

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. È 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 deossivalenolo (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 ad 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 Ri.Nova (ex C.R.P.V.) sotto la supervisione dei ricercatori dell'Università Cattolica di Piacenza, sono state preliminarmente esaminate da un gruppo ristretto di tecnici esperti coordinato dalla Regione (Settori Organizzazione di mercato, qualità e promozione) 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, Stoccatore ecc.) e dagli altri Settori regionali competenti (Fitosanitario 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. e Scarpino V., Locatelli S., Vaccino P. (2023), 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 fundamentalmente 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 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 influente o di effetto ridotto sulla contaminazione

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI GRANTURCO

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
<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 le sistemazioni per evitare ristagni idrici e/o il compattamento del terreno (non solo nelle capezzagne) in particolare nei terreni in cui si esegue la semina su sodo. • Evitare di compattare il terreno per l'effetto negativo sullo sviluppo radicale e quindi sulla sensibilità allo stress idrico e nutrizionale.
	FUMO 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> .		
	DON E ZEA- I terreni più freddi a causa del ristagno causano uno sviluppo iniziale rallentato della coltura.		
<i>Concia della semente</i>	AFLA, FUMO, DON E ZEA - La concia non influenza in modo apprezzabile la contaminazione.	Bassa	
<i>Avvicendamento</i>	AFLA- La monosuccessione consente alle larve di diabrotica di moltiplicarsi e danneggiare le radici di mais favorendo lo stress idrico e gli stress che favoriscono la proliferazione dell'aspergillo.	Bassa	<ul style="list-style-type: none"> • Evitare la monosuccessione di mais.
	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 <i>Diabrotica virgifera</i> abbattendo la popolazione larvale per alcuni anni.	Media	<ul style="list-style-type: none"> • Evitare la monosuccessione di mais.

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
	FUMO- In ambienti colturali maidicoli l'inoculo è scarsamente influenzato dall'avvicendamento.	Bassa	
<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 muffe. 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 territoriali per eventuali trattamenti per la diabrotica. • In caso di probabili attacchi di diabrotica (monosuccessione e catture elevate nell'anno precedente): impiegare geodisinfestanti alla semina.
<i>Gestione dei residui colturali e lavorazioni del terreno</i>	AFLA E FUMO – I residui colturali contengono spore vitali e fungono da substrato per la contaminazione, l'infezione e per la conseguente produzione di tossina.	Bassa	
	DON E ZEA – Le lavorazioni che lasciano ingenti residui in superficie aumentano l'entità dell'inoculo	Media	<ul style="list-style-type: none"> • Il ricorso ad una lavorazione del terreno utile all'interramento dei residui colturali della precessione si rende necessaria quando sono presenti residui di specie soggette a infezioni dai funghi produttori di micotossine (cereali autunno-vernini, granturco, sorgo). Tale operazione andrà effettuata entro il periodo autunnale.

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
<i>Scelta ibrido (classe di maturazione)</i>	<p>AFLA - La fioritura è la fase in cui è più probabile l'infezione della spiga. Le alte temperature durante la fioritura e dopo la maturazione cerosa favoriscono la crescita della muffa e la sintesi delle aflatossine.</p>	Bassa	<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.
	<p>FUMO - La crescita delle muffe è dipendente dall'attività trofica della piralide. La maturazione rapida riduce l'attività della piralide e il tempo disponibile alla 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>	Media	<ul style="list-style-type: none"> • Adottare ibridi di precocità opportuna in relazione alla zona di coltivazione. • Orientarsi verso ibridi di cui è riconosciuta una minore sensibilità all'attacco da <i>Fusarium graminearum</i>.
<i>Epoca di semina</i>	<p>AFLA - L'anticipo delle semine tendenzialmente evita la coincidenza della fioritura con le temperature più elevate. La fioritura è la fase in cui è più probabile l'infezione della spiga. Le alte temperature nella fase di maturazione favoriscono la crescita della muffa e la sintesi delle aflatossine.</p>	Media	<ul style="list-style-type: none"> • È 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 territoriali.
	<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 delle muffe.</p>		

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
<i>Investimento alla semina</i>	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.	Bassa	<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.
	FUMO, DON E ZEA - Densità elevate (oltre il 20% rispetto alla densità di riferimento dell'ibrido) comportano condizioni microclimatiche più favorevoli alle muffe rallentando la perdita di umidità della granella.	Media	<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>	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	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 • Si raccomanda di fare riferimento alle norme e alle sostanze attive consentite dal Disciplinare di Produzione Integrata dell'Emilia-Romagna (DPI-RER).
<i>Irrigazione</i>	AFLA - Lo stress idrico predispone agli attacchi di <i>Aspergillus flavus</i> . La traspirazione ridotta determina un aumento della temperatura dei tessuti favorendo la crescita di questa muffa termofila. Particolarmente critico è lo stress idrico nelle fasi di fioritura e di maturazione della granella.	Molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigare sulla base di valutazioni 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". • Negli ambienti dove l'acqua può essere un fattore limitante è necessario optare per semine anticipate e ibridi che meglio si adattano agli stress idrici.

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
	<p>FUMO- In caso di stress idrici pronunciati la contaminazione da fumonisine aumenta (con rese ridotte la concentrazione aumenta proporzionalmente). Apporti irrigui eccessivi e prolungati, oltre la fase di maturazione latte della granella, favoriscono l'accumulo di fumonisine.</p> <p>DON e ZEA - L'irrigazione non è in grado di influenzare in modo apprezzabile le contaminazioni.</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).
Fertilizzazione di fondo e alla semina	<p>AFLA - La nutrizione squilibrata rende più suscettibile la pianta ad attacchi parassitari e fungini e può favorire lo sviluppo di Aspergilli. Carenze di fosforo nelle prime fasi inducono un rallentamento dello sviluppo e quindi un ritardo della fioritura e della maturazione.</p>	Bassa	<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare la concimazione fosfo-azotata localizzata alla semina. • Apportare potassio in relazione alla dotazione del suolo e in funzione del bilancio dell'elemento.
	<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.
Fertilizzazione azotata	<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 oppure, in alternativa, il metodo semplificato, basato sulla scheda a "Dose standard", così come previsto dai DPI-RER oppure dai sistemi predittivi a supporto delle decisioni.
	<p>FUMO - Stress nutrizionali e apporti elevati di fertilizzanti azotati comportano rischi di aumento delle fumonisine per un rallentamento della perdita di umidità della granella.</p>		
	<p>DON e ZEA - Apporti troppo elevati di fertilizzanti azotati comportano un rallentamento della perdita di umidità della granella e aumentano i rischi di contaminazione.</p>		

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
<i>Fertirrigazione</i>	AFLA - Interventi che tramite l'irrigazione apportano potassio e azoto in forma prontamente assimilabile in prefioritura pongono la pianta nelle condizioni di sopportare al meglio gli stress in fioritura.	Media	<ul style="list-style-type: none"> • Nei sistemi che consentono la fertirrigazione frazionare gli apporti di potassio e azoto durante il ciclo della coltura attraverso l'ausilio di supporti decisionali tipo Fertirrinet.
<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 infestazione e sotto stress possono poi indurre una maggiore sintesi di tossine al fungo.</p> <p>L'attacco delle larve di diabrotica (<i>Diabrotica virgifera</i>) sull'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. L'impiego di parassitoidi (<i>Trichogramma</i> spp.) è consigliato in alternativa all'impiego di insetticidi anche con l'uso di droni.
<i>Trattamenti insetticidi</i>	FUMO - L'attività larvale della piralide (<i>Ostrinia nubilalis</i>) e di sesamia (<i>Sesamia</i> spp.) favorisce in modo determinante la diffusione della muffa tossigena e quindi la contaminazione della granella.	Molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> • In ogni condizione rispettare le indicazioni del DPI-RER e facendo riferimento ai bollettini territoriali per la corretta epoca di intervento. • Diabrotica: in caso di monosuccessione: rilevare l'entità dell'infestazione degli adulti mediante trappole cromotropiche per la verifica della presenza di adulti (soglia critica indicata dai DPI-RER). Se la soglia è superata: attuare l'avvicendamento o effettuare trattamento

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
			adulticida e/o impiegare geodisinfestanti nel ciclo colturale successivo.
	DON e ZEA – la piralide e la diabrotica non ne influenzano la contaminazione	Bassa	
<i>Trattamenti con bio competitori</i>	AFLA - L'applicazione di ceppi di <i>Aspegillus flavus</i> atossigeni, che per competizione limitano lo sviluppo di quelli tossigeni, è un mezzo efficace	Molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> Distribuire i formulati a base di ceppi di <i>A. flavus</i> non tossigeni nella fase di 5° foglia e comunque prima della fioritura in tutti gli ambienti dove il rischio di elevate contaminazioni è forte, soprattutto nel caso del mais da granella. NB - Il prodotto è autorizzato per il mais destinato ad uso zootecnico.
<i>Trattamenti fungicidi</i>	AFLA - Non esistono trattamenti fungicidi specifici per il controllo di <i>A. flavus</i> . I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non esercitano azioni sulle muffe tossigene.	Bassa	
	FUMO, DON e ZEA - I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non interagiscono con i Fusarium se distribuiti entro la maturazione latteca precoce. Inoltre, possono favorirne la proliferazione per l'eliminazione di generi di funghi antagonisti. I trattamenti con miscele fusaricide comportano un vantaggio contenuto		
<i>Epoca di raccolta</i>	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) <i>A. flavus</i> cresce rapidamente e l'accumulo di aflatossine può diventare rilevante.	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%.

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
	<p>FUMO - Il momento di raccolta influisce sul contenuto di fusarium-tossine e deve avvenire non appena il prodotto è maturo</p> <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>	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.
<i>Regolazione mietitrebbia</i>	<p>AFLA, FUMO, DON E ZEA - Le rotture e ogni tipo di danno alla cariosside favoriscono la penetrazione del micelio e la successiva proliferazione delle muffe riducendone l'efficacia delle successive puliture.</p>	Media	<ul style="list-style-type: none"> • Regolare accuratamente la mietitrebbiatrice e adottare velocità di lavoro moderate. • Impiegare mietitrebbiatrici dotate di sistemi di pulizia efficaci. • Privilegiare le mietitrebbiatrici a flusso assiale.
<i>Trasporto al centro di stoccaggio</i>	<p>AFLA, FUMO, DON E ZEA – I vani di carico sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il nuovo carico.</p>	Bassa	<ul style="list-style-type: none"> • Pulire i rimorchi dopo ogni trasporto rimuovendo anche le polveri.

TABELLE

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

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
Aflatossine Reg. UE n. 915/2023	B1: 5,0 µg/kg B1+B2+G1+G2: 10,0 µg/kg	Granturco da sottoporre a cernita o ad altro trattamento fisico prima dell'immissione sul mercato per il consumatore finale o per l'impiego come ingredienti di alimenti		Consumo umano
Deossinivalenolo Reg. UE 915/2023 modificato dal Reg. UE 1022/2024	1.000 µg/kg	Chicchi di cereali non trasformati	Ad eccezione dei chicchi di granturco non trasformati destinati alla molitura ad umido e del riso. Il tenore massimo si applica ai chicchi di cereali non trasformati immessi sul mercato per la prima trasformazione.	

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
	1.500 µg/kg	Chicchi di frumento duro non trasformati e chicchi di granturco non trasformati	Ad eccezione dei chicchi di granturco non trasformati per i quali è chiaro, attraverso ad es. l'etichettatura e la destinazione, che sono destinati unicamente alla molitura ad umido (produzione di amido). Il tenore massimo si applica ai chicchi di granturco non trasformati immessi sul mercato precedentemente alla prima trasformazione	
	750 µg/kg	Cereali immessi sul mercato per il consumatore finale, granturco per pop corn e pop corn	Ad eccezione del riso	
	750 µg/kg	Prodotti di macinazione del granturco immessi sul mercato per il consumatore finale		
	1.000 µg/kg	Prodotti di macinazione del granturco non immessi sul mercato per il consumatore finale		
	150 µg/kg	Alimenti per la prima infanzia e alimenti trasformati a base di cereali destinati ai lattanti e ai bambini nella prima infanzia	Ad eccezione dei prodotti a base di riso.	

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
Fumonisine Reg. UE 915/2023	B1+B2: 4000 µg/kg	Chicchi di granturco non trasformati	Ad eccezione dei chicchi di granturco non trasformati per i quali è chiaro, attraverso ad es. l'etichettatura e la destinazione, che sono destinati unicamente alla molitura ad umido (produzione di amido). Il tenore massimo si applica ai chicchi di granturco non trasformati immessi sul mercato precedentemente alla prima trasformazione	
	B1+B2: 1000 µg/kg	Granturco immesso sul mercato per il consumatore finale, prodotti di macinazione del granturco immessi sul mercato per il consumatore finale, alimenti a base di granturco immessi sul mercato per il consumatore finale, ad eccezione dei cereali da colazione a base di granturco e merende a base di granturco e farina di granturco non immessa sul mercato per il consumatore finale		

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
Ocratossina A Reg. UE n. 915/2023	5,0 µg/kg	Chicchi di cereali non trasformati	Il tenore massimo si applica ai chicchi di cereali non trasformati immessi sul mercato precedentemente alla prima trasformazione (6)	
	3,0 µg/kg	Prodotti derivati da chicchi di cereali non trasformati e cereali immessi sul mercato per il consumatore finale (ad eccezione dei prodotti “Prodotti da forno merende a base di cereali e cereali da colazione”, “Bevande analcoliche a base di malto”, “Glutine di frumento non immesso sul mercato per il consumatore finale”, “Alimenti per la prima infanzia e alimenti trasformati a base di cereali destinati ai lattanti e ai bambini nella prima infanzia” e “Alimenti a fini medici speciali destinati ai lattanti e ai bambini nella prima infanzia”)	Compresi i prodotti trasformati a base di cereali. I prodotti derivati da chicchi di cereali non trasformati si riferiscono ai prodotti contenenti almeno l'80 % di prodotti a base di cereali.	

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
Zearalenone Reg. UE 915/2023	350 µg/kg	Chicchi granturco non trasformato	Ad eccezione dei chicchi di granturco non trasformati per i quali è chiaro, attraverso ad es. l'etichettatura e la destinazione, che sono destinati unicamente alla molitura ad umido (produzione di amido). Il tenore massimo si applica ai chicchi di granturco non trasformati immessi sul mercato precedentemente alla prima trasformazione	
	75 µg/kg	Cereali immessi sul mercato per il consumatore finale, farina di cereali semola, crusca e germe come prodotti finali immessi sul mercato per il consumatore finale, ad eccezione dei prodotti di granturco immessi sul mercato per il consumatore finale, merende a base di granturco e cereali da colazione a base di granturco e prodotti di macinazione del granturco non immessi sul mercato per il consumatore finale		

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
T2 e HT2 (*) Reg. UE 1038/2024 che modifica il Reg. UE 915/2023	50 µg/kg	Chicchi di cereali non trasformati ad eccezione dei chicchi di orzo non trasformati da destinare alla maltazione, chicchi di orzo non trasformati diversi dai chicchi di orzo da destinare alla maltazione, chicchi di granturco non trasformati, chicchi di frumento duro non trasformati e dei chicchi di avena non trasformati con tegumento non commestibile	Ad eccezione dei chicchi di granturco non trasformati destinati alla molitura ad umido e del riso. Il tenore massimo si applica ai chicchi di cereali non trasformati immessi sul mercato per la prima trasformazione ⁽⁶⁾ .	
	100 µg/kg	Chicchi di granturco non trasformati e chicchi di frumento duro non trasformati	Ad eccezione dei chicchi di granturco non trasformati per i quali è chiaro, attraverso ad esempio l'etichettatura o la destinazione, che sono destinati unicamente alla molitura ad umido (produzione di amido). Il tenore massimo si applica ai chicchi di granturco non trasformati e ai chicchi di frumento duro non trasformati immessi sul mercato per la prima trasformazione ⁽⁶⁾ .	

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
	20 µg/kg	Cereali immessi sul mercato per il consumatore finale, ad eccezione di avena immessa sul mercato per il consumatore finale e orzo, granturco e frumento duro immessi sul mercato per il consumatore finale	Ad eccezione del riso.	
	50 µg/kg	Orzo, granturco e frumento duro immessi sul mercato per il consumatore finale.		
	20 µg/kg	Prodotti di macinazione dei cereali ad eccezione dei prodotti di macinazione dell'avena (compresa la crusca d'avena) e la crusca di cereali diversi dall'avena e prodotti di macinazione del granturco	Ad eccezione dei prodotti di macinazione del riso.	
	50 µg/kg	Crusca di cereali diversi dall'avena e prodotti di macinazione del granturco.		

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
	20 µg/kg	Prodotti da forno, ad eccezione dei prodotti da forno contenenti almeno il 90 % di prodotti di macinazione dell'avena, pasta alimentare, merende a base di cereali e cereali da colazione, ad eccezione dei fiocchi d'avena, cereali da colazione costituiti almeno per il 50 % di crusca di cereali, prodotti di macinazione dei chicchi di avena, prodotti di macinazione dei chicchi di granturco, chicchi di avena integrale, chicchi di orzo, chicchi di granturco o chicchi di frumento duro, e costituiti per meno del 40 % di prodotti di macinazione dei chicchi di avena e chicchi di avena integrale, cereali da colazione costituiti almeno per il 50 % di crusca di cereali, prodotti di macinazione dei chicchi di avena, prodotti di macinazione dei chicchi di granturco, chicchi di avena integrale, chicchi di orzo, chicchi di granturco o chicchi di frumento duro, e almeno per il 40 % di prodotti di macinazione dei chicchi di avena e chicchi di avena integrale.	Ad eccezione dei prodotti a base di riso. Compresi i piccoli prodotti da forno. Con il termine "pasta alimentare" si intende la pasta alimentare (secca) con un contenuto di acqua di circa il 12 %.	
	50 µg/kg	Cereali da colazione costituiti almeno per il 50 % di crusca di cereali, prodotti di macinazione dei chicchi di avena, prodotti di macinazione dei chicchi di granturco, chicchi di avena integrale, chicchi di orzo, chicchi di granturco o chicchi di frumento duro, e costituiti per meno del 40 % di prodotti di macinazione dei chicchi di avena e chicchi di avena integrale.		

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
	75 µg/kg	Cereali da colazione costituiti almeno per il 50 % di crusca di cereali, prodotti di macinazione dei chicchi di avena, prodotti di macinazione dei chicchi di granturco, chicchi di avena integrale, chicchi di orzo, chicchi di granturco o chicchi di frumento duro, e almeno per il 40 % di prodotti di macinazione dei chicchi di avena e chicchi di avena integrale		
	10 µg/kg	Alimenti per la prima infanzia e alimenti trasformati a base di cereali destinati ai lattanti e ai bambini nella prima infanzia (3)	Ad eccezione dei prodotti a base di riso. Il tenore massimo si applica alla materia secca del prodotto come immesso sul mercato.	
	10 µg/kg	Alimenti a fini medici speciali destinati ai lattanti e ai bambini nella prima infanzia (3)	Ad eccezione dei prodotti a base di riso. Il tenore massimo si applica alla materia secca (5) del prodotto come immesso sul mercato.».	
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		

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Osservazioni	Destinazione
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 granoturco		
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

(*)Somma delle tossine T-2 e HT-2: Per la somma delle tossine T-2 e HT-2, i tenori massimi si riferiscono alle concentrazioni lower bound, che sono calcolate ipotizzando che tutti i valori inferiori al limite di quantificazione siano pari a zero.

Note:

(3)Alimento quale definito all'articolo 2 dal regolamento (UE) n. 609/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 giugno 2013, relativo agli alimenti destinati ai lattanti e ai bambini nella prima infanzia, agli alimenti a fini medici speciali e ai sostituti dell'intera razione alimentare giornaliera per il controllo del peso e che abroga la direttiva 92/52/CEE del Consiglio, le direttive 96/8/CE, 1999/21/CE, 2006/125/CE e 2006/141/CE della Commissione, la direttiva 2009/39/CE del Parlamento europeo e del Consiglio e i regolamenti (CE) n. 41/2009 e (CE) n. 953/2009 della Commissione (GU L 181 del 29.6.2013, pag. 35).

(5) La materia secca è determinata conformemente al regolamento (CE) n. 401/2006 della Commissione, del 23 febbraio 2006, relativo ai metodi di campionamento e di analisi per il controllo ufficiale dei tenori di micotossine nei prodotti alimentari (GU L 70 del 9.3.2006, pag. 12)

(6) Per «prima trasformazione» si intendono tutti i trattamenti fisici o termici dei chicchi, diversi dall'essiccazione. La pulizia, comprese le procedure di spazzolatura, cernita (cernita per colore, se opportuno) ed essiccazione, non sono considerate «prima trasformazione» se l'intero chicco rimane intatto dopo la pulizia e la cernita. Per «spazzolatura» si intende la pulizia dei cereali spazzolandoli e/o strofinandoli vigorosamente e nel rimuovere le polveri (ad esempio mediante aspirazione). La spazzolatura può essere seguita da una cernita per colore prima della molitura.

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 <i>F. culmorum</i> 30 °C <i>F. graminearum</i>	Deossinivalenolo (DON), Zearalenone (ZEA)
<i>Fusarium verticillioides</i> (<i>ex F. 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