

Mais: le buone regole per la prevenzione

La Regione Emilia-Romagna ha rivisto nel 2016 le proprie Linee guida per il controllo delle micotossine nel mais che riassumono i punti critici e gli interventi volti a ridurre la probabilità di incorrere in elevate contaminazioni. Nel documento sono considerate oltre alle aflatossine e fumonisine, anche il deossinivalenolo e zearalenone. Queste ultime tossine possono interessare la nostra maiscoltura, pur rimanendo nella maggioranza dei casi al di sotto dei livelli massimi ammessi o raccomandati. A livello nazionale sono state recentemente approvate dalla Conferenza Stato-Regioni le Linee guida proposte dal Ministero per le Politiche agricole e forestali (curate da Amedeo Reyneri, Giampaolo Bruno, Maria Grazia D'Egidio e Carlotta Balconi) frutto di un lavoro che ha valutato numerosi progetti di ricerca. A tale percorso hanno partecipato anche le Regioni, compresa l'Emilia-Romagna, che ha apportato il proprio contributo dovuto alla lunga esperienza in materia. Nonostante vi sia una condivisione di massima sui contenuti del documento nazionale, la Regione ha ritenuto opportuno mantenere linee guida che hanno il vantaggio di adattarsi puntualmente alle peculiari condizioni pedoclimatiche e alla realtà agricola del territorio. L'area maidicola a sud del fiume Po presenta infatti una propria specificità che spesso rende più grave e frequente il rischio di contaminazione (in particolare da aflatossine) e che necessita per la prevenzione delle contaminazioni, di tecniche che richiedono opportuni adattamenti. Ad esempio, è decisamente più siccitosa e calda della restante area maidicola e in Romagna le varietà scelte sono più precoci, anche per consentire una fioritura in periodi non troppo caldi. Altre peculiarità sono l'utilizzo

diffuso del sistema di previsioni Irrinet (il servizio interattivo di consigli irrigui per il risparmio idrico) e la diffusione delle tecniche di produzione integrata.

Coinvolta tutta la filiera

Nel 2004 a seguito dell'emergenza aflatossina dell'estate 2003, la Regione, prima in Italia, in accordo con i soggetti della filiera maidicola ha costituito un gruppo di lavoro che ha messo a punto le prime Linee guida indicando le buone pratiche agricole per la riduzione del rischio di contaminazione da funghi tossigeni. Negli anni sono state aggiornate periodicamente grazie alle indicazioni emerse da indagini bibliografiche, dall'esperienza degli operatori del settore e da attività di ricerca e sperimentazione regionali e nazionali, tra cui il progetto presentato negli articoli che seguono. Le Linee guida, curate da Crpv, con la supervisione dei ricercatori dell'Università Cattolica di Piacenza, sono state preliminarmente esaminate da un gruppo di esperti coordinato dal Servizio Sviluppo delle produzioni vegetali della Regione con l'apporto successivo di un Tavolo costituito dai rappresentanti della filiera maidicola e dagli altri Servizi regionali competenti. L'approccio dunque è stato quello del coinvolgimento di tutta la filiera a partire dalle misure da adottare e dalle modalità di applicazione. Questa procedura ha consentito di individuare le proposte operative, facilitare un loro rapido ed efficace trasferimento, sensibilizzare gli agricoltori e verificare la loro coerenza con le norme di produzione integrata. ■

DANIELE GOVI
LUCA RIZZI
Servizio Sviluppo
delle Produzioni
Vegetali,
Regione
Emilia-Romagna

IN SINTESI

In questo numero di "Agricoltura" vengono illustrate le Linee guida che la Regione Emilia-Romagna ha aggiornato per aiutare gli agricoltori in un'ottimale prevenzione delle micotossine del mais nella fase di coltivazione e raccolta. Nel prossimo numero verranno fornite le indicazioni per il post raccolta e lo stoccaggio. Completano il Dossier due articoli che fanno il punto sulle novità della ricerca.



Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie economiche e azioni per il controllo delle micotossine
Gestione complessiva della coltura	AFLA - Gli stress di natura biotica (competizione con le malerbe, presenza di fitofagi) e abiotica (in particolare gli stress idrici e termici in fioritura e/o nella seconda parte della maturazione) aumentano in modo molto rilevante le probabilità di incorrere in un'elevata contaminazione.	molto elevata	- Contenere gli stress alla pianta, in particolare quello idrico, con una gestione agronomica accurata. - Scegliere i cicli dell'ibrido in relazione ai probabili stress.
	DON e ZEA - La proliferazione e lo sviluppo di <i>Fusarium graminearum</i> , il principale produttore di DON e di Zearalenone, sono favoriti da condizioni ambientali fresche. La probabilità di un'elevata contaminazione aumenta nel caso di maturazioni protratte in autunno o prolungate perché interrotte da frequenti precipitazioni.		- Effettuare scelte varietali e colturali atte a ridurre il rischio di cicli lunghi e maturazioni tardive.
	FUMO - Gli stress di natura biotica (competizione con le malerbe e soprattutto gli attacchi da fitofagi) e abiotica (carenze/eccessi nutrizionali e idrici) aumentano le probabilità di contaminazioni elevate. Le condizioni che favoriscono la piena produttività comportano in genere una minore contaminazione.	elevata	- Contenere gli stress alla pianta con una gestione agronomica accurata. - Ridurre l'esposizione agli attacchi della piralide adottando i criteri di difesa dei Disciplinari di Produzione Integrata dell'Emilia-Romagna (DPI-RER) e facendo riferimento ai bollettini provinciali per la corretta epoca di intervento.
Sistemazione del terreno	AFLA - Gli stress idrici e nutrizionali sono le condizioni che maggiormente predispongono la coltura all'infezione da aspergilli. Una coltura con apparato radicale poco sviluppato è più soggetta agli stress soprattutto nei terreni sabbiosi.	media	- Curare lo sgrondo delle acque in eccesso, in particolare nei terreni meno permeabili dove il drenaggio può essere limitato.
	FUMO, DON e ZEA - I terreni più freddi a causa del ristagno causano uno sviluppo iniziale rallentato della coltura. Il ritardo conseguente della fioritura favorisce lo sviluppo di <i>Fusarium verticillioides</i> (FUMO), inoltre aumenta la probabilità di maturazioni protratte in autunno a rischio di <i>Fusarium graminearum</i> (DON e ZEA).		- Evitare di compattare il terreno per l'effetto negativo sullo sviluppo radicale e quindi sulla sensibilità allo stress idrico e nutrizionale. - Ricorrere alle lavorazioni superficiali solo nei terreni meno soggetti a compattamento.
Concia della semente	AFLA - La concia fungicida e insetticida non influenza la contaminazione	bassa	--
	FUMO, DON e ZEA - La concia fungicida non influenza in modo apprezzabile la contaminazione dei <i>Fusaria</i> mentre quella insetticida contribuisce a ridurre gli attacchi dei ferretti (vedi la misura successiva).		

LEGENDA

- molto elevata** ■ Strategia della massima importanza per la costanza degli effetti e la notevole efficacia nel ridurre la contaminazione; efficiente anche se non è accompagnata da altri interventi
- elevata** ■ Strategia frequentemente efficace e in grado di ridurre in modo rilevante la contaminazione
- media** ■ Strategia sovente adeguata quando è accompagnata da altre misure di efficacia elevata
- bassa** ■ Strategia talvolta ininfluente o di effetto ridotto sulla contaminazione

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
Difesa insetticida della plantula	AFLA, FUMO, DON e ZEA - Gli attacchi di elateridi 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 di <i>A. flavus</i> . Inoltre gli allestimenti estesi della coltura creano condizioni microclimatiche favorevoli allo sviluppo delle muffe e rallentano le perdite di umidità nel corso della maturazione.	bassa	- La rotazione colturale è sufficiente a contenere la <i>diabrotica</i> . In altre situazioni (monosuccessione e catture elevate nell'anno precedente) installare trappole cromotropiche gialle e seguire le indicazioni dei bollettini provinciali per eventuali trattamenti.
Gestione dei residui colturali e avvicendamento	AFLA, DON e ZEA - L'avvicendamento colturale è una pratica consigliabile per controllare la diffusione dei funghi che si conservano nei residui colturali e per ridurre le sorgenti di inoculo, anche se questo effetto risulta limitato nei comprensori con elevata presenza di granturco. La rotazione è una buona pratica agricola raccomandata anche per la prevenzione e la difesa da <i>Diabrotica virgifera</i> abbattendo la popolazione larvale per alcuni anni.	media	- Evitare, in particolare, la monosuccessione di granturco da granella. - Il ricorso a una lavorazione del terreno utile all'interramento dei residui colturali della precessione è fondamentale quando sono presenti residui di specie soggette a infezioni (cereali autunno-vernini, granturco, sorgo). Va effettuata entro l'autunno.
	FUMO - In ambienti colturali maidicoli l'inoculo di <i>F. verticillioides</i> è molto abbondante e scarsamente influenzato dall'avvicendamento.	bassa	--
Scelta ibrido	AFLA - La fioritura è la fase in cui è più probabile la contaminazione della spiga. Le alte temperature durante la seconda parte della maturazione favoriscono la crescita della muffa e la sintesi delle aflatoxine.	media	- Impiegare ibridi idonei alle condizioni pedoclimatiche e all'agrotecnica applicabile nella zona in cui dovrà essere coltivato. - Impiegare ibridi stress tolleranti.
	FUMO - La maturazione rapida riduce il tempo disponibile alla crescita della muffa e alla sintesi della tossina.		
	DON e ZEA - La maturazione in condizioni meteorologiche fresche favorisce la crescita delle muffe tossigene e pertanto l'effetto della lunghezza del ciclo è molto forte.	elevata	- Adottare ibridi di precocità opportuna in relazione alla zona di coltivazione.
Epoca di semina	AFLA - 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.	media	- È opportuno effettuare la semina in maniera tempestiva nel momento in cui si presentano buone condizioni agronomiche e climatiche (temperatura del terreno di almeno 10°C da alcuni giorni a 5 cm di profondità). Per identificare il momento ottimale per la semina, in relazione all'andamento meteorologico, si consiglia di fare riferimento ai bollettini provinciali.
	FUMO - Le semine tempestive, anticipando la maturazione, sono meno esposte a infestazioni di piralide e presentano maturazioni più rapide e continue che riducono la crescita della muffe.	elevata	



Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
Investimento alla semina	AFLA - L'investimento influenza il consumo idrico e il microclima nella coltura. Colture fitte (oltre il 20% rispetto alle densità di riferimento dell'ibrido) determinano un aumento dei consumi di acqua e il rischio di maggiori stress idrici creando un ambiente idoneo allo sviluppo della muffa tossigena.	media	- In caso di terreno a bassa fertilità e con scarsa disponibilità irrigua occorre ridurre la densità delle piante al fine di non indurre condizioni di stress idrico.
	FUMO, DON e ZEA - Densità elevate (oltre il 20% rispetto alle densità di riferimento dell'ibrido), senza ridurre l'interfila, comportano condizioni microclimatiche più favorevoli alle muffe rallentando la perdita di umidità della granella.		- Evitare densità di semine eccessive in quanto possono aumentare sensibilmente le contaminazioni delle principali fusarium-tossine
Controllo delle infestanti	AFLA, FUMO, DON e ZEA Le malerbe competono con la coltura per l'acqua e gli elementi nutritivi, aumentando la probabilità e l'entità degli stress.	media	- Effettuare un accurato e tempestivo diserbo in pre o post emergenza, meglio se integrato con il controllo meccanico sull'interfila. - Rispettare le indicazioni del DPI-RER.
Irrigazione	AFLA - Lo stress idrico predispone agli attacchi di <i>Aspergillus flavus</i> . Particolarmente critico è lo stress idrico nelle fasi di fioritura e di maturazione della granella.	molto elevata	- Irrigare sulla base delle effettive esigenze idriche della coltura in rapporto all'andamento evapotraspirativo e pluviometrico (bilancio idrico). - Il servizio Irrinet per il bilancio idrico è disponibile sul sito consorzioer.it - Negli ambienti dove l'acqua può essere un fattore limitante è necessario optare per semine anticipate e ibridi che meglio si adattino agli stress idrici.
	FUMO - In caso di stress idrici pronunciati la contaminazione da fumonisine aumenta (con rese ridotte, la concentrazione aumenta proporzionalmente).		media
	DON e ZEA - L'irrigazione non è in grado di influenzare in modo apprezzabile le contaminazioni.	bassa	--
Fertilizzazione all'impianto e alla semina	AFLA - La nutrizione squilibrata rende più suscettibile la pianta ad attacchi parassitari e fungini e può favorire lo sviluppo di <i>Aspergillus</i> . Inoltre le carenze di fosforo inducono un rallentamento dello sviluppo nella prima parte del ciclo un ritardo della maturazione.	bassa	- Eseguire la concimazione fosfo-azotata localizzata alla semina. - Apportare potassio in relazione alla dotazione del suolo valutando il bilancio dell'elemento nel suolo.
	FUMO, DON e ZEA - Carenze di fosforo inducono un rallentamento dello sviluppo nella prima parte del ciclo e un ritardo della fioritura (e della maturazione), esponendo a un maggior rischio di attacco della piralide.	media	- Effettuare la concimazione fosfo-azotata localizzata alla semina.

Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
Fertilizzazione azotata	AFLA - Carenze di azoto causano frequentemente lo sviluppo stentato della coltura predisponendola ad attacchi di funghi tossigeni e all'accumulo di aflatossine. Carenze di azoto si manifestano spesso in un calo delle rese e in un proporzionale aumento della concentrazione della tossina.	media	<ul style="list-style-type: none"> - Apportare azoto tempestivamente e in quantità equilibrata con gli asporti. - Per individuare la dose di fertilizzanti da somministrare si consiglia di adottare il metodo del bilancio o la dose standard forniti dai DPI-RER.
	DON e ZEA - Apporti troppo elevati di fertilizzanti azotati comportano un rallentamento della maturazione e aumentano i rischi di contaminazione.		
	FUMO - Stress nutrizionali e apporti elevati di fertilizzanti azotati comportano rischi di aumento delle fumonisine.		
Trattamenti insetticidi	AFLA - L'attacco delle larve di piralide del granturco <i>Ostrinia nubilalis</i> e di altri minatori non è causa diretta di sviluppo di funghi, ma <i>A. flavus</i> cresce più rapidamente in cariossidi danneggiate da erosioni più esposte alla penetrazione del micelio. Inoltre, le piante soggette ad infestazioni e sotto stress possono indurre una maggiore sintesi di tossine al fungo. L'attacco delle larve di <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> danneggiando l'apparato radicale espone la pianta a maggiori stress idrici e nutrizionali. Gli attacchi degli insetti inducono un calo delle rese e un proporzionale aumento della concentrazione delle aflatossine.	elevata	<ul style="list-style-type: none"> - Piralide: eseguire il trattamento insetticida di lotta alle uova e alle larve di seconda generazione del fitofago con macchine irroratrici con telaio scavallatore. L'intervento è efficace dal momento in cui le catture degli adulti della prima generazione crescono in maniera costante. È meno efficace nelle colture seminate tardivamente e nelle annate più calde, in presenza anche di più forti e continui attacchi di piralide. Preferire le miscele insetticide che agiscono sugli insetti in diversi stadi di sviluppo e con la maggiore persistenza d'azione; prestare attenzione a possibili fenomeni di acaro-insorgenza provocati dall'impiego di piretroidi. - Diabrotica: in caso di monosuccessione rilevare l'entità dell'infestazione degli adulti mediante trappole cromotropiche. Se la soglia è superata attuare l'avvicendamento o effettuare trattamento adulticida e l'anno successivo attuare l'avvicendamento e/o impiegare geodisinfestanti. - In entrambi i casi rispettare le indicazioni del DPI-RER e fare riferimento ai bollettini provinciali per la corretta epoca di intervento.
	FUMO - L'attività larvale della piralide favorisce in modo determinante la diffusione della muffa tossigena e quindi la contaminazione della granella.	molto elevata	
	DON e ZEA - La piralide e la diabrotica non ne influenzano la contaminazione.	bassa	--



Agrotecnica	Micotossine coinvolte, motivazione del rischio e condizioni di criticità	Efficacia nel controllo delle contaminazioni	Strategie agronomiche e azioni per il controllo delle micotossine
Trattamenti con bio-competiitori	AFLA - L'unico mezzo ritenuto efficace è l'applicazione di ceppi di <i>Aspergillus flavus</i> atossigeni che per competizione limitano lo sviluppo di quelli tossigeni.	molto elevata	- Se disponibili utilizzare i prodotti registrati alla fase di 5° foglia.
Trattamenti fungicidi	AFLA - Non esistono trattamenti fungicidi specifici per il controllo di <i>A. flavus</i> . I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non esercitano azioni sulle muffe tossigene se applicati entro la fine della fioritura.	bassa	--
	FUMO, DON e ZEA - I trattamenti fungicidi per il controllo delle malattie fogliari non interagiscono con i <i>Fusarium</i> se distribuiti entro la maturazione lattea precoce. Inoltre possono favorirne la proliferazione per l'eliminazione di generi di funghi antagonisti. I trattamenti con miscele fusaricide comportano un vantaggio contenuto.		
Epoca di raccolta	AFLA - La raccolta deve avvenire non appena il prodotto è maturo e ha raggiunto l'umidità adeguata per la mietitrebbiatura. Con umidità inferiore al 28% della granella e temperature elevate (> 30°C) <i>A. flavus</i> cresce rapidamente e l'accumulo di aflatossine può diventare rilevante.	molto elevata	- Si consiglia di effettuare la raccolta, soprattutto in annate a rischio (particolarmente calde e siccitose), con umidità della granella al 22-24% e comunque non inferiore al 20%.
	FUMO - Il momento di raccolta influisce sul contenuto di <i>fusarium</i> -tossine e deve avvenire non appena il prodotto è maturo.	elevata	- Eseguire la raccolta appena possibile; nel caso di maturazioni tardive e condizioni di frequenti precipitazioni effettuare tempestivamente la raccolta anche con umidità della granella elevata.
	DON e ZEA - In condizioni meteorologiche fresche (maturazioni protratte in autunno, piogge frequenti) le muffe si sviluppano rapidamente e aumenta la probabilità di contaminazione.		
Regolazione mietitrebbia	AFLA, FUMO, DON, ZEA - 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 quelle a flusso assiale.
Trasporto al centro di stoccaggio	AFLA, FUMO, DON, ZEA - I vani di carico sporchi di residui di granella contaminata possono inquinare il nuovo carico.	bassa	- Pulire accuratamente il vano di carico rimuovendo anche le polveri.



Bio-competitori: una risorsa contro le aflatossine



Crpv

Lo studio di bio-competitori per ridurre il contenuto di aflatossine nel mais era uno degli obiettivi del progetto Myco.Prev, curato dal Centro di ricerche produzioni vegetali nel 2014 e 2015. Svolto nell'ambito della legge regionale 28/98 dell'Emilia-Romagna *Bando zona sisma 2013*, con il cofinanziamento del Consorzio agrario dell'Emilia e delle cooperative Grandi colture italiane e Terremerse, il lavoro sulla prevenzione e il controllo delle micotossine del mais ha avuto risultati molto positivi. Gli altri filoni di ricerca su cui si è sviluppato il progetto hanno riguardato la validazione di Afla-maize, un modello meccanicistico per la previsione della contaminazione da aflatossine in mais durante la coltivazione e la raccolta e l'uso di biosensori per la quantificazione di alcune micotossine nella granella di mais. In questo dossier si affrontano i primi due temi, mentre in una prossima puntata sarà trattato il biosensore o naso elettronico.

L'utilizzo di ceppi atossigeni di *Aspergillus flavus* in grado di competere con i ceppi produttori di aflatossine, ovvero tossigeni, è la strategia più efficace per la riduzione della contaminazione da aflatossine della granella di mais in pieno campo. Questo è confermato da vari studi svolti soprattutto negli Stati Uniti e in Africa. In Italia, attualmente non ci sono prodotti fitosanitari registrati per il contenimento delle aflatossine, ma dal 2013 sono in corso gli studi per la registrazione di AF-X1: un fitosanitario a base del cep-

po atossigeno di *A. flavus* MUCL54911, isolato e selezionato dall'Università Cattolica del Sacro Cuore nell'ambito di uno studio svoltosi dal 2003 al 2012. Il brevetto per l'impiego di questo ceppo è stato rilasciato nel settembre 2015.

Prove in pieno campo

Allo scopo di valutare l'efficacia di AF-X1 e di farlo conoscere agli operatori agricoli, nel 2014 e 2015 in Emilia-Romagna sono state condotte prove di pieno campo durante le quali sono stati messi a confronto appezzamenti testimone di circa un ettaro con analoghe superfici trattate con il prodotto biologico a due diverse dosi (25 kg/ha in tutte le località e 10 kg/ha in alcune). Il formulato, sotto forma di cariossidi di sorgo devitalizzato e inoculato con il ceppo antagonista, (vedi foto a pag. 58), è stato applicato mediante normali spandiconcime aziendali con il mais indicativamente allo stadio di cinque foglie, con altezza di circa 50 cm e comunque quando il passaggio del trattore non arrecasse danni alla coltura. Il prodotto può essere distribuito anche successivamente, ma occorrono particolari spandiconcime portati da macchine scavallatrici.

A maturazione, sono stati raccolti da ciascuna tesi circa cinque kg di granella con campionamento dinamico durante l'avanzamento della mietitrebbia; è stata eseguita la valutazione e quantificazione della microflora fungina sulla granella, poi essiccata e macinata prima di essere destinata

**PAOLA BATTILANI,
MARCO CAMARDO
LEGGIERI**

Dipartimento
di Scienze delle
Produzioni Vegetali
Sostenibili
Università Cattolica
Sacro Cuore (Pc)

CLAUDIO SELMI
Crvp - Centro ricerche
produzioni vegetali,
Faenza (Ra)



*Nella foto in alto:
fase fenologica
del mais nella quale
è stato distribuito
AF-X1*

Cariosside di sorgo devitalizzato e inoculato con A.Flavus, ceppo MUCL54911



all'analisi delle aflatossine. L'*Aspergillus flavus* recuperato è stato analizzato per determinare l'appartenenza allo stesso gruppo di compatibilità vegetativa del ceppo di *A. flavus* MUCL54911, principio attivo del prodotto fitosanitario AF-X1. Ciò al fine di determinare la percentuale di recupero del ceppo distribuito e quindi la sua capacità di adattabilità e competizione con i ceppi presenti in campo.

Trattamenti efficaci

Non sono state evidenziate controindicazioni all'impiego del fitofarmaco che si dimostra un valido strumento a disposizione dei maiscoltori italiani già da quest'anno, seppure con un'auto-rinquinazione temporanea di impiego.

I due anni di studio, 2014 e 2015, sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche molto differenti. In particolare, il 2014 è stato piovoso e con temperature miti durante il periodo estivo, quindi non favorevole per lo sviluppo di *A. flavus*, mentre il 2015 è stato più caldo e secco, quindi maggiormente predisponente alle contaminazioni da aflatossine.

Nel 2014, il contenuto di aflatossine alla raccolta è stato sempre inferiore al limite di legge, sia nelle tesi testimone sia nella rispettiva tesi trattata. Anche se in seguito alla distribuzione di AF-X1 sono state notate riduzioni del contenuto di aflatossine, i valori di contaminazio-

ne erano troppo bassi, non significativi per la valutazione igienico sanitaria delle produzioni. Nel 2015, cinque campi hanno mostrato contaminazioni da aflatossine superiori a 1 microgrammo/kg, fino a valori intorno a 50 µg/kg. La percentuale di riduzione della contaminazione in questi campi è stata mediamente dell'80%. In tre campi la riduzione è stata quasi del 100%.

La riduzione media dell'80% è in linea con i risultati ottenuti in Italia con questo prodotto fitosanitario e negli Stati Uniti e in Africa con altri ceppi autoctoni. In seguito al trattamento, tutti i campioni sono rientrati nei limiti previsti per l'uso zootecnico, solo uno ha superato il limite per l'uso alimentare umano. Questa osservazione è perfettamente in linea con le prove eseguite in Italia dal 2012. I rari casi in cui il prodotto non abbia consentito il rispetto del limite di cinque parti per miliardo possono essere imputati a cause diverse. Infatti, gli esperimenti in pieno campo presentano una naturale eterogeneità in quanto influenzati da numerose variabili, prima tra tutte la scarsa rappresentatività del campione raccolto. Complessivamente, considerando che l'applicazione del fitosanitario AF-X1 si prefigge di ridurre, ma non azzerare il contenuto di aflatossine nel mais, un'efficacia media dell'80% è da considerare molto positiva.

Il recupero dell'agente di biocontrollo dalla granella di mais è stato ottimo, a testimonianza dell'adattamento del ceppo impiegato agli ambienti di coltivazione del mais e alla sua elevata competitività. Inoltre, il ceppo è stato recuperato sia nella tesi trattata che in quella testimone, osservazione fatta anche in precedenti ricerche. L'efficacia nella riduzione delle contaminazioni nell'area trattata rispetto a quella testimone è imputabile alla tempestività con cui il fungo raggiunge la spiga. Infatti, nei campi trattati è assicurato il raggiungimento alla fioritura, come avviene per i ceppi presenti naturalmente in campo. Successivamente, il fungo, facilmente disperso dall'aria, si diffonde anche in aree confinanti, quali appunto, l'area testimone non trattata. Quindi, non si può escludere che anche nel testimone non trattato vi sia stato un effetto di riduzione delle contaminazioni da parte di AF-X1, anche se non significativo come quello ottenuto con il trattamento.

L'AF-X1 non agisce sulle altre specie fungine, mantenendo invariate le altre micotossine eventualmente presenti. ■

Si ringrazia Antonio Mauro per la collaborazione nelle prove di biocontrollo su mais.

Trebbiatura del mais



Un modello per la previsione delle contaminazioni



Prevedere correttamente la contaminazione da micotossine nel mais ha un ruolo essenziale per ottimizzare la gestione di coltura, raccolta e post-raccolta. Nell'ambito del progetto Myco.Prev è stata sviluppata un'attività per validare su scala reale l'impiego del modello Afla-Maize (Battilani *et al.* 2013), recentemente sviluppato in una sperimentazione coordinata da Crpv. Obiettivo dello studio era conoscere su base giornaliera, il rischio di superamento della soglia di legge di 5 µg/kg di AFB₁ nella granella di mais, utilizzando dati meteorologici come input.

Il mais è ospite idoneo per l'infezione da parte di diversi funghi micotossigeni, tra i quali ha assunto grande rilevanza negli ultimi anni *Aspergillus flavus*, produttore di aflatossine. In particolare, l'aflatossina B₁ (AFB₁) è classificata dall'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro come accertata cancerogena per l'uomo. Sulla spiga del mais si possono sviluppare anche diverse specie del genere *Fusarium*, principalmente *F. verticillioides*, *F. proliferatum* e *F. graminearum*, produttori di fumonisine i primi; tricoteceni e zearalenone l'ultimo.

I funghi micotossigeni hanno esigenze ecologiche differenti; pertanto la specie dominante e la conseguente contaminazione da micotossine nella granella, possono cambiare sensibil-

mente in relazione all'annata agraria e alla zona di coltivazione.

Obiettivo: conoscere la diffusione della tossina

A tal scopo sono stati individuati circa 50 campi di mais per le due annate oggetto di studio, 2014 e 2015, rappresentative delle aree di coltivazione regionali, nelle province di Parma, Reggio Emilia, Modena, Bologna, Ferrara e Ravenna.

In collaborazione con le strutture cerealicole del territorio, sono stati raccolti i dati colturali per ciascun campo campionato utilizzando una scheda agronomica. Alla raccolta, le aziende coinvolte hanno prelevato un campione direttamente dal carro di trasporto o dallo scarico della trebbia che è stato poi analizzato dall'Università Cattolica del Sacro Cuore. I dati meteorologici orari sono l'input del modello previsionale Afla-Maize, per ottenere l'indice di rischio di contaminazione da AFB₁ in mais durante la stagione colturale. I dati orari di temperatura (T), umidità relativa (RH) e pioggia (R), sono stati ottenuti da 15 stazioni meteorologiche situate entro 20 km di distanza dai campi oggetto di campionamento, associati grazie ai dati delle schede agronomiche.

**PAOLA BATTILANI,
MARCO CAMARDO
LEGGIERI**

Dipartimento
di Scienze delle
Produzioni Vegetali
Sostenibili
Università Cattolica
Sacro Cuore (Pc)

CLAUDIO SELMI
Crvp - Centro ricerche
produzioni vegetali,
Faenza (Ra)



*Irrigazione
in pieno campo*



Campo di mais

Il modello Afla-Maize permette di stimare giornalmente il rischio di infezioni da *A. flavus* e di accumulo di AFB₁ nelle cariossidi. Il modello calcola, sulla base dei tassi che regolano il passaggio da uno stadio all'altro del ciclo di infezione l'indice dello sviluppo del fungo e della sintesi di tossine. Questo indice, tramite un'equazione logistica, viene tradotto in una probabilità di contaminazione della granella da AFB₁ al di sopra della soglia di 5 µg/kg. Le simulazioni con il modello Afla-Maize sono state effettuate settimanalmente nei mesi di luglio e agosto. La validazione dei modelli previsionali consiste nel confrontare l'*output* generato dal modello con i dati di contaminazione realmente osservati sui campioni. Sulla base di questo confronto, è possibile esprimere un giudizio sull'affidabilità del modello in termini di previsioni corrette, sopra e sottostime rispetto a quanto osservato nei campioni di mais.

La contaminazione media da AFs nei 100 campioni raccolti è stata simile nei due anni dello studio: 5,3 e 6,4 µg/kg nel 2014 e nel 2015. Sono state riscontrate molte sovrastime da parte del modello AFLA-Maize, con risultati peggiori rispetto a quelli di precedenti validazioni. Le ragioni sono presumibilmente da imputare al fatto che il modello non considera la competizione fra funghi differenti, verificatasi nel 2014 e non tiene conto dell'affinamento delle tecniche colturali, che negli ultimi anni consentono una migliore prevenzione delle contaminazioni.

Inoltre, la stima del tasso di produzione delle AFs risente della carenza di dati di campo ed è quindi basata su dati di laboratorio, dimostratisi non completamente idonei per lo scopo. Al riguardo

sono stati acquisiti nuovi dati che saranno utilizzati per migliorare il modello AFLA-Maize. Al fine di valutare un miglioramento delle previsioni è stato considerato anche un modello empirico, recentemente sviluppato (Camardo Leggieri *et al.*, 2015), che esprime il rischio di contaminazione in base a parametri agronomici. Nella fattispecie, questo modello empirico considera la settimana di semina, la provincia di provenienza dei campioni di mais e il controllo chimico della piralide: fattori significativi nel rischio di contaminazione da aflatossine. Le informazioni sono state ricavate dalle schede agronomiche allegate ai campioni ricevuti e utilizzate come *input* per il modello empirico. Le previsioni sono state così riviste, tenendo conto dell'*output* di entrambi i modelli. Utilizzando questo approccio, le previsioni sono decisamente migliorate, raggiungendo rispettivamente il 65% e il 71% nel 2014 e nel 2015, a conferma dell'importanza di raccogliere dati quantitativi relativamente all'effetto delle tecniche colturali da integrare nel modello AFLA-Maize. In sintesi, le ricerche future dovranno concentrarsi sul miglioramento del modello e in particolare sulla raccolta dei dati riguardo all'interazione tra diverse specie fungine e all'influenza delle pratiche agronomiche sul livello di micotossine stimato dai modelli previsionali, per poter poi procedere con l'integrazione di questi risultati nei modelli previsionali esistenti. ■

Attività svolta nell'ambito della legge 28/98 della Regione Emilia-Romagna-Bando zona sisma 2013 Ricerche e innovazione a supporto delle produzioni agricole nelle zone colpite dal sisma del 20 e 29 maggio 2012.