
6	Molto elevato	Nella maggior parte delle annate
7	Grave	In tutte le annate fino ad ora sperimentate
8	Molto grave	In tutte le annate fino ad ora sperimentate

**Avvertenza: l'effettiva contaminazione finale è influenzata dall'andamento meteorologico**





## Mais Aflatossine

### Esposizione al rischio

Attenzione alla protezione con biocompetitori :  
**Ceppi atossici di A. flavus**

Stress	Irriguo	Nutrizionale	Umidità di raccolta	Trattamento piralide	Livello di rischio	
					Coltura asciutta o ibrido tardivo	Coltura irrigua e ibrido bilanciato
Irriguo	No		> 26	miscela	1	1
				piretroide	1	2
				no	2	3
			< 22	miscela	3	3
				piretroide	3	4
				no	4	5
	Si	> 26		miscela	2	2
				piretroide	2	3
				no	3	4
		< 22	miscela	4	4	
			piretroide	4	5	
			no	5	6	
Asciutto	No		> 26	miscela	5	5
				piretroide	5	6
				no	6	6
			< 22	miscela	6	6
				piretroide	6	7
				no	7	7
	Si	> 26		miscela	6	6
				piretroide	6	7
				no	7	7
		< 22	miscela	7	7	
			piretroide	7	8	
			no	8	8	



## Mais: Fumonisine

### Esposizione al rischio

Inoltre le tossine (prodotte da Fusarium sp. sez. Liseola e Gibbosum)

- Bikaverina
- Acido fusarico
- Beauvericina
- Equisetina
- Moniliformina
- Fusaproliferina

Modalità di semina	Epoca di semina	Concimazione localizzata	Umidità di raccolta	Trattamento piralide	Livello di rischio	
					Coltura asciutta o ibrido tardivo	Coltura irrigua e ibrido bilanciato
Tempestiva (15 III:10 IV)	Si (P:N)		> 26	miscela	2	1
				piretroide	2	1
				no	4	3
			< 22	miscela	3	2
				piretroide	3	2
				no	5	4
	No	> 26		miscela	3	2
				piretroide	3	2
				no	5	4
		< 22	miscela	4	3	
			piretroide	4	3	
			no	6	5	
Ritardata (oltre 20 IV)			> 26	miscela	4	3
				piretroide	5	4
				no	7	6
			< 22	miscela	5	4
				piretroide	6	5
				no	8	7

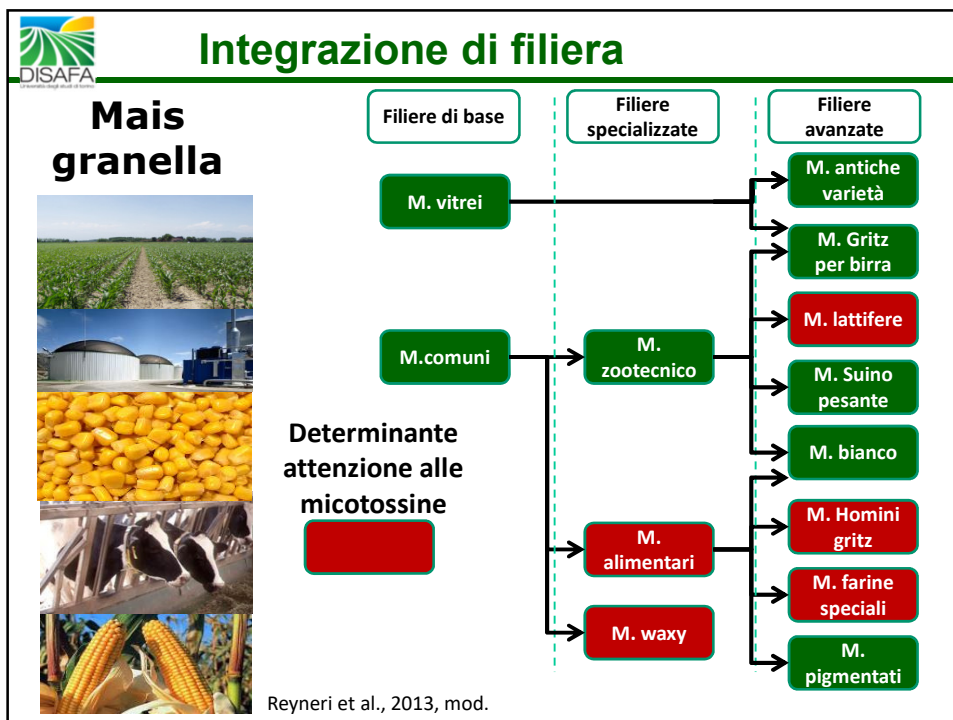
Modalità di semina		Umidità di raccolta	Ciclo dell'ibrido	Livello di rischio
Epoca di semina	Concimazione localizzata			
Tempestiva (15 III:10 IV)	Sì (P:N)	> 26	precoce	1
			bilanciato	2
			tardivo	4
		< 22	precoce	1
			bilanciato	3
			tardivo	5
	No	> 26	precoce	1
			bilanciato	3
			tardivo	5
		< 22	precoce	2
			bilanciato	4
			tardivo	6
Ritardata (oltre 20 IV)	> 26	precoce	3	
		bilanciato	5	
		tardivo	7	
	< 22	precoce	4	
		bilanciato	6	
		tardivo	8	

# Mais DON e Zea

## Esposizione al rischio

Inoltre le tossine (prodotte da Fusarium sp. sez. Discolor e Roseum)

- Aurofusarina
- Culmorina
- Butelonide
- DON-3-G





## Prospettive

### Strategie operative attuali e per il prossimo futuro

- **Aggiornamento dei mezzi tecnici:** nuovi fungicidi in conca e per applicazioni sulla pianta
- Prevenzione verso la **micotossine** “nuove” o “**emergenti**”
- Introduzione del **bio-controllo** attraverso l’impiego di ceppi atossigeni (*Aspergillus flavus*), di biostimolanti le difese della pianta (micorizze, PGPB)
- Applicazione del **Remote sensing** per il monitoraggio degli stress
- Applicazioni delle **NBT** per la selezione di genotipi con maggiore “resistenza”
- Istituzione di un **Coordinamento nazionale** di settore (Tavolo tecnico)

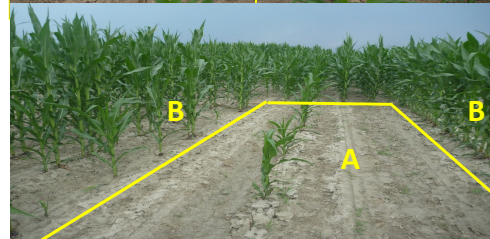
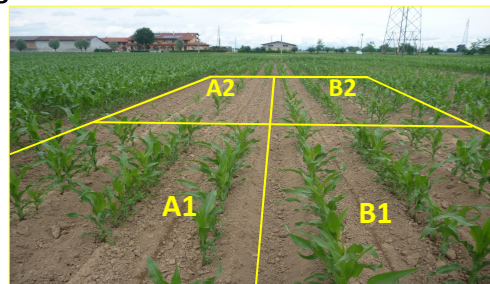


## Prospettive: aggiornamento dei mezzi tecnici

**Nuovi principi attivi fungicidi per applicazione in conca al seme o per applicazioni fogliari o sulla spiga**

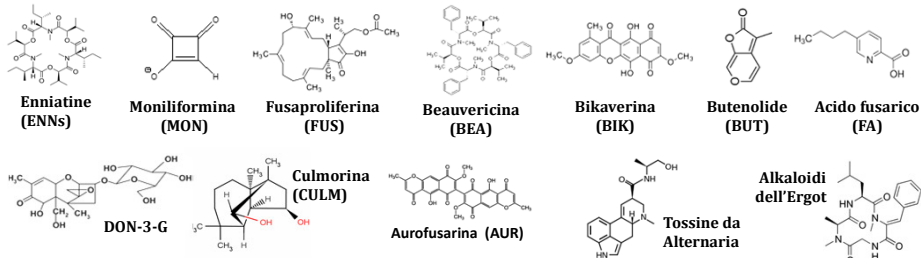


**A: Conca convenzionale**  
**B: Conche innovative**  
 Seme inoculato con *F. graminearum* e *F. moniliforme*

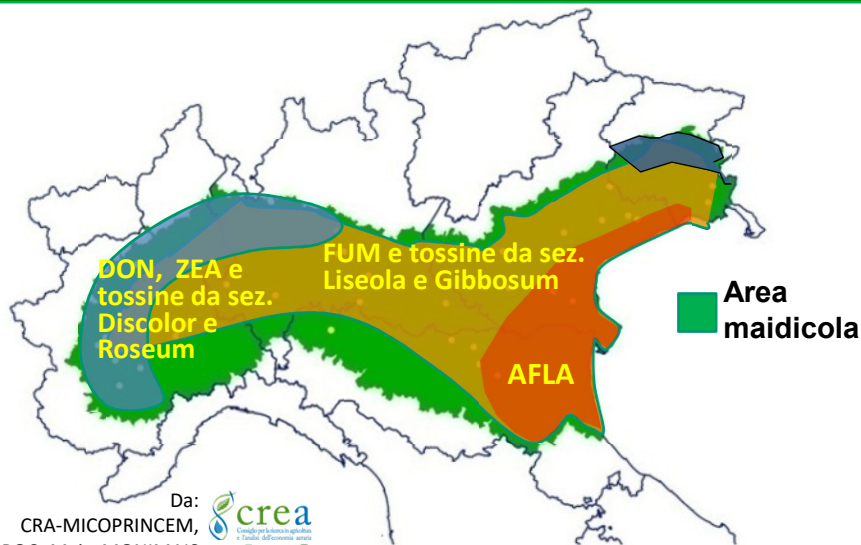


Circa 400 micotossine (...) sono attualmente identificate

Micotossine “nuove” o “emergenti”: quelle che non hanno ancora ricevuto un’attenzione scientifica adeguata (Streit et al. 2013)

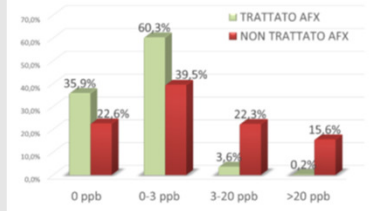


- ✓ Presenza nelle materie prime e nelle produzioni delle diverse catene alimentari
- ✓ Condizioni che promuovono la loro presenza nel campo e nel post-raccolta



## Prospettive: biocontrollo

Ceppi atossigeni  
*A. flavus*

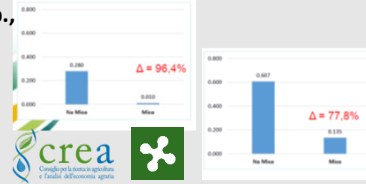


Da Battilani, 2018

Trichoderma spp. Glomus spp, Bacillus spp.,  
Trichoderma spp

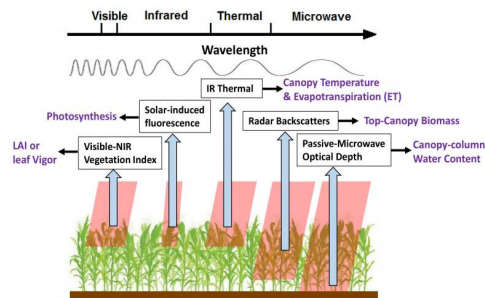
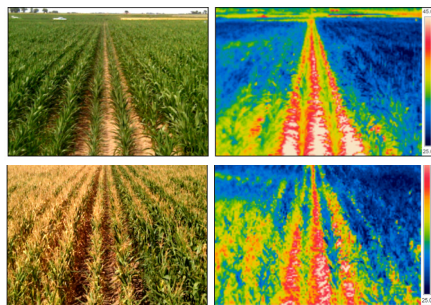


Bacillus amyloliquefaciens



## Prospettive: Remote sensing

Monitoraggio degli stress  
Impiego di satelliti per  
l'individuazione dell'entità e  
della durata degli stress  
(idrici, nutrizionali, sanitari)  
prima della raccolta



Larson, 2017

## Prospettive: Applicazione delle NBT

Applicazione delle New Breeding Techniques  
(Gene editing CRISPR-Cas9)

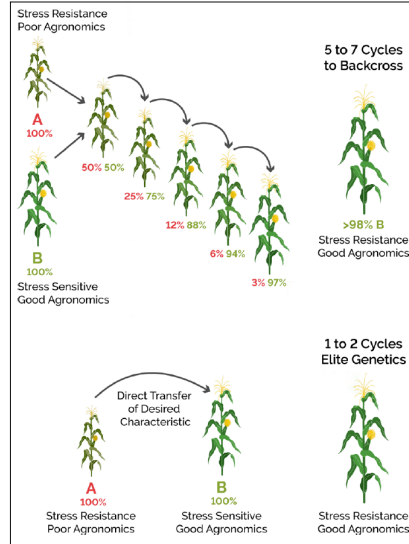
Accelerazione dell'inserimento di geni che inducono forme morfologiche o biochimiche di "resistenza"



Varietà sensibile



Varietà mediamente "resistente"



Pioneer, 2019

## Prospettive: Coordinamento di settore

Istituzione del tavolo tecnico – Mais (MIPAAFT)

Stesura del Piano di Settore

1. Premessa (GL 1)
2. Analisi di contesto: mercato superfici e andamenti (GL 2)
3. Criticità (GL 1, GL 3)
4. Principali Linee di intervento (GL 2, GL 3, GL 4, GL 1)
5. Outlook di medio periodo per una strategia condivisa (GL 1, GL 2, GL 3)

- Nel breve periodo un **Contributo per la produzione di mais *specialty*** in filiera;
- Attuazione di un **Sistema di cofinanziamento pubblico privato "strutturale"** per l'innovazione;
- **Coordinamento MIPAAFT-Regioni** per inserire misure di competitività nei futuri PSR

Analisi della domanda di ricerca e sperimentazione

Carattere	Espressione di rilevanza (%)
Resistenza piralide	87
Tolleranza stress idrico	90
Produzione	72
Efficienza uso azoto	63
Tolleranza basse T	72
Suscettibilità muffe	100



**Amedeo Reyneri, Massimo Blandino,  
Valentina Scarpino**



**Grazie**