



Regione Toscana



**PSR 2014-2020 della Regione Toscana**  
**Progetto PIF di riferimento: Cereali Sovicille e dintorni**  
**Progetto sottomisura 16.2**  
**Tecnologie innovative per le filiere avanzate di frumento duro**  
**e tenero**

**INNOVACEREALI**

# **Linee guida**

## **per il controllo di micotossine nel**

### **frumento**

**M. Pascale, A. Reyneri, B. Ciasca,**  
**M. Guerri, V.M.T. Lattanzio**

Consiglio Nazionale delle Ricerche



**ISTITUTO DI SCIENZE DELLE**  
**PRODUZIONE ALIMENTARI**



## **Autori**

**Pascale Michelangelo** Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari,  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Reyneri Amedeo** Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e  
Alimentari dell'Università degli Studi di Torino

**Ciasca Biancamaria** Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari,  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**Guerri Mauro** Azienda Agricola Podere Casanova

**Lattanzio Veronica M.T.** Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari,  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

## **Ringraziamenti**

Queste linee guida sono state redatte grazie all'ausilio della Società Cooperativa Maidicola (Capofila del progetto) e degli agricoltori che hanno partecipato alla sperimentazione:

Mauro Guerri, Antonino Serusi, Simone Arrigucci, Andrea Arrigucci, Adriano Bindi, Gianni Petriglia, Claudio Vallini, Andrea Sardone.

Si ringrazia inoltre tutto il personale della Maidicola, dell'Università di Firenze, Pisa e Siena per il prezioso contributo nella sperimentazione.

Fonte delle fotografie: Pascale M. e sito INNOVACEREALI  
(<http://innovacereali.maidicolasovicille.it/>)

Queste linee guida sono state adattate da "Linee guida per il controllo delle micotossine nella granella di mais e di frumento", Ministero delle Politiche Agricole Alimentari, Forestali e del Turismo ([www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/9703](http://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/9703)) e "Raccomandazione della Commissione del 17 agosto 2006 sulla prevenzione e sulla riduzione delle *Fusarium*-tossine in cereali e prodotti derivati (2006/583/CE)".

## ***Indice***

|  |    |
|--|----|
| Premessa .....                           | 4  |
| Controllo durante la coltivazione .....  | 5  |
| Controllo durante la raccolta .....      | 13 |
| Controllo durante la conservazione ..... | 17 |



## Premessa

Le micotossine sono metaboliti secondari prodotti da funghi patogeni o saprofiti delle piante che hanno effetti tossici sulla salute animale ed umana. La presenza di tali tossine non è attribuibile all'azione dell'uomo e non è mai del tutto eliminabile e controllabile. Pertanto l'approccio al loro controllo è di tipo integrato e prevede l'adozione di più misure in tutte le fasi della catena, dal campo al post-raccolta, fino alla trasformazione in prodotti finiti.

La "fusariosi della spiga" (FHB) è una sindrome causata da varie specie fungine appartenenti al genere *Fusarium* (e *Microdochium*) che, oltre a colpire il frumento interessa gran parte delle specie cerealicole, anche nel nostro Paese. In particolare, FHB è in grado di arrecare danni alle colture di frumento perché può provocare sia serie perdite produttive, sia un deprezzamento qualitativo della granella in termini di attitudini panificatorie delle farine e per la possibile contaminazione da tossine di *Fusarium*, in particolare da deossinivalenolo (DON).

Queste Linee Guida riassumono i punti critici e le azioni da compiere per prevenire e ridurre le contaminazioni da tossine di *Fusarium* nella granella di frumento, in particolare il DON, in campo, alla raccolta e durante lo stoccaggio.

Le Linee Guida sono state impostate per permettere agli operatori della filiera del frumento di disporre di uno strumento utile per predisporre buone pratiche agricole (GAP) e di conservazione (GSP) allo scopo di prevenire e ridurre la contaminazione da tossine di *Fusarium*, tenendo presente le specifiche esigenze e realtà locali.

## Controllo durante la COLTIVAZIONE



## Efficacia nel controllo della contaminazione: molto elevata

*Misure della massima importanza per l'efficacia nel prevenire e ridurre la contaminazione*

### Rotazione delle colture

**Rischio e criticità:** Colture a rischio “fusariosi della spiga” potrebbero contenere spore vitali di *Fusarium graminearum* e *F. culmorum* (funghi produttori di DON). I residui di tali colture fungono da substrato essenziale per la contaminazione, l'infezione e per la produzione di micotossine nel raccolto che segue.

**Azione:** Avvicendare il frumento con colture con ridotta presenza di inoculo di *Fusarium* e che rilasciano pochi residui facilmente interrabili (ad esempio patate, barbabietole da zucchero, trifoglio, ortaggi, erba medica). Evitare la monosuccessione o l'avvicendamento tra frumento tenero e duro, soprattutto la coltivazione dopo mais da granella o sorgo. La semina di colture consecutive di cereali vernini, quale il frumento, dovrà essere effettuata unicamente solo dopo aratura e interrimento dei residui o in ambienti di ricorrente assenza di attacchi di “fusariosi della spiga”.

### Lavorazione del suolo e gestione dei residui colturali

**Rischio e criticità:** I residui colturali possono contenere spore vitali di *Fusarium graminearum* e *F. culmorum* (funghi produttori di DON) e possono fungere da substrato per la contaminazione, l'infezione e per la produzione di tossine nel raccolto che segue. La rimozione dei residui della coltura precedente e gli interventi di lavorazione del suolo volti a

interrare i residui sono quindi di primaria importanza per ridurre l'inoculo potenziale.

**Azione:** Asportare i residui o interrare gli stessi privilegiando l'aratura, rispetto alla semina diretta consentirà di ridurre l'inoculo di *Fusarium* per il raccolto successivo. Quest'ultima deve essere praticata solo nel caso di precessioni che non favoriscono la produzione di inoculo (ad esempio patate, barbabietole da zucchero, trifoglio, ortaggi, erba medica). Interventi di minima lavorazione in grado di rimescolare energicamente i primi centimetri del terreno (discatura) dopo erbai di leguminose o colture che rilasciano pochi residui, sono comunque adeguati. Si raccomanda di preparare il letto di semina per le nuove colture interrando o eliminando le vecchie infruttescenze, gli steli e altri residui del raccolto che possano essere serviti o possano servire da substrato per lo sviluppo di funghi produttori di micotossine.

## **Efficacia nel controllo della contaminazione: elevata**

*Misure efficaci e in grado di ridurre in modo rilevante la contaminazione*

### **Pianificazione e gestione della coltura**

**Rischio e criticità:** La proliferazione e lo sviluppo di *Fusarium graminearum*, il principale produttore di DON, è favorita dalla presenza di inoculo e da condizioni ambientali fresche (frequenti piogge) dall'inizio della fioritura alla maturazione cerosa. Lo stress da siccità va considerato un fattore di rischio di infezione da *Fusarium*. Il frumento duro è più suscettibile alla "fusariosi della spiga" di quello tenero.

**Azione:** Le colture dovranno essere pianificate, per quanto possibile, in modo da evitare le condizioni climatiche che prolungano la maturazione sul campo prima del raccolto. Evitare condizioni di stress della pianta.

## Scelta varietale

**Rischio e criticità:** La suscettibilità alla “fusariosi della spiga” e alla contaminazione è assai diversa tra le varietà di frumento. Aspetti morfologici, fisiologici, compositivi della cariosside e di ciclo colturale, interagiscono e possono facilitare o limitare lo sviluppo di *F. graminearum* e la tossinogenesi.

**Azione:** Scegliere le varietà più adatte alla natura del suolo, alle condizioni climatiche e alle pratiche agricole correnti. Impiegare, se disponibili, varietà di sementi selezionate per la loro tolleranza alla “fusariosi della spiga”.

## Trattamenti fungicidi per la difesa della spiga

**Rischio e criticità:** 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 la cariosside.

**Azione:** L’applicazione tempestiva di fungicidi è di importanza cruciale per la lotta contro le infestazioni fungine e dovrà avvenire sulla base delle informazioni meteorologiche e/o dei risultati di indagini visive sul campo. Applicare fungicidi attivi su *Fusarium* (ad esempio appartenenti al gruppo chimico dei triazoli) dalla fine della spigatura alla piena fioritura (miscele a base di Protioconazolo e Metconazolo hanno mostrato maggiore capacità di contenimento del DON rispetto ad altri fungicidi). L’applicazione alla fioritura di fungicidi non attivi contro *Fusarium* (ad esempio appartenenti al gruppo chimico delle Strobilurine



e degli SDHI) può aumentare lo sviluppo di questi ultimi e l'accumulo di DON. Applicazioni di tali fungicidi all'accestimento o alla levata per la difesa dalle malattie fogliari non favorisce il successivo sviluppo di *Fusarium*.

## **Efficacia nel controllo della contaminazione: significativa**

*Misure efficaci quando accompagnate da altre misure di efficacia elevata*

### **Sistemazione del terreno**

**Rischio e criticità:** I terreni più freddi a causa del ristagno causano un rallentamento dello sviluppo della coltura, una minore crescita della radice e possibili attacchi da funghi del complesso del “mal del piede” aumentando gli stress e facilitando l'insorgenza della “fusariosi della spiga”.

**Azione:** Curare le sistemazioni per evitare ristagni idrici e/o il compattamento del terreno (non solo nelle capezzagne). Ricorrere alle lavorazioni superficiali solo nei terreni meno soggetti a compattamento.

### **Concia del seme**

**Rischio e criticità:** La concia fungicida influenza apprezzabilmente la contaminazione, riducendo lo sviluppo di muffe tossigene nelle parti vegetative e il trasferimento di DON nella granella.

**Azione:** Ricorrere a sementi certificate e conciate con fungicida attivo su *Fusarium*. Orientarsi verso miscele di sostanze attive di più elevata efficacia e di ampio spettro d'azione.

## Controllo delle infestanti

**Rischio e criticità:** 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 allo sviluppo di inoculo e alla crescita di muffe tossigene. È stato dimostrato che una densità elevata di erbe infestanti provoca un maggior tasso di infezione da *Fusarium*.

**Azione:** Eseguire un accurato e tempestivo diserbo in pre- o post-emergenza.

## Fertilizzazione azotata

**Rischio e criticità:** Le carenze di nutrizione azotata causano frequentemente sviluppo stentato della coltura predisponendola agli attacchi dei funghi tossigeni. Tali carenze si manifestano spesso con calo delle rese ed aumento della concentrazione di micotossine. Gli eccessi provocano un maggior rischio di allettamento e maturazioni più tardive con effetti favorevoli allo sviluppo delle muffe.

**Azione:** Apportare quantitativi di azoto equilibrati e correttamente frazionati.

## **Efficacia nel controllo della contaminazione: bassa**

*Misure a volta ininfluenti o di effetto ridotto sulla contaminazione*

### **Semina**

**Rischio e criticità:** L'epoca di semina non ha alcuna diretta relazione con la "fusariosi della spiga". Alte dosi di seme e semine precoci possono stimolare un eccessivo accestimento e una grande densità di spighe alla raccolta, determinando un microclima più favorevole alla contaminazione da parte delle muffe tossigene.

**Azione:** Evitare elevate dosi di seme in epoche di semina precoci per non predisporre la coltura ad eccessiva densità.

### **Fertilizzazione fosfo-potassica**

**Rischio e criticità:** La nutrizione squilibrata influenza negativamente la fertilità della spiga e rende più suscettibile la pianta ad attacchi delle muffe tossigene del genere *Fusarium*.

**Azione:** Eseguire apporti di potassio e fosforo in relazione alla dotazione del suolo e in funzione del bilancio degli elementi.

### **Trattamento con fungicidi per la difesa della foglia**

**Rischio e criticità:** 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'accestimento alla

foglia a bandiera non influenza in modo significativo la “fusariosi della spiga” e l’accumulo di DON.

**Azione:** Nessuna.

## **Trattamento con insetticidi e regolatori della crescita**

**Rischio e criticità:** Gli insetti fitofagi possono favorire stress e cali di resa aumentando indirettamente il rischio di incorrere in maggiori contaminazioni. I regolatori di crescita ad effetto brachizzante possono creare un ambiente colturale più favorevole allo sviluppo delle muffe.

**Azione:** Metodi di lotta contro gli insetti non sembrano, in genere, aver effetto sulla fusariosi del frumento.

## Controllo durante la RACCOLTA



## Efficacia nel controllo della contaminazione: significativa

*Misure efficaci quando accompagnate da altre misure di efficacia elevata*

### Epoca di raccolta

**Rischio e criticità:** Nel caso di andamenti meteorologici piovosi nel corso della maturazione la crescita delle muffe può protrarsi anche oltre la maturazione fisiologica.

**Azione:** In condizioni a rischio di elevate contaminazioni, raccogliere appena possibile e comunque con umidità <14%. Ritardare il raccolto di cereali già contaminati da *Fusarium* può causare un aumento significativo del contenuto di micotossine nella coltura. Se possibile, separare la granella, ad esempio granella allettata, di cui vi è il sospetto o la certezza della presenza di un alto tasso di infezione da *Fusarium*.

## Efficacia nel controllo della contaminazione: bassa

*Misure a volta ininfluenti o di effetto ridotto sulla contaminazione*

### Regolazione mietitrebbiatrice

**Rischio e criticità:** Le rotture e ogni tipo di danno alla cariosside favoriscono la penetrazione del micelio e la successiva proliferazione delle muffe.

**Azione:** Evitare di causare danni meccanici alle granaglie ed il contatto con il suolo durante le operazioni di raccolta. 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.

## Trasporto al centro di stoccaggio

**Rischio e criticità:** Rimorchi sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il carico successivo.

**Azione:** Pulire accuratamente i rimorchi dopo ogni trasporto, rimuovendo anche le polveri.





## Controllo durante la CONSERVAZIONE



## Efficacia nel controllo della contaminazione: molto elevata

*Misure della massima importanza per l'efficacia nel prevenire e ridurre la contaminazione*

### Essiccazione

**Rischio e criticità:** Tassi di umidità elevati (>15%) della granella favoriscono la formazione di muffe durante la conservazione e il rischio di formazione di micotossine.

**Azione:** Il tenore di umidità della coltura va determinato durante il raccolto o immediatamente dopo. Se necessario, il raccolto va essiccato quanto prima per raggiungere il tasso di umidità raccomandato per l'immagazzinamento (per il frumento è di 13% a 20°C e 12% a 30°C). L'ammasso in cumulo di prodotti umidi, appena raccolti, dovrà essere quanto più breve possibile se l'umidità è superiore a quella indicata e prima della pulitura per contenere il rischio di proliferazione di funghi.

### Segregazione

**Rischio e criticità:** 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, controlli visivi sulla contaminazione, modelli previsionali, analisi della micotossina su campioni rappresentativi dei lotti.

**Azione:** Quando possibile eseguire la segregazione 1) per areale e/o condizioni agronomiche di coltivazione distinguendo i conferimenti provenienti da campi/aziende i) con stress controllato (applicazione delle buone pratiche di coltivazione), ii) con colture soggette a stress idrico e/o nutrizionale, iii) soggette ad allettamento, iv) trattate con fungicidi per la difesa da “fusariosi della spiga”; 2) in funzione dell’esito dei controlli della contaminazione. I controlli possono essere di tipo visivo (valutare la presenza di cariossidi “fusariate”) e/o strumentale (valutare il livello di DON mediante metodi rapidi, ad esempio strip test o ELISA).

## **Pulizia meccanica post-essiccazione**

**Rischio e criticità:** La pulizia meccanica consente di rimuovere le impurità, le polveri, le cariossidi leggere e gli spezzati minuti caratterizzati da livelli di contaminazione maggiori rispetto alle cariossidi integre.

**Azione:** Regolare in modo ottimale gli apparati di pulizia (vagli, soffiatori, aspiratori, spazzolatrici). Gli scarti di produzione devono essere rapidamente allontanati. Incrementare l’intensità della pulitura e della vagliatura in caso di attacchi elevati di “fusariosi della spiga”.

## **Pulizia con selezionatrice ottica**

**Rischio e criticità:** Le cariossidi contaminate da muffe del genere *Fusarium* sono ben distinguibili per la colorazione alterata. La loro rimozione dalla massa consente di abbassare significativamente la contaminazione.

**Azione:** Quando la selezionatrice 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.

## **Efficacia nel controllo della contaminazione: elevata**

*Misure efficaci e in grado di ridurre in modo rilevante la contaminazione*

### **Refrigerazione e ventilazione**

**Rischio e criticità:** La ventilazione e il controllo delle temperature sono fondamentali per prevenire lo sviluppo di muffe riducendo al minimo le porzioni della massa stoccata che presentano microclima favorevole alla loro crescita (per fenomeni locali di condensa). Un innalzamento della temperatura può indicare una proliferazione microbica e/o un'infestazione da organismi nocivi.

**Azione:** Quando possibile impiegare silos e capannoni dotati di sistemi di ventilazione e/o di refrigerazione. Mantenere un'umidità della granello al di sotto del 13% (ottimale 12%). In presenza di impianti di ventilazione, mantenere la temperatura non superiore a 25°C nei mesi successivi la raccolta e inferiore a 15°C nei successivi mesi invernali. Il tasso di umidità e la temperatura dei cereali vanno controllati regolarmente durante il magazzinaggio.

## Movimentazione della massa e pulizia della granella in fase di stoccaggio

**Rischio e criticità:** Il formarsi di zone con condensa o accumulo di particelle più fini può determinare un innalzamento della temperatura e favorire lo sviluppo di muffe.

**Azione:** Attuare periodiche movimentazioni della massa, eseguendo se possibile ricicli ed areazioni per evitare la formazione di condensazioni e nuclei surriscaldati. Nei silo a torre rimuovere la carota centrale e procedere con la pulizia meccanica della stessa. In condizioni di probabile elevata contaminazione procedere con pulizie meccaniche durante le movimentazioni.

## Pulizia nei locali di stoccaggio

**Rischio e criticità:** Le impurità e la sporcizia accumulata nei locali tra i cicli di stoccaggio sono fonti potenziali di contaminazione fungina.

**Azione:** Pulire accuratamente le strutture di stoccaggio prima e dopo lo stoccaggio. Nelle parti più difficili da pulire trattare la superficie con antimicrobici.

## Efficacia nel controllo della contaminazione: significativa

*Misure efficaci quando accompagnate da altre misure di efficacia elevata*

## Trattamento fungicida, insetticida e rodenticida durante lo stoccaggio

**Rischio e criticità:** Gli insetti e i roditori possono lesionare le cariossidi favorendo la penetrazione dei funghi. I roditori, inoltre, possono localmente creare condizioni microclimatiche favorevoli alla proliferazione fungina.

**Azione:** Ridurre al minimo la presenza di insetti e di roditori e la formazione di funghi nei depositi. In presenza di attacchi seguire trattamenti insetticidi e rodenticidi. Quando è possibile mantenere la temperatura <18°C per ridurre la proliferazione di insetti.

## Monitoraggio delle condizioni di stoccaggio

**Rischio e criticità:** Sviluppo funghi tossigeni e micotossine.

**Azione:** 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 DON con campionamenti periodici.



**PSR 2014-2020 della Regione Toscana**  
**Progetto PIF di riferimento: Cereali Sovicille e dintorni**  
**Progetto sottomisura 16.2**  
**Tecnologie innovative per le filiere avanzate di frumento duro e tenero**

**INNOVACEREALI**



**Regione Toscana**

