



AFLATOSSINE... **conoscerle per evitarle!**

Le buone pratiche per il controllo delle aflatossine su mais





INDICE

- *Presentazione* pag. 3
- *Scelta dell'ibrido* pag. 6
- *Densità e epoca di semina* pag. 9
- *Effetti di sistemazione e gestione del terreno, nutrizione e irrigazione* pag. 12
- *Il nuovo prodotto biologico italiano AFX1* pag. 18
- *Fase di raccolta* pag. 25
- *Conservazione e essiccazione* pag. 27
- *Bibliografia di riferimento* pag. 34

PRESENTAZIONE a cura del Prof. Giovanni Vannacci - DiSAAAa, Università di Pisa

Molti di noi si ricorderanno le annate agrarie del 2002 e del 2012, quando una parte importante della produzione maidicola nazionale risultò contaminata da Aflatossine. La presenza, oltre i limiti di legge, di queste micotossine generò sgomento ed obbligò i produttori a trovare, per il mais contaminato, impieghi alternativi che consentissero di limitare i danni. Ma la problematica micotossine, non è limitata solo ad annate particolari, ma **si ripresenta ogni anno**, anche se con gravità diversa.

Le aflatossine sono prodotte da funghi, quali **Aspergillus flavus**, che abitano normalmente nel terreno, ma che solo in presenza di condizioni di stress della pianta, sono in grado di attaccarla.

L' Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro ha classificato l' Aflatossina B1, come una delle 5 aflatossine più frequentemente ritrovate nel mais, nel Gruppo 1 "agente cancerogeno per l'uomo". Per questo motivo, e per la loro ricorrente presenza nelle coltivazioni di mais, il Ministero delle Politiche agricole alimentari e forestali ha emanato delle Linee guida per il Controllo delle micotossine nella granella di mais e di frumento, mentre il Ministero della Sanità attua, ogni anno, un Piano nazionale di controllo ufficiale delle micotossine negli alimenti. Le Linee guida sono indicazioni tecniche volte a ridurre la probabilità di incorrere in elevate contaminazioni da micotossine, e, tra le indicazioni, è espressamente ricordato che **"Non esistono trattamenti fungicidi specifici per il controllo di A. flavus. I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non esercitano azioni sulle muffe tossigene se applicati entro la fine della fioritura"**.

Con questo in mente, e grazie alla comparsa sul mercato di un nuovo prodotto a base biologica (**AFX1**) che prometteva di limitare i problemi causati dallo sviluppo degli Aspergilli aflatossigeni, abbiamo proposto questo progetto alla Regione Toscana che, grazie alla sua sensibilità per la Qualità delle produzioni agricole e per il trasferimento dell'innovazione dai centri di ricerca alle aziende agricole, lo ha finanziato.

Questa proposta ha suscitato anche grande interesse presso altri, oltre al coordinatore scientifico che è il **Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Agroambientale dell'Università di Pisa (DiSAAAa)**, quali la **Scuola Superiore S. Anna** (trasferimento dell'innovazione), **la Molitoria Val di Serchio** (soggetto responsabile del partenariato), **Horta srl** (trasferimento dell'innovazione), due aziende maidicole, **Martello Nadia e Cassetari Alessandro**, (applicazione in campo dei protocolli scientifici), **l'Unitaria – Cooperativa zoocerealicola** (assistenza agronomica alle aziende della filiera) ed il Comune di Capannori, che si è preso cura del non secondario ruolo della divulgazione dei risultati.

Ma in cosa consiste l'innovazione?

Diversi aspetti sono stati presi in considerazione, che vanno dall'impiego di nuovi prodotti già disponibili in commercio, alla valutazione di strategie ancora a livello sperimentale. Per quanto riguarda il primo aspetto, abbiamo voluto valutare l'AFX1 nei nostri ambienti. In parole povere, **l'AFX1 è composto da un isolato di Aspergillus flavus che non produce aflatossine e che, una volta distribuito in un campo di mais, limita la possibilità dell'isolato selvatico, che produce aflatossine, di colonizzare le pannocchie contaminandole con queste sostanze tossiche.**

Compito principale di questo progetto è stato quello di verificare se questa nuova strategia d'intervento aveva validità anche nei nostri ambienti.

I risultati ottenuti ci hanno confermato che questo prodotto, che non è un fungicida, mantiene quanto promesso e costituisce uno strumento in più a disposizione degli agricoltori indirizzato a ridurre le contaminazioni da aflatossine.

Per quanto riguarda gli aspetti più sperimentali, abbiamo valutato altre strategie d'intervento sia per ridurre le contaminazioni con Aspergilli tossigeni in campo (uso di acqua elettrolizzata), nonché degradare l'aflatossina una volta che questa è presente nella granella (impiego di ozono), che per definire un sistema di supporto alle decisioni (DSS) al fine di supportare gli agricoltori nella gestione della coltura.

Le esperienze maturate ci hanno consentito di stilare questo semplice vademecum, che scaturisce dalla collaborazione dei vari partner coinvolti, dove si suggeriscono agli agricoltori le scelte che possono compiere per ridurre i rischi dovuti alla contaminazione con aflatossine.

Questo vademecum deve essere inteso come uno strumento in più a disposizione degli agricoltori che integra, e non sostituisce, le linee guida emanate dal Ministero.



SCELTA DELL'IBRIDO

a cura di Hort@srl

Prevenire è meglio che curare, soprattutto quando si tratta di aflatossine. Per garantire una produzione di mais qualitativamente idonea per la destinazione della granella a scopi alimentari, è importante agire su tutta la filiera di produzione partendo in primis dalla tecnica di coltivazione in campo.

Nonostante la presenza di aflatossine sia principalmente influenzata da parametri climatici quali ad esempio un'elevata umidità atmosferica e temperatura, l'attuazione di scelte agronomiche strategiche può limitare la contaminazione del mais.

A tale scopo la prima azione preventiva che deve compiere l'agricoltore riguarda appunto **la scelta dell'ibrido** più idoneo che deve tener conto non soltanto dell'aspetto produttivo in termini di granella, ma anche dell'aspetto qualitativo determinato dal controllo delle micotossine. Questa scelta deve essere indirizzata verso ibridi che abbiano una **vocazione pedoclimatica** all'areale di coltivazione e alle tecniche agronomiche adottate in azienda tra le quali, in particolare, la disponibilità o meno di acqua per effettuare interventi irrigui.

L'acqua è un fattore importante per la prevenzione delle aflatossine, infatti la presenza di stress idrico rende la pianta più vulnerabile allo sviluppo di muffe fungine. Se lo stress idrico si manifesta in particolare durante la fioritura e si protrae fino alla maturazione delle pannocchie, l'intera produzione rischia di essere compromessa dalla contaminazione di micotossine. In condizioni di coltivazione irrigua, possono essere coltivati ibridi **medio-tardivi** in quanto, sebbene la fioritura e la maturazione del mais avvengono durante i mesi più caldi dell'anno, lo stress idrico viene limitato con l'irrigazione. Su terreni non irrigui si consigliano invece **ibridi più precoci** in grado di sfuggire allo stress idrico e termico estivo che favorisce lo sviluppo del fungo **Aspergillus**.



Foto di Luigi De Martino, DiSAAAa.

È importante ricordare che tecniche agronomiche corrette devono mirare a scegliere ibridi con cicli colturali tali da **raccogliere al termine dell'estate o ad inizio autunno**. Aumentano invece i rischi di forti contaminazioni da aflatossine se si scelgono ibridi con cicli colturali tali da condurre a raccolte in periodi molto caldi in fase di fioritura e inizio granigione.

La scelta dell'ibrido può essere indirizzata verso ibridi con resistenze e/o tolleranze genetiche quali: ibridi più resistenti allo stress idrico e tolleranti agli attacchi di piralide (*Ostrinia nubilalis*). Le larve di piralide attaccano e danneggiano le infiorescenze e le pannocchie di mais. Dal foro di alimentazione della larva, il fungo penetra nella pannocchia dove si sviluppa e produce le micotossine che contaminano la granella del mais. **In areali con frequenti attacchi di piralide sono consigliate semine precoci con ibridi a cicli brevi oppure trattamenti con insetticidi o con agenti di biocontrollo.**

Qualora la scelta ricada su un ibrido precoce (**FAO 300**) è tuttavia necessario prestare attenzione all'umidità di raccolta della granella. Il rischio è dovuto al fatto che raccogliendo nei mesi più caldi, la granella perda troppa umidità favorendo la crescita di **Aspergillus** e l'accumulo di una quantità rilevante di aflatossine.

La raccolta del mais da granella deve essere effettuata quando il mais ha un'umidità compresa tra il 20 e il 24%.

Sebbene siano stati identificati geni di resistenza per le aflatossine nel genotipo di alcuni ibridi di mais, la loro scarsa ereditabilità ne ha ostacolato la diffusione. Inoltre questi ibridi tolleranti verso l'accumulo di aflatossine non hanno granella con elevata qualità agronomica



Foto di Luigi De Martino, DiSAAAa.



DENSITA' ED EPOCA DI SEMINA

a cura di Hort@srl

Per prevenire il rischio aflatossine anche la densità e l'epoca di semina sono due fattori che devono essere valutati nell'impostazione colturale.



Foto di Luigi De Martino, DiSAAAa.



La scelta della densità di semina deve tener conto che un investimento elevato di semi (oltre il 20% dell'investimento consigliato dalla ditta produttrice, indicativamente maggiore a 8.5 piante/mq) determina maggiori competizioni tra le piante, variazione del microclima nella vegetazione, esigenze idriche maggiori che possono determinare stress idrici rilevanti e maggiore vulnerabilità allo sviluppo di aflatossine. Inoltre, in coltura asciutta la densità deve essere opportunamente ridotta.

Per quanto riguarda l'epoca di semina, **è importante evitare stress idrici soprattutto se con temperature elevate** (maggiore di 30 °C) a partire dalla fase di fioritura fino a fine ciclo produttivo. Infatti in condizioni di stress idrico ed alte temperature, la spiga diventa più vulnerabile alla contaminazione da parte di funghi micotossigeni come l'**Aspergillus spp.**

Orientativamente le operazioni di semina dovrebbero avviarsi con temperature medie giornaliere stabilmente sopra i 12-14°C. Un anticipo di semina (entro la prima metà di Aprile) si traduce solitamente in un **minor rischio** di accumulo di micotossine qualora non si abbiano condizioni climatiche che possano vanificarne l'efficacia.



Prove sperimentali di mais trattato con AFX1 presso San Piero a Grado (Pi). Foto di Luigi De Martino - DiSAAAa

4

EFFETTI DI SISTEMAZIONE E GESTIONE DEL TERRENO, NUTRIZIONE ED IRRIGAZIONE

a cura della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa

Il principale fattore di rischio predisponente lo sviluppo dell'infezione da ***Aspergillus flavus***, e quindi la contaminazione da aflatossine, è stato individuato nello stato di stress della pianta di mais. Ogni condizione che possa portare - direttamente o indirettamente - ad un accresciuto stress porta ad un aumento del rischio di contaminazione, in particolare se la sofferenza della coltura si verifica a ridosso della fioritura e nelle fasi successive della formazione e maturazione del prodotto (vedi "Scelta dell'ibrido", "Densità ed epoca di semina"). Infatti, la fioritura è il momento in cui l'infezione inizia, e il perdurare dello stress dopo questo momento ne facilita la progressione e l'accumulo di tossine.

Quindi, rispetto allo stato fisico e nutrizionale del terreno e al bilancio idrico, **è importante evitare tutto ciò che può indurre stress alla coltura**, e al contrario sono da **promuovere tutte quelle pratiche colturali che portino le piante a superare al meglio i momenti di maggiore stress** (es. alta evapotraspirazione) **o che ne migliorino direttamente lo stato a ridosso della fioritura e dalla fioritura in poi.**



Foto di Luigi De Martino, DiSAAAa.

È da considerare comunque che:

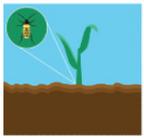
- nessuna pratica colturale da sola è in grado di assicurare una riduzione importante delle aflatossine, mentre si ottengono risultati apprezzabili solo grazie alla combinazione di diverse pratiche e ad itinerari agronomici applicati in modo corretto;

- le pratiche “**early vigor**”, cioè volte a promuovere una buona vigoria iniziale della coltura, sono tra le più efficaci, perché comportano un buon insediamento ed una buona resistenza delle piante nelle fasi successive;

- rispetto a molti aspetti agronomici, ma soprattutto ad irrigazione e concimazione, l'accumulo delle tossine dell'**A. flavus** ha un comportamento praticamente opposto rispetto alle micotossine prodotte da altri funghi, ad esempio le fumonisine, con cui non vanno confuse (**vedi Tab.1**).



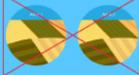
Foto di Luigi De Martino, DiSAAAa.

Le pratiche di gestione		FUM	ZEA	DON	AFLA
La concimazione		Green	Yellow	Yellow	Red
Il diserbo		Green	Green	Green	Yellow
L'irrigazione		Green	Yellow	Green	Red
La difesa da insetti		Red	Green	Green	Yellow

Tab.1: Importanza delle pratiche agronomiche per l'accumulo di fumonisine (FUM), zearalenone (ZEA), deossinivalenolo (DON) e aflatossine (AFLA) nella granella di mais. In verde, pratiche a basso impatto; in giallo, pratiche a modesto impatto; in rosso, pratiche ad elevato impatto. Rielaborato da Reyneri et al. (2005).

Inoltre, la presenza di residui della coltura precedente favorisce l'infezione, specialmente nella monosuccessione di mais. Si ritiene tuttavia che l'interramento dei residui sia pratica di importanza secondaria negli areali in cui la coltivazione del mais è da sempre molto presente: in questi casi, il patogeno è comunque diffuso sul territorio ed ha comunque buone probabilità di svilupparsi, mentre curare altri aspetti della coltivazione è di solito più importante.

Per quanto riguarda gestione del suolo e lavorazioni del terreno, le principali pratiche con un effetto diretto sulla presenza di aflatossine sono riassunte in **Tab.2**.

Le pratiche di gestione		Descrizione	Beneficio
La sarchiatura		La sarchiatura, liberando il terreno dalle malerbe e riducendo la perdita di acqua per risalita capillare, è fortemente CONSIGLIATA; anticipare la sarchiatura è tanto più consigliato, quanto più il rischio di contaminazione da aflatoxine è alto.	
Il compattamento del suolo		Il compattamento del suolo sfavorisce lo sviluppo iniziale della coltura, che può essere stentato, favorendo lo stress idrico nelle fasi determinanti per lo sviluppo di <i>A. flavus</i> : pertanto, è fortemente SCONSIGLIATO.	
L'interramento dei residui colturali		L'interramento dei residui colturali della coltura precedente è CONSIGLIATO. I residui possono ospitare inoculi del patogeno, ridurre i residui significa ridurre il potenziale iniziale dell'infezione.	
Le lavorazioni conservative		Lavorazioni conservative e non -lavorazione, dal momento che lasciano i residui in superficie, sono SCONSIGLIATE.	
La monosuccessione		La monosuccessione di mais è SCONSIGLIATA.	

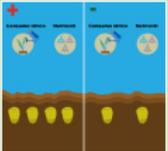
Tab.2: Pratiche di gestione e lavorazione del suolo con effetto diretto sulla concentrazione di aflatoxine nelle granelle di mais.

E' comunque lo stress idrico, assieme alle alte temperature estive, la condizione che più predispone agli attacchi di *A. flavus*. **Se la pianta è in carenza idrica, riduce la traspirazione ed aumenta la sua temperatura, aumentando la velocità di accrescimento del fungo.** Per quanto riguarda invece lo stato nutrizionale del terreno e della coltura, in generale è raccomandabile fare il necessario sia per favorire lo sviluppo iniziale delle piante che per evitare l'insorgere di carenze nelle fasi successive della coltura. Non sono noti effetti negativi sulla concentrazione di aflatoxine degli eccessi di fertilizzazione, che sono comunque da evitare, mentre è non è consigliabile che i principali nutrienti - in particolare P ed N - siano in alcun modo limitanti. Gli effetti della gestione della nutrizione e dell'irrigazione sulla contaminazione da aflatoxine sono riassunte nella **Tab 3**.

Le pratiche di gestione		Descrizione	Beneficio
La concimazione localizzata		La concimazione localizzata alla semina è fortemente CONSIGLIATA, in quanto favorisce lo sviluppo delle piante negli stadi iniziali, promuovendo una veloce formazione dell'apparato radicale.	
La prevenzione delle carenze di fosforo		In generale, prevenire carenze di fosforo è particolarmente CONSIGLIATO, poiché la mancanza di questo elemento rallenta lo sviluppo culturale.	
La nutrizione azotata		Una buona nutrizione azotata è CONSIGLIATA. Non serve eccedere rispetto alle asportazioni culturali (200 -300 kgN/ha in 2 o 3 somministrazioni), è sufficiente non indurre stress da carenza di azoto nella coltura.	
I microelementi		La concia del seme con fertilizzanti contenenti microelementi è CONSIGLIATA, non solo nel caso in cui il terreno presenti delle carenze, ma anche laddove il rischio di contaminazione è particolarmente alto, per evitare che malassorbimenti temporanei rallentino lo sviluppo delle plantule.	
L'irrigazione		Lo stress idrico è la condizione che più predispone agli attacchi di <i>A. flavus</i> . Irrigare il mais sulla base delle sue effettive esigenze idriche senza indurre mai stati di stress è assolutamente CONSIGLIATO.	

Tab.3: Pratiche di gestione dello stato nutrizionale e idrico della coltura con effetto diretto sulla concentrazione di aflatossine nelle granelle di mais.

Altre pratiche agronomiche influenzano lo stato idrico e nutrizionale della coltura, rappresentando così dei fattori con un'influenza indiretta sulla presenza di aflatossine (vedi Tab.4).

Le pratiche di gestione		Descrizione	Beneficio
Trascurare il controllo delle infestanti		Trascurare il controllo delle infestanti, aumentando lo stress, è SCONSIGLIATO.	
Trascurare il controllo dei fitofagi		Trascurare il controllo dei fitofagi terricoli (es. diabrotica), portando danni all'apparato radicale e riducendone efficienza e sviluppo, è SCONSIGLIATO.	
Semina ad elevate densità		Un investimento troppo alto alla semina aumenta i consumi idrici e di nutrienti, stressando la coltura, ed è pertanto SCONSIGLIATO (vedi "Epoca di semina e densità").	

Tab.4: Pratiche agronomiche che, influenzando su nutrizione e bilancio idrico del mais, hanno effetti indiretti sulla concentrazione di aflatossine nella granella.

L'elevata densità di piante alla semina è sconsigliata soprattutto in **ambienti asciutti**. Infatti, questa condizione appare critica soprattutto in contesti non irrigui, mentre è meno importante nella coltura irrigua, dove di solito l'investimento alla semina non è correlato alla presenza di aflatossine se l'irrigazione è ben calibrata rispetto ai fabbisogni irrigui, nei volumi e nel tempo, in funzione della maggiore densità (orientativamente, +20% in coltura fitta).



IL PRODOTTO BIOLOGICO AFX1

a cura del DiSAAAa , Università di Pisa

Le aflatossine sono un gruppo di micotossine prodotte principalmente dai funghi filamentosi ***Aspergillus flavus*** e ***A. parasiticus*** (specie appartenenti alla Sezione Flavi); sono metaboliti secondari prodotti da tali miceti e sono ritenute essere tra le sostanze più cancerogene esistenti in natura.

La prevenzione delle contaminazioni da aflatossine, nel mais come in altre colture, è oggetto di studio da parecchi anni in diversi paesi e la sintesi delle ricerche svolte ha portato a definire un insieme di linee guida la cui osservanza potrebbe ridurre il rischio di contaminazione. Ma la ricerca va avanti, ed ha esplorato la possibilità di combattere il fungo produttore, ***Aspergillus flavus***, con le sue stesse armi, utilizzando ceppi dello stesso fungo ma non tossigeni.

La strategia quindi si basa sull'**applicazione di ceppi non tossigeni di *A. flavus* per escludere competitivamente i ceppi tossigeni nella stessa nicchia ecologica e competere per i substrati colturali.**

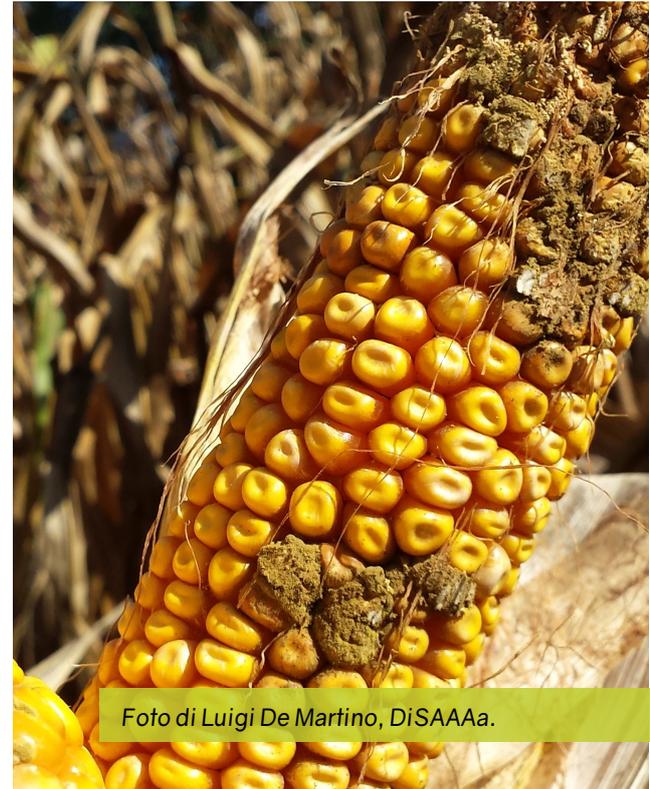


Foto di Luigi De Martino, DiSAAAa.

Questa strada è stata percorsa in Italia già dal 2003 grazie all'attività del gruppo di studio dell'**Università Cattolica del Sacro Cuore** di Piacenza che, coordinato dalla **Prof. Paola Battilani**, ha brevettato in Italia e ha reso disponibile per gli agricoltori, già dal 2016, un agente di biocontrollo commercializzato con autorizzazione eccezionale e temporanea di impiego dalla ditta **Pioneer**. Il prodotto può essere impiegato su mais destinato ad uso mangimistico al fine di ridurre il contenuto di aflatossine.

Il preparato biologico chiamato AF-X1 ha come principio attivo un particolare ceppo non tossigeno di *Aspergillus flavus* (MUCL 54911) isolato e selezionato nei terreni italiani e capace di competere in campo con i ceppi tossigeni.

Le spore del fungo sono veicolate da semi di sorgo devitalizzati, quindi incapaci di germinare una volta in campo. Il granulo di sorgo costituisce il substrato di crescita per il fungo. Una volta distribuito e insediato nella coltura, il fungo agisce come antagonista dei ceppi che producono l'aflatossina, impedendo loro di colonizzare e contaminare le spighe: il fungo non tossigeno sostituisce il fungo produttore di aflatossine nei siti di colonizzazione e di infezione. In questo modo, il trattamento permette di ridurre il rischio d'infezione degli isolati tossigeni di *A. flavus* che si traduce nella riduzione dei livelli di aflatossina.

Per un'efficace prevenzione delle aflatossine, AF-X1 deve essere distribuito preventivamente, prima che i ceppi di *A. flavus* potenzialmente tossigeni presenti nell'ambiente infettino le setole e quindi la spiga. Di conseguenza, AF-X1 va applicato nel periodo che va dalla sarchiatura fino a 15 giorni prima della fioritura del mais. **Il dosaggio di AFX1, per il 2018, è di 25 kg/ha; comunque si raccomanda sempre di controllare e rispettare il dosaggio indicato in etichetta.**

Il prodotto non deve essere interrato, in quanto per la proliferazione del fungo e la diffusione delle spore è necessaria l'esposizione all'aria.

Il trattamento con AF-X1 deve essere segnalato sulla bolla di conferimento della granella all'essiccatoio, in modo da poterne garantire la tracciabilità per l'uso zootecnico, e quindi consentirne l'immediata separazione dalle partite non trattate.

I dati divulgati dall'Università Cattolica di Piacenza sui campionamenti delle trebbiature 2016 hanno messo in evidenza come solo l'1% del mais trattato con AF-X1 avesse un livello di contaminazione da aflatossina superiore ai 3 ppb, mentre non sono stati trovati casi di contaminazioni superiori ai 20 ppb. Nel caso di mais non trattato, al contrario, nel 49% dei campioni è stata riscontrata una contaminazione superiore ai 3 ppb e nel 26% dei campioni l'aflatossina era superiore ai 20 ppb.

I risultati della sperimentazione condotta nei due anni del progetto **PIF G.I.R.A.** (2016-2017) in due località della Toscana hanno evidenziato, nel loro complesso, un'ottima efficacia del prodotto biologico AF-X1.



Foto di Luigi De Martino, DiSAAAa.



E' stato osservato che il trattamento riduce l'infezione della granella di mais da parte di isolati tossigeni di **A. flavus** e che la contaminazione da aflatossina B1 nei campioni trattati è risultata al di sotto dei limiti di legge (5 ppb per il mais destinato ad uso zootecnico).



Confezione del prodotto AF-X1 il cui principio attivo è l'isolato non tossigeno di *A. flavus* MUCL 54911.



Il prodotto biologico AF-X1 distribuito sul terreno come semi sorgo devitalizzati e colonizzati dall'isolato non tossigeno di *A. flavus* MUCL 54911.

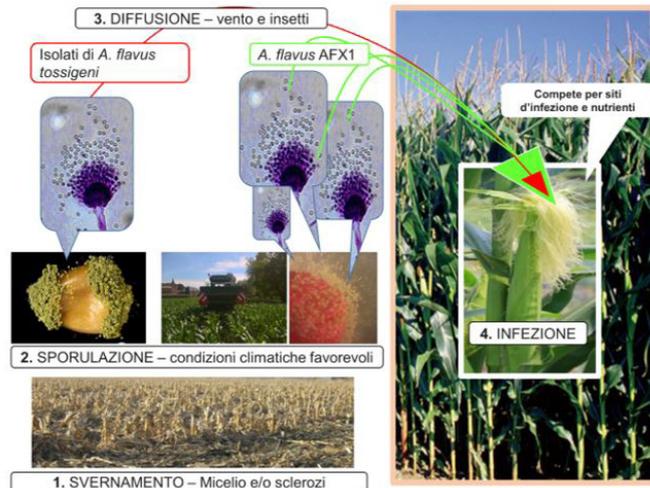


illustrazione a cura del DiSAAAa

Ciclo biologico di *Aspergillus flavus*. (1) Il fungo sverna nel terreno nei residui colturali. (2) Quando le condizioni ambientali diventano favorevoli il fungo si sviluppa e sporula sui residui colturali. La distribuzione del prodotto biologico AF-X1 prima della fioritura favorisce lo sviluppo e la sporulazione del ceppo non tossigeno di *A. flavus* sui semi di sorgo devitalizzati. (3) Le spore degli isolati tossigeni e del ceppo non tossigeno di *A. flavus* si diffondono nel campo di mais principalmente grazie all'azione del vento e gli insetti e raggiungono l'infiorescenza. (4) Il ceppo non tossigeno di *A. flavus*, grazie alla sua maggiore presenza dovuta al trattamento inondativo, riesce a competere con gli isolati tossigeni naturali per i siti di infezione e per i nutrienti riuscendo ad occupare la nicchia ecologica del seme.

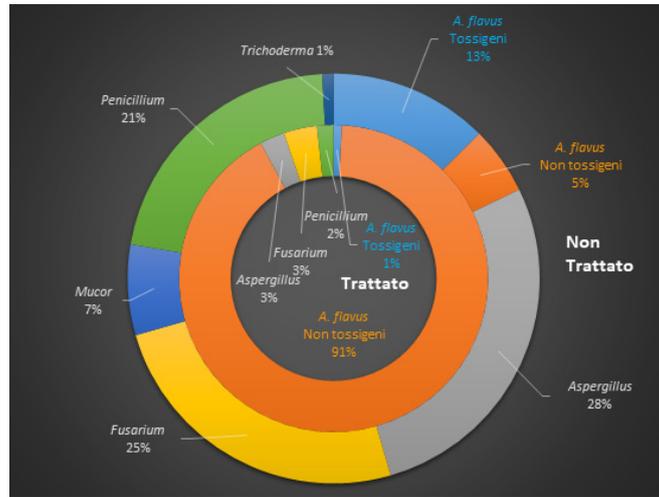


illustrazione a cura del DiSAAAa

Micoflora presente nelle cariossidi di mais campionate nei campi trattati e non trattati con il prodotto biologico AF-X1 (Pisa, FAO 600). In arancio sono mostrate le percentuali di **A. flavus non tossigeni** e in azzurro le percentuali di **A. flavus tossigeni**.

6

FASE DI RACCOLTA

a cura del Comune di Capannori*

L'epoca di raccolta è un momento molto delicato per un efficiente controllo della contaminazione in quanto influisce sul contenuto di aflatossine. La raccolta deve:

- avvenire non appena il prodotto è maturo; e
- ha raggiunto l'umidità adeguata per la mietitrebbiatura.

Con umidità inferiore al 20-22% della granella e temperature elevate ($> 30^{\circ}\text{C}$) **A. flavus** cresce rapidamente e l'accumulo di aflatossine può diventare rilevante, anche per la minor competizione con altre specie fungine rallentate da una minor umidità del substrato.

In ambienti soggetti a ricorrenti contaminazioni da aflatossine e in annate a rischio si consiglia:

- effettuare la raccolta con umidità della granella al 22-24% e comunque non inferiore al 20%; e
- non lasciare per tempi prolungati il mais in campo, soprattutto quando le temperature sono elevate.

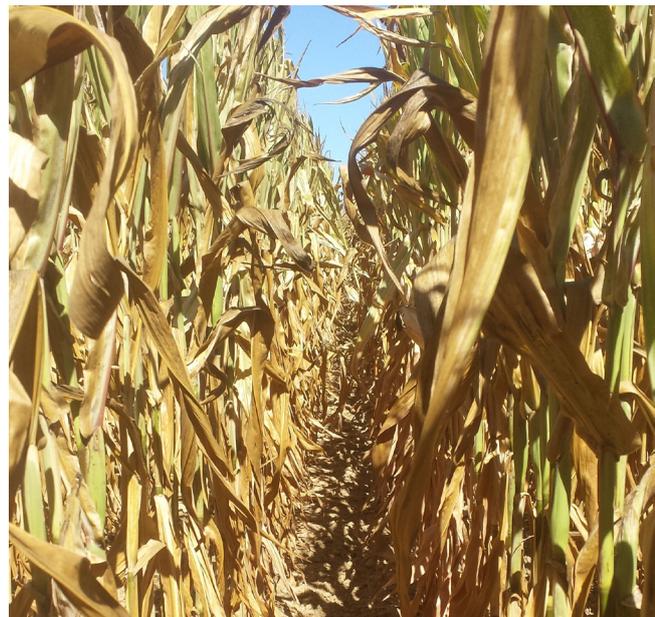


Foto di Luigi De Martino, DiSAAAa.

Le rotture e ogni tipo di danno alla cariosside e i rimorchi sporchi di residui di granella contaminata, possono favorire la proliferazione del fungo e la contaminazione da aflatossine. Per prevenire la contaminazione è bene:

- regolare accuratamente la mietitrebbiatrice e adottare velocità di lavoro moderate;
- impiegare mietitrebbiatrici dotate di sistemi di pulizia efficaci;
- privilegiare le mietitrebbiatrici a flusso assiale;
- pulire accuratamente i rimorchi dopo ogni trasporto rimuovendo anche le polveri.



tratto da www.agroexpo.online.



CONSERVAZIONE E ESSICCAZIONE

*a cura del Comune di Capannori **

Durante le fasi post raccolta è fondamentale assumere una serie di accortezze per garantire un efficiente controllo della contaminazione da aflatossine. Sin dallo stoccaggio fino alla conservazione del prodotto finito, l'ambiente in cui la granella è conferita deve tenere conto di diversi parametri che influenzano fortemente lo sviluppo delle aflatossine.

SEGREGAZIONE ALL'ACCETTAZIONE

Al centro di stoccaggio possono pervenire partite molto difformi per condizioni di coltivazione, umidità e livello di contaminazione. Pertanto è cruciale la capacità/possibilità di individuare la probabile contaminazione delle partite per effettuare la segregazione di quelle più contaminate. Le informazioni sulla probabile contaminazione sono desumibili da:

- umidità alla raccolta;
- areale di coltivazione;
- agrotecnica;
- modelli previsionali;
- controlli visivi sulla contaminazione;
- analisi della tossina su campioni rappresentativi dei lotti.



Quando possibile è consigliabile impostare la segregazione in base ad uno o più dei seguenti criteri:

a) **umidità della raccolta** (< 20%);

b) **per areale e/o condizioni agronomiche di coltivazione** distinguendo i conferimenti provenienti da campi/aziende:

- con stress controllato (applicazione delle buone pratiche di coltivazione),
- con colture soggette a stress idrico e/o nutrizionale.

c) eseguire la segregazione in funzione dell'**esito dei controlli della contaminazione**. I controlli possono essere di tipo:

- **visivo**: valutare la presenza di cariossidi contaminate da funghi tossigeni con lampada UV per evidenziare la fluorescenza dell'acido kojico (metodo orientativo da attuarsi entro 8 ore dal prelievo del campione),
- **strumentale**: valutare il livello di tossine mediante strip-test semi quantitativi (metodi immunoenzimatici ELISA) (metodo consigliato).



Si raccomanda di effettuare un campionamento rappresentativo dell'intera partita conferita al centro di stoccaggio.



STOCCAGGIO PRE-ESSICCAZIONE (GRANELLA UMIDA)

Nei cumuli di granella umida la temperatura aumenta in relazione alla respirazione della stessa favorendo la proliferazione di **A. flavus**. Nelle raccolte estive la temperatura della massa di granella in cumulo è più elevata.

Quando è possibile:

- *programmare le tempistiche con il produttore, il trebbiatore e il centro di raccolta;*
- *limitare gli accumuli pre-essiccazione a non più di 24 ore con temperature ambientali di 26-28°C (sino a 48 ore solo con temperature ambientali < 22°C).* I centri dotati di impianto di raffreddamento possono aumentare i tempi di pre-essiccazione fino a 48 indipendentemente dalle temperature ambientali.

BUONE PRATICHE DA ADOTTARE DURANTE IL PROCESSO DI ESSICCAZIONE

Pulizia pre-essiccazione e post-essiccazione

Di fondamentale importanza per controllare la proliferazione fungina, eliminando tracce di terra, parti verdi e altri corpi estranei tramite la regolazione degli apparati di pulizia (vaghi, soffiatori, aspiratori, spazzolatrici).

Gestione essiccatoi

E' opportuno eseguire prioritariamente l'essiccazione di eventuali partite a rischio rispetto a quelle meno rischiose e, se possibile, essiccare le partite contaminate utilizzando un essiccatoio diverso da quello utilizzato per le partite ritenute non contaminate.



Modalità di essiccazione della granella

L'adeguata essiccazione della granella consente di controllare la proliferazione fungina durante lo stoccaggio.

Occorre raggiungere un'umidità tale da assicurare la sicura stabilità delle contaminazioni al termine del processo e non provocare fratture e cracking eccessivi nel processo di riscaldamento e soprattutto di raffreddamento della granella, perché tutte le discontinuità dei tegumenti della cariosside possono favorire la crescita delle muffe durante la conservazione.

- portare l'umidità a valori almeno pari o, meglio, **inferiori al 14%**, utilizzando temperature massime di 90 + o - 20°C;
- nel caso di forte rischio di elevata presenza di Aflatossina i valori di umidità finale della granella debbono essere più contenuti e prossimi a valori compresi tra 12 e 13%;
- impostare un **raffreddamento** il più possibile **graduale**;
- **eseguire un passaggio in essiccatoio**, anche con granelle raccolte ad un basso tenore di umidità, per uniformare il valore.

BUONE PRATICHE DA ADOTTARE DURANTE LA FASE DI STOCCAGGIO

Pulizia dei locali di stoccaggio

Le impurità e la sporcizia accumulata nei locali sono fonti potenziali di inquinamenti fungini: è opportuno pulire accuratamente le strutture di stoccaggio prima e dopo lo stoccaggio. Nelle parti più difficili da pulire: trattare le superfici con antimicrobici.

Pulizia con selezionatrice ottica

Le cariossidi contaminate da **A. flavus** sono sovente distinguibili per una colorazione alterata. La loro rimozione dalla massa consente di abbassare significativamente la contaminazione.

Quando la pulitrice ottica è presente, rimuovere le cariossidi alterate dopo la pulitura meccanica nel corso dello stoccaggio. La taratura della selezionatrice deve essere effettuata in relazione alle necessità e al livello di pulitura richiesto. Gli scarti possono quindi essere ripassati alla selezionatrice per un loro parziale recupero.

Refrigerazione e ventilazione

La ventilazione e il controllo delle temperature sono fondamentali per prevenire lo sviluppo di muffe, e in particolare di **A. flavus**, riducendo al minimo le porzioni della massa stoccata che presentano microclima favorevole alla loro crescita (per fenomeni locali di condensa o accumulo accentuato dalle particelle più fini).

- se possibile: impiegare silos e capannoni dotati di sistemi di ventilazione e/o di refrigerazione;
- in strutture miste di stoccaggio: destinare ai lotti più contaminati le strutture dove il controllo della temperatura è più agevole;
- in presenza di una contaminazione significativa: mantenere l'umidità della granella al di sotto del 14% (ottimale: 12-13%) e, quando è possibile, temperature inferiori a 18°C (ottimale 12°C). Allontanare gli scarti di pulitura dal luogo di conservazione.

Movimentazione della massa e pulizia della granella

Il formarsi di zone con condensa (“rinverdimento”) o accumulo di particelle più fini può determinare un innalzamento della temperatura e favorire lo sviluppo di muffe. E' quindi opportuno:

- attuare periodiche movimentazioni della massa; e
- nei silo a torre, rimuovere la carota centrale e procedere con la pulizia meccanica della stessa. In condizioni di contaminazioni significative procedere con pulizie meccaniche durante la movimentazione.



Trattamento insetticida e rodenticida

Gli insetti possono lesionare la cariosside favorendo la penetrazione dei funghi mentre, i roditori possono creare, localmente, condizioni microclimatiche favorevoli alla proliferazione fungina.

- in presenza di attacchi: eseguire trattamenti insetticidi e rodenticidi; e
- quando possibile, mantenere temperature $<18^{\circ}\text{C}$ (ottimale 12°C) per ridurre la proliferazioni di insetti quando la granella presenta un'umidità $< 14.5\%$.

Monitoraggio delle condizioni di stoccaggio

- effettuare osservazioni frequenti di odore, colore, temperatura, umidità, infestazione di insetti;
- dotare i locali di stoccaggio di sonde automatiche collocate in ogni parte del locale di stoccaggio;
- quando è possibile: installare campionatori automatici collocati in linea (dinamici) per poter prelevare campioni più rappresentativi e ottenere dati maggiormente affidabili;
- Monitorare il contenuto di aflatossine con campionamenti periodici e avendo cura di operare campionamenti rappresentativi.

**testo rielaborato dalle "Linee guida per il controllo delle micotossine nella granella di mais e frumento" del Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali.*





tratto da <http://www.visentincostruzioni.it/index.php>



BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- Abbas K. H., Shier T., Cartwright D. R., 2007. "Effect of temperature, rainfall and planting date on aflatoxin and fumonisin contamination in commercial Bt and non-Bt corn hybrids in Arkansas". *Phytoprotection* Volume 88, Numéro 2, août, 2007, p. 41–50
- Bruns Arnold 2003. "Controlling Aflatoxin and Fumonisin in Maize by Crop Management", *Journal of Toxicology*, Vol. 22, Nos. 2 & 3, pp. 153–173.
- Centro ricerche produzioni vegetali 2016. Linee guida per il controllo di aflatossine (afla), fumonisine (fumo), deossinivalenolo (don), zearalenone (zea) nella granella di granturco - fase di coltivazione e raccolta. Regione emilia-romagna.
- Consorzio fitosanitario provinciale di Modena, 2013 "Micotossine del mais, Speciale micotossine mais" – Notiziario n.1 Aprile.
- Hell, K., Mutegi, C., Fandohan, P., 2010 "Aflatoxin control and prevention strategies in maize for Sub-Saharan Africa". 10th International Working Conference on Stored Product Protection, Julius-Kühn-Archiv, 425.



- Mosca Giuliano, “Gestione del rischio micotossine nella filiera produttiva del mais”, Dipartimento Agronomia ambientale e Produzioni vegetali, Università degli Studi di Padova
- Reyneri A., Blandino M., Vanara F., Maiorano A. 2005, Fattori agronomici che influenzano la produzione di micotossine”. *Informatore fitopatologico*, ISSN 0020-0735, n°. 3, pag. 3-10
- Reyneri A., Bruno G., D'Egidio M.G., Balconi C. (a cura di), 2015. “Linee guida per il controllo delle micotossine nella granella di mais e frumento”. Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali – Dip.to delle politiche competitive, della qualità agroalimentare, ippiche e della pesca - Piano cerealicolo nazionale, 2010.



Elaborato grafico di natura tecnico divulgativa a cura del:

 - Comune di Capannori

Con la partecipazione di:

 - Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali dell'Università di Pisa

 - Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa

 - Hort@ s.r.l.

L'elaborazione e la redazione di questo documento rientra all'interno dell'azione 12 "Disseminazione dei risultati progettuali" a cura del Comune di Capannori del progetto sottomisura 16.2 "G.I.R.A. – Gestione Integrata Rischio Aflatossine" attivata nel Progetto Integrato di Filiera PIF "G.I.R.A. per la Piana Lucchese" PSR 2014-2020 della Regione Toscana (Annualità 2015).

