

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

FASE DI COLTIVAZIONE E RACCOLTA

PREMESSA

Ridurre il rischio da micotossine nei cereali prodotti in Emilia-Romagna

Nella nostra Regione si verificano normalmente condizioni ambientali favorevoli alla contaminazione da **micotossine** che in certe annate può raggiungere livelli fortemente critici. Ne consegue che il controllo e la riduzione del rischio micotossine rappresentano il presupposto essenziale per fare sì che la cerealicoltura regionale rimanga competitiva e caratterizzata da una elevata qualità (compresa quella sanitaria) delle sue produzioni. E' in tale contesto che si inserisce la realizzazione delle Linee guida granturco e cereali autunno-vernini redatte per favorire l'adozione di corrette pratiche volte alla riduzione del rischio contaminazione micotossine in campo e durante lo stoccaggio. È infatti ampiamente riconosciuto che la prevenzione risulta essere ancora la migliore strategia di controllo delle micotossine, purché sia applicata su tutta la filiera a partire dal campo e fino alla lavorazione del prodotto finito (pasta, pane, mangimi, ecc.). La **strategia** possibile per ridurre il rischio di contaminazione da micotossine sui cereali presuppone la conoscenza di un insieme di fattori: l'andamento stagionale, l'agrotecnica, i funghi coinvolti e il loro modo di interagire con l'ospite, i risultati di specifici modelli previsionali, i contenuti delle **Linee guida granturco** e delle **Linee guida cereali autunno-vernini**.

Cosa sono le micotossine e come si sviluppano

Le micotossine sono contaminanti naturali prodotti da funghi naturalmente presenti nell'ambiente. Lo sviluppo fungino e la formazione di micotossine possono avvenire sia in campo sulla pianta sia in una qualunque delle successive fasi di conservazione e trasformazione della materia prima. Una volta prodotte, le micotossine possono persistere per lungo tempo dopo la crescita vegetativa e la morte del fungo stesso; si tratta infatti di composti stabili che tendono ad accumularsi nel tempo.

La presenza delle micotossine dipende principalmente dalle condizioni meteorologiche; l'azione dell'uomo può contribuire significativamente a limitarne la produzione, ma non può eliminarle.

In Emilia-Romagna sono due i principali funghi tossigeni che causano la formazione di micotossine nel granturco.

I principali funghi tossigeni sono quelli appartenenti ai generi *Aspergillus* e *Penicillium*, produttori di aflatossine e ocratossine e al genere *Fusarium*, produttori di tossine quali fumonisine, zearalenoni, tricoteceni. Fra le micotossine più diffuse figurano aflatossine (AF) e fumonisine (FB), mentre deossinivalenolo (DON) e zearalenone (ZEA) si riscontrano in misura limitata e quasi sempre al di sotto dei livelli massimi ammessi o raccomandati. È opportuno ricordare che le condizioni ottimali di crescita fungina non coincidono con quelle per la produzione di tossine.

Gli *Aspergilli* sono tipici di stagioni con elevate temperature associate a condizioni di stress idrico della pianta che, se particolarmente sfavorevoli per temperature e precipitazioni, portano le colture in condizioni di stress rendendole più suscettibili. Per questo la disponibilità di acqua durante il periodo estivo deve essere sufficiente. Dovranno quindi essere scelti per la coltivazione del granturco gli ambienti pedoclimatici più vocati attraverso una analisi storica degli andamenti pluviometrici e l'individuazione dei terreni che si mantengono più freschi a lungo e necessitano di un minor numero di interventi irrigui. Lo sviluppo dei *Fusarium* spp. è invece favorito in campo da un andamento meteo-climatico piovoso con temperature relativamente fresche nel periodo che va dalla fioritura alla raccolta del granturco.

La strategia regionale per ridurre il rischio di contaminazione da micotossine

A seguito dell'emergenza aflatossina dell'estate 2003 la Regione Emilia-Romagna, in accordo con i soggetti aderenti alla filiera maidicola ha costituito e coordinato un apposito Gruppo di lavoro regionale, che ha predisposto delle "Linee guida" indicanti le buone pratiche agricole per la riduzione del rischio di contaminazione da funghi tossigeni. Negli anni si è provveduto aggiornare periodicamente il documento, che deriva dalle indicazioni emerse da approfondite indagini bibliografiche, dall'esperienza maturata dagli operatori del settore e da specifiche attività di ricerca e sperimentazione condotte a livello sia regionale sia nazionale. Le Linee guida, curate da CRPV sotto la supervisione dei ricercatori dell'Università Cattolica di Piacenza, sono state preliminarmente esaminate da un gruppo ristretto di tecnici esperti coordinato dalla Regione (Servizio Sviluppo delle produzioni vegetali) ed i documenti di volta in volta redatti hanno avuto anche l'apporto di un Tavolo più allargato costituito dai vari rappresentanti della Filiera (Organizzazioni dei Produttori, Organizzazioni professionali, Rappresentanti dei trebbiatori, Stocicatori ecc.) e dagli altri Servizi regionali competenti (Sviluppo dell'Economia Ittica e delle Produzioni Animali, Fitosanitario, Ricerca, Innovazione e Promozione del Sistema agroalimentare e Prevenzione collettiva e Sanità pubblica). Il presente aggiornamento tiene conto anche in particolare delle linee guida nazionali per il controllo delle micotossine redatte da: Reyneri A., Bruno G., D'Egidio M.G., Balconi C., (2015), che sono state adattate alle condizioni pedoclimatiche e alla realtà agricola dell'Emilia-Romagna.

Linee guida per il controllo delle micotossine

Le Linee guida riassumono, con finalità operative, i punti critici e gli interventi volti a ridurre la probabilità di incorrere in elevate contaminazioni da micotossine nella granella di granturco.

Va comunque sottolineato che nessuna delle pratiche colturali per il controllo delle micotossine, se singolarmente adottata, è in grado di assicurare una riduzione importante del contenuto in micotossine, mentre si ottengono risultati apprezzabili solo applicando le diverse pratiche in modo corretto e combinato.

La diffusione delle diverse specie fungine e la conseguente produzione di micotossine sono fondamentalmente legate alla complessa interazione tra ambiente, pratiche colturali e genotipo delle varietà impiegate. L'andamento climatico rappresenta l'elemento di maggiore importanza nella determinazione della contaminazione. A questo fattore seguono le pratiche agronomiche, che in annate climatiche non estreme consentono un efficace strumento di controllo dell'accumulo di micotossine nella granella. Il controllo dei fattori predisponenti la contaminazione nella fase di campo è ancor più importante se si considera che l'accumulo di questi metaboliti difficilmente si accresce nelle operazioni successive alla raccolta, qualora queste vengano effettuate in maniera attenta e corretta.

Durante la fase di coltivazione in campo va dunque messa in atto una sequenza di pratiche colturali atte a ridurre la probabilità di elevate contaminazioni. Le misure elencate nelle Linee guida presentano un'efficacia attesa diversa e, pertanto, vengono proposte secondo la seguente scala di efficacia nel controllo della contaminazione:

Efficacia della strategia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Descrizione
molto elevata	Strategia della massima importanza per la costanza degli effetti e la notevole efficacia nel ridurre la contaminazione; mantiene un'accettabile efficacia anche se non è accompagnata da altri interventi
elevata	Strategia frequentemente efficace e in grado di ridurre in modo rilevante la contaminazione
media	Strategia sovente efficace quando è accompagnata da altre misure di efficacia elevata
bassa	Strategia talvolta ininfluente o di effetto ridotto sulla contaminazione

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI GRANTURCO

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
<i>Gestione complessiva della coltura</i>	AFLA - Gli stress di natura biotica (competizione con le malerbe, presenza di fitofagi) e abiotica (in particolare gli stress idrici e termici in fioritura e/o nella seconda parte della maturazione) aumentano in modo molto rilevante le probabilità di incorrere in un'elevata contaminazione .	molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> • Contenere gli stress alla pianta, in particolare quello idrico, con una gestione agronomica accurata. • Scegliere i cicli dell'ibrido in relazione ai probabili stress.
	DON e ZEA - La proliferazione e lo sviluppo di <i>Fusarium graminearum</i> , il principale produttore di DON e di Zearalenone, sono favoriti da condizioni ambientali fresche. La probabilità di incorrere in un'elevata contaminazione di queste tossine aumenta nel caso di maturazioni protratte in autunno o prolungate perché interrotte da frequenti precipitazioni.		<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare scelte varietali e colturali atte a ridurre il rischio di cicli lunghi e maturazioni tardive.
	FUMO - Gli stress di natura biotica (competizione con le malerbe e soprattutto gli attacchi da fitofagi) e abiotica (carenze/eccessi nutrizionali e idrici) aumentano le probabilità di contaminazioni elevate. Le condizioni che favoriscono la piena produttività comportano in genere una minore contaminazione.	<ul style="list-style-type: none"> • Contenere gli stress alla pianta con una gestione agronomica accurata. • Ridurre l'esposizione agli attacchi della piralide adottando i criteri di difesa riportati nei Disciplinari di Produzione Integrata dell'Emilia-Romagna (DPI-RER) e facendo riferimento ai bollettini provinciali per la corretta epoca di intervento. 	
<i>Sistemazione del terreno</i>	AFLA - Gli stress idrici e nutrizionali sono le condizioni che maggiormente predispongono la coltura all'infezione da aspergilli. Una coltura con apparato radicale poco sviluppato è più soggetta agli stress soprattutto nei terreni sabbiosi.	media	<ul style="list-style-type: none"> • Curare con attenzione lo sgrondo delle acque in eccesso, in particolare modo nei terreni meno permeabili dove il drenaggio può essere limitato. • Evitare di compattare il terreno per l'effetto negativo sullo sviluppo radicale e quindi sulla sensibilità allo stress idrico e nutrizionale. • Ricorrere alle lavorazioni superficiali solo nei terreni meno soggetti a compattamento.
	FUMO, DON e ZEA - I terreni più freddi a causa del ristagno causano uno sviluppo iniziale rallentato della coltura. Il ritardo conseguente della fioritura favorisce lo sviluppo di <i>Fusarium verticillioides</i> (FUMO), inoltre aumenta la probabilità di maturazioni protratte in autunno a rischio di <i>Fusarium graminearum</i> (DON e ZEA).		
<i>Concia della</i>	AFLA - La concia fungicida e insetticida non influenzano la	bassa	--

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
<i>semente</i>	contaminazione.		
	FUMO, DON e ZEA - La concia fungicida non influenza in modo apprezzabile la contaminazione dei Fusaria mentre quella insetticida contribuisce a ridurre gli attacchi dei ferretti (vedi la misura successiva).		
<i>Difesa insetticida della plantula</i>	AFLA, FUMO, DON e ZEA - Gli attacchi di elateridi (ferretti) non sono correlati con lo sviluppo di muffe mentre forti attacchi di larve di diabrotica alla radice accrescono gli stress, in particolare quello idrico, e lo sviluppo di <i>A. flavus</i> , inoltre gli allettamenti estesi della coltura creano condizioni microclimatiche favorevoli allo sviluppo delle muffe e rallentano le perdite di umidità nel corso della maturazione.	bassa	<ul style="list-style-type: none"> La rotazione colturale è sufficiente a contenere la diabrotica. In altre situazioni (monosuccessione e catture elevate nell'anno precedente) installare trappole cromotropiche gialle e seguire le indicazioni dei bollettini provinciali per eventuali trattamenti.
<i>Gestione dei residui colturali, e avvicendamento</i>	AFLA, DON e ZEA - L'avvicendamento colturale è una pratica consigliabile per controllare la diffusione dei funghi che si conservano nei residui colturali e, conseguentemente, per ridurre le sorgenti di inoculo, anche se questo effetto risulta limitato nei comprensori con elevata presenza di granturco. Il ricorso alla rotazione rappresenta una buona pratica agricola raccomandata anche per la prevenzione e la difesa da Diabrotica virgifera abbattendo la popolazione larvale per alcuni anni.	media	<ul style="list-style-type: none"> Evitare, in particolare, la monosuccessione di granturco da granella. Il ricorso ad una lavorazione del terreno utile all'interramento dei residui colturali della precessione si rende particolarmente utile quando sono presenti residui di specie soggette a infezioni (cereali autunno-vernini, granturco, sorgo). Tale operazione andrà effettuata entro il periodo autunnale.
	FUMO - In ambienti colturali maidicoli l'inoculo di <i>F. verticillioides</i> è molto abbondante e scarsamente influenzato dall'avvicendamento.	bassa	--
<i>Scelta ibrido</i>	AFLA - La fioritura è la fase in cui è più probabile la contaminazione della spiga. Le alte temperature durante la seconda parte della maturazione favoriscono la crescita della muffa e la sintesi delle aflatossine.	media	<ul style="list-style-type: none"> Impiegare ibridi idonei alle condizioni pedoclimatiche e all'agrotecnica applicabile nella zona in cui dovrà essere coltivato Impiegare ibridi stress tolleranti.
	FUMO - La maturazione rapida riduce il tempo disponibile alla		

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
	<p>crescita della muffa e alla sintesi della tossina.</p> <p>DON e ZEA - La maturazione in condizioni meteorologiche fresche favorisce la crescita delle muffe tossigene e pertanto l'effetto della lunghezza del ciclo è molto forte.</p>	elevata	<ul style="list-style-type: none"> Adottare ibridi di precocità opportuna in relazione alla zona di coltivazione.
<i>Epoca di semina</i>	<p>AFLA - La fioritura è la fase in cui è più probabile la contaminazione della spiga.</p> <p>Le alte temperature nella seconda parte della maturazione favoriscono la crescita della muffa e la sintesi delle aflatossine.</p>	media	<ul style="list-style-type: none"> E' opportuno effettuare la semina in maniera tempestiva e nel momento in cui si presentano buone condizioni agronomiche e climatiche (temperatura del terreno di almeno 10°C da alcuni giorni a 5 cm di profondità). Per identificare meglio il momento ottimale per la semina, in relazione all'andamento meteorologico, si consiglia di fare riferimento ai bollettini provinciali.
	<p>FUMO - Le semine tempestive, anticipando la maturazione, sono meno esposte a infestazioni di piralide e presentano maturazioni più rapide e continue che riducono la crescita della muffa.</p>	elevata	
<i>Investimento alla semina</i>	<p>AFLA - L'investimento influenza il consumo idrico e il microclima nella coltura. Colture fitte (oltre il 20% rispetto alle densità di riferimento dell'ibrido) determinano un aumento dei consumi di acqua e il rischio di maggiori stress idrici creando un ambiente idoneo allo sviluppo della muffa tossigena.</p>	media	<ul style="list-style-type: none"> In caso di terreno a bassa fertilità e con scarsa disponibilità irrigua occorre ridurre la densità delle piante al fine di non indurre condizioni di stress idrico.
	<p>FUMO, DON e ZEA - Densità elevate (oltre il 20% rispetto alle densità di riferimento dell'ibrido), senza ridurre l'interfila, comportano condizioni microclimatiche più favorevoli alle muffe rallentando la perdita di umidità della granella.</p>		<ul style="list-style-type: none"> Evitare densità di semine eccessive in quanto possono aumentare sensibilmente le contaminazioni delle principali fusarium-tossine
<i>Controllo delle infestanti</i>	<p>AFLA, FUMO, DON e ZEA - Le malerbe competono con la coltura per l'acqua e gli elementi nutritivi, aumentando la probabilità e l'entità degli stress.</p>	media	<ul style="list-style-type: none"> Effettuare un accurato e tempestivo diserbo in pre o post emergenza, meglio se integrato con il controllo meccanico sull'interfila. Rispettare le indicazioni del DPI-RER.
<i>Irrigazione</i>	<p>AFLA - Lo stress idrico predispone agli attacchi di <i>Aspergillus flavus</i>.</p> <p>Particolarmente critico è lo stress idrico nelle fasi di fioritura e di maturazione della granella.</p>	molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> Irrigare sulla base delle effettive esigenze idriche della coltura in rapporto all'andamento evapotraspirativo e pluviometrico (bilancio idrico). Si raccomanda di adottare il bilancio idrico della coltura riportato nel sito www.consorziocer.it, servizio "Irrinet"

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
			<ul style="list-style-type: none"> Negli ambienti dove l'acqua può essere un fattore limitante è necessario optare per semine anticipate e ibridi che meglio si adattino agli stress idrici.
	<p>FUMO In caso di stress idrici pronunciati la contaminazione da fumonisine aumenta (con rese ridotte la concentrazione aumenta proporzionalmente).</p>	media	<ul style="list-style-type: none"> Irrigare sulla base delle effettive esigenze idriche della coltura in rapporto all'andamento evapotraspirativo e pluviometrico (bilancio idrico). Apporti irrigui eccessivi e prolungati, oltre la fase di maturazione latte della granella, favoriscono l'accumulo di fumonisine.
	<p>DON e ZEA - L'irrigazione non è in grado di influenzare in modo apprezzabile le contaminazioni.</p>	bassa	--
<i>Fertilizzazione all'impianto e alla semina</i>	<p>AFLA - La nutrizione squilibrata rende più suscettibile la pianta ad attacchi parassitari e fungini e può favorire lo sviluppo di <i>Aspergillus</i>. Inoltre le carenze di fosforo inducono un rallentamento dello sviluppo nella prima parte del ciclo e quindi un ritardo della maturazione.</p>	bassa	<ul style="list-style-type: none"> Eseguire la concimazione fosfo-azotata localizzata alla semina. Apportare potassio in relazione alla dotazione del suolo e comunque valutando il bilancio dell'elemento nel suolo.
	<p>FUMO, DON e ZEA - Carenze di fosforo inducono un rallentamento dello sviluppo nella prima parte del ciclo e quindi un ritardo della fioritura (e della maturazione), esponendo ad un maggior rischio di attacco della piralide.</p>	media	<ul style="list-style-type: none"> Effettuare la concimazione fosfo-azotata localizzata alla semina.
<i>Fertilizzazione azotata</i>	<p>AFLA - Carenze di azoto causano frequentemente lo sviluppo stentato della coltura predisponendola ad attacchi di funghi tossigeni e all'accumulo di aflatossine. Carenze di azoto si manifestano spesso in un calo delle rese e in un proporzionale aumento della concentrazione della tossina.</p>	media	<ul style="list-style-type: none"> Apportare azoto tempestivamente ed in quantità equilibrata con gli asporti. Per individuare la dose di fertilizzanti da somministrare si consiglia di adottare il metodo del bilancio o la dose standard forniti dai DPI-RER.
	<p>DON e ZEA - Apporti troppo elevati di fertilizzanti azotati comportano un rallentamento della maturazione e aumentano i rischi di contaminazione.</p>		
	<p>FUMO - Stress nutrizionali e apporti elevati di fertilizzanti</p>		

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
	azotati comportano rischi di aumento delle fumonisine.		
<i>Trattamenti Insetticidi</i>	<p>AFLA - L'attacco delle larve di piralide del granturco (<i>Ostrinia nubilalis</i>) e di altri minatori non è causa diretta di sviluppo di funghi, ma <i>A. flavus</i> cresce più rapidamente in cariossidi danneggiate da erosioni perché più esposte alla penetrazione del micelio. Inoltre, le piante soggette ad infestazioni e sotto stress possono poi indurre una maggiore sintesi di tossine al fungo.</p> <p>L'attacco delle larve di diabrotica (<i>Diabrotica virgifera virgifera</i>) danneggiando l'apparato radicale espone la pianta a maggiori stress idrici e nutrizionali.</p> <p>Gli attacchi degli insetti inducono un significativo calo delle rese e quindi un proporzionale aumento della concentrazione delle aflatossine.</p>	elevata	<ul style="list-style-type: none"> • Piralide: Eseguire il trattamento insetticida di lotta alle uova e alle larve di seconda generazione del fitofago con macchine irroratrici con telaio scavallatore. Il trattamento è efficace dal momento in cui le catture degli adulti della prima generazione crescono in maniera costante. Il trattamento è meno efficace nelle colture seminate tardivamente e nelle annate più calde, in presenza anche di più forti e continui attacchi di piralide. Preferire le miscele insetticide che agiscono sugli insetti in diversi stadi di sviluppo e con la maggiore persistenza d'azione, prestare particolare attenzione a possibili fenomeni di acaro-insorgenza provocati dall'impiego di piretroidi. • In ogni condizione rispettare le indicazioni del DPI-RER e facendo riferimento ai bollettini provinciali per la corretta epoca di intervento. • Diabrotica: in caso di monosuccessione rilevare l'entità dell'infestazione degli adulti mediante trappole cromotropiche. Se la soglia è superata attuare l'avvicendamento o effettuare trattamento adulticida e l'anno successivo attuare l'avvicendamento e/o impiegare geodisinfestanti. In ogni caso rispettare le condizioni riportate nel DPI-RER.
	<p>FUMO - L'attività larvale della piralide favorisce in modo determinante la diffusione della muffa tossigena e quindi la contaminazione della granella.</p>	molto elevata	
	<p>DON e ZEA – la piralide e la diabrotica non ne influenzano la contaminazione.</p>	bassa	--
<i>Trattamenti con bio competitori</i>	<p>AFLA - L'unico mezzo ritenuto efficace è l'applicazione di ceppi di <i>Aspegillus flavus</i> atossigeni che per competizione limitano lo</p>	molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> • Se disponibili utilizzare i prodotti registrati alla fase di 5° foglia.

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
	sviluppo di quelli tossigeni		
<i>Trattamenti fungicidi</i>	<p>AFLA - Non esistono trattamenti fungicidi specifici per il controllo di A. flavus.</p> <p>I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non esercitano azioni sulle muffe tossigene se applicati entro la fine della fioritura.</p>	bassa	--
	<p>FUMO, DON e ZEA - I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non interagiscono con i Fusarium se distribuiti entro la maturazione lattea precoce. Inoltre possono favorirne la proliferazione per l'eliminazione di generi di funghi antagonisti.</p> <p>I trattamenti con miscele fusaricide comportano un vantaggio contenuto.</p>	bassa	
<i>Epoca di raccolta</i>	<p>AFLA — la raccolta deve avvenire non appena il prodotto è maturo ed ha raggiunto l'umidità adeguata per la mietitrebbiatura. Con umidità inferiore al 28% della granella e temperature elevate (> 30°C) A. flavus cresce rapidamente e l'accumulo di aflatossine può diventare rilevante.</p>	molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> • Si consiglia di effettuare la raccolta, soprattutto in annate a rischio (particolarmente calde e siccitose), con umidità della granella al 22-24% e comunque non inferiore al 20%.
	<p>FUMO - Il momento di raccolta influisce sul contenuto di fusarium-tossine e deve avvenire non appena il prodotto è maturo.</p>	elevata	<ul style="list-style-type: none"> • Eseguire la raccolta appena possibile; nel caso di maturazioni tardive e condizioni di frequenti precipitazioni effettuare tempestivamente la raccolta anche con umidità della granella elevata.
	<p>DON e ZEA - In condizioni meteorologiche fresche (maturazioni protratte in autunno, piogge frequenti) le muffe si sviluppano rapidamente e aumenta la probabilità di contaminazione.</p>		
<i>Regolazione mietitrebbia</i>	<p>AFLA, FUMO, DON, ZEA - Le rotture e ogni tipo di danno alla cariosside favoriscono la penetrazione del micelio e la successiva proliferazione delle muffe.</p>	bassa	<ul style="list-style-type: none"> • Regolare accuratamente la mietitrebbiatrice e adottare una velocità di lavoro adeguata. • Impiegare mietitrebbiatrici dotate di sistemi di pulizia efficaci. • Privilegiare le mietitrebbiatrici a flusso assiale.

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
<i>Trasporto al centro di stoccaggio</i>	AFLA, FUMO, DON, ZEA – I vani di carico sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il nuovo carico.	bassa	<ul style="list-style-type: none"> • Pulire accuratamente i vano di carico rimuovendo anche le polveri

TABELLE

Tab. 1. Limiti massimi delle micotossine da applicare nel mais.

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Destinazione
Aflatossine Reg. CE n. 165/2010	B1: 5,0 µg/kg B1+B2+G1+G2: 10,0 µg/kg	Granturco da sottoporre a cernita o ad altro trattamento fisico prima del consumo umano	Consumo umano
Deossinivalenolo Reg. CE 1126/2007	1.750 µg/kg	Granturco non trasformato	
	750 µg/kg	Cereali e derivati destinati al consumo umano diretto	
Fumonisine Reg. CE 1126/2007	B1+B2: 4000 µg/kg	Granturco non trasformato	
	B1+B2: 1000 µg/kg	Granturco destinato al consumo umano diretto	
Ocratossina A Reg. CE n. 1881/2006	5,0 µg/kg	Cereali non trasformati	
	3,0 µg/kg	Prodotti derivati dai cereali non trasformati	
Zearalenone Reg. CE 1126/2007	350 µg/kg	Granturco non trasformato	
	75 µg/kg	Cereali e derivati destinati al consumo umano diretto	
T2 e HT2 Raccomandazione CE n.165 del 27/03/2013	100 µg/kg(*)	Grani di cereali destinati al consumo umano diretto granturco	
	200 µg/kg(*)	Cereali non trasformati orzo e granturco	
Aflatossina B1 D.Lgs. 149 10.05.2004	0,02 mg/kg	Materie prime per mangimi	Consumo animale (mangime al 12% di umidità)
Ocratossina A Decreto 15/05/2006 Ministero della Salute	0,25 mg/kg	Materie prime per mangimi; Cereali e prodotti derivati	
Deossinivalenolo Raccomandazione CE 585 del 17/08/2006	8 mg/kg(*)	Materie prime per mangimi Cereali e prodotti a base di cereali	
	12 mg/kg(*)	Materie prime per mangimi Sottoprodotti del granturco	
Zearalenone Raccomandazione CE 585 del 17/08/2006	2 mg/kg(*)	Materie prime per mangimi Cereali e prodotti a base di cereali	
	3 mg/kg(*)	Materie prime per mangimi Sottoprodotti del granturco	

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Destinazione
Fumonisine Raccomandazione CE 585 del 17/08/2006	B1+B2: 60 mg/kg(*)	Materie prime per mangimi Granoturco e prodotti derivati	
T2 e HT2 Raccomandazione CE n. 165 del 27/03/2013	250 µg/kg(*)	Mangimi composti ad eccezione dei mangimi per gatti	
	500 µg/kg(*)	Prodotti a base di cereali ad eccezione dei prodotti di macinazione dell'avena (pula)	

µg/kg = ppb;
mg/kg = ppm

(*)Limiti raccomandati

Tab. 2. Principali funghi produttori di tossine e loro condizioni di sviluppo

Funghi coinvolti	Condizioni di crescita funghi	Condizioni di produzione micotossine	Micotossine prodotte
<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus parasiticus</i>	Temperature: 10 - 42 °C Temperatura ottimale: 32 °C Umidità granella: 15 - 30%	Temperature: 20 - 30 °C Temperatura ottimale: 28 °C $a_w^{(1)}$ minimo: 0,78	Aflatossine (AF) B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Temperature: 10 - 35 °C Temperatura ottimale: 28 °C Umidità granella: 16 - 20%	Temperature: 10 - 35 °C Temperatura ottimale: 25 °C a_w minimo: 0,80	Ocratossina A (OTA)
<i>Penicillium verrucosum</i>	Temperature: 2 - 36 °C Temperatura ottimale: 23 °C Umidità granella: 20 - 21%	Ancora poco conosciute	Ocratossina A (OTA)
<i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium graminearum</i>	Temperature: 4 - 35 °C Temperatura ottimale: 25 °C Umidità granella: 20 - 50%	Temperature: 10 - 30 °C Temperatura ottimale: 20 °C F. <i>culmorum</i> 30 °C F. <i>graminearum</i>	Deossinivalenolo (DON), Zearalenone (ZEA)
<i>Fusarium verticillioides</i> (ex F. <i>moniliforme</i>) <i>Fusarium proliferatum</i>	Temperature: 4 - 36 °C Temperatura ottimale: 25 °C Umidità granella: 18 - 50%	Temperature: 15 - 30 °C Temperatura ottimale: 30 °C a_w minimo: 0,91 a_w ottimale: 0,97	Fumonisine (FB)

(1) a_w : acqua libera nella granella