

Da: consulenza@italiazootecnica.it
Inviato: lunedì 25 luglio 2022 17:29
Oggetto: NEWSLETTER N° 9 DEL 25/07/2022
Allegati: linee guida controllo Micotossine Ministero Agricoltura.pdf; mais_stress da caldo_effetti.pdf



A.O.P. ITALIA ZOOTECNICA
Associazione di Organizzazioni Produttori Bovini da Carne e Carne Bovina
Società Cooperativa Agricola a Responsabilità Limitata

PSR VENETO 2014/2020 – MISURA 2.1.1

Consulenza Aziendale – CONDIZIONALITA' ANIMALE

NEWSLETTER N° 9 DEL 25/07/2022

Argomenti trattati:

QUALITA' DEL MAIS INSILATO:

La prossima raccolta degli insilati, nonostante le irrigazioni di emergenza, riguarderà piante che hanno subito stress da caldo importanti, che potenzialmente hanno compromesso la qualità e la quantità di amido, la digeribilità della fibra e favorito lo sviluppo di tossine nelle pannocchie. E' opportuno quindi mettere a punto una strategia nella raccolta e conservazione degli insilati, che tenga conto di tutti questi effetti negativi, per non correre il rischio di compromettere la salute dei bovini a cui è destinato. Per questo ritengo utile proporvi la lettura delle :

- 1. Linee guida per il controllo delle Micotossine, pubblicate dal Ministero dell'Agricoltura;**
- 2. Funghi e Micotossine, pubblicazione di Veneto Agricoltura a firma del Prof. R. Causin**

ANDAMENTO DEI PREZZI DEI CEREALI: COME CALCOLARE IL COSTO DELLA RAZIONE?

Questo esempio riportato di seguito è quanto puoi calcolare usando l'App Beef Cost. E' indispensabile avere sotto controllo tutti i costi di produzione per stabilire il prezzo a pareggio nella vendita dei bovini. Con il repentino variare dei costi è indispensabile utilizzare un sistema informatico che ti permetta di calcolare scientificamente l'economicità di una partita. Per questo raccomando l'uso dell'applicazione, disponibile gratuitamente

entrando sul sito di Italia Zootechnica o di Unicarve. (per accedere vedi le istruzioni sotto riportate)

Razioni (lug/ago 2022 / +0,20€/gg rispetto bimestre precedente)

Nome	RAZIONE CH/M
Note	RAZIONE ING CH MASCHI LUGLIO 2022
Costo	3,59 €/capo/gg

Alimento	Quantita'	Prezzo
Silomais	8 kg/capo/g	8,5 €/q
Farina mais	2,7 kg/capo/g	38 €/q
Farina di Soia nazionale	0,7 kg/capo/g	56 €/q
Paglia	1,2 kg/capo/g	9 €/q
MAIS PASTONE	3,5 kg/capo/g	17 €/q
Melasso	0,4 kg/capo/g	30 €/q
Mangime ingrasso	1,3 kg/capo/g	40 €/q
Farina di Girasole	0,4 kg/capo/g	37 €/q

Per gli aggiornamenti delle quotazioni attuali, prospettive future, puoi collegarti al link dell'I'Informatore Agrario, su – ***Obiettivo Cereali***, dove potrai consultare registrandoti, gli aggiornamenti settimanali.

<https://www.informatoreagrario.it/category/filiere-produttive/seminativi/prezzi-seminativi/>

Ti invito inoltre ad utilizzare ***L'APP BEEF COST***, che Unicarve mette a disposizione di tutte le aziende, al fine di calcolare, alla luce dei costi attuali, sia dei ristalli che dell'alimentazione, il prezzo a pareggio dei vitelloni allevati.

Se non lo hai ancora fatto registrati seguendo le istruzioni di seguito riportate.

APP BEEF COST – UN SUPPORTO AL CALCOLO DEI COSTI IN UN ALLEVAMENTO

Considerato che da sempre vi è una carente gestione documentale, approfitto della presente per segnalarvi che allo scopo è stata predisposta e messa a disposizione di tutti, una specifica **applicazione gratuita, per calcolare la redditività (costi/ricavi) dell'allevamento dei bovini da carne**. Nata dalla collaborazione tra O.P. Unicarve e Trouw Nutrition, consultabile sia su computer che tablet o telefonino, oltre alle funzioni

“economiche”, potrai consultare e scaricare tutti i documenti previsti dalla Consulenza Aziendale, fac-simile di registri, procedure e manuali, oltre a leggi e documenti utili alla consulenza.

Per accedere basta andare sul sito di **AOP Italia Zootecnica** - www.italiazootecnica.it – cliccare sulla finestra in evidenza sulla home page “**APP BEEF COST**” e registrarsi.

Riceverai nel giro di pochi minuti una mail di conferma e da quel momento potrai accedere all’applicazione. (**attenzione: se non vedi la mail tra la posta arrivata, controlla quelle arrivate nella cartella SPAM o posta indesiderata**)

Nella sezione “DOCUMENTI” troverai tutta la modulistica utile per la gestione aziendale ed in particolare:

- *Registro infortuni bovini;*
- *Manuale base delle Corrette Pratiche in allevamento;*
- *Procedure e scheda rilevazione marche perse;*
- *Registro per la tracciabilità degli alimenti;*
- *BCAA e CGO 2021*

NB: L’applicazione “**APP BEEF COST**” è nata per fornire a tutti gli allevatori uno strumento informatico di facile utilizzo, che oltre a tener conto dei costi per l’acquisto e l’alimentazione del bestiame, permette anche di valutare tutte le spese dirette e indirette, che comunque incidono nella redditività dell’impresa, al fine di poter calcolare l’economicità dell’allevamento, per partita o per razza, secondo parametri matematicamente validati.

UTILIZZO DELL’ *APP BEEF COST*

Una volta registrato comparirà questa prima schermata dove potrai iniziare a inserire la razione e relativi costi in base al valore di mercato.

Si passa poi ai dati per partita, inserendo i kg pagati e relativo costo in entrata e prosegui con i dati in uscita, inserendo peso incassato e valore di vendita.



Per completare i dati aziendali passa alla sezione “ALTRO” e comparirà la seguente maschera, dove potrai compilare/aggiornare secondo la tua realtà, i dati richiesti alle voci “INFORMAZIONI AZIENDA”, “COSTI AZIENDA”, “ALIMENTI” E “PARAMETRI CALCOLO”.



Una volta completato l'inserimento dei dati potrai visualizzare nella sezione “COSTI-RICAVI” il risultato economico della partita inserita.

Se i costi non variano potrai inserire altre partite ottenendo così un valore gestionale distinto per razza.

Naturalmente al variare dei costi potrai aggiornare i dati inizialmente inseriti aggiornando le tabelle e le razioni.

(Troverai tra i documenti caricati un “MANUALE D’USO” che ti faciliterà inizialmente nel prendere confidenza con l’APP BEEF COST)

Un cordiale saluto,

Andrea Scarabello

Coordinatore di Progetto

Tel. +39 049 8830675

Fax +39 049 8839212

Cell +39 335 7513455

e-mail: ascarabello@unicarve.it – info@italiazootecnica.it – www.italiazootecnica.it



LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

- INDICAZIONI TECNICHE -



LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

A cura di:
Amedeo Reyneri e Giampaolo Bruno

Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA)
Università di Torino

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia
agraria. Unità di ricerca per la valorizzazione qualitativa dei
cereali – Roma; Unità di ricerca per la maiscultura - Bergamo



Con la collaborazione di:

Massimo Blandino, Federico Marinaccio, Valentina Scarpino, Giulio Testa, Francesca Vanara, DISAFA – Università di Torino
Sabrina Locatelli, Unità di ricerca per la maiscultura – CREA Bergamo

Per l'Applicazione "Valutazione rischio micotox"

Alessandro Sopergno, Patrizia Busato, Remigio Berruto
Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Le indicazioni di seguito riportate derivano da informazioni raccolte nell'ambito dei Progetti MICOMAIS, MICOPRINCEM, MONIMAIIS finanziati dal Ministero delle politiche agricole, forestali ed alimentari nell'ambito del **Piano cerealicolo nazionale**, del Progetto Interregionale (Coord. Regione Lombardia) MICOCER e dalla consultazione di fonti Bibliografiche citate al termine delle Linee guida.

Citazione raccomandata:
Reyneri A., Bruno G., D'Egidio M.G., Balconi C. (a cura di), 2015. Linee guida per il controllo delle micotossine nella granella di mais e frumento.
Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali – Dip.ti delle politiche competitive, della qualità agroalimentare, ippiche e della pesca - Piano cerealicolo nazionale, 2010

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Indice

Introduzione	MAIS	
Linee guida per il controllo delle micotossine nella granella di mais		
Controllo durante la coltivazione e la raccolta:		
- Aflatossine	4	Guida all'uso dell'applicazione "Valutazione rischio micotox"
- Fumonisine	8	Allegati
- Deossinivalenolo e Zearalenone	9	Funghi tossigeni e condizioni ambientali di sviluppo
Controllo durante la conservazione:		Stadi culturali di maggiore sensibilità al processo infettivo e
- Aflatossine	10	condizioni meteorologiche avverse
- Fusarium-tossine (FUM, DON, ZEA)	13	Livello massimo di micotossine per il mais e il frumento in UE
Percorsi produttivi ottimali per il contenimento delle micotossine del mais		
- Aflatossine	19	Bibliografia
- Fusarium-tossine (FUM, DON, ZEA)	23	
Definizione del livello di rischio per il mais		
- Aflatossine	27	
- Fusarium-tossine (FUM, DON, ZEA)	28	
FRUMENTO		
Linee guida per il controllo delle micotossine nella granella di frumento		
Controllo durante la coltivazione e la raccolta di Deossinivalenolo, T2 e HT2	33	
Controllo durante la conservazione di Deossinivalenolo, T2 e HT2.	36	
Percorsi produttivi ottimali per il contenimento delle micotossine del frumento: Deossinivalenolo, T2 e HT2		
Definizione del livello di rischio per il frumento: Deossinivalenolo, T2 e HT2.	39	
	40	

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Introduzione

Scopi e funzioni delle Linee Guida

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 mais e di frumento. A tale fine sono evidenziati le condizioni e gli interventi che maggiormente permettono di contenere tali contaminanti in modo indiretto (gestione delle micotossine - *mycotoxin management*) e diretto (controllo della micotossine – *mycotoxin control*). Le micotossine sono contaminanti naturali prodotte da funghi diffusi nell'ambiente (**Allegato 1**); la presenza di tali tossine, quindi non è completamente attribuibile all'azione dell'uomo e non è mai del tutto eliminabile e controllabile. Pertanto l'approccio al loro controllo è di tipo sistematico e prevede l'adozione di più misure in tutte le fasi del sistema che interagiscono con l'infezione e con l'accumulo delle tossine nella granella dal campo al post-raccolta, fino alla trasformazione in prodotti finiti.

L'origine naturale della contaminazione, la molteplicità delle fonti di inoculo potenziale e l'assenza di singoli strumenti di controllo ad alta efficacia, oltre che la forte dipendenza dalle condizioni meteo-climatiche a scala ambientale e micro-ambientale, implicano che le misure per il loro controllo debbono seguire il principio ALARA (*As low as reasonably achievable*) per le tossine ad azione cancerogena e genotossica. Esso sottolinea la necessità di adottare una serie di misure in grado ridurre le contaminazioni in modo "tanto contenuto quanto è ragionevolmente ottenibile"; ovvero un controllo compatibile con le circostanze ambientali e tecniche, e sostenibile in termini operativi ed economici.

Il raggiungimento di un buon controllo delle micotossine comporta prioritariamente un'analisi del rischio con l'individuazione dei punti più critici del sistema. In linea generale i risultati sono proporzionali alla capacità di controllo del sistema dal campo al termine dello stocaggio.

Alcune misure, anche quelle di efficacia elevata, acquistano un rilievo molto maggiore se inserite in un complesso organico di azioni preventive e per il controllo diretto, ovvero in percorsi produttivi che includano la lotta integrata (percorsi produttivi).

Le Linee Guida si concentrano sulle micotossine attualmente normate a livello comunitario (UE) o internazionale.

Applicazione delle Linee Guida

Le Linee Guida – Indicazioni tecniche – sono state impostate per permettere ai responsabili dell'attuazione delle politiche agricole e agli operatori delle filiere di disporre di uno strumento utile per molteplici finalità quali:

- predisporre le buone pratiche agricole (GAP) e di manipolazione (GMP) (secondo le indicazione della Raccomandazione 2006/583/CE) tenendo presente le specifiche esigenze e realtà locali;
- impostare i disciplinari di produzione dei contratti integrati di filiera;
- fornire le indicazioni tecniche per la predisposizione dei protocolli di intesa riguardanti le OP e i disciplinari HACCP;
- guidare eventuali misure/azioni di orientamento nei PSR.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Introduzione

Accortezze nell'impiego delle Linee Guida

Si sottolinea agli utilizzatori di non attribuire alle Linee Guida un significato applicativo diverso da quello prima ricordato e che ne ha guidato l'impostazione e la stesura. In particolare le LG possono essere considerate delle Indicazioni tecniche ai fini del loro impiego. Le presenti Linee guida non sono delle prescrizioni da applicare ai processi di filiera interessati e non sono dei disciplinari di produzione. Infatti nella fase di campo non tutte le misure possono essere applicate in ogni condizione operativa; così pure nel post raccolta non tutti le strutture di stocaggio presentano allo stato attuale impianti adeguati a mettere in atto le indicazioni riportate e quindi vanno adattate di volta in volta alle differenti realtà locali.

Si ritiene importante ribadire che i Disciplinari di produzione e Protocolli di intesa sono infatti il risultato di un accordo tra le parti volto ad applicare le misure possibili e/o necessarie allo scopo condiviso.

Organizzazione delle Linee Guida

Per facilitare l'attuazione di misure puntuali o di interventi sistematici, le Linee Guida sono organizzate in 4 parti distinte per il mais e quindi per il frumento (tenero e duro):

- Linee guida per il controllo delle micotossine: elencano e descrivono le misure per la gestione e il controllo delle micotossine, evidenziando la motivazione del rischio e le condizioni di criticità, l'efficacia e, infine, le strategie e le azioni di controllo;
- Percorsi produttivi ottimali per il contenimento delle micotossine: esaminano cronologicamente i percorsi produttivi durante il ciclo culturale, le strategie e le azioni di controllo, evidenziando le interazioni tra le diverse misure e la sequenza delle pratiche da porre in atto;
- Definizione del livello di rischio: riguarda la definizione del livello di rischio probabile a seguito di definite condizioni agronomiche;
- Guida all'uso dell'applicativo “Valutazione rischio micotox”: è la guida all'utilizzo di un applicativo per computer, tablet e smartphone appositamente messo a punto per prevedere il rischio di contaminazione da micotossine su mais e frumento.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Introduzione

Linee guida per il controllo delle micotossine

Le condizioni agro-ecologico in campo e quindi quelle che si determinano durante la raccolta e lo stocaggio comportano un effetto diretto o indiretto sullo sviluppo delle muffe tossigene e sulla produzione delle diverse micotossine. Pertanto, 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 misura nel controllo e nella gestione della contaminazione	Descrizione
molto elevata	Misura della massima importanza per la sistematicità degli effetti e la notevole efficacia nel ridurre la contaminazione, mantiene un'accettabile efficacia anche se non è accompagnata da altre Misure
elevata	Misura frequentemente efficace e in grado di ridurre in modo rilevante la contaminazione
significativa	Misura sovente efficace quando è accompagnata da altre misure di efficacia elevata
bassa	Misura talvolta influente o di effetto ridotto sulla contaminazione

Percorsi produttivi ottimali per il contenimento delle micotossine

Durante la fase di coltivazione in campo vanno messe in atto una sequenza di pratiche culturali atte a ridurre la probabilità di elevate contaminazioni. In questa parte i percorsi produttivi sono presentati in modo organico.

Si rileva che durante la coltivazione le misure da seguire non comportano quasi mai un vincolo alla piena esplorazione della produttività della coltura; piuttosto è vero il contrario, cioè che le pratiche o le condizioni quanto più favoriscono la produzione del cereale tanto più esercitano un'azione che riduce la probabilità di incorrere in maggiori contaminazioni.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Introduzione

Definizione del livello di rischio

L'esame dei più rappresentativi percorsi produttivi, che combinano una sequenza di pratiche culturali e/o di misure di controllo conduce ad una diversa esposizione al rischio, ovvero di una diversa probabilità di frequenza o gravità della contaminazione. I differenti percorsi produttivi comportano come conseguenza un diverso rischio sintetizzato nel seguente schema a 8 livelli crescenti, individuati per le singole colture e per ciascuna delle micotossine considerate.

Livello di rischio	Probabile contaminazione ⁽¹⁾		Condizioni ambientali avverse ⁽²⁾	Descrizione
	1	trascurabile		
2		molto bassa	Solo in casi di eventi eccezionali e violenti concentrati in alcune fasi critiche	
3		bassa	Solo annate con decorso eccezionale	
4		media	Annate con decorso avverso, limitato ad alcune fasi critiche	
5		Elevata	Annate con decorso avverso	Nella maggior parte delle annate
6		molto elevata		Nella maggior parte delle annate
7		grave		In tutte le annate fino ad ora sperimentate
8		molto grave		In tutte le annate fino ad ora sperimentate

⁽¹⁾ Si intende l'indicativo livello di probabilità che la granella ottenuta dal percorso culturale possa presentare contaminazioni tali da limitarne l'impiego per alcune destinazioni d'uso nel settore alimentare o in specifici ambiti zootecnici.
⁽²⁾ Nell'**Allegato 1** e nell'**Allegato 2** sono precise le condizioni considerate avverse, ovvero favorevoli al processo infettivo.

Allegati

Al fine di non appesantire eccessivamente il testo e le tabelle alcune informazioni di base sono state riportate in Allegato. In particolare:

- **Allegato 1:** contiene le informazioni sui funghi produttori e le condizioni di crescita e sviluppo favorevoli all'accumulo delle diverse tossine;
- **Allegato 2:** descrive le fasi culturali di maggiore suscettibilità al processo infettivo dei funghi tossigeni;
- **Allegato 3:** riporta i Livelli massimi di micotossine per il mais e il frumento in UE e le normative di riferimento;

MAIS



LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

AFLATOSSINE (AFLA)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Gestione della coltura	Gli stress di natura biotica (competizione con le malerbe, presenza di fitofagi) e abiotica (in particolare gli stress idrici in fioritura e/o nella seconda parte della maturazione) aumentano in modo molto rilevante le probabilità di incorrere in un'elevata contaminazione. Posizionare la maturazione in modo che la seconda parte della maturazione non coincida con le temperature più elevate.	molto elevata	Contenere gli stress alla pianta, in particolare quello idrico, con una gestione agronomica accurata. Scegliere i cicli dell'ibrido in relazione ai probabili stress.
Sistemazione del terreno	Gli stress idrico e nutrizionale sono le condizioni che maggiormente predispongono la coltura all'infezione da aspergilli. Una coltura con apparato radicale poco sviluppato è più soggetta agli stress.	significativa	Curare le sistemazioni per evitare ristagni idrici e/o il compattamento del terreno (non solo nelle capezze). Ricorrere alle lavorazioni superficiali solo nei terreni meno soggetti a compattamento.
Concia della semente	La concia fungicida e insetticida non influenza in modo apprezzabile la contaminazione.	bassa	-
Difesa insetticida della plantula	Gli attacchi di elateridi (ferretti) non sono correlati con lo sviluppo di muffe. Forti attacchi di larve di diabrotica alla radice accrescono gli stress (in particolare quello idrico) e lo sviluppo delle muffe.	bassa	Impiegare i geodisinfestanti, alla semina alle dosi adeguate per il controllo della diabrotica in caso di probabili attacchi (monosuccessione e catture elevate nell'anno precedente) e rispettando le indicazioni del PAN.
Gestione dei residui culturali e lavorazione del terreno	I residui culturali contengono spore vitali e fungono da substrato per la contaminazione, l'infezione e per la seguente produzione di tossine del raccolto successivo. Sono predisponenti per la maggiore presenza di inoculo: la monosuccessione di mais granella, la semina diretta e la minima lavorazione in presenza di abbondanti residui.	significativa	Asportare i residui o interrare gli stessi. Evitare di compattare il terreno per l'effetto negativo sullo sviluppo radicale e quindi sulla sensibilità allo stress idrico e nutrizionale.
Avvicendamento	L'avvicendamento con altre colture che rilasciano pochi residui e il loro completo interramento consentono un miglior controllo sullo sviluppo di funghi e dunque della produzione di tossine. L'avvicendamento culturale non consente alle larve di diabrotica di trovare radici di mais per alimentarsi e abbattere per un alcuni anni la popolazione larvale.	significativa	Attuare l'avvicendamento con colture che rilasciano pochi residui (oleaginose, bietola, ortcole di pieno campo ecc.). Evitare, in particolare, la monosuccessione di mais granella.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

AFLATOSSINE (AFLA)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Scelta ibrido	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 aflatoxine.	significativa	In ambienti asciutti: impiegare ibridi a ciclo adeguatamente breve in grado di fiorire prima del probabile periodo di massime temperature. Impiegare ibridi stress tolleranti.
Epoca di semina	La fioritura è la fase in cui è più probabile la contaminazione della spiga. Le alte temperature nella seconda parte della maturazione favoriscono la crescita della muffa e la sintesi delle aflatoxine.	significativa	Seminare tempestivamente appena il terreno raggiunge i 10°C a 3-5 cm di profondità per evitare la coincidenza della fioritura con le temperature più elevate. In coltura irrigua: impiegare ibridi con il completamento della maturazione entro fine estate-inizio autunno.
Investimento alla semina	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.	significativa	In coltura asciutta o con limitati apporti idrici: adottare le densità culturali di riferimento dell'ibrido o ridurla del 20%.
Controllo delle infestanti	Le malerbe competono con la coltura per l'acqua e gli elementi nutritivi, aumentando la probabilità e l'entità degli stress.	bassa	Effettuare un accurato e tempestivo diserbo in pre o post emergenza, meglio se integrato con il controllo meccanico sull'interfìla e rispettando le indicazioni del PAN.
Irrigazione	Lo stress idrico predisponde agli attacchi di <i>Aspergillus flavus</i> . La traspirazione ridotta determina un aumento della temperatura dei tessuti favorendo la crescita di questa muffa termofila. Particolarmenete critico è lo stress idrico nelle fasi di fioritura e di maturazione della granella.	molto elevata	Irrigare sulla base di valutazioni delle effettive esigenze idriche della coltura in rapporto all'andamento evapo-traspirativo e pluviometrico (bilancio idrico). Attuare l'irrigazione anche nelle fasi avanzate del ciclo culturale se le temperature sono elevate e lo stress pronunciato.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

AFLATOSSINE (AFLA)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Fertilizzazione all'impianto e alla semina	La nutrizione squilibrata rende più suscettibile la pianta ad attacchi parassitari e funghi e può favorire lo sviluppo dell' <i>Aspergillus</i> . Inoltre le carenze di fosforo inducono un rallentamento dello sviluppo nella prima parte del ciclo e quindi un ritardo della maturazione.	bassa	Eseguire la concimazione fosfo-azotata localizzata alla semina. Apportare potassio in relazione alla dotazione del suolo e comunque valutando il bilancio dell'elemento.
Fertilizzazione azotata	Carenze di azoto causano frequentemente lo sviluppo stentato della coltura predisponendola ad attacchi di funghi tossigeni e all'accumulo di aflatoxine. Carenze di azoto si manifestano spesso in un calo delle rese e in un proporzionale aumento della concentrazione della tossina.	significativa	Apportare azoto tempestivamente ed in quantità equilibrata con gli asporti.
Trattamenti insetticidi	L'attacco delle larve di piralide del mais (<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 cariosidi 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. L'attacco delle larve di diabrotica (<i>Diabrotica virgifera virgifera</i>) danneggiando l'apparato radicale espone la pianta a maggiori stress idrici e nutritizionali. Gli attacchi degli insetti inducono un significativo calo delle rese e quindi un proporzionale aumento della concentrazione delle aflatoxine.	elevata	Piralide In caso di probabile forte infestazione: trattare con insetticidi contro le larve di seconda generazione. Il trattamento è efficace dal momento in cui le catture degli adulti della prima generazione diventano costanti. Diabrotica In caso di monosuccessione: rilevare l'entità dell'infestazione mediante trappole cromotropiche per la verifica della presenza di adulti (soglia critica: 6 catture al giorno o altra soglia indicata dai DPI Regionali). Se la soglia è superata: attuare l'avvicendamento o effettuare trattamento adulticida e/o impiegare geodisinfestanti nel ciclo colturale successivo. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

AFLATOSSINE (AFLA)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Trattamenti fungicidi	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 muffle tossigene se applicati entro la fine della fioritura.	bassa	-
Epoca di raccolta	Il momento di raccolta influisce sul contenuto di aflatoxine, essa deve avvenire non appena il prodotto è maturo ed ha raggiunto l'umidità adeguata per la mietitrebbiatura. Con umidità inferiore al 20-22% della granella e temperature elevate ($> 30^{\circ}\text{C}$) <i>A. flavus</i> cresce rapidamente e l'accumulo di aflatoxine può diventare rilevante, anche per la minor competizione con altre specie fungine rallentate da una minor umidità del substrato. Quando la pianta è matura la traspirazione termina e la temperatura della spiga può diventare superiore a quella media dell'aria favorendo questa muffa termofila.	molto elevata	In ambienti soggetti a ricorrenti contaminazioni da aflatoxine e in annate a rischio si consiglia quando è possibile di effettuare la raccolta con umidità della granella al 22-24% e comunque non inferiore al 20%. In ogni ambiente, completata la maturazione: non lasciare per tempi prolungati il mais in campo, soprattutto quando le temperature sono elevate.
Regolazione mietitrebbia	Le rotture e ogni tipo di danno alla cariosside favoriscono la penetrazione del micelio e la successiva proliferazione delle muffle.	significativa	Regolare accuratamente la mietitrebbatrice e adottare di velocità di lavoro moderate. Impiegare mietitrebbiatrici dotate di sistemi di pulizia efficaci. Privilegiare le mietitrebbiatrici a flusso assiale.
Trasporto al centro di stoccaggio	Rimorchi sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il nuovo carico.	bassa	Pulire accuratamente i rimorchi dopo ogni trasporto rimuovendo anche le polveri.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

FUMONISINE (FUM)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Gestione della coltura	Gli stress di natura biotica (competizione con le malerbe e soprattutto gli attacchi da fitofagi) e abiotica (carenze o eccessi nutrizionali e idrici) aumentano le probabilità di contaminazioni elevate. Le condizioni che favoriscono la piena produttività comportano in genere una minore contaminazione.	elevata	Containere gli stress alla pianta con una gestione agronomica accurata. Ridurre l'esposizione agli attacchi della piralide anticipando la fioritura o con la difesa diretta.
Sistemazione del terreno	I terreni più freddi a causa del ristagno causano uno sviluppo iniziale rallentato della coltura. Il ritardo conseguente della fioritura favorisce il successivo attacco della piralide e lo sviluppo del <i>F. verticillioides</i> .	significativa	Curare le sistemazione per evitare ristagni idrici e/o il compattamento del terreno non solo nelle capeczagne. Ricorrere alle lavorazioni superficiali solo nei terreni meno soggetti a compattamento.
Concia della semente	La concia fungicida non influenza in modo apprezzabile la contaminazione da <i>F. verticillioides</i> . La concia insetticida contribuisce a ridurre gli attacchi di ferretti (vedi la misura successiva)	Bassa	-
Difesa insetticida della plantula	Attacchi di elateridi (ferretti) non sono correlati con lo sviluppo di muffe. Forti attacchi di larve di diabrotica alla radice accrescono gli stress, inoltre allestamenti estesi della coltura creano condizioni microclimatiche favorevoli allo sviluppo delle muffe e rallentano le perdite di umidità nel corso della maturazione.	Bassa	In caso di probabili attacchi di diabrotica (monosuccessione e catture elevate nell'anno precedente); impiegare geodisinfestanti alla semina. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.
Lavorazione del suolo e avvicendamento	In ambienti colturali maidicoli l'inoculo è molto influenzato dall'avvicendamento.	Bassa	-

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

FUMONISINE (FUM)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Scelta ibrido	La crescita delle muffe è minore nelle parti della cariosside con endosperma vitreo rispetto a quello farinoso. La maturazione rapida riduce il tempo disponibile alla crescita della muffa e alla sintesi della tossina.	significativa	Quando possibile orientarsi verso ibridi con cariosside a frattura tendenzialmente semivitreale e con precocità opportuna a contenere la durata della seconda parte della maturazione (da quella lattea alla raccolta).
Epoca di semina	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.	elevata	Effettuare tempestivamente la semina appena si presentano buone condizioni termiche ed agronomiche del terreno.
Investimento alla semina	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.	significativa	Per ibridi a ciclo pieno, in ambienti freschi e suoli fertili: evitare investimenti alla semina troppo elevati.
Controllo delle infestanti	La presenza elevata di infestanti influenzano negativamente la sanità della granella per l'accentuazione degli stress idrici e nutrizionali al mais.	Bassa	Nel caso di bordi dei campi molto infestate: separare la produzione, più contaminata, dal resto del raccolto. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.
Irrigazione	L'irrigazione non è in grado di influenzare in modo apprezzabile la contaminazione, solo in caso di stress idrici pronunciati la contaminazione aumenta (con rese ridotte la concentrazione aumenta proporzionalmente).	Bassa	-
Fertilizzazione all'impianto e alla semina	Carenze di fosforo inducono un rallentamento dello sviluppo nella prima parte del ciclo e quindi un ritardo della fioritura esponendo ad un maggior rischio di attacco della piralide.	significativa	Effettuare la concimazione fosfo-azotata localizzata alla semina.
Fertilizzazione azotata	Stress nutrizionali e apporti elevati di fertilizzanti azotati comportano rischi di aumento delle fumonisine.	Bassa	Apportare azoto tempestivamente ed in quantità equilibrata con gli asporti.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

FUMONISINE (FUM)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Trattamenti insetticidi contro la piralide	L'attività larvale della piralide (<i>Ostrinia nubilalis</i>) e di sesamia (<i>Sesamia ssp.</i>) favorisce in modo determinante la diffusione della muffa tossigena e quindi la contaminazione della granella.	molto elevata	Eseguire il trattamento insetticida di lotta alle uova e alle larve di seconda generazione del fitofago con macchine irroratrici munite di trampoli. 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 insetticidi per la maggiore persistenza d'azione. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.
Trattamenti fungicidi	I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non interagiscono con i <i>Fusarium</i> se distribuiti entro la maturazione lattea precoce. Oltre possono favorirne la proliferazione per l'eliminazione di generi di funghi antagonisti. I trattamenti con miscele fungicida comporta un vantaggio contenuto.	bassa	Eseguire i trattamenti per la difesa della foglia entro la fine della fioritura e l'inizio della maturazione lattea. Applicare i fusaricidi al termine della fioritura. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.
Epoca di raccolta	Il momento di raccolta influisce sul contenuto di fusariumtossine e deve avvenire non appena il prodotto è maturo ed ha raggiunto un'umidità adeguata per la mietitrebbiatura. L'attività maggiore dei <i>Fusarium</i> si concentra con umidità compresa dal 20 al 32% della granella e temperature elevate.	elevata	In ambienti soggetti a ricorrenti contaminazioni da fumonisine: eseguire la raccolta tempestivamente e, quando possibile, comunque con granella con umidità non inferiore al 22-24%. Nel caso di maturazioni tardive e condizioni di frequenti precipitazioni: effettuare tempestivamente la raccolta anche con umidità della granella prossime al 30%.
Regolazione mietitrebbia	Le rotture e ogni tipo di danno alla carioside favoriscono la penetrazione del micelio e la successiva proliferazione della muffa.	significativa	Regolare accuratamente la mietitrebbiatrice e adottare una velocità di lavoro moderata. Impiegare mietitrebbiatrici dotate di sistemi di pulizia efficaci. Privilegiare le mietitrebbiatrici a flusso assiale.
Trasporto al centro di stoccaggio	Rimorchi sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il nuovo carico.	bassa	Pulire accuratamente i rimorchi dopo ogni trasporto. Se necessario: effettuare una disinfezione dei mezzi di trasporto.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

DEOSSINALENOLO (DON) E ZEARALENONE (ZEA)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Gestione della coltura	La proliferazione e lo sviluppo di <i>Fusarium graminearum</i> , il principale produttore di DON e Zearalenone, è favorita 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.	moltissima	Effettuare scelte varietali e culturali atte a ridurre il rischio di cicli lunghi e maturazioni tardive.
Sistemazione del terreno	I terreni più freddi a causa del ristagno causano uno sviluppo iniziale rallentato della coltura. Il ritardo conseguente della fioritura aumenta la probabilità di maturazioni protratte in autunno.	significativa	Curare le sistemazione per evitare ristagni idrici e/o il compattamento del terreno (non solo nelle capezze). Ricorrere alle lavorazioni superficiali solo nei terreni meno soggetti a compattamento.
Concia della semente	La concia fungicida non influenza in modo apprezzabile la contaminazione. La concia insetticida contribuisce a ridurre gli attacchi di ferretti (vedi la misura successiva).	bassa	-
Difesa insetticida della plantula	Attacchi di elateridi (ferretti) non sono correlati con lo sviluppo di muffe. Forti attacchi di larve di diabrotica alla radice accrescono gli stress, inoltre allettamenti della coltura creano condizioni microclimatiche favorevoli allo sviluppo delle muffe e rallentano la perdita di umidità nel corso della maturazione.	bassa	In caso di probabili attacchi di diabrotica (monosuccesione e catture elevate nell'anno precedente): impiegare geodisinfestanti alla semina. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.
Lavorazione del suolo e avvicendamento	La precessione con colture che lasciano ingenti residui in superficie aumenta l'entità dell'inoculo.	significativa	Interrare i residui e le stoppie con le lavorazioni nel caso di successione a mais da granella, sorgo, o cereale vernino in cui non siano state raccolte le paglie.
Scelta ibrido ed epoca di semina	La maturazione in condizioni meteorologiche fresche favorisce la crescita delle muffe tossigene e pertanto l'effetto della lunghezza del ciclo è molto forte. Gli ibridi più tardivi (classi FAO 600 e, in particolare, 700) presentano maggiori contaminazioni da ZEA e DON.	moltissima	Ridurre la durata della seconda parte della maturazione (da quella lattea alla raccolta) adottando ibridi di precocità opportuna e/o collocando, per quanto è possibile, la maturazione nell'estate quando le temperature accelerano la completa maturazione.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

DEOSSINALENOLO (DON) E ZEARALENONE (ZEA)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Investimento alla semina	Densità elevate (oltre il 20% rispetto alle densità di riferimento dell'ibrido), senza ridurre l'interfilia, comportano condizioni microclimatiche più favorevoli alle muffe rallentando la perdita di umidità della granella	significativa	Per ibridi a ciclo pieno, in ambienti freschi e suoli fertili: adottare investimenti alla semina contenuti
Controllo delle infestanti	Le infestazioni elevate influenzano negativamente la sanità della granella per l'accentuazione degli stress idrici e nutrizionali alla pianta.	bassa	Nel caso di bordi dei campi molto infestati: separare la produzione, più contaminata, dal resto del raccolto. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.
Irrigazione	L'irrigazione non è in grado di influenzare in modo apprezzabile la contaminazione.	bassa	-
Fertilizzazione all'impianto e alla semina	Carenze di fosforo inducono un rallentamento dello sviluppo nella prima parte del ciclo e quindi un ritardo della maturazione.	significativa	Eseguire la concimazione fosfo-azotata localizzata alla semina.
Fertilizzazione azotata	Apporti troppo elevati di fertilizzanti azotati comportano un rallentamento della maturazione e aumentano i rischi di contaminazione da ZEA e DON.	significativa	Apportare azoto in quantità equilibrata rispetto agli sporti.
Trattamenti insetticidi contro la piralide	L'inoculo non è favorito dall'attività trofica delle larve di piralide. Il trattamento insetticida non è efficace per contenere DON e ZEA.	bassa	-
Trattamenti fungicidi	I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non interagiscono con le muffe del genere <i>Fusarium</i> se distribuiti entro la maturazione lattea precoce. Oltre possono favorire la proliferazione per l'eliminazione di generi di funghi antagonisti. I trattamenti con miscelle fusicidie comporta un vantaggio contenuto.	bassa	Quando previsti, eseguire i trattamenti per la difesa della foglia entro la fine della fioritura e l'inizio della maturazione lattea. Applicare i fusicidii al termine della fioritura. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Coltivazione e raccolta

DEOSSINALENOLO (DON) E ZEARALENONE (ZEA)

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Epoca di raccolta	In condizioni meteorologiche fresche (maturazioni protratte in autunno, piogge frequenti) le muffe si sviluppano rapidamente e la probabilità di un peggioramento della qualità igienico-sanitaria risulta assai elevato, con possibili incrementi del 50-90 % di ZEA e DON.	elevata	In condizioni ottimali: raccogliere, quando possibile, con umidità tra il 24 e il 26%. Se la maturazione è ritardata e lenta: raccogliere tempestivamente anche con granella con umidità superiore al 30%.
Regolazione mietitrebbia	Le rotture e ogni tipo di danno alla carioside favoriscono la penetrazione del micelio e la successiva proliferazione della muffa.	significativa	Regolazione accurata della mietitrebbiatrice e adozione di una velocità di lavoro moderata. Impiegare mietitrebbiatrici dotate di sistemi di pulizia efficaci. Privilegiare le mietitrebbiatrici a flusso assiale.
Trasporto al centro di stoccaggio	Rimorchi sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il nuovo carico.	bassa	Pulire accuratamente i rimorchi dopo ogni trasporto rimuovendo anche le polveri.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Conservazione

AFLATOSSINE (AFLA)

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
			<p>Quando è possibile: impostare la segregazione in base ad uno o più dei seguenti criteri:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Umidità della raccolta (< 20%); b) per areale e/o condizioni agronomiche di coltivazione distinguendo i conferimenti provenienti da campi/aziende: - con stress controllato (applicazione delle buone pratiche di coltivazione), - con colture soggette a stress idrico e/o nutrizionale. c) Eseguire la segregazione in funzione dell'esito dei controlli della contaminazione. I controlli possono essere di tipo: - visivo: valutare la presenza di cariosidi contaminati da funghi tossigeni con lampada UV per evidenziare la fluorescenza dell'acido kojico (metodo orientativo da attuarsi entro 8 ore dal prelievo del campione), - strumentale: valutare il livello di tossine mediante strip-test semi quantitativi (metodi immunoenzimatici ELISA) (metodo consigliato) <p>Si raccomanda di effettuare un campionamento rappresentativo.</p>

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Conservazione

AFLATOSSINE (AFLA)

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Stoccaggio pre-essiccazione (granella umida)	<p>Nei cumuli di granella umida la temperatura aumenta in relazione alla respirazione della stessa favorendo la proliferazione di <i>A. flavus</i>, muffa termofila. Nelle raccolte estive la temperatura della massa di granella in cumulo è più elevata.</p>	<p>significativa</p>	<p>Quando è possibile programmare le tempistiche con il produttore, il trebbiatore e il centro di raccolta. Limitare gli accumuli pre-essiccazione a non più di 24 ore con temperature ambientali di 26-28°C (sino a 48 ore con temperature ambientali < 22°C). I centri dotati di impianto di raffreddamento possono aumentare i tempi di pre-essiccazione fino a 48 indipendentemente dalle temperature ambientali.</p>
Pulizia pre-essiccazione	<p>La pulizia consente di controllare la proliferazione fungina durante lo stocaggio perché elimina tracce di terra, parti verdi e altri corpi estranei.</p>	<p>significativa</p>	<p>Regolare in modo ottimale gli apparati di pulizia (vagli, soffiatori, aspiratori, spazzolatrici).</p>
Gestione essiccatori	<p>La presenza di più impianti di essiccazione (fosse di raccolta, pulitrici, torre di essiccazione) consente di trattare in modo differenziato partite con differente livello di contaminazione.</p>	<p>elevata</p>	<p>Eseguire prioritariamente l'essiccazione di eventuali partite molto contaminate rispetto a quelle meno rischiose. Se possibile: essiccare le partite contaminate utilizzando un essiccatore diverso da quello utilizzato per le partite ritenute non contaminate.</p>
Modalità di essiccazione della granella	<p>L'adeguata essiccazione della granella consente di controllare la proliferazione fungina durante lo stocaggio.</p> <p>Occorre raggiungere un'umidità tale da assicurare la sicura stabilità delle contaminazioni al termine del processo e non provocare fratture e cracking eccessivi nei processi di riscaldamento e soprattutto di raffreddamento della granella, perché tutte le discontinuità dei tegumenti della cariosside possono favorire la crescita delle muffe durante la conservazione.</p>	<p>significativa</p>	<p>Portare l'umidità a valori almeno pari o, meglio, inferiori al 14%, utilizzando temperature massime di $90 \pm 20^\circ\text{C}$. Nel caso di forte rischio di elevata presenza di Aflatossina i valori di umidità finale della granella debbono essere più contenuti e prossimi a valori compresi tra 12 e 13%.</p> <p>Impostare un raffreddamento il più possibile graduale. Eseguire un passaggio in essiccatore, anche con granelle raccolte ad un basso tenore di umidità, per uniformare il valore.</p>

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Conservazione

AFLATOSSINE (AFLA)

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Pulizia meccanica post-essiccazione	La pulizia meccanica consente di rimuovere le impurità, le polveri, le cariosidi leggere e gli spezzati minuti caratterizzati da livelli di contaminazione maggiori rispetto alle cariosidi integre.	molto elevata	Regolare in modo ottimale gli apparati di pulizia (vagli, soffiatori, aspiratori, spazzolatrici).
Pulizia dei locali di stoccaggio	Le impurità e la sporchezza accumulata nei locali sono fonti potenziali di inquinamenti fungini.	elevata	Pulire accuratamente le strutture di stoccaggio prima e dopo lo stoccaggio. Nelle parti più difficili da pulire: trattare le superfici con antimicrobici.
Refrigerazione e ventilazione	La ventilazione e il controllo delle temperature sono fondamentali per prevenire lo sviluppo di muffe, e in particolare di <i>A. flavus</i> , riducendo al minimo le porzioni della massa stoccativa che presentano microclima favorevole alla loro crescita (per fenomeni locali di condensa o accumulo accentuato dalle particelle più fini).	elevata	Quando è possibile: impiegare silos e capannoni dotati di sistemi di ventilazione e/o di refrigerazione. In strutture miste di stoccaggio: destinare ai lotti più contaminati le strutture dove il controllo della temperatura è più agevole. In presenza di una contaminazione significativa: mantenere l'umidità della granella al di sotto del 14% (ottimale: 12-13%) e, quando è possibile, temperature inferiori a 18°C (ottimale 12°C). Allontanare gli scarti di pulitura dal luogo di conservazione.
Movimentazione della massa e pulizia della granella in fase di stoccaggio	Il formarsi di zone con condensa ("rinverdimento") o accumulo di particelle più fini può determinare un innalzamento della temperatura e favorire lo sviluppo di muffe.	molto elevata	Attuare periodiche movimentazioni della massa. Nei silos a torre: rimuovere la carota centrale e procedere con la pulizia meccanica della stessa. In condizioni di contaminazioni significative procedere con pulizie meccaniche durante la movimentazione.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Conservazione

AFLATOSSINE (AFLA)

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Pulizia con selezionatrice ottica	Le cariossidi contaminate da <i>A. flavus</i> sono sovente distinguibili per una colorazione alterata. La loro rimozione dalla massa consente di abbassare significativamente la contaminazione.	molto elevata	Quando la pulitrice ottica è presente, rimuovere le cariossidi alterate dopo la pulitura meccanica nel corso dello stoccaggio. La taratura della selezionatrice deve essere effettuata in relazione alle necessità e al livello di pulitura richiesto. Gli scarti possono quindi essere ripassati alla selezionatrice per un loro parziale recupero.
Trattamento insetticida e rodenticida durante lo stoccaggio	Gli insetti possono lesionare la cariosside favorendo la penetrazione dei funghi. I roditori possono creare, localmente, condizioni microclimatiche favorevoli alla proliferazione fungina.	significativa	In presenza di attacchi: eseguire trattamenti insetticidi e rodenticidi. Quando è possibile mantenere temperature <18°C (ottimale 12 °C) per ridurre la proliferazioni di insetti quando la granella presenta un'umidità <14,5%.
Monitoraggio delle condizioni di stoccaggio	-	significativa	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 aflatoxine con campionamenti periodici e avendo cura di operare campionamenti rappresentativi.
Sequenza di svuotamento delle strutture	-	significativa	Privilegiare lo svuotamento rapido delle strutture dotate di un minore controllo del microclima.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Conservazione

FUSARIUM-TOSSINE (FUM, DON, ZEA)

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
		<p>Al centro di stoccaggio possono pervenire partite molto differenti per condizioni di coltivazione, umidità e livello di contaminazione. Pertanto è cruciale la probabile capacità/possibilità di individuare la 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 tossina su campioni rappresentativi dei lotti.</p> <p>Segregazione all'accettazione</p>	<p>Quando possibile impostare la segregazione in base ad uno o più dei seguenti criteri:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) per areale e/o condizioni agronomiche di coltivazione distinguendo i conferimenti provenienti da campi/aziende: - con stress controllato (applicazione delle buone pratiche di coltivazione), - con colture soggette a stress idrico e/o nutrizionale. <p>b) Eseguire la segregazione in funzione dell'esito dei controlli della contaminazione. I controlli possono essere di tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - visivo (solo DON): valutare la presenza di cariosidi contaminati da funghi tossigeni con il conteggio delle cariosidi alterate da ammuffimenti (metodo orientativo), - strumentale: valutare il livello di tossine mediante strip-test semi quantitativi (metodi immunoenzimatici ELISA) (metodo consigliato) <p>Ricorrere quando possibile a metodi di campionamento adeguati.</p>
Stoccaggio pre-essiccazione (granella umida)		<p>Nei cumuli di granella prima dell'essiccazione, soprattutto se con elevato contenuto di umidità, la temperatura aumenta in relazione alla respirazione della stessa favorendo la proliferazione di <i>F. verticillioides</i> e <i>F. graminearum</i>.</p>	<p>Quando è possibile programmare le tempistiche con il produttore, il trebbiatore e il centro di raccolta. Quando è possibile limitare gli accumuli pre-essiccazione a non più di 24 ore con temperature massime ambientali di 26-28°C (sino a 48 ore solo con temperature massime ambientali < 22°C).</p>

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Conservazione

FUSARIUM-TOSSINE (FUM, DON, ZEA)

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Pulizia pre-essiccazione (sul verde)	La pulizia consente di controllare la proliferazione fungina durante lo stoccaggio perché elimina tracce di terra, parti verdi e altri corpi estranei.	significativa	Regolare in modo ottimale gli apparati di pulizia (vagli, soffiatori, aspiratori, spazzolatrici). I prodotti di scarto debbono essere rapidamente allontanati.
Gestione essiccatori	La presenza di più impianti di essiccazione (fosse di raccolta, pulitrici, torre di essiccazione) consente di trattare in modo differenziato partite con differente livello di contaminazione.	significativa	Eseguire prioritariamente l'essiccazione di eventuali partite molto contaminate rispetto a quelle meno rischiose. Se possibile: essicare le partite contaminate utilizzando un essiccatore diverso da quello utilizzato per le partite ritenute non contaminate
Modalità di essiccazione della granella	L'adeguata essiccazione della granella consente di controllare la proliferazione fungina durante lo stoccaggio. Occorre raggiungere un'umidità tale da assicurare una sicura stabilità delle contaminazioni al termine del processo e non provocare fratture e cracking eccessivi nei processi di riscaldamento e soprattutto di raffreddamento della granella (perché tutte le discontinuità dei tegumenti della cariosside possono favorire la crescita delle muffe durante la conservazione).	significativa	Portare l'umidità a valori almeno pari o, meglio, inferiori al 15%, utilizzando temperature massime di $90 \pm 20^\circ\text{C}$. Impostare il raffreddamento affinché avvenga il più possibile gradualmente.
Pulizia post-essiccazione (pre-stoccaggio)	La pulizia meccanica consente di rimuovere le impurità: polveri, cariosidi leggere e spezzati minuti sono caratterizzati da livelli di contaminazione maggiori rispetto alle cariosidi integre.	moltissima	Regolare in modo ottimale gli apparati di pulizia (vagli, soffiatori, aspiratori, spazzolatrici). I prodotti di scarto debbono essere rapidamente allontanati.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Conservazione

FUSARIUM-TOSSINE (FUM, DON, ZEA)

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Pulizia dei locali di stoccaggio	Le impurità e la sporcizia accumulata nei locali sono fonti potenziali di inquinamenti fungini.	elevata	Pulire accuratamente le strutture di stoccaggio prima e dopo lo stoccaggio. Nelle parti più difficili da pulire: trattare la superficie con antimicrobici.
Refrigerazione e ventilazione	L'aerazione e il controllo delle temperature sono fondamentali per prevenire lo sviluppo di muffe riducendo al minimo le porzioni della massa stoccativa che presentano microclima favorevole alla loro crescita (per fenomeni locali di condensa o accumulo accentuato dalle particelle più fini).	elevata	Quando è possibile impiegare silos e capannoni dotati di sistemi di ventilazione e/o di refrigerazione Mantenere un'umidità della granella al di sotto del 15% (ottimale 13-14.0%) e, quando è possibile, temperature inferiori a 18°C (ottimale 12°C).
Movimentazione della massa e pulizia della granella in fase di stoccaggio	Il formarsi di zone con condensa ("rinverdimento") o accumulo di particelle più fini può determinare un innalzamento della temperatura e favorire lo sviluppo dei <i>Fusarium</i> .	moltissima	Attuare periodiche movimentazioni della massa. Nei silos a torre: rimuovere la carota centrale e procedere con la pulizia meccanica della stessa. In condizioni di probabile elevata contaminazione: eseguire pulizie meccaniche durante la movimentazione.
Pulizia con la selezionatrice ottica	Le cariossidi contaminate da <i>F. verticillioides</i> e <i>F. graminearum</i> sono distinguibili per la colorazione alterata. La loro rimozione dalla massa consente di abbassare significativamente la contaminazione.	moltissima	Se presente la selezionatrice, 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.
Trattamento insetticida e rodenticida durante lo stoccaggio	Gli insetti possono lesionare la cariosside favorendo la penetrazione dei funghi. I roditori possono localmente creare condizioni microclimatiche favorevoli alla proliferazione fungina.	significativa	In presenza di attacchi: eseguire trattamenti insetticidi e rodenticidi. Mantenere temperature <18°C (ottimale 12°C) per ridurre la proliferazione di insetti.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Conservazione

FUSARIUM-TOSSINE (FUM, DON, ZEA)

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Monitoraggio delle condizioni di stoccaggio	-	significativa	<p>Effettuare osservazioni frequenti di odore, colore, temperatura, umidità, infestazione di insetti.</p> <p>Dotare i locali di stoccaggio di sonde automatiche collocate in ogni parte del locale di stoccaggio.</p> <p>Quando è possibile installare campionatori automatici collocati in linea (dinamici) per poter prelevare campioni più rappresentativi e ottenere dati maggiormente affidabili.</p> <p>Monitorare il contenuto delle fusariumtossine con campionamenti periodici.</p>
Sequenza di svuotamento delle strutture	-	significativa	<p>Privilegiare lo svuotamento rapido delle strutture con minore controllo del microclima.</p>

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Percorsi produttivi ottimali

AFLATOSSINE (AFLA)

Agrotecnica e stadio culturale		Strategie e azioni per il controllo
Scelta ibrido, avvicendamento, lavorazione del suolo		Scegliere il ciclo dell'ibrido in relazione ai probabili stress. Privilegiare precessioni culturali negli avvicendamenti che lasciano pochi residui. Interrare i residui culturali con le lavorazioni.
Semina		Attuare tempestivamente la semina primaverile con investimenti contenuti in caso di probabili stress idrici. Applicare in modo localizzato il concime fosfo-potassico. In caso di probabili attacchi da ferretto e diabrotica (se in monosuccessione): impiegare geodisinfestanti alla semina.
Insediamento (3-6 foglie)		Effettuare accuratamente il diserbo. Intervenire tempestivamente con le concimazioni azotate in copertura facendole seguire da sarchiature/rincalzature.
Pre-levata (7-10 foglie)		Completare la concimazione azotata in copertura evitando carenze.
Fioritura		Evitare stress idrici fornendo apporti idrici adeguati. Eseguire il trattamento insetticida contro la piralide a partire dal termine della fioritura. Per le seconde semine: intervenire contro la piralide.
Maturazione lattea e cerosa		Per le fioriture precoci: eseguire il trattamento insetticida contro la piralide. Evitare stress idrici fornendo apporti idrici adeguati.
Maturazione		In ambienti soggetti a ricorrenti contaminazioni da aflatoxine e in annate a rischio: eseguire la raccolta con umidità della granella al 22-24% e comunque non inferiore al 20%. In ogni ambiente, completata la maturazione: non lasciare per tempi prolungati il mais in campo, soprattutto quando le temperature sono elevate.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Percorsi produttivi ottimali

FUMONISINE, DEOSSINIVALENOLO e ZEARALENONE

Agrotecnica e stadio culturale		Strategie e azioni per il controllo
Scelta ibrido, avvicendamento, lavorazione del suolo		Privilegiare ibridi con ciclo culturale tale da assicurare maturazioni non tardive e rapide. Quando possibile orientarsi verso ibridi con cariosidi a frattura tendenzialmente semi-vitreata.
Semina		Attuare la semina primaverile tempestiva con investimenti contenuti in caso di probabili stress idrici. Applicare in modo localizzato il concime fosfo-potassico. In caso di probabili attacchi da ferretto e diabrotica (se in monosuccessione): impiegare geodisinfestanti alla semina.
Insediamento (3-6 foglie)		Effettuare accuratamente il diserbo. Intervenire tempestivamente con le concimazioni azotate in copertura facendole seguire da sarchiature/rincalzature.
Pre-levata (7-10 foglie)		Completare la concimazione azotata in copertura evitando carenze.
Fioritura		Evitare stress idrici fornendo apporti idrici adeguati. Eseguire il trattamento insetticida contro la piralide a partire dal termine della fioritura (per il contenimento di DON e ZEA). Per le seconde semine: intervenire contro la piralide.
Maturazione lattea e cerosa		Per le fioriture precoci: eseguire il trattamento insetticida contro la piralide. Evitare stress idrici fornendo apporti idrici adeguati.
Maturazione		In ambienti soggetti a ricorrenti contaminazioni da fumonisine la raccolta deve essere effettuata con umidità della granella non inferiore al 22-24%. Nel caso di maturazioni tardive e condizioni di frequenti precipitazioni: effettuare tempestivamente la raccolta anche con umidità della granella prossime al 30%.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS
Definizione del livello di rischio

AFLATOSSINE (AFLA)

Stress, tipologia:		Umidità di raccolta (%)		Trattamento piralide		Livello di rischio	
Idrico	nutrizionale	> 26	no	miscola*	piretroide	1	1
irriguo	no	< 22		miscola*	piretroide	2	2
		> 26		miscola*	piretroide	2	2
	si	< 22		miscola*	piretroide	3	3
		> 26		miscola*	piretroide	4	4
asciutto	no	< 22		miscola*	piretroide	5	5
		> 26		miscola*	piretroide	5	5
	si	< 22		miscola*	piretroide	6	6
		> 26		miscola*	piretroide	7	7

* piretroide + antanilammide o oxadiazine

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Definizione del livello di rischio

FUMONISINE (FUM)

Modalità di semina: epoca di semina	concimazione localizzata	Umidità di raccolta (%)	Trattamento piralide	Livello di rischio:	
				cultura asciutta o ibrido a ciclo tardivo	cultura irrigua o ibrido a ciclo intermedio
tempestiva (15 marzo, 10 aprile)	si (fosforo, azoto)	> 26	miscela	2	1
			piretroide	2	1
			no	4	3
		< 22	miscela	3	2
	no		piretroide	3	2
			no	5	4
		> 26	piretroide	3	2
			no	5	4
	influente ritardata (oltre 20 aprile)	< 22	piretroide	4	3
			no	6	5
		> 26	piretroide	4	3
			no	7	6

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS

Definizione del livello di rischio

DEOSSINIVALNEOLO E ZEARALENONE

Modalità di semina:		Umidità di raccolta (%)		Durata del ciclo dell'ibrido		Livello di rischio	
epoca di semina	concimazione localizzata						
tempestiva (15 marzo, 10 aprile)	si (fosforo, azoto)	> 26	precoce	1			
			intermedio	2			
		< 22	tardivo	4			
			precoce	1			
			intermedio	3			
	no	> 26	tardivo	5			
			precoce	1			
		< 22	intermedio	3			
			tardivo	5			
			precoce	2			
ritardata (oltre 20 aprile)	influente	> 26	intermedio	4			
			tardivo	6			
		< 22	precoce	3			
			intermedio	5			
			tardivo	7			
			precoce	4			
			intermedio	6			
			tardivo	8			

FRUMENTO



LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Coltivazione e raccolta

DEOSSINVALENZO (DON) – T2-HT2

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Gestione della coltura	La proliferazione e lo sviluppo di <i>Fusarium graminearum</i> , il principale produttore di DON, è favorita dalla presenza di inocolo e da condizioni ambientali fresche (frequenti piogge) dall'inizio della fioritura alla maturazione cerosa. Il Frumento duro è più suscettibile alla fusariosi della spiga di quello tenero.	elevata	Ridurre la presenza di residui culturali in superficie con opportune lavorazioni e/o avvicendamenti e scelta di varietà meno suscettibili alla fusariosi della spiga.
Sistemazione del terreno	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.	significativa	Curare le sistemazione 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 della semente	La concia fungicida influenza apprezzabilmente la contaminazione, riducendo lo sviluppo di muffe tossigene nelle parti vegetative e il trasferimento di DON nella granella.	significativa	Scegliere semi sane. Conciare con fungicida la semente. Orientarsi verso miscele di sostanze attive di più elevata efficacia e di ampio spettro d'azione.
Lavorazione del suolo e gestione dei residui culturali	I residui culturali contengono spore vitali di <i>F. graminearum</i> e <i>F. culmorum</i> e fungono da substrato essenziale 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'inocolo potenziale.	molto elevata	Asportare i residui o intizzare gli stessi privilegiando l'aratura (e, solo in caso di presenza modesta di residui le minime lavorazione), rispetto alla semina diretta. Quest'ultima deve essere praticata solo nel caso di precessioni che non favoriscono la produzione di inocolo (erba medica, oleaginese, bietola ecc.). Applicare i competitori biologici alla semina sui residui per ridurre l'inocolo dei Fusaria: l'efficacia è media, ma fortemente influenzato dalle condizioni ambientali al momento dell'applicazione e nel corso della campagna agraria.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Coltivazione e raccolta

DEOSSINVALENZO (DON) – T2-HT2

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Avvicendamento	L'avvicendamento con colture che rilasciano pochi residui facilmente interrabili (oleaginese, bietola, orticole da pieno campo, erba medica) consente un miglior controllo sullo sviluppo di funghi e dunque una minore produzione di tossine.	molto elevata	Avvicendare il frumento con colture che rilasciano pochi residui. Evitare la monosuccessione o l'avvicendamento tra frumento tenero e duro, soprattutto la coltivazione dopo mais da granella o sorgo. Dopo queste 2 ultime colture evitare la semina diretta.
Scelta varietale	La suscettibilità alla fusariosi della spiga e alla contaminazione è assai diversa tra le varietà. Aspetti morfologici, fisiologici, compostivi della carioside e di ciclo culturale, interagiscono e possono facilitare o limitare lo sviluppo del <i>F. graminearum</i> e la tossinogenesi.	elevata	Scegliere varietà tolleranti o mediamente tolleranti la fusariosi della spiga. Impiegare varietà con precocità adeguata all'ambiente.
Epoca di semina e investimento alla semina	L'epoca di semina ma 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.	bassa	Evitare elevate dosi di seme in epoche di semina precoci per non predisporre la coltura ad eccessiva densità.
Controllo delle infestanti	Le maledette 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 inocolo e alla crescita delle muffe tossigene.	significativa	Eseguire un accurato e tempestivo diserbo in pre o post-emergenza. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.
Fertilizzazione fosfo-potassica	La nutrizione squilibrata influenza negativamente la fertilità della spiga e rende più suscettibile la pianta ad attacchi delle muffe tossigene del genere <i>Fusarium</i> .	bassa	Eseguire apporti di potassio e fosforo in relazione alla dotazione del suolo e in funzione del bilancio degli elementi.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Coltivazione e raccolta

DEOSSINALENOLO (DON) – T2-HT2

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Fertilizzazione azotata	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 e proporzionale aumento della concentrazione di tossine. Gli eccessi provocano un maggior rischio di allettamento e maturazioni più tardive con effetti favorevoli allo sviluppo delle muffe.	significativa	Apportare quantitativi di azoto equilibrati e correttamente frazionati.
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'accostamento alla foglia a bandiera non influenza in modo significativo la fusariosi della spiga e l'accumulo di DON e delle tossine T2-HT2.	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 la carioside.	elevata	Applicare fungicidi attivi su <i>Fusarium</i> dalla fine della spigatura alla piena fioritura. Preferire le miscele per ridurre il rischio di insorgenza di resistenze. L'applicazione di fungicidi non attivi contro <i>Fusarium</i> può aumentare lo sviluppo di questi ultimi e l'accumulo di DON e T2-HT2. In ogni condizione rispettare le indicazioni del PAN.
Trattamenti insetticidi e con regolatori della crescita	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 culturale più favorevole allo sviluppo delle muffe.	bassa	-
Epoca di raccolta	Nel caso di andamenti meteorologici piovosi nel corso della maturazione la crescita delle muffe può protrarsi anche oltre la maturazione fisiologica.	significativa	In condizioni a rischio di elevate contaminazioni: raccogliere appena possibile e comunque con umidità < 14%.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Coltivazione e raccolta

DEOSSINALENOLO (DON) – T2-HT2

Agrotecnica	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Regolazione mietitrebbia	Le rotture e ogni tipo di danno alla cariosside favoriscono la penetrazione del micelio e la successiva proliferazione delle muffe	bassa	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	Rimorchi sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il nuovo carico.	bassa	Pulire accuratamente i rimorchi dopo ogni trasporto rimuovendo anche le polveri.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Conservazione

DEOSSINALENO (DON) – T2-HT2

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
	<p>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 tossina su campioni rappresentativi dei lotti.</p> <p>Segregazione all'accettazione</p>	<p>molto elevata</p>	<p>Quando possibile impostare la segregazione in base ad uno o più dei seguenti criteri:</p> <ul style="list-style-type: none"> c) per areale e/o condizioni agronomiche di coltivazione distinguendo i conferimenti provenienti da campi/aziende: - con stress controllato (applicazione delle buone pratiche di coltivazione), - con culture soggette a stress idrico e/o nutrizionale. <p>d) Eseguire la segregazione in funzione dell'esito dei controlli della contaminazione. I controlli possono essere di tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - visivo: valutare la presenza di cariosidi contaminati da funghi tossigeni ("fusariate") con il conteggio delle cariosidi alterate da ammuffimenti (metodo orientativo), - strumentale: valutare il livello di tossine mediante strip-test semi quantitativi (metodi immunoenzimatici ELISA) (metodo consigliato)
Pulizia meccanica post-essiccazione	<p>La pulizia meccanica consente di rimuovere le impurità, le polveri, le cariosidi leggere e gli spezzati minuti caratterizzati dai livelli di contaminazione maggiori rispetto alle cariosidi integre.</p>	<p>molto elevata</p>	<p>Regolare in modo ottimale gli apparati di pulizia (vagli, soffiatori, aspiratori, spazzolatrici). Gli scarti di produzione devono essere rapidamente allontanati.</p>
Pulizia dei locali di stoccaggio	<p>Le impurità e la sporcizia accumulata nei locali tra i cicli di stoccaggio sono fonti potenziali di inquinamenti fungini.</p>	<p>elevata</p>	<p>Pulire accuratamente le strutture di stoccaggio prima e dopo lo stoccaggio. Nelle parti più difficili da pulire: trattare la superficie con antimicrobici.</p>

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Conservazione

DEOSSINALENO (DON) – T2-HT2

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Refrigerazione e ventilazione	La ventilazione e il controllo delle temperature sono fondamentali per prevenire lo sviluppo di muffe riducendo al minimo le porzioni della massa stoccati che presentano microclima favorevole alla loro crescita (per fenomeni locali di condensa o accumulo accentuato dalle particelle più fini).	elevata	Quando è possibile: impiegare silos e capannoni dotati di sistemi di ventilazione e/o di refrigerazione Mantenere un'umidità della granella al di sotto del 18% (ottimale 12%) e comunque non superiore a 25°C.
Movimentazione della massa e pulizia della granella in fase di stoccaggio	Il formarsi di zone con condensa (“rinverdiamento”) o accumulo di particelle più fini può determinare un innalzamento della temperatura e favorire lo sviluppo di muffe.	elevata	Attuare periodiche movimentazioni della massa, eseguendo se possibile ricidi ed areazioni per evitare la formazione di condensazioni e nuclei surriscaldati. Nei silos 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 la movimentazione.
Pulizia con la selezionatrice ottica	Le cariossi contaminate da muffe del genere <i>Fusarium</i> sono ben distinguibili per la colorazione alterata. La loro rimozione dalla massa consente di abbassare significativamente la contaminazione.	molto elevata	Quando la selezionatrice è presente, rimuovere le cariossi 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.
Trattamento insetticida e rodenticida durante lo stoccaggio	Gli insetti possono lesionare la cariosside favorendo la penetrazione dei funghi. I roditori possono localmente creare condizioni microclimatiche favorevoli alla proliferazione fungina.	significativa	In presenza di attacchi: seguire trattamenti insetticidi e rodenticidi. Quando è possibile mantenere temperature <18°C per ridurre la proliferazioni di insetti.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Conservazione

DEOSSINIVALENO (DON) – T2-HT2

Processo	Motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo e nella gestione della contaminazione	Strategie e azioni per il controllo
Monitoraggio delle condizioni di stoccaggio	-	significativa	<p>Effettuare osservazioni frequenti di odore, colore, temperatura, umidità, infestazione di insetti.</p> <p>Dotare i locali di stoccaggio di sonde automatiche collocate in ogni parte del locale di stoccaggio.</p> <p>Quando è possibile installare campionatori automatici collocati in linea (dinamici) per poter prelevare campioni più rappresentativi e ottenere dati maggiormente affidabili.</p> <p>Monitorare il contenuto di DON e T2-HT2 con campionamenti periodici.</p>
Sequenza di svuotamento delle strutture	-	significativa	<p>Privilegiare lo svuotamento rapido delle strutture con minore controllo del microclima.</p>

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Percorsi produttivi ottimali

DEOSSI NIVALENO (DON) – T2-HT2

Agrotecnica e stadio culturale	Strategie e azioni per il controllo
Scelta varietà, avvicendamento, lavorazione del suolo	<p>Privilegiare gli avvicendamenti che fanno seguire il frumento a colture che lasciano pochi residui. Curare la sistemazione del terreno per evitare ristagni che inducono stress e sviluppo di Fusarium nelle parti vegetative.</p> <p>Interrare completamente i residui culturali con le lavorazioni. Scgliere varietà tolleranti o mediamente tolleranti alla fusariosi della spiga. Impiegare esclusivamente seme conciato con fungicida.</p>
Accestimento	<p>Eseguire una lotta tempestiva alle erbe infestanti. Intervenire tempestivamente con le concimazioni azotate in copertura al fine di favorire un accestimento adeguato.</p>
Fioritura	<p>Eseguire il trattamento fungicida per la difesa della spiga dalla fusariosi (tra gli stadi di inizio fioritura e lo stadio di 30% di antere ennesimo). Applicare il fungicida con elevati volumi d'acqua (400 l/ha) ad almeno 12 h dall'evento infettante (pioggia, nebbie o rugiade prolungate).</p>
Maturazione	<p>Eseguire la raccolta appena completata la maturazione.</p>

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI FRUMENTO

Definizione del livello di rischio

DEOSSINIVALENOLO (DON), T2-HT2

Gestione dei residui: precessione	lavorazioni	Sensibilità varietale	Trattamento fusaricida	Livello di rischio		
				Condizioni meteo asciutte *	Condizioni meteo piovose *	Condizioni meteo asciutte *
cereali a paglia e altre colture dicotiledoni	aratura	mediamente tolerante	specifico ampio spettro no	1 1 1	1 2 3	1 2 3
		sensibile	specifico ampio spettro no	2 3	3	3
		mediamente tolerante	specifico ampio spettro no	1 2	4 5	4 5
	minima lavorazione e semina su sodo	sensibile	specifico ampio spettro no	3 3	5 6	5 6
		mediamente tolerante	specifico ampio spettro no	4 4	7 7	7 7
		aratura	specifico ampio spettro no	1 1	2 3	2 3
mais, sorgo	minima lavorazione e semina su sodo	sensibile	specifico ampio spettro no	2 3	4 5	4 5
		mediamente tolerante	specifico ampio spettro no	2 3	6 7	6 7
		sensibile	specifico ampio spettro no	4 5	6 7	6 8

* nelle fasi del ciclo dalla spigatura alla maturazione cerosa.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Guida all'uso dell'applicazione “Valutazione rischio micotox”

La *web app mobile “Valutazione rischio micotox”* è stata messa a punto per prevedere il rischio di contaminazione da micotossine su mais e frumento. L'applicativo non ha la pretesa di fornire risultati certi, ma di dare un'indicazione di massima all'utilizzatore contribuendo ad aumentare, tra gli operatori del settore, il livello di sensibilità e di conoscenza in materia di micotossine.

Essa è consultabile gratuitamente all'indirizzo Internet: <http://www.meccolt.unito.it/micotossine/index.html>
E' possibile consultarla con il proprio PC attraverso i *web browser* più comuni (es. Google Chrome, Internet Explorer, Mozilla Firefox, Safari, Opera) ed è inoltre ottimizzata per la visualizzazione tramite *tablet* e *smartphone* indipendentemente dal sistema operativo (es. iOS, Android, Windows phone).
L'utilizzazione della *web app* prevede i seguenti passaggi:

- selezionare la coltura (mais o frumento) nella barra di navigazione posizionata nella parte superiore della schermata iniziale;
- rispondere a tutte le domande di carattere agronomico scegliendo tra le opzioni dei menù a tendina;
- cliccare sul tasto “calcola rischio” posizionato al fondo della schermata.

Quindi comparirà a schermo il livello di rischio atteso per ciascuna delle micotossine trattata nelle Linee Guida secondo la modalità di classificazione descritta nell'introduzione.

Per una più facile fruizione della *web app* tramite *smartphone* o *tablet* è possibile salvare il link nel seguente modo:

- Android: una volta aperto il link cliccare nel menu del browser (in alto a destra) e scegliere “Aggiungi a schermata Home”;
- iOS: una volta aperto il link cliccare sul tasto “condividi” della barra (nella parte bassa) del browser e scegliere “Aggiungi a Home”.

In questo modo sarà possibile entrare nella *web app* come se fosse una qualsiasi app del smartphone o tablet.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Allegati

Allegato 1 Fungi produttori di micotossine del mais e del frumento e condizioni ambientali di sviluppo

Fungo produttore	Micotossina prodotta	Condizioni di sviluppo:			
		Temperatura min (°C)	Temperatura max (°C)	Temperatura opt (°C)	Umidità relativa dell'aria (%)
<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i>	Aflatossine (B1, B2, G1, G2)	8	42	30-40	82
<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium culmorum</i>	Deosinivalenolo, Zearalenone	4	37	-	94
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	T2 - HT2	4	35	-	94
<i>Fusarium verticillioides</i> (<i>moniliiforme</i>), <i>Fusarium proliferatum</i>	Fumonisine	15	30	30	91
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Ocratossina A*	12	37	36-38	>80
<i>Penicillium verrucosum</i>	Ocratossina A*	4	31	23	>80

* non trattata nelle Linee guida

(1) a_w : activity water. L'attività dell'acqua è un parametro che esprime la parte attiva dell'acqua, ossia la frazione libera e disponibile per le reazioni biologiche; infatti l'acqua contenuta in un alimento è legata in maniera più o meno intensa a seconda del tipo di substrato e alla presenza in questo di gruppi idrofobi e idrofili. Esiste un valore soglia di a_w sotto al quale non si ha sviluppo microbico, in quanto l'acqua presente nel substrato rimane strettamente legata alle altre molecole, ed è quindi indisponibile per le attività cellulari: si è osservato come le specie fungine tossigene più xerofile non siano in grado di crescere a valori di $a_w < 0,78$, mentre il processo di tossinogenesi richiede valori di a_w ancora superiori (Guerra, 2000).

(Fonte: Lacey, 1989; Ominski K.H. et al., 1994; Bottalico, 1999; Battilani, 2002)

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Allegati

Allegato 2 Stadi culturali di maggiore sensibilità al processo infettivo dei funghi tossigeni e condizioni meteorologiche avverse

Fungo produttore	Mais	Frumento tenero e duro	Condizioni meteorologiche avverse negli stadi citati ⁽¹⁾
<i>Aspergillus flavus,</i> <i>Aspergillus parasiticus</i>	da piena fioritura (BBCH 65) a imbrunimento delle sete (BBCH 69)	-	temperature massime > 30 °C e Temperature minime > 20 °C per più giorni consecutivi
<i>Fusarium graminearum,</i> <i>Fusarium culmorum</i>	da inizio fioritura (BBCH 61) a inizio imbrunimento delle sete (BBCH 69)	da inizio fioritura (BBCH 61) a fine fioritura (BBCH 69)	precipitazioni frequenti (almeno 2 giorni piovosi consecutivi). Temperature minime > 10 °C
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	-	da inizio fioritura (BBCH 61) a fine fioritura (BBCH 69)	temperature fresche
<i>Fusarium verticillioides</i> (<i>moniliiforme</i>), <i>Fusarium proliferatum</i>	da inizio della maturazione lattea (BBCH 73) a termine maturazione fisiologica (BBCH 87)	-	temperature minime > 20 °C per più giorni consecutivi
<i>Aspergillus ochraceus</i> *	da piena fioritura (BBCH 65) a imbrunimento delle sete (BBCH 69)	-	-
<i>Penicillium verrucosum</i> *	da piena fioritura (BBCH 65) a imbrunimento delle sete (BBCH 69)	-	temperature fredde durante la fase finale di maturazione

⁽¹⁾ Le condizioni meteorologiche avverse sono quelle favorevoli al processo infettivo e possono differire in parte dalle condizioni ambientali di sviluppo e si riferiscono ad osservazioni pluriennali di campo.
* non trattata nelle Linee guida

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Allegati

Allegato 3 Livello massimo di micotossine per il mais e il frumento in UE

Destinazione prodotto	Micotossine, livello massimo ($\mu\text{g kg}^{-1}$)						
	AFLA B1-B2-G1-G2	AFLA B1	OTA*	DON	ZEA	FB1 - FB2	T2 - HT2
Alimentazione umana^{a, b, c} (granella tal quale)	Frumento tenero	-	-	5	1 250	100	-
	Frumento duro	-	-	5	1 750	100	-
Impiego zootecnico^{c, d, e} (Mangimi complementari completi)	Mais	10	5	5	1 750	350	4 000
	Pollame	-	20	100	-	-	20 000
	Suini	-	20	50	900	250	5 000
	Vitelli	-	10	-	2 000	500	2 000
	Cavalli	-	-	-	-	-	250
	Vache da latte	-	5	-	500	-	250
	Ruminanti	-	-	-	-	-	50 000

^a European Commission, 2007. Commission regulation (EC) No 1126/2007 of 28 September 2007 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards Fusarium toxins in maize and maize products.

^b European Commission, 2010. Commission regulation (EU) No 165/2010 of 26 February 2010 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins.

^c European Commission, 2013. Commission recommendation (2013/165/EU) of 27 March 2013 on the presence of T-2 and HT-2 toxin in cereals and cereal products.

^d European Commission, 2006. Commission recommendation (2006/576/EC) of 17 August 2006 on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding.

^e European Commission, 2003. Commission directive 2003/100/EC of 31 October 2003 amending Annex I to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council on undesirable substances in animal feed. In Italy: Decreto Legislativo 10 maggio 2004 n. 149. Attuazione della direttiva 2001/102/CE, della direttiva 2002/32/CE, della direttiva 2003/57/CE e della direttiva 2003/100/CE, relative alle sostanze ed ai prodotti indesiderabili nell'alimentazione degli animali.

* non trattata nelle Linee Guida.

LINEE GUIDA PER IL CONTROLLO DELLE MICOTOSSINE NELLA GRANELLA DI MAIS E DI FRUMENTO

Bibliografia

Bibliografia

- AA.VV. 2013. Manuale di corretta prassi per la gestione del rischio aflatoxine nel mais destinato all'alimentazione animale. Confederazione nazionale Coldiretti (bozza).
- Aldred, D., Magan, N., 2004. Prevention strategies for trichothecenes. Toxicol. Lett. 153, 165-171.
- Battilani, P., 2002. Biologia ed epidemiologia dei funghi micotossigeni. Convegno: Le micotossine nei prodotti vegetali ricadute nelle filiere produttive collegate. Piacenza 22 novembre 2002.
- Beyer, M., Klix, M.B., Klink, H., Verreet J.-A., 2006. Quantifying the effect of previous crop, tillage, cultivar and triazole fungicides on the deoxynivalenol content of wheat grain – a review. J. Plant Dis. Prot. 113, 241-246.
- Blandino M., Haidukowski M., Pascale M., Scudellari D., Reyneri A. 2012. Controllare il DON nel frumento tenero è una questione agronomica. L'Inf. Agr., 31, 42-45.
- Blandino M., Haidukowski M., Pascale M., Plizzari L., Scudellari D., Reyneri A., 2012. Integrated strategies for the control of Fusarium head blight and deoxynivalenol contamination in winter wheat. Field Crops Research, 133: 139-149
- Blandino M., Reyneri A., Vanara F., 2010. Micotoxine dei cereali. Schede di assistenza tecnica della regione Piemonte Supplemento. N56 di "Quaderni della Regione Piemonte - Agricoltura".
- Blandino M., Vanara F., Reyneri A., Colombari G., Pietri A., 2009. Percorsi produttivi per prevenire la contaminazione da micotoxine nel mais. I Georgofili – Quaderni, IV, 121-132
- Blandino M., Vanara F., Reyneri A., Pascale M., Haidukowski M., Corbellini M., Scudellari D., 2009. Percorsi produttivi per prevenire la contaminazione da deoxynivalenolo nel frumento tenero. I Georgofili – Quaderni, IV, 105-119.
- Blandino, M., Minelli, L., Reyneri, A., 2006. Strategies for the chemical control of Fusarium head blight: effect on yield, alveographic parameters and deoxynivalenol contamination in winter wheat grain. Eur. J. Agron. 25, 193-201.
- Blandino, M., Pilati, A., Reyneri, A., Scudellari, D., 2010. Effect of maize crop residue density on Fusarium head blight and on deoxynivalenol contamination of common wheat grains. Cereal Res. Commun., 38, 550-559.
- Blandino M., Scarpino V., Vanara F., Sulyok M., Krska R., Reyneri A., 2015. The Role of the European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis*) on contamination of maize with thirteen Fusarium mycotoxins. Food Additives and Contaminants, DOI: 10.1080/19440049.2014.966158.
- Bottalico, A., 1998. Fusarium diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles in Europe. Journal of plant Pathology 80 (2) 85-103.

- Bottalico, A., 1999. Muffe e micotossine delle granaglie. *Tecnica Molitoria* 12:195-219.
- Bruns, H.A., 2003. Controlling aflatoxin and fumonisin in maize by crop management. *Journal of Toxicology, Toxin Reviews* 22: 153-173.
- Bruns, H.A., Abbas, H.K., 2005. Ultra-high plant populations and nitrogen fertility effects on corn in the Mississippi Valley. *Agronomy Journal* 97: 1136-1140.
- Campagna, C., Fusarini, L., 2010. Contribution of Celest in seed treatment to management of mycotoxins in wheat. Proceedings of the Giornate Fitopatologiche, 9-12 March 2010, Cervia (RA) Italy, Vol. 2, pp. 381-386.
- Chala, A., Weinert, J., Wolf, G.A., 2003. An integrated approach to the evaluation of the efficacy of fungicides against *Fusarium culmorum*, the cause of head blight of wheat. *J. Phytopathol.* 151, 673-678.
- Champeil, A., Dore, T., Fourbet, J.F., 2004a. Fusarium head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Sci.* 166, 1389-1415.
- Champeil, A., Fourbet, J.F., Dore, T., Rossignol, L., 2004b. Influence of cropping system on *Fusarium* head blight and mycotoxin levels in winter wheat. *Crop Prot.* 23, 531-537.
- Dill-Macky, R., Jones, R.K., 2000. The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Dis.* 84, 71-76.
- Doohan, F.M., Brennan, J., Cooke, B.M., 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology* 109: 755-768.
- Edwards, S.G., 2004. Influence of agricultural practices on *Fusarium* infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. *Toxicol. Lett.* 153, 29-35.
- Gourdain E. 2012. Regards croisés sur les outils pour gérer le risqué fusarotoxine: développement, utilisations et perspectives. 4eme Colloque qualité sanitaire des cereals. ARVALIS.
- Gourdain, E., 2008. DON: Maîtriser le risque sur les cultures de blé: quels outils pour quelles utilisations? In Proc. 2é Séminaire Mycotoxines des céréales. April 3, 2008, Paris, Pages 27-40.
- Guerra P., 2000. Micotossine, rischio da evitare. *Terra e Vita* 26: 34-37.
- Haidukowski, M., Pascale, M., Perrone, G., Pancaldi, D., Campagna, C., Visconti, A., 2005. Effect of fungicides on the development of *Fusarium* head blight, yield and deoxynivalenol accumulation in wheat inoculated under field conditions with *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*. *J. Sci. Food Agric.* 85, 191-198.
- Hassegawa, R.H., Fonseca, H., Fancelli, A.L., Da Silva, V.N., Schammass, E.A., Reis Tam Correa, B., 2008. Influence of macro- and micronutrient fertilization on fungal contamination and fumonisin production in corn grains. *Food Control* 19: 36-43.
- Hoensisch, R.W., Davis, R.M., 1994. Relationship between kernel pericarp thickness and susceptibility to *Fusarium* ear rot in field corn. *Plant Disease* 78: 578-580.
- Hollins, T.W., Ruckenbauer, P., De Jong, H., 2003. Progress towards wheat varieties with resistance to *Fusarium* head blight. *Food Control* 14, 239-244.
- Ioos, R., Belhadj, A., Menez, M., Faure, A., 2005. The effect of fungicides on *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* and their associated trichothecene mycotoxins in French naturally-infected cereal grains. *Crop Prot.* 24, 894-902.
- Jenkinson, P., Parry, D.W., 1994. Isolation of *Fusarium* species from common broad-leaved weeds and their pathogenicity to winter wheat. *Mycol. Res.* 98, 776-780.

- Klix, M.B., Beyer M., Verreet, J.-A., 2008. Effect of cultivar, agronomic practices, geographic location, and meteorological conditions on the composition of selected *Fusarium* species on wheat heads. *Can. J. Plant Pathol.* 20, 46-57.
- Koch, H.-J., Pringas, C., Maerlaender, B., 2006. Evaluation of environmental and management effects on Fusarium head blight infection and deoxynivalenol concentration in the grain of winter wheat. *Eur. J. Agron.* 24, 357-366.
- Lacey, J. Et Magan, N., 1991. Fungi in cereal grains: their occurrence and water and temperature relationship. In: *Cereal grain – Mycotoxins, Fungi and Quality in drying and storage* (Chelkowski J., ed.) Elsevier, Amsterdam, Pp. 77-118.
- Lacey, J., Ramakrishna, N., Hamer, A., Magan, N. Et Marfleet, I. C., 1991. Grain fungi. In: D. K. Aurora, K. G. Mukerji and Marth, E. H. (Eds.) *Handbook of Applied Mycology*. Vol. 3. Marcel Dekker, Inc., New York., Pp. 121-177.
- Lauren, D.R., Smith, W.A., Di Menna, M.E., 2007. Influence of harvest date and hybrid on the mycotoxin content of maize (*Zea mays*) grain grown in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 331-340.
- Lemmens, M., Haim, K., Lew, H., Ruckenbauer, P., 2004. The effect of nitrogen fertilization on Fusarium head blight development and deoxynivalenol contamination in wheat. *J. Phytopathol.* 152, 1-8.
- Lori, G.A., Sistera, M.N., Sarandon, S.J., Rizzo, I., Chidichimo, H., 2009. Fusarium head blight in wheat: impact of tillage and other agronomic practices under natural infection. *Crop Prot.* 28, 495-502.
- Maiorano, A., Blandino, M., Reyneri, A., Vanara, F., 2008. Effects of maize residues on the *Fusarium* spp. infection and deoxynivalenol (DON) contamination of wheat grain. *Crop Prot.* 27, 182-188.
- Mayerle, M., Pancaldi, D., Haïdukowski, M., Pascale, M., Ravaglia, S., 2007. Fusariosi e grano tenero: quali sono le varietà più resistenti. *L'Informatore Agrario* 32, 45-49.
- McMullen, M., Halley, S., Schatz, B., Meyer, S., Jordahl, J., Ransom, J., 2008. Integrated strategies for Fusarium head blight management in the United States. *Cereal Res. Commun.* 36 (Suppl.B45), 563-568.
- Mesterházy, A., Bartók, T., Kászonyi, G., Varga, M., Tóth, B., Varga, J., 2005. Common resistance to different *Fusarium* spp. causing Fusarium head blight in wheat. *Eur. J. Plant Pathol.* 112, 267-281.
- Mesterházy, A., Bartók, T., Lamper, C., 2003. Influence of wheat cultivar, species of Fusarium, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of Fusarium head blight. *Plant Dis.* 87, 1107-1115.
- Miller, J.D., Culley, J., Fraser, K., Hubbard, S., Meloche, F., Ouellet, T., Seaman, L., Seifert, K. A., Turkington, K., Voldeng, H., 1998. Effect of tillage practice on Fusarium head blight of wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 20, 95-103.
- Munkvold, G.P., 2003a. Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. *Annu Rev Phytopathol* 41:99-116.
- Nita, M., Dewolf, E., Madden, L., Paul, P., Shamer, G., Adhikari, T., Ali, S., Stein, J., Osborne L., 2006. Effect of corn residue level, fungicide application and cultivar resistance level on disease incidence and severity of Fusarium head blight and DON concentration. In: Proc. 2006 National Fusarium Head Blight Forum, Dec. 10-12, 2006, Research Triangle Park, NC., East Lansing: Michigan State University, Page 49.

- Obst, A., Lepschy, J., Beck, R., Bauer, G., Bechtel, A., 2000. The risk of toxins by *Fusarium graminearum* in wheat – interactions between weather and agronomic factors. Mycotoxin Res. 16A, 16-20.
- Palazzini, J.M., Ramirez, M.L., Torres, A.M., Chulze, S.N., 2007. Potential biocontrol agents for Fusarium head blight and deoxynivalenol production in wheat. Crop Prot. 26, 1702-1710.
- Papst, C., Utz, H.F., Melchinger, A.E., Eder, J., Magg, T., Klein, D., Bohn, M., 2005. Mycotoxins produced by *Fusarium* spp. in isogenic Bt vs. non Bt maize hybrids under European corn borer pressure. Agronomy Journal 97: 219-224.
- Parry, D.W., Jenkinson, P., McLeod, L., 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereal - Review. Plant Pathol. 44, 207-238.
- Paul, P.A., Lipps, P.E., Hershman D.E., McMullen, M.P., Draper, M.A., Madden, L.V., 2008. Efficacy of triazole-based fungicides for Fusarium Head Blight and deoxynivalenol control in wheat: a multivariate meta-analysis. Phytopathology 98, 999-1011.
- Pietri A., Barnabucci U., Reyneri A., Visconti A. 2004. Come prevenire le aflatoxine nel latte. L'Informatore Agrario, 14, 49-50.
- Pirgozliev, S.R., Edwards, S.G., Hare, M.C., Jenkinson, P., 2003. Strategies for the control of Fusarium head blight in cereals. Eur. J. Plant Pathol. 109, 731-742.
- Pizzolatto G. et al., 2004. Mais: qualità e micotossine. Associazione Italiana Raccoglitori, essiccatore, stoccatore di cereali e semi oleaginosi.
- Reid, L.M., Sinha, R.C., 1998. Maize maturity and the development of gibberella ear rot symptoms and deoxynivalenol after inoculation. European Journal of Plant Pathology 104: 147-154.
- Reid, L.M., Zhu, X., Ma, B.L., 2001. Crop rotation and nitrogen effects on maize susceptibility to gibberella (*Fusarium graminearum*) ear rot. Plant and Soil 237: 1-14.
- Reyneri A., Visconti G., Avvantaggiato M., Blandino M., Desiderio E. 2004. Ridurre il rischio afilatossine negli alimenti zootecnici è possibile. L'informatore Agrario, 14, 53-56.
- Saladini, M., Blandino, M., Reyneri, A., Alma, A., 2008. The impact of insecticide treatments on *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (*Lepidoptera: Crambidae*) and their influence on the mycotoxin contamination of maize kernels. Pest Management Science DOI: 10.1002/ps.1613.
- Scarpino V., Sulyok M., Krška R., Reyneri A., Blandino M., 2015. Effect of fungicide application to control Fusarium head blight and 20 Fusarium and Alternaria mycotoxins in winter wheat (*Triticum aestivum*). World Mycotoxin Journal, DOI: 10.392/WMJ2014.1814.
- Schaafsma, A.W., Tamburic-Illinic, L., Miller, J.D., Hooker, D.C., 2001. Agronomic consideration for reducing deoxynivalenol in wheat grain. Can. J. Plant Pathol. 23, 279-285.
- Snijders, C.H.A., 2004. Resistance in wheat to *Fusarium* infection and trichothecene formation. Toxicol. Lett. 153, 37-46.
- Sutton, J.C., 1982. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. Canadian Journal of Plant Pathology 4: 195-209.
- Tóth, B., Kászonyi, G., Bartók, T., Varga, J., Mesterházy, A., 2008. Common resistance of wheat to members of the *Fusarium graminearum* species complex and *F. culmorum*. Plant Breeding 127, 1-8.
- Xu, X.M., 2003. Effects of environmental conditions on the development of Fusarium ear blight. Europ. J. Plant Pathol. 109, 683-689.



Funghi e micotossine

Roberto Causin, Dipartimento TeSAF, Sezione Patologia Vegetale,
Università degli Studi di Padova

1.1 Aspetti generali

Si conoscono decine di generi e specie fungine (muffe) in grado di produrre micotossine, ma non tutte sono di concreto interesse; molte di queste, infatti, non hanno ampia diffusione oppure non sono in grado di svilupparsi in modo considerevole su sostanze destinate all'alimentazione umana o zootechnica oppure non sono produttrici di molecole molto tossiche o, se lo sono, non le producono in concentrazioni apprezzabili.

Considerando le tre categorie di micotossine di maggiore interesse (Aflatossine, Ocratossine e *Fusarium*-tossine), i funghi che nella pratica rivestono il ruolo principale nella sintesi di questi composti sono compresi nei generi *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Non tutte le specie incluse in questi generi, però, sono tossigene, inoltre, al loro interno non tutti i ceppi sono in grado di produrre queste sostanze. Nel genere *Aspergillus*, ad esempio, vi sono sia *Aspergillus oryzae* e *A. sojae*, specie utili per l'uomo¹, sia la specie *A. flavus* che invece è tossigena; di quest'ultima, inoltre, si stima che solo il 45% degli isolati sia in grado di produrre tossine.

Purtroppo non sempre la situazione è così favorevole: in altri generi esistono specie, come ad esempio *Fusarium verticillioides*, al cui interno il 100% dei ceppi sintetizza micotossine.

In ogni caso, anche quando in un dato ambiente vi sia la presenza di un ceppo fungino sicuramente micotossigeno, non è detto che questo riesca a svilupparsi e a produrre le sostanze dannose; ciò dipenderà fondamentalmente dalle condizioni termo-igrometriche (temperatura e umidità) a cui sarà sottoposto. Come è ovvio i contaminanti tossici verranno maggiormente sintetizzati quando il fungo si troverà nelle migliori condizioni di sviluppo e queste ultime possono differire sensibilmente in relazione alla specie considerata e, soprattutto, non si presentano regolarmente tutti gli anni in tutti gli ambienti.

Il mais può venire attaccato da funghi appartenenti a tutti e tre i generi nominati, per tale motivo nei paragrafi che seguono questi verranno presi in esame e ne verranno illustrate le caratteristiche generali e le esigenze termo-igrometriche, i rapporti che contraggono con le piante di mais e i sintomi che

¹ *A. oryzae* e *A. sojae* sono da sempre usati nei Paesi Orientali per la produzione del sakè (bevanda alcolica tratta dal riso), miso (sorta di pasta o paté di soia) e salsa di soia; in applicazioni più moderne e diffuse in tutti i paesi del mondo, vengono utilizzati anche per la produzione di enzimi usati dall'industria alimentare. *A. oryzae* può produrre piccole quantità di acido Cyclopiazonicico.



su esse provocano, nonché alcune considerazioni sulle condizioni che ne favoriscono lo sviluppo e sulle loro possibilità di controllo. Poiché, come è già stato anticipato, è possibile che nell'immediato futuro le *Fusarium*-tossine, e le Fumonisine in particolare, possano diventare uno dei problemi del mais di più difficile soluzione, saranno riservati maggiori approfondimenti agli organismi che producono queste sostanze.

1.2 *Aspergillus* e Aflatossine

I funghi appartenenti al genere *Aspergillus* sono in grado di sintetizzare diversi tipi di micotossine² ma per quanto riguarda il mais essi sono principalmente responsabili delle contaminazioni da Aflatossine³.

Gli Aspergilli sono organismi diffusi in tutti gli ambienti e in generale vivono saprofittariamente, ovvero si sviluppano a carico della sostanza organica non più viva come, ad esempio, i residui culturali; sono termofili e resistono meglio degli altri funghi a condizioni di scarsa umidità.

Il mais può venire attaccato da due specie produttrici di Aflatossine:

- *Aspergillus flavus*, che produce Aflatossina B1 e B2;
- *Aspergillus parasiticus*, che produce Aflatossina B1, B2, G1 e G2.

Negli ambienti maidicoli della Pianura Padana il più diffuso tra i due è *A. flavus*, pertanto nella trattazione che segue si farà principalmente riferimento ad esso.

1.2.1 Influenza della temperatura e dell'umidità

Come tutti gli Aspergilli, anche *A. flavus* si sviluppa bene a temperature calde: l'ottimo viene individuato tra i 32-36 e i 38 °C mentre la sua crescita si riduce sotto i 12 °C e sopra i 42 °C. Le temperature ritenute più favorevoli per la produzione di Aflatossine sono comprese tra i 25 e i 35 °C e vi sono studi che indicano come l'alternanza ciclica tra questi 2 valori stimoli ancora di più la sintesi di queste sostanze.

Relativamente alle esigenze di umidità, come già anticipato, questo fungo può tollerare condizioni di relativa siccità e riesce a sopravvivere con a_w ⁴

2 Le diverse specie appartenenti al genere *Aspergillus* oltre alle Aflatossine possono produrre anche **Ocratossine** e altre sostanze dannose di minore interesse.

3 Le Aflatossine comprendono numerose molecole diverse tra loro; nel presente lavoro si considereranno solo le più importanti per il mais ovvero le Aflatossine B1, B2, G1 e G2.

4 a_w misura l'“attività dell’acqua” e può essere intesa come la misura della disponibilità di acqua per lo sviluppo dei microrganismi; $a_w = 1$ significa che tutta l’acqua presente in quell’ambiente è disponibile; valori minori di 1 indicano che una parte dell’acqua è “impegnata” per trattenere in soluzione zuccheri, sali ecc. (“legame” osmotico) oppure trattenuta per “effetto di superficie” dalla matrice su cui si sviluppa l’organismo (“legame” di matrice). In generale si può considerare che lo sviluppo dei funghi si arresti con a_w sotto 0,70, che con $a_w = 0,6$ venga fortemente inibita l’azione enzimatica e che questa cessi con a_w attorno a 0,3. Per i batteri, invece, le esigenze sono maggiori e l’ a_w minima è circa 0,8.



attorno a 0,78, sebbene gli accrescimenti maggiori si verifichino con disponibilità idriche superiori.

Si può quindi affermare che questo patogeno è particolarmente favorito da clima caldo-umido (90-98% U.R.) e da annate in cui la piovosità nel corso della stagione vegetativa del mais è decisamente inferiore alla media. Queste condizioni non si verificano regolarmente tutti gli anni e in tutte le aree maidicole della Pianura Padana, pertanto, attacchi consistenti da *A. flavus* con relativo accumulo di Aflatossine sono fortemente condizionati dall'andamento stagionale e non sono attesi tutti gli anni.

1.2.2 Sopravvivenza, dispersione nell'ambiente e modalità d'infezione

A. flavus si conserva normalmente nel terreno dove vive saprofittariamente a carico dei residui colturali (cariossidi, tutoli, frammenti di stocco o di tessuti fogliari di mais o di altre piante) su cui sviluppa soprattutto micelio e talvolta sclerozi⁵, superando in questo modo le avverse condizioni invernali. Al sopravvivere della buona stagione, dal micelio e dagli sclerozi si originano enormi quantità di conidi⁶ che danno il via alla fase di diffusione di *A. flavus* nell'ambiente circostante.

Si può ridurre fortemente la produzione di conidi da parte degli sclerozi e quindi la dispersione del fungo con l'interramento dei residui colturali infetti per uno o due anni, ma sono necessari tempi più lunghi perché gli sclerozi presenti su questi ultimi perdano completamente la loro vitalità. Questo fatto, se da una parte conferma l'utilità delle lavorazioni del terreno e dell'avvicendamento colturale, dall'altra sottolinea che i maggiori vantaggi si ottengono quando le piante potenzialmente ospiti di *A. flavus* ritornano nella successione ad intervalli lunghi, possibilmente maggiori di due anni.

I conidi, comunque prodotti, vengono facilmente dispersi dai movimenti, anche leggeri, dell'aria⁷ e giungono sulle sete del mais che sono particolarmente suscettibili quando sono in via di senescenza (colore giallo-bruno); qui, se

5 Il **micelio** è la struttura vegetativa del fungo, in genere poco adatta alla sua conservazione; quando se ne sviluppano grandi masse diventa visibile ad occhio nudo e viene comunemente detto muffa. Gli **sclerozi** sono particolari formazioni più resistenti del micelio alle condizioni avverse; contribuiscono a far sopravvivere il fungo nei periodi sfavorevoli come, ad esempio, l'inverno.

6 I **conidi** sono organi di propagazione agamica (vegetativa) che hanno lo scopo di diffondere il fungo nell'ambiente. Con un termine generale che indica tutte le strutture aventi questo scopo si possono dire anche **propaguli**.

7 *A. flavus* può essere diffuso in misura molto minore, e con scarsa importanza pratica, da insetti. Sebbene gli insetti non siano coinvolti in modo rilevante nelle infezioni primarie del mais, essi sicuramente possono avere un ruolo nella disseminazione del fungo nelle aree infette. Gli insetti, entrando in contatto con le zone di produzione dei conidi possono imbrattarsi con questi o ingerirli e, visitando le piante, lasciarveli per semplice contatto o attraverso le feci.



le condizioni ambientali lo permettono, i conidi germinano e danno origine ad ife⁸ che si accrescono rapidamente lungo la seta fino ad arrivare ad infettare la cariosside in via di formazione.

In questa fase la presenza del polline favorisce tutti i processi descritti, ma sono soprattutto le condizioni ambientali che si verificano all'epoca della fioritura e in quella successiva di riempimento della cariosside che influenzano lo sviluppo del fungo e l'accumulo di Aflatossine. Sotto questo aspetto, per il mais è particolarmente dannoso lo stress idrico che rende la pianta più debole e quindi più facilmente aggredibile da *A. flavus*, che invece tollera la scarsità d'acqua. Se a questo fatto si accompagnano temperature superiori ai 30 °C, che favoriscono la crescita del fungo e invece iniziano ad essere fonte di ulteriore difficoltà per il mais, l'infezione è ancor più favorita e può avere esiti problematici.

Un ulteriore vantaggio per lo sviluppo del patogeno deriva dal fatto che alte temperature e bassa umidità, ben tollerate dall'Aspergillo, sono invece meno adatte alla crescita degli altri microrganismi presenti sul mais e nel terreno; in questa situazione *A. flavus* si trova ad essere favorito e diventa un ottimo competitore, si accresce senza ostacoli e prevale sugli altri microrganismi riuscendo a sovrastarne lo sviluppo.

Oltre a ciò, condizioni di siccità possono causare nelle cariossidi microfessurazioni che rappresentano delle vie d'ingresso per il patogeno e favoriscono ulteriormente l'infezione. Più in generale, tutti i fattori che provocano lesioni della superficie della granella (es. grandine e attacchi da insetti o di uccelli) aumentano la suscettibilità del mais all'attacco di *A. flavus*. È attraverso questa via che, a partire dall'apice della pannocchia e in condizioni di stress termo-igrometrico, avvengono le infezioni nelle fasi più avanzate di maturazione della granella. È sempre a causa di queste lesioni, causate anche da operazioni di raccolta ed essiccazione non attente, che durante la fase di stoccaggio si possono verificare degli attacchi di *A. flavus*, se le condizioni di conservazione non sono corrette.

La presenza di soluzioni di continuità, sebbene non essenziale, rappresenta quindi un fattore predisponente l'infezione. In effetti, nell'invadere i tessuti del mais, il fungo tende a crescere negli spazi liberi e attraverso le barriere più facili da penetrare e, pur colonizzando ampiamente i tessuti e arrivando talvolta anche all'interno del seme, in generale non si addentra profondamente

8 Le **ife** sono lunghi filamenti costituiti da una successione di cellule fungine saldate le une alle altre e di dimensioni molto inferiori a quelle di un cappello umano; a parte qualche eccezione, generalmente non sono visibili ad occhio nudo. Un forte sviluppo di ife, variamente ramificate e intersecantesi, da origine al micelio.



in essi. Ciò probabilmente deriva dal fatto che, come riferito, *A. flavus* è fondamentalmente un saprofita e la sua scarsa virulenza si manifesta solo quando la pianta diviene altamente suscettibile e viene a mancare la competizione con gli altri microrganismi.

1.2.3 Sintomi in campo del marciume della spiga e delle cariossidi da Aspergillo

Sulle spighe infettate, prevalentemente nella porzione apicale ma non raramente anche alla base, si sviluppa una muffa di aspetto granuloso e di colore verdastro con sfumature gialle, che diventa verde più scuro col passare del tempo.



Marciume da Aspergillo su spiga e cariossidi.
Notare l'aspetto granuloso della muffa (micelio)

Il micelio si accresce sulle cariossidi e negli spazi fra esse, arrivando fino al tutolo che viene colonizzato, assumendo anch'esso colorazione grigio-verdastra con sfumature giallognole.

Nel caso di infezioni precoci seguite da un andamento stagionale non particolarmente favorevole allo sviluppo di *A. flavus*, sulle cariossidi infette la muffa può essere assente; questa granella, però, assume spesso delle colorazioni e un aspetto anomalo e risulta comunque contaminata da Aflatoxine.

1.2.4 Post-raccolta

Data la tolleranza al secco più volte ricordata, attacchi di *A. flavus* sono da temere in modo particolare durante le fasi di stoccaggio. Cumuli di granella non correttamente e omogeneamente essiccate possono contenere al loro interno dei nuclei, anche piccoli, con umidità maggiore del 15% che possono ulteriormente caricarsi d'acqua per via igroscopica. In queste condizioni, già con temperature vicine ai 15 °C può iniziare lo sviluppo di Aspergilli, soprattutto se i cumuli sono esposti a temperature superiori.



tutto quando la granella presenta lesioni, comprese le micro-lesioni dovute ad eventi siccitosi, trebbiature mal eseguite o processi di essiccazione non corretti. Sebbene i funghi in queste condizioni crescano lentamente, essi, metabolizzando l'amido delle cariossidi, generano calore e umidità, contribuendo a creare localmente situazioni sempre più favorevoli al loro sviluppo e quindi alla formazione di consistenti nuclei di contaminazione da Aflatossine che vanno via via allargandosi.

Umidità del mais inferiori al 13%, o al 12% se si prevedono conservazioni lunghe, movimentazione periodica della massa e pulizia, garantiscono un ottimo controllo dello sviluppo di *A. flavus* durante la fase di stoccaggio.

Come riferito in precedenza, il fungo si sviluppa prevalentemente nelle regioni più esterne degli organi attaccati e ciò permette di ottenere un abbattimento non trascurabile della presenza di Aflatossine attraverso la pulizia meccanica delle cariossidi. Tale operazione, per avere l'effetto maggiore, deve essere condotta sul prodotto verde, ma può dare risultati accettabili anche sul secco se effettuata correttamente.

1.2.5 Fattori che favoriscono lo sviluppo di *A. flavus* e possibilità di controllo

Si è visto come condizioni di siccità, alte temperature e lesioni della granella favoriscano le infezioni di *A. flavus*, così come stati di stress idrico nel periodo fioritura-riempimento delle cariossidi rendano il mais particolarmente suscettibile all'attacco del patogeno. Esistono ibridi con caratteristiche di resistenza al fungo e all'accumulo di Aflatossine ma, ad oggi, non risulta che nella pratica siano largamente impiegati. Pertanto, oltre all'uso di varietà resistenti ove ne sia la disponibilità, può essere utile:

- realizzare una buona sistemazione idrica dei terreni;
- eseguire l'avvicendamento con colture non suscettibili a *A. flavus*;
- lavorare il terreno opportunamente in modo da interrare i residui culturali;
- concimare in modo equilibrato e adeguato alla fertilità del terreno, alla disponibilità d'acqua e alle esigenze dell'ibrido scelto;
- mantenere la coltura il più possibile pulita dalle malerbe;
- scegliere ibridi resistenti agli stress idrici e termici, adatti all'ambiente di coltura e con precocità tale che il periodo di maggiore suscettibilità al fungo coincida il meno possibile con la stagione siccitosa;
- scegliere l'epoca di semina in modo che il mais attraversi la sua fase di maggiore suscettibilità al fungo nel periodo normalmente meno siccitoso;
- scegliere investimenti che evitino gli stress da competizione;
- irrigare, soprattutto nella fase di riempimento della cariosside ma, se possibile, ogni volta che si temono stress idrici per la pianta, anche di breve periodo;





- raccogliere con umidità della granella non troppo bassa con trebbiatrici ben regolate e pulite;
- eseguire una pulizia meccanica sul “verde”;
- essiccare il più presto possibile dopo la raccolta, evitando le soste di giorni sul piazzale;
- non essiccare a temperature troppo elevate, soprattutto quando la granella non è molto umida, per evitare le microlesioni ed il “rinvenimento”;
- applicare le corrette pratiche di stoccaggio precedentemente discusse.

Si segnalano infine alcune possibilità di controllo biologico basate sull'utilizzazione dell'endofita antagonista *Acremonium zeae* e di ceppi non tossigeni dello stesso *A. flavus*. Anche *Fusarium verticillioides* è in grado di contrastare lo sviluppo di *A. flavus*, però, come si dirà più avanti, esso purtroppo è un importante fungo tossigeno.

In ogni caso, gli antagonismi di cui si è appena riferito si verificano solo in condizioni moderate; con temperature alte (es. 35 °C) sarà comunque *A. flavus* a sovrastare la crescita degli altri funghi.

Nonostante vi siano grandi speranze, soprattutto per l'uso di ceppi di *A. flavus* non tossigeni, al momento attuale, purtroppo, nessun metodo di controllo biologico è ancora stato sviluppato in modo sufficiente da poter avere pratiche applicazioni in pieno campo.

1.3 *Fusarium*, Fumonisine, Tricoteceni e Zearalenone

Molte delle specie comprese nel genere *Fusarium* sono in grado di produrre vari tipi di micotossine; tra queste quelle che interessano il mais sono⁹:

- le Fumonisine;
- il Deossinivalenolo (DON) e le tossine T2 e HT2, tutte comprese nel gruppo dei Tricoteceni;
- lo Zearalenone.

I *Fusaria*, salvo alcune importanti eccezioni di cui si dirà in seguito, non sono patogeni principali del mais e la maggior parte di essi vive saprofitariamente sui residui culturali nel terreno. Sono ubiquitari, presenti praticamente in tutti gli ambienti; non tollerano la siccità e le alte temperature, mentre si sviluppano bene in condizioni di forte umidità e con temperature miti.

Il mais può venire attaccato da più specie di *Fusarium*, alcune importanti per

⁹ I *Fusaria* possono produrre altre tossine sul mais, ma quelle citate sono ritenute le più diffuse e rischiose per la salute dell'uomo e degli animali, infatti entro breve ne è prevista la regolamentazione (Reg. CE 856/2005).



la sanità della granella, altre meno. Esaminarle tutte in questa sede sarebbe troppo lungo e sicuramente poco utile visto che, relativamente alla contaminazione da micotossine, le Fusariosi del mais che rivestono un reale interesse sono essenzialmente due:

- **Marciumi rosa** della spiga e delle cariosidi, associati alla contaminazione da Fumonisine e causati prevalentemente da *Fusarium verticillioides* (sinonimo *F. moniliforme*), *F. proliferatum* e *F. subglutinans*. Nei nostri ambienti prevalgono le infezioni da *F. verticillioides*, pertanto ad esso ci si riferirà trattando di Fumonisine e marciumi rosa;
- **Marciumi rossi** della spiga e delle cariosidi, associati alle contaminazioni da Tricoteceni (DON, Zearalenone, T2 e HT2) e causati prevalentemente da *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sporotrichioides* e *F. poae*. I primi due funghi sono produttori principalmente di DON e Zearalenone, mentre gli altri due sono responsabili della contaminazione da tossina T2 e suoi derivati. Nei nostri ambienti il più diffuso è *F. graminearum*, pertanto ad esso ci si riferirà trattando di Tricoteceni e marciumi rossi¹⁰.

1.3.1 Marciumi rosa, *Fusarium verticillioides* e fumonisine

1.3.1.1 Influenza della temperatura e dell'umidità

Lo sviluppo di *F. verticillioides* è favorito da temperature miti ma non troppo fresche: l'ottimo viene individuato tra i 22,5 e i 27,5 °C; la temperatura minima di crescita si situa tra 2,5 e 5,0 °C e quella massima tra i 32 e i 37 °C. Vi è però una sensibile variabilità tra i diversi isolati in relazione all'area di origine; ad esempio, *F. verticillioides* proveniente da zone a clima più caldo ha un optimum di temperatura vicino ai 30 °C.

Le condizioni termiche ottimali per la produzione di Fumonisine non sono ben chiarite e dipendono molto dal ceppo fungino considerato, variando in un intervallo compreso tra i 15 e i 30 °C.

Questo fungo è molto esigente per quanto riguarda la necessità d'acqua e, sebbene riesca a sopravvivere con $a_w = 0,87\text{-}0,88$, gli accrescimenti maggiori si verificano con a_w attorno a 0,96-0,98. Una a_w di circa 0,98 è anche l'optimum per la sintesi delle Fumonisine.

F. verticillioides, quindi, è favorito da un clima temperato-calido e, come si vedrà tra poco, meno umido di quello necessario a *F. graminearum*, condizio-

¹⁰ Poiché *F. graminearum* non produce la tossina T2, bisognerebbe prendere in esame anche *F. sporotrichioides* e *F. poae*. Ciò viene omesso sia per la minore presenza di questi due funghi nei marciumi rossi, sia per la minore importanza delle tossine da essi prodotte. Queste ultime, infatti, pur essendo molto più tossiche delle altre (TDI provvisoria= 0,06 µg/Kg p. c.) risultano raramente presenti a livelli preoccupanti e, per il momento, i relativi limiti di legge sono ancora allo studio (Reg. CE 856/2005).



ni che nella Pianura Padana si verificano normalmente tutti gli anni nel corso della stagione vegetativa del mais. Per tale motivo, seppur con qualche fluttuazione, le Fumonisine sono presenti nella granella in quantità considerevoli e regolarmente tutti gli anni.

1.3.1.2 Sopravvivenza, dispersione nell'ambiente e modalità d'infezione

F. verticillioides generalmente non viene considerato un patogeno principale del mais poiché, almeno fino ad ora, non viene ritenuto in grado di causare danni di rilievo economico alla coltura. Esso, in effetti, se si escludono gli attacchi alla spiga di cui si parlerà tra poco, può dare solo in casi particolari qualche problema di moria delle piantine o essere associato a marciumi dello stocco.

L'infezione delle piante di mais può avvenire in tre modi:

- 1) da seme endofiticamente infetto, cioè apparentemente sano ma ospitante al suo interno il *F. verticillioides*;
- 2) attraverso le sete ad opera di conidi provenienti dall'inoculo conservato nel terreno;
- 3) come conseguenza degli attacchi di Piralide.

1) Infezioni endofitiche

La granella di mais, quasi regolarmente, contiene al suo interno il *F. verticillioides*¹¹. La semina di questa granella può dare origine a piante con infezioni endofitiche. Questo fungo, infatti, non è dotato di grande virulenza, pertanto, nel mais in buone condizioni di vegetazione può comportarsi come endofita, ovvero può svilupparsi all'interno della pianta, convivendo con essa senza dare alcun sintomo osservabile ma producendo Fumonisine, in quantità crescente quanto più il mais si trova a vegetare in condizioni distanti da quelle ottimali¹². Seguendo l'accrescimento della pianta apparentemente sana, *F. verticillioides* può giungere, sempre per via endofitica, fino alle cariosside che si stanno formando e queste possono maturare senza evidenziare alcun sintomo, ma ospitando al loro interno il fungo. Se questa granella viene seminata il ciclo può ripetersi.

Le infezioni endofitiche possono derivare anche dall'inoculo di *F. verticillioides* presente nel terreno. In questo caso le plantule di mais si infettano precoce-

11 Negli ambienti del Nord-Est Italia la granella di mais contiene *F. verticillioides* in percentuali variabili che spesso sono molto superiori al 50%. Il fungo si trova quasi sempre nel pedicello ("punta") della cariosside, ovvero nell'area immediatamente vicina al punto in cui essa è inserita nel tutolo e, seppur più raramente, può essere rilevato in percentuali minori anche nelle porzioni più a valle

12 Ovvero in condizioni di stress di qualsiasi natura, non solo siccità.



mente attraverso l'apparato radicale e il fungo poi si svilupperà all'interno della pianta senza originare sintomi, nel modo e con le conseguenze appena descritte.

L'esistenza di infezioni di questo tipo può spiegare la presenza di granella apparentemente sana ma con un contenuto non indifferente di Fumonisine.

2) Infezioni attraverso le sete

F. verticillioides è dotato di ottime capacità saprofitarie e si conserva nel terreno sui residui culturali infetti. In questo modo supera le condizioni ambientali sfavorevoli dell'inverno e riesce a sopravvivere 21 mesi e forse anche più. Per questo motivo molti ritengono che l'interramento dei residui culturali non dia alcun pratico vantaggio ma, ovviamente, ciò è da riferire ai casi di omosuccessione o di avvicendamenti colturali dove le piante suscettibili all'attacco di questo fungo ritornino ad intervalli inferiori ai due anni.

Trascorso l'inverno, quando le temperature si fanno più miti, dal micelio presente nel terreno si produce una elevatissima massa di conidi che, grazie ai movimenti dell'aria e agli schizzi di pioggia, viene dispersa nell'ambiente¹³.

Se questi propaguli giungono sulle sete del mais quando queste sono prossime alla senescenza, essi possono germinare e originare ife che, accrescendosi lungo le sete stesse, raggiungono le cariossidi in formazione e vi penetrano, situandosi al loro interno. Questa granella può svilupparsi in un modo apparentemente normale, sembrando del tutto sana, ma, come già visto, risulterà contaminata da Fumonisine in modo tanto maggiore quanto più la pianta avrà attraversato periodi di stress. In alternativa, in situazioni ambientali¹⁴ particolarmente favorevoli per il fungo e sfavorevoli per la pianta, l'infezione può abbandonare la sua veste endofitica ed evolvere in marciume rosa della spiga.

Alcuni studiosi pensano che la principale via d'infezione del mais sia proprio quella attraverso le sete.

3) Infezioni favorite dagli attacchi di Piralide

I conidi possono infettare il mais anche in epoche successive alla fioritura¹⁵, fino alla raccolta compresa. Ciò avviene grazie alla presenza di lesioni di

13 Il "volo" dei conidi di *F. verticillioides* può ridurre l'eventuale vantaggio derivante dall'interramento dei residui culturali se tale pratica non viene adottata su superfici estese.

14 Le situazioni che favoriscono il marciume sono alta umidità, temperature moderato-calde, stress della pianta, lesioni della cariosside.

15 La presenza di *F. verticillioides* nelle cariossidi comincia a diventare rilevabile nella fase di maturazione lattea e raggiunge il massimo quando la granella raggiunge umidità prossime al 20%.



qualsiasi tipo come danni da grandine, uccelli, insetti, ecc. Il fungo, infatti, data la sua limitata virulenza, sfrutta queste soluzioni di continuità come vie privilegiate d'infezione. A questo proposito, i danni (fori e rosure) causati dalla Piralide sono ritenuti il fattore probabilmente più importante nel determinare l'attacco alla spiga poiché favoriscono in modo formidabile l'aggressione di *F. verticillioides* e l'accumulo di Fumonisine¹⁶. Oltre a questo, l'insetto, attraverso i suoi movimenti sulla pianta e tra le piante, contribuisce alla diffusione del fungo poiché si imbratta di propaguli quando si trova nelle zone dove *F. verticillioides* si sta sviluppando e li trasferisce in altre aree dove esso non è ancora presente. Per questo motivo la lotta alla Piralide¹⁷ è utilissima per contenere la contaminazione da Fumonisine.

Qualsiasi sia il tipo di infezione, ritardare la raccolta costituisce sempre un elemento negativo poiché mantiene in campo le spighe in un momento in cui ormai la pianta ha concluso il suo ciclo vegetativo ed è facilmente colonizzabile da *F. verticillioides* che è fortemente favorito dalla situazione climatica che si instaura nei nostri ambienti a fine estate-inizio autunno, soprattutto se le temperature sono ancora tiepide e con buona umidità. In questa situazione l'accumulo di Fumonisine continua finché l'umidità della granella non scende sotto il 20-18%. L'anticipo dell'epoca di semina può anticipare l'intero ciclo del mais con notevoli vantaggi sia per le infezioni durante la fase di coltivazione sia per la possibilità di anticipare anche la raccolta. Lo stesso discorso vale anche per la precocità degli ibridi: quelli a ciclo più corto, normalmente daranno meno problemi dei tardivi. Ovviamente, sono invece da evitare tutte le situazioni che tendono ad allungare il periodo vegetativo del mais (es. pesanti concimazioni azotate¹⁸).

1.3.1.3 Sintomi in campo del marciume rosa o rosato

Nella maggioranza dei casi il marciume si sviluppa nella parte apicale della spiga, anche se non sono rare infezioni nella parte intermedia e basale. In queste aree si sviluppa una muffa, dapprima bianca, poi con sfumature rosate che col tempo si fanno più intense e possono diventare anche rosa salmone o assumere sfumature color lavanda. La muffa si sviluppa sulle cariossidi e tra esse e interessa sia vaste aree, sia piccoli gruppi di cariossidi che cariossidi isolate, sparse lungo la spiga. Sulla granella, in assenza di muffa,

16 Si stima che gli attacchi di Piralide, favorendo le infezioni di *F. verticillioides*, siano responsabili del 50% e oltre della Fumonisina presente nella granella di mais.

17 Anche il mais Bt, modificato geneticamente, può dare risultati in questo senso, ma attualmente non è legalmente utilizzabile nel nostro Paese.

18 Attenzione: un insufficiente apporto di Azoto è causa di stress, indebolisce la pianta e favorisce le infezioni di *F. verticillioides*.



Starburst. Sintomi di starburst sulla granella causati da *F. Verticillioides*

Marciume rosa della spiga causato da *F. verticillioides*

può svilupparsi un altro sintomo detto “starburst” che consiste in una fitta serie di striature bianche che si dipartono a stella dal punto dove la seta era inserita sulla cariosside. Le striature altro non sono che le vie lungo le quali *F. verticillioides*, provenendo dalle sete, si è accresciuto negli strati più esterni del grano, consumando i tessuti; in questo modo si formano dei sottilissimi canali nei quali entra aria che interrompe la trasparenza del pericarpo impedendo di vedere lo strato di aleurone giallo sottostante.

Ricordiamo ancora l'infezione endofitica della granella che non provoca alcun sintomo visibile ma è comunque causa di contaminazioni da Fumonisine.

1.3.1.4 Post-raccolta

Da quanto finora esposto appare evidente che i problemi da *Fusarium* si creano in campo e solamente errori grossolani in raccolta e post-raccolta possono accentuarli. La proliferazione del fungo durante lo stoccaggio sarà favorita da:

- trebbiature mal eseguite, che abbiano creato lesioni e rotture alla granella che favoriscono l'infezione;
- soste prolungate prima dell'essiccazione durante le quali i *Fusaria* continuano a svilupparsi;
- umidità di conservazione troppo alta, ricordiamo che il 18% di umidità rap-



presenta il limite minimo poco oltre il quale possono già iniziare attacchi da parte di *F. verticillioides*¹⁹.

1.3.2 Marciumi rossi, *Fusarium graminearum*, DON e Zearalenone

1.3.2.1 Influenza della temperatura e dell'umidità

F. graminearum è favorito da temperature leggermente più fresche; per esso infatti, l'optimum si colloca tra i 24 e i 26 °C e cresce male sopra i 35 °C.

È anche più esigente per quanto riguarda l'umidità rispetto al *F. verticillioides* e richiede una a_w minima di 0,9 per poter crescere.

La maggior sintesi di DON nella granella di mais avviene nell'intervallo di temperature tra 21 e 29,5 °C²⁰ con una umidità alta che deve essere maggiore del 20% o ancor meglio del 22-25%. Questi livelli di umidità sono necessari anche per la produzione dello Zearalenone, che però avviene meglio in un intervallo che comprende temperature anche più fresche: 18-29,5 °C.

Nelle normali condizioni climatiche della Pianura Padana, le proliferazioni di *F. graminearum* non sono attese tutti gli anni, ma solo nelle annate fresche e piovose e soprattutto nelle aree di Nord-Ovest o più settentrionali rispetto al corso del Po. Oltre a ciò, pur essendo le esigenze termo-igrometriche di *F. graminearum* e *F. verticillioides* molto vicine, il secondo dei due si trova maggiormente favorito dal tipico clima della Pianura Padana e riesce a competere con maggiore efficacia, sovrastando lo sviluppo di *F. graminearum*. Solo quando la raccolta del mais viene protratta molto oltre i normali termini e quindi le temperature rinfrescano un po' e aumenta la probabilità di pioggia, si può assistere ad un ribaltamento della situazione e *F. graminearum* si sviluppa più facilmente di *F. verticillioides* che, invece, viene sensibilmente inibito.

In generale, quindi, nel nostro Paese il mais non risulta particolarmente colpito da DON e Zearalenone che solo saltuariamente e localmente raggiungono le concentrazioni limite proposte in questo momento dal Reg. CE 856/2005.

1.3.2.2 Sopravvivenza, dispersione nell'ambiente e modalità d'infezione

F. graminearum viene considerato un patogeno principale del mais poiché ne può causare il marciume dello stocco. Esso, quindi è in grado di attaccare la pianta anche senza che vi siano particolari stati di stress da deficit e trova vantaggio se i tessuti vegetali sono succulenti, con epidermide e cuticola poco spessi (es. piante troppo rigogliose).

¹⁹ Come già visto per *Aspergillus*, la produzione di calore e umidità come risultato del metabolismo fungino, favorirà l'allargamento dell'infezione.

²⁰ È stato notato che anche temperature variabili ciclicamente (es. 14-15 giorni a 25-28 °C seguiti da 20-28 giorni a 12-15 °C) hanno effetto positivo sulla sintesi di DON.



Anche questo fungo è dotato di ottime capacità saprofitarie e si conserva nel terreno sui residui colturali infetti²¹; l'interramento di questi ultimi comporta un sensibile abbattimento dell'inoculo ma non la sua scomparsa: finchè i residui non vengono completamente distrutti (1-3 anni) si può avere dell'inoculo in grado di causare malattia sul mais. Per trarre vantaggio dalle operazioni di interramento, quindi, si dovranno attuare avvicendamenti con piante non sensibili al patogeno in modo che il mais, possibilmente, non ritorni sullo stesso appezzamento prima di tre anni²².

I residui di mais infetti, al momento in cui cadono nel terreno, normalmente già ospitano alcune strutture riproduttive²³ del fungo; da queste e dal micelio, con la buona stagione si formeranno diversi tipi di propaguli che verranno disseminati nell'ambiente dai movimenti dell'aria e dagli schizzi di pioggia. In questo modo essi giungono sulle sete e vi germinano originando delle ife che si accrescono fino ad infettare la cariosside in formazione che, successivamente, evolverà il marciume rosso.

In questa fase, le sete risultano maggiormente suscettibili quando sono ancora succulente e "fresche" e le condizioni ambientali sono caratterizzate da temperature fresche e pioggerelline frequenti. Se questo tipo di clima permane dalla fioritura in poi, ci si dovrà aspettare una forte incidenza del marciume rosso della spiga.

Si possono avere anche infezioni tardive che, in questo caso, si stabiliscono preferenzialmente alla base della spiga. Esse accadono quando vi sono piogge intense verso la fine della stagione; in questo caso, soprattutto in ibridi che non reclinano la spiga alla maturità, l'acqua penetra dalla punta della pannocchia e scorrendo tra questa e le brattee si raccoglie alla base della spiga dove crea un micro-ambiente particolarmente favorevole alla malattia. Come già anticipato, la permanenza in campo del mais oltre il necessario, soprattutto in autunni piovosi e non molto rigidi, favorisce fortemente lo sviluppo di *F. graminearum* e l'accumulo di DON e Zearalenone. Per gli stessi motivi discussi per il marciume rosa, ci si aspetta un effetto positivo anche da un anticipo delle semine, dall'impiego di ibridi a ciclo corto e da una corretta concimazione azotata.

21 Può sopravvivere anche su residui di soia la quale, però, non ne risentirà in modo particolarmente negativo nell'annata successiva. Questo fatto dovrebbe essere tenuto in considerazione nel realizzare gli avvicendamenti colturali.

22 Purtroppo anche i propaguli di *F. graminearum* "volano" e quindi i vantaggi derivanti dall'interramento dei residui colturali saranno ridotti se non attuati su grandi superfici.

23 Si tratta dei periteci del fungo, fruttificazioni gamiche già presenti in autunno con ascospore non mature; queste matureranno con la buona stagione, eventualmente insieme a macro e micro-conidi, e costituiranno i propaguli che attueranno la disseminazione del fungo.



1.3.2.3 Sintomi in campo del marciume rosso

Anche in questo caso gli attacchi si situano con una certa preferenza all'apice della spiga; qui si sviluppa una muffa di colore rosa carico ma molto più frequentemente e tipicamente, rosso intenso, quasi vinoso.



Marciume rosso della spiga causato da *F. graminearum*

Evoluzione del marciume rosso. Notare l'intenso colore rosso-vinoso della muffa (micelio)

Se l'infezione ha preso l'avvio precocemente la spiga può essere completamente colpita e il micelio, crescendo sulle cariossidi, tra di esse, tra la spiga e le brattee e sulle brattee stesse, salda il tutto strettamente insieme in un unico ammasso. Sulla superficie di questo possono formarsi le fruttificazioni gamiche del fungo (periteci) che appaiono come corpi rotondegianti molto piccoli e di colore nero.

F. graminearum può causare marciume dello stocco, malattia importante che in questa sede non viene trattata.

1.3.2.4 Post-raccolta

Vale quanto già esposto per i marciumi da *F. verticillioides*.

1.3.2.5 Fattori che favoriscono lo sviluppo dei Fusaria e possibilità di controllo

Come si è visto, gli attacchi da *F. verticillioides* dipendono molto dal clima e dalla presenza di stress; questi ultimi possono essere causati da fattori che variano in relazione all'area geografica, all'annata, all'intensità di attacco della Piralide o altri parassiti e alla tecnica colturale impiegata. I diversi ibridi sono adattati in modo diverso ai nominati fattori, pertanto, sebbene non si possa parlare in senso stretto di ibridi specificamente resistenti al marciume rosa della spiga, la scelta delle varietà meglio adatte al luogo e alle tecniche di coltivazione adottate può dare risultati positivi. Oltre alla diversa suscettibilità delle varietà a granella con frattura vitrea o farinosa, sono comunque note alcune caratteristiche morfologiche vantaggiose quali:

- cariossidi con pericarpo spesso e amido compatto;
- spiga che non rimane eretta a maturità;



- brattee strettamente avvolgenti la spiga, caratteristica che frena le infezioni di *F. verticillioides* ma purtroppo favorisce quelle di *F. graminearum*.

Un'efficace lotta contro la Piralide è essenziale per contenere le infezioni di *F. verticillioides* e le contaminazioni da Fumonisine.

Lo sviluppo di marciumi rossi, come si è detto, è favorito da condizioni climatiche fresche e piovose che si verifichino dalla fioritura in poi.

F. graminearum è un patogeno principale del mais ed esistono degli ibridi ad esso tolleranti, ma questo carattere interessa soprattutto il marciume dello stocco. Esistono fonti di resistenza anche per il marciume rosso della spiga ma non sono molto diffuse nell'ambito delle varietà commercializzate, pertanto, anche in questo caso, per contenere il marciume della spiga si dovranno scegliere gli ibridi più adatti all'ambiente di coltivazione e seguire al meglio le buone pratiche di coltivazione.

Oltre a quanto detto, per entrambi i funghi potranno essere utili molti dei suggerimenti già dati per l'*Aspergillus*:

- realizzare una buona sistemazione idrica dei terreni;
- attuare l'avvicendamento con colture non suscettibili ai *Fusaria*;
- lavorare il terreno opportunamente e in modo da interrare i residui culturali;
- concimare in modo equilibrato e adeguato alla fertilità del terreno, alla disponibilità d'acqua e alle esigenze dell'ibrido scelto; non esagerare con l'azoto (vedi anche nota 18);
- mantenere la coltura il più possibile pulita dalle malerbe;
- scegliere ibridi resistenti agli stress idrici e termici, adatti all'ambiente di coltura e con precocità tale che possano essere raccolti prima che le condizioni climatiche diventino estremamente favorevoli per i *Fusaria*;
- scegliere l'epoca di semina in modo che il mais possa essere raccolto prima possibile;
- scegliere investimenti che evitino gli stress da competizione;
- irrigare, soprattutto nella fase di riempimento della cariosside ma, se possibile, ogni volta che si temono stress idrici per la pianta, anche di breve periodo;
- per contenere le infezioni di *F. verticillioides* e l'accumulo di Fumonisine lottare contro la Piralide (NB: questo non ha grande effetto contro *F. graminearum* e le sue tossine);
- eseguire il raccolto con umidità della granella non troppo bassa con trebbiatrici ben regolate e pulite;
- essiccare il più presto possibile dopo la raccolta, evitando soste di giorni sul piazzale;
- non essiccare a temperature troppo elevate, soprattutto la granella meno umida;



- applicare le corrette pratiche di stoccaggio precedentemente discusse.

Vi è anche la possibilità di controllo biologico di *F. verticillioides* attraverso l'impiego dell'endofita *Acremonium zeae*, lo stesso già visto per *A. flavus*, ma per il momento non vi sono sviluppi di pratica utilità.

Si ricorda infine che, dato il citato antagonismo tra *F. verticillioides* e *F. graminearum*, vi è in genere concorrenza tra il marciume rosa e quello rosso della spiga.

1.4 *Penicillium* e Ocratossine

Il genere *Penicillium* comprende svariate specie produttrici di più tipi di micotossine ma, limitando l'esame a ciò che riguarda il mais, è sufficiente considerare solo *Penicillium verrucosum* che su questa pianta può provocare contaminazioni da Ocratossina A.

1.4.1 *Penicillium verrucosum* e Ocratossina A

P. verrucosum è l'unica specie del genere *Penicillium* ritenuta in grado di produrre Ocratossina A; è fondamentalmente un fungo "da conservazione" e nei nostri ambienti non viene considerato un vero e proprio patogeno del mais.

1.4.2 Influenza della temperatura e dell'umidità

Questo fungo è caratterizzato da una crescita lenta e può svilupparsi tra 0 e 31 °C, con un optimum di 20 °C; è anche in grado di tollerare bene condizioni relativamente asciutte, riuscendo a svilupparsi con a_w di 0,80. L'Ocratossina A viene sintetizzata in tutto l'intervallo di temperature citato e quantità significative di questa tossina si possono produrre già a 4 °C e a_w prossima a 0,86. Poiché *P. verrucosum* cresce a basse temperature, esso risulta maggiormente presente nei Paesi a clima temperato-fresco e infatti è diffuso nei cereali coltivati nell'Europa Centrale e Settentrionale e nel Canada. Non si trova quasi mai nelle principali aree maidicolle del nostro Paese e, se compare, non è in campo ma tipicamente nel post-raccolta; per tali motivi nella granella di mais nazionale difficilmente si riscontrano contaminazioni di rilievo da Ocratossina A.

1.4.3 Sopravvivenza, dispersione nell'ambiente, modalità d'infezione, post-raccolta e sintomi

P. verrucosum è dotato di ottime capacità saprofitarie, pertanto può sopravvivere nei residui colturali nel terreno e anche nella sporcizia che può accumularsi in locali e strutture di conservazione, essendo favorito in questo anche dalla sua resistenza alle basse temperature e tolleranza alla scarsa umidità. Appena le condizioni climatiche lo permettono produce una gran massa di



Marciume verde della spiga da Penicillio

conidi leggeri e secchi che vengono facilmente diffusi nell'ambiente dai movimenti dell'aria; se questi propaguli giungono sulla spiga trovandovi delle lesioni (danni da grandine, insetti ecc.) possono germinare e infettare le cariossidi provocandone il marciume. Questo, generalmente, è situato in aree poste nella parte apicale della spiga. Qui si sviluppa una muffa finemente polverulenta, di colore grigio-verde o grigio-verde con sfumature bluastre, che cresce sulle cariossidi e tra esse, arrivando fino al tutolo che assume le medesime colorazioni verdastre. Le cariossidi attaccate possono anche presentarsi di colore stinto e con striature sbiancate.

Questo fungo può svilupparsi in post-raccolta su granella lesionata e conservata ad umidità maggiore del 15-18%; in questo caso se il Penicillio invade l'embrione, può svilupparsi su esso causandone una colorazione anomala, blu-verdastra, che per trasparenza diviene visibile dall'esterno e viene detta "Blue eye" (Occhio blu)²⁴.

Nei nostri ambienti marcumi della spiga confondibili con quelli appena descritti derivano molto più frequentemente da altre specie non produttrici di Ocratossina A; tra queste si segnala *P. oxalicum* che, diversamente dagli altri *Penicillia*, è favorito dal caldo.

1.4.4 Fattori che favoriscono lo sviluppo dei *Penicillia* e possibilità di controllo

Come è già stato detto, nei nostri ambienti non sono attese in campo forti infezioni da *P. verrucosum*; comunque, le attenzioni nella scelta e coltivazione dell'ibrido, già esposte in precedenza, sono opportune anche in questo caso. Una particolare cura si dovrà porre nelle fasi di raccolta, essiccazione e stoccaggio in modo da evitare il più possibile di lesionare la granella e la formazione di accumuli, anche localizzati, di umidità.

24 Il sintomo del Blue eye può essere causato anche da *Aspergillus glaucus*, un fungo che può svilupparsi sulla granella anche con umidità del 14,5%.



Riassumendo...

Principali caratteristiche dei funghi tossigeni

Aspergilli

- *A. flavus*, *A. parasiticus*: producono aflatossine
- condizioni favorevoli allo sviluppo: clima caldo-umido (90-98% U.R.), scarsa piovosità nel corso della stagione vegetativa del mais.
- sintomi: muffa di aspetto granuloso e di colore verdastro sulle spighe infette e sul tutolo.
- possibilità di controllo: evitare tutti i fattori che favoriscono stress idrici (irrigare da post-fioritura in poi), lo sviluppo di infestanti e carenze o eccessi nutrizionali; scegliere ibridi resistenti agli stress idrici e termici; anticipare correttamente l'epoca di semina; raccogliere, essiccare e stoccare la granella a umidità adeguata.

Fusaria:

- *F. verticilliodes*, *F. proliferatum* e *F. subglutinans*: producono fumosine
 - condizioni favorevoli allo sviluppo: clima mite, non troppo fresco, attacchi di Piralide.
 - sintomi: marciume rosa sulla parte apicale della spiga; starburst sulla granella.
 - possibilità di controllo: scegliere ibridi adatti all'ambiente e alle tecniche di coltivazione, preferire le varietà a ciclo breve e eseguire semine tempestive; rispettare le buone pratiche agricole, lotta alla Piralide; in fase di raccolta e post-raccolta, evitare lesioni alla granella, soste prolungate prima dell'essiccazione e umidità di conservazione superiore al 18%.
- *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sporotrichioides* e *F. poae*: producono tricoteceni
 - condizioni favorevoli allo sviluppo: clima fresco e piovoso.
 - sintomi: marciume di colore rosso intenso sulla parte apicale della spiga; possibili fruttificazioni gamiche del fungo, di colore nero.
 - possibilità di controllo: scegliere ibridi adatti all'ambiente di coltivazione e non troppo tardivi, eseguire al meglio le buone pratiche agricole.

Penicilli

- *P. verrucosum*: produce ocratossina A
 - condizioni favorevoli allo sviluppo: clima fresco-temperato.
 - sintomi in campo: marciume verde; in post-raccolta, colorazione blu-verdastra su granella lesionata.
 - possibilità di controllo: oltre al rispetto delle buone pratiche di coltivazione, evitare la formazione di accumuli di umidità nella fasi di raccolta, essiccazione e stoccaggio.