

## LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DI DEOSSINIVALENOLO (DON) NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

### 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 mais 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 (es. pasta e pane). 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 mais** 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 la principale malattia che causa la formazione di micotossine nel frumento è la fusariosi della spiga.**

E' causata da un complesso di specie fungine appartenenti al genere *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae*) o a generi ad esso correlati, come ad esempio *Microdochium*. E' una delle principali e più dannose malattie dei cereali a paglia e può colpire numerose graminacee: frumento, orzo, segale, avena, triticale e riso. Attualmente l'attenzione è focalizzata su *F. graminearum*, principale responsabile della produzione di micotossine normate (deossinivalenolo e zearalenone).

Nel frumento la malattia causa il disseccamento parziale o totale della spiga: le spighette appaiono sbiancate rispetto alla parte sana, che rimane di colore verde (**Fig. 1**). La differenza di colore fra parti infette e sane è un importante aspetto diagnostico, che va però attenuandosi con il progredire della maturazione. Se il clima si mantiene umido a lungo, sulle glume compaiono dei cuscinetti di spore colorate, dal salmone all'arancio. Le cariossidi si presentano striminzite e di colore grigiastro o rosato. Lo striminzimento non è però un sintomo costante, in quanto le cariossidi infettate tardivamente, in uno stadio avanzato di maturazione, possono presentarsi di dimensioni normali. Nel grano duro le cariossidi spesso perdono il loro aspetto traslucido ed appaiono pallide o opache.

Il quadro dei danni causati dalla malattia è comunque articolato in quanto si possono riscontrare:

1. riduzione della produzione (determinata dal minor numero di cariossidi, dalla riduzione del loro peso unitario e specifico);
2. peggioramento delle caratteristiche qualitative della granella (distruzione delle pareti cellulari con alterazione della frazione lipidica e riduzione di quella proteica);
3. diminuzione della germinabilità e del vigore germinativo dei semi;
4. accumulo di micotossine.

Figura 1 - Spighe di frumento colpite da fusariosi



## **La strategia regionale per ridurre il rischio di contaminazione da micotossine**

Nell'ambito di tale strategia riveste particolare rilevanza la predisposizione delle presenti buone pratiche agricole "Linee guida" per la riduzione del rischio contaminazione da fusarium-tossine. La raccomandazione della Commissione Europea 583/2006 rappresenta il punto di partenza per la stesura di questo documento, che nasce dall'attività di un apposito Gruppo di lavoro regionale insediatosi fin dal 2003. I vari aggiornamenti del documento derivano 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 periodicamente aggiornati hanno avuto anche l'apporto di un Tavolo più allargato costituito dai vari rappresentanti della Filiera (Organizzazioni dei Produttori, 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 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 della micotossina DEOSSINIVALENOLO (DON)**

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 frumento. 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 DON, 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 sintesi di micotossine sono fondamentalmente legate alla complessa interazione tra ambiente, pratiche colturali e genotipo della varietà impiegata. 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 influente o di effetto ridotto sulla contaminazione

## LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DI DEOSSINIVALENOLO (DON) NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
Gestione complessiva della coltura	La proliferazione e lo sviluppo di <i>Fusarium graminearum</i> , il principale produttore di deossinivalenolo (DON), è possibile in presenza di inoculo e con condizioni ambientali fresche e piovose dall'inizio della fioritura fino alla maturazione cerosa della granella.	elevata	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ridurre la presenza di residui colturali fonti di inoculo con opportune lavorazioni e/o avvicendamenti e scelta di varietà meno suscettibili alla fusariosi della spiga.</li> <li>• Tenere presente che il frumento duro è maggiormente suscettibile alla fusariosi rispetto al frumento tenero.</li> </ul>
Sistemazione del terreno	I terreni asfittici a causa del ristagno idrico originano un rallentamento dello sviluppo della coltura, una minore crescita della radice e possibili attacchi da funghi.	media	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le sistemazioni del terreno preparatorie alla semina devono assicurare lo sgrondo delle acque in eccesso, in particolar modo nei terreni poco permeabili.</li> </ul>
Concia della semente	La concia consente di ridurre la presenza dei patogeni eventualmente trasmessi attraverso il seme e, fra questi, <i>Fusarium spp</i> , nonché di contenere l'incidenza del "mal del piede".	bassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scegliere i formulati commerciali dotati di specifica attività nei confronti di <i>Fusarium</i>. La concia industriale garantisce la migliore azione dei concianti.</li> <li>• Si consiglia l'impiego di sementi certificate</li> </ul>
Avvicendamento	Le precessioni con cereali autunno-vernini e soprattutto con i cereali primaverili-estivi (mais, sorgo) contribuiscono ad incrementare la carica di inoculo presentando un forte effetto moltiplicatore del rischio rispetto alle altre precessioni.	molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitare i ristoppi di frumento tenero e duro e la successione tra le due specie.</li> <li>• In caso di successione dopo mais o sorgo rispettare le indicazioni riportate di seguito in merito alla gestione dei residui.</li> <li>• Avvicendere il frumento con colture che non ospitano le medesime specie di <i>Fusarium</i> (es. barbabietola da zucchero, medica, soia, altre leguminose da granella, girasole, patata ed altre orticole in generale).</li> </ul>
Lavorazione del suolo e gestione dei residui	I residui colturali di cereali autunno-vernini, soprattutto di cereali estivi (mais, sorgo), contengono inoculo di F.	molto elevata	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asportare o interrare i residui privilegiando l'aratura.</li> </ul>

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
colturali	graminearum e fungono da substrato essenziale per la contaminazione e l'infezione del raccolto che segue.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• La rimozione dei residui della coltura precedente e gli interventi di lavorazione del suolo volti ad interrarli sono quindi di primaria importanza per ridurre l'inoculo potenziale.</li> <li>• La minima lavorazione e in particolar modo la semina diretta (sodo) dopo mais o sorgo, sono attuabili soltanto negli ambienti con basso rischio di infezione, ove venga applicata un'agrotecnica a rischio ridotto e qualora non si intenda coltivare frumento duro.</li> </ul>
Scelta varietale	La suscettibilità alla fusariosi della spiga è assai diversa tra le varietà. Aspetti morfologici, fisiologici, compositivi della cariosside e di ciclo colturale, interagiscono e possono facilitare o limitare lo sviluppo di F. graminearum e la tossinogenesi.	elevata	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La suscettibilità alla fusariosi è crescente passando dal frumento tenero al frumento duro.</li> <li>• Scegliere varietà tolleranti o mediamente tolleranti la fusariosi della spiga.</li> <li>• I livelli di tolleranza delle varietà attualmente disponibili, se non considerati all'interno di una più ampia strategia di controllo, non sono sufficienti a garantire un basso rischio di contaminazione da DON.</li> <li>• Si consiglia l'impiego di sementi certificate</li> </ul>
Epoca di semina e investimento alla semina	Elevati investimenti e semine precoci possono stimolare un eccessivo accostamento e densità di spighe alla raccolta, determinando un microclima più favorevole alla contaminazione da parte delle muffe tossigene.	bassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non eccedere con gli investimenti (seguire le indicazioni fornite dalle aziende sementiere) e non anticipare troppo le semine, da effettuarsi preferibilmente a partire dalla seconda metà di Ottobre.</li> </ul>
Controllo delle infestanti	Le malerbe competono con la coltura per gli elementi nutritivi, l'acqua e la luce, aumentando la probabilità e l'entità degli stress e creano un microambiente favorevole alla produzione di inoculo e alla crescita	media	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eseguire un accurato e tempestivo diserbo in pre e/o post-emergenza.</li> <li>• Si raccomanda di fare riferimento alle norme e ai principi attivi consentiti dal Disciplinare di</li> </ul>

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
	delle muffe tossigene.		Produzione Integrata dell'Emilia-Romagna (DPI-RER).
Fertilizzazione fosfo-potassica	La nutrizione squilibrata influenza negativamente la fertilità della spiga e rende più suscettibile la pianta agli attacchi delle muffe tossigene del genere Fusarium.	bassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eeguire apporti di potassio e fosforo in relazione alla dotazione del suolo e in funzione del bilancio degli elementi.</li> </ul>
Fertilizzazione azotata	Le carenze di disponibilità di azoto causano sviluppo stentato della coltura predisponendola maggiormente agli attacchi dei funghi tossigeni; tali carenze si manifestano spesso con calo delle rese e proporzionale aumento della concentrazione di tossine. Gli eccessi di concimazione provocano un maggior rischio di allettamento e le distribuzioni tardive l'allungamento del ciclo, con effetti favorevoli allo sviluppo delle muffe.	media	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apportare quantitativi di azoto equilibrati e correttamente frazionati.</li> <li>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.</li> </ul>
Trattamenti fungicidi per la difesa della foglia	Le infezioni rilevanti di oidio, ruggini o septoria possono determinare condizioni di stress con ricadute marginali sulla fusariosi della spiga. L'applicazione di fungicidi dall'accettamento alla foglia a bandiera non influenza in modo significativo la fusariosi della spiga e l'accumulo di DON.	bassa	--
Trattamenti fungicidi per la difesa della spiga	L'impiego di sostanze attive che inibiscono i funghi tossigeni è efficace quando difendono la spiga durante la fioritura, nel momento in cui l'inoculo può penetrare nell'infiorescenza e successivamente colonizzare le cariossidi. Il trattamento non va considerato come risolutivo, ma a supporto di un'agrotecnica corretta.	elevata	<ul style="list-style-type: none"> <li>Applicare fungicidi attivi contro Fusarium dalla fine della spigatura alla presenza delle prime antere visibili. Preferire le miscele per ridurre il rischio di insorgenza di resistenze. L'applicazione di fungicidi non attivi contro Fusarium può aumentare lo sviluppo di questi ultimi e l'accumulo di DON.</li> <li>Per i trattamenti chimici si raccomanda di fare riferimento alle norme e ai principi attivi consentiti dal DPI-RER e/o da altri specifici disciplinari inseriti in accordi quadro promossi</li> </ul>

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
			dalla Regione Emilia-Romagna (es. Accordo quadro per la produzione di grano duro di alta qualità).
Epoca di raccolta	Nel caso di andamenti meteorologici piovosi nel corso della maturazione la crescita delle muffe può protrarsi anche oltre la maturazione fisiologica.	media	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In condizioni a rischio di contaminazioni elevate: raccogliere appena possibile.</li> </ul>
Regolazione mietitrebbia	La raccolta deve essere eseguita con mietitrebbia idonea a fornire un prodotto pulito da polveri, da cariossidi molto striminzite (che sono in genere quelle a più alto tenore di micotossine) e rotte.	bassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regolare accuratamente la mietitrebbiatrice e adottare una velocità di lavoro adeguata. Impiegare mietitrebbiatrici dotate di sistemi di pulizia efficaci.</li> </ul>
Trasporto al centro di stoccaggio	I vani di carico sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il nuovo carico.	bassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulire accuratamente il vano di carico rimuovendo anche le polveri.</li> </ul>



TABELLE

Tab. 1. Limiti massimi ammessi o raccomandati di micotossine nei cereali autunno-vernini.

Micotossine	Tenori massimi	Prodotti	Destinazione
<b>Aflatossine</b> Reg. CE n. 165/2010	B1: 2,0 •g/kg B1+B2+G1+G2: 4,0 •g/kg	Tutti i cereali e loro prodotti derivati, compresi i prodotti trasformati a base di cereali	Consumo umano
<b>Deossinivalenolo</b> Reg. CE 1881/2006	1.250 •g/kg	Cereali non trasformati diversi da grano duro	
	1.750 •g/kg	Grano duro non trasformato	
	750 •g/kg	Cereali destinati al consumo umano diretto	
<b>Ocratossina A</b> Reg. CE n. 1881/2006	5,0 •g/kg	Cereali non trasformati	
	3,0 •g/kg	Tutti i prodotti derivati dai cereali non trasformati, compresi i prodotti trasformati a base di cereali e i cereali destinati al consumo umano diretto	
<b>Zearalenone</b> Reg. CE 1881/2006	100 •g/kg	Cereali non trasformati diversi da granoturco	
	75 •g/kg	Cereali destinati al consumo umano diretto	
<b>T2 e HT2</b> Raccomandazione della Commissione n.165 del 27/03/2013	200 •g/kg(*)	Grani di cereali destinati al consumo umano diretto: avena	
	50 •g/kg(*)	Grani di cereali destinati al consumo umano diretto: altri cereali	
	200 •g/kg(*)	Cereali non trasformati orzo (compreso l'orzo da birra)	
	1000 •g/kg(*)	Cereali non trasformati avena (non decorticata)	
	100 •g/kg(*)	Cereali non trasformati frumento, segale e altri cereali	
<b>Aflatossina B1</b> Reg. UE n. 574/2011	0,02 mg/kg	Materie prime per mangimi	Prodotti destinati all'alimentazione degli animali (mangime al 12% di umidità)
<b>Deossinivalenolo</b> Raccomandazione CE n. 576 del 17/08/2006	8 mg/kg(*)	Materie prime per mangimi Cereali e prodotti a base di cereali	
<b>Ocratossina A</b> Decreto 15/05/2006 Ministero della Salute. Raccomandazione CE n. 576/2006	0,25 mg/kg	Materie prime per mangimi; Cereali e prodotti a base di cereali	
<b>Zearalenone</b> Raccomandazione CE n. 576 del 17/08/2006	2 mg/kg(*)	Materie prime per mangimi Cereali e prodotti a base di cereali	
<b>T2 e HT2</b> Raccomandazione UE n. 165/2013	250 •g/kg(*)	Mangimi composti ad eccezione dei mangimi per gatti	
	500 •g/kg(*)	Prodotti a base di cereali per mangimi e mangimi composti: altri cereali diversi dai prodotti di macinazione dell'avena (pula)	
	2000 •g/kg(*)	Prodotti di macinazione dell'avena (pula)	

•g/kg = ppb mg/kg = ppm (\*) Limiti raccomandati

Tab. 2. Principali funghi produttori di micotossine nei cereali autunno-vernini nella fase di campo

Funghi coinvolti	Condizioni di crescita dei funghi	Micotossine prodotte	Condizioni di produzione micotossine
Fusarium culmorum F.graminearum F. poae F. sporotrichioides F: langsethiae	Temperature: 4 – 35 °C Temperatura ottimale: 25 °C Umidità granella: min 20 – 21%	Deossinivalenolo, Zearalenone, Nivalenolo, T-2, HT-2	Temperature: 10 - 30 °C Temperatura ottimale: 20 °C F. culmorum, 20°C F. sporotrichoides 25°C F. poae 30 °C F. graminearum a <sub>w(1)</sub> minimo: 0,95

(1) a<sub>w</sub>: acqua libera nella granella