

ALBERTO VERDERIO*, NICOLA BERARDO*, ALDA FERRARI*, PAOLO LAGANÀ*,
CHIARA LANZANOVA*, AMEDEO PIETRI**

Le micotossine nelle produzioni italiane di mais

LA MAISCOLTURA ITALIANA

Il mais, grazie ai continui aumenti di resa ottenuti dal dopoguerra a oggi, si è affermato come il cereale più importante nel sistema di produzione agricola del nostro Paese. L'Italia è il secondo produttore e il primo consumatore di mais in Europa: alla coltura vengono destinati oltre un milione di ettari per la produzione di granella e 250-300 mila ettari per la produzione di trinciato integrale.

I volumi prodotti pari a 10-11 milioni di tonnellate di granella e 4-5 miliardi di unità foraggiere sono superiori a quelli degli altri cereali insieme considerati: le rese per ettaro sono cresciute con una percentuale media intorno al 2% per anno e la produzione nazionale a partire dagli anni 1996-1997 è riuscita a soddisfare la domanda interna per gli impieghi zootecnici (84% dei consumi), per gli impieghi industriali (12%) e per gli usi alimentari (4%).

La coltura è fortemente connessa con le attività zootecniche ed è territorialmente concentrata nella Pianura del Po (91% dell'ettarato totale), nelle regioni del Nord-Ovest (Piemonte e Lombardia con 180.000 e 250.000 ha), del Nord-Est (Veneto e Friuli Venezia Giulia con 320.000 e 80.000 ha) e nei comprensori dell'Emilia Romagna a sud del Po (con 80.000 ha). L'area di coltivazione del silomais coincide con l'area di produzione del latte e del grana padano ed è dislocata prevalentemente in Lombardia (130.000 ha) e quindi in Veneto e Piemonte.

L'aspetto qualitativo delle produzioni è stato oggetto di attenzione e di ricerca alla fine degli anni '90 quando, raggiunto un buon livello di auto ap-

* C.R.A-MAC, Bergamo

** Istituto di Scienze degli alimenti e della nutrizione-UCSC, Piacenza

provvigionamento, maturarono nuove esigenze in ordine alla “difesa” della produzione nazionale e nuove opportunità per la valorizzazione della granella di mais ricomposta in partite “supercommodity” o “identity preserved” con utilità per i diversi utilizzatori e con valore aggiunto per i produttori.

Specifiche per le partite “supercommodity” o “V.E.C.” a valori aggiunto furono in un primo tempo individuati alcuni caratteri fondamentali di natura fisico-meccanico della granella quali integrità, omogeneità, tessitura della cariosside, umidità-conservabilità; quindi furono considerate caratteristiche nutrizionali e funzionali legate alla composizione chimica (gritiz, amido separabile, proteine, acidi grassi) in grado di dare maggiore “resa” o “utilità” al primo trasformatore.

Tuttavia in corrispondenza del progredire delle conoscenze scientifiche circa funghi tossigeni, micotossine e loro effetti tossicologici sull'uomo e gli animali e in corrispondenza dell'introduzione da parte della “governante” di limiti cogenti o limiti di “attenzione” per la concentrazione delle varie tossine in cibi e mangimi, le caratteristiche nutrizionali-antinutrizionali e la sicurezza d'uso di cibi e mangimi sono diventati tratti qualitativi di maggiore “urgenza”.

I FUNGHI DEL MAIS E LE MICOTOSSINE

Il mais è la specie più studiata per gli aspetti di interazione con i funghi micotossigeni e la più monitorata per la concentrazione delle varie classi di tossine presenti nelle diverse aree di coltivazione del cereale, estese dal sub-tropico alle zone temperate fredde delle alte latitudini.

Le più importanti classi di micotossine trovate in mais comprendono le aflatossine, prodotte da funghi del genere *Aspergillus*; gli zearalenoni e i trico-teceni (*Deossinivalenolo*) prodotti da specie di *Fusarium* della Sezione *Discolor* (Nelson et al., 1983); le fumonisine prodotte da specie di *Fusarium* della Sezione *Liseola* (Nelson et al., 1983); le ocratossine prodotte da funghi del genere *Penicillium* e *Aspergillus*.

Diverse indagini condotte nelle principali aree maidicole mondiali indicano come i funghi del genere *Aspergillus*, responsabili della produzione di Aflatossine, siano specialmente diffusi nelle aree più calde di coltivazione comprese tra i 26 e i 35 gradi di latitudine (Klich et al., 1992), ma possano causare infezioni di campo significative anche a latitudini elevate in corrispondenza con andamenti stagionali eccezionalmente caldi e asciutti (CAST, 2003).

Relativamente al genere *Fusarium*, di gran lunga il più frequente nella vasta area temperata di coltivazione, le specie *F. verticillioides* e *F. proliferatum*, agenti del “Marciume rosa della spiga” e responsabili della produzione di fu-

monisine, hanno un maggior adattamento nei climi più caldi e siccitosi nella fase di riempimento della granella; le specie *F. graminearum* e *F. culmorum* agenti del “marciume rosso della spiga” e responsabili della produzione di DON e Zearalenone sono frequenti nei climi più freschi e piovosi nella fase riproduttiva del mais.

Alcuni recenti lavori indicano una stretta relazione tra la latitudine e la frequenza dei marciumi rossi e rosato della spiga: *F. verticillioides* è di gran lunga prevalente nelle aree subtropicali e negli stati del Sud e del Sud-Est del Corn Belt americano (Leslie, 1995); procedendo verso Nord l'incidenza di *F. verticillioides* diminuisce in corrispondenza dell'affermazione di *F. graminearum* che diventa prevalente a partire dall'area nord dell'Illinois. Una zona di transizione è stata osservata in Iowa (Munkvold, 2003) dove isolati da coltivazioni delle contee centrali e meridionali hanno rilevato la predominanza di *F. verticillioides*, mentre nelle contee settentrionali è stato ritrovato principalmente *F. subglutinans* e quindi *F. graminearum*.

Distribuzioni simili per effetto della latitudine sono state osservate anche nelle aree di coltivazione europee (Bottalico, 1998); le indicazioni sono state confermate da una indagine condotta da Syngenta Seeds (Tanzi, 2005) nella quale sono state rilevate concentrazioni di fumonisine superiori alla media europea nelle aree di coltivazione meridionali (Spagna, Portogallo, Italia, Grecia, Francia meridionale, Paesi Balcanici) e, di contro, una prevalenza di DON e Zearalenone nelle aree settentrionali (Francia, Germania, Austria, Ungheria, Polonia, Slovacchia).

La diffusione dei diversi generi-razze fungine e la sintesi di micotossine sono quindi fondamentalmente influenzati dai determinanti climatici e agro-ambientali delle macroaree di coltivazione e in special modo dalle temperature e dall'umidità; la conoscenza tuttavia, delle caratteristiche fisiologiche degli agenti patogeni e del loro modo di agire nelle fasi critiche dell'interazione ospite-parassita permette di indirizzare, sulla base degli andamenti stagionali in corso e delle situazioni agronomiche, modelli di previsione e/o procedure di controllo delle micotossine.

Da alcuni Autori sono state proposte classificazioni in tal senso degli agenti patogeni.

Una prima suddivisione dei patogeni tra “funghi da campo” e “funghi da stoccaggio” si basa sulla diversa capacità di attaccare la pianta in vegetazione causando malattie “sistemiche” unitamente alle note sindromi dei marciumi della spiga: *Gibberella zeae*, forma sessuata di *F. graminearum*, e *F. verticillioides* sono tra i principali agenti del marciume dello stocco e delle radici (stalk rot) e della “morte prematura” della pianta (Compendium of corn diseases, 2000). Di contro, *Aspergillus* e *Penicillium* si collocano, in questa suddivisio-

ne, tra i funghi da stoccaggio per la loro limitata capacità di attacco in campo e per l'adattamento alla crescita su granella a bassa umidità durante le fasi di raccolta e post-raccolta. La capacità di crescere su substrati con umidità inferiore o uguale al 18% è spesso citata come criterio di separazione tra le due categorie di patogeni (Smith and White, 1988).

Questa suddivisione, senz'altro utile ai fini orientativi, non è in grado di separare completamente le due categorie (Munkvold, 2003): alcune specie di *Aspergillus* e *Penicillium* (e in particolare *A. flavus*) presentano, nelle macroaree calde o nelle stagioni favorevoli, evidenti fenomeni di crescita sulle spighe in maturazione: di contro, alcune specie di *Fusarium* possono crescere in fase di post-raccolta se l'umidità della granella non è adeguatamente controllata.

Miller (1995) propone una diversa classificazione dei funghi fondata sul tipo di interazione fungo-pianta nelle diverse fasi di crescita: egli distingue tra funghi patogeni "aggressivi" come *F. graminearum* che provoca malattie sistemiche della pianta; patogeni "opportunisti" come *F. verticillioides* e *A. flavus* i quali crescono e producono tossine su piante stressate (insetti e siccità) e piante senescenti; funghi come *A. flavus* che sviluppano inizialmente sulla pianta e predispongono una più estesa contaminazione dopo la raccolta; funghi come *P. verrucosum* e *A. ochraceus* presenti nel suolo e su tessuti morti in grado di moltiplicarsi in situazioni di stoccaggio permissive.

La zona di coltivazione del mais in Italia può essere a buon diritto considerata come una sorta di "terra di frontiera" per i diversi generi e specie di funghi, nella quale i confini delle aree di adattamento variano in ogni stagione di crescita in relazione della distanza dalle montagne (temperature, GDD), della frequenza degli stress evapotraspirativi (Nord-Ovest con irrigazione gravitazionale turnata vs Nord-Est con irrigazione di soccorso), dell'epoca di maturazione-raccolta (da agosto a ottobre) dell'incidenza della piramide (gradiente Ovest-Est e Nord-Sud) dell'andamento agronomico (colture in 1°, 2° e 3° semina).

IL MONITORAGGIO DELLE MICOTOSSINE

La ricerca è iniziata nel 1999 con fondi assegnati dalla Regione Lombardia al progetto di ricerca "Cerealomb". Gli scopi diretti erano quelli di conoscere i reali livelli di contaminazione delle scorte di mais nazionali immesse sul mercato e nel medio periodo, di ottenere alcune "associazioni" della concentrazione di micotossine riscontrati con l'andamento stagionale, con il posizionamento nella stagione delle fasi fenologiche della coltura, con la macroarea di coltivazione, con i processi di post-raccolta e stoccaggio.

Le azioni di monitoraggio sono continuate negli anni successivi con finanziamenti assegnati dalla stessa Regione ai Progetti di ricerca SIC-Mais (2003) e Pro.Cla.Ma. (2004-2005); negli anni successivi le ricerche sono state inquadrate nel Progetto Interregionale MICOCER e focalizzate sulla contaminazione da fumonisine.

IL CAMPIONAMENTO

Al fine di ottenere risultati il più possibile aderenti alla realtà della produzione maidicola italiana si è scelto preliminarmente di utilizzare gli impianti di essiccazione-stoccaggio quale sorgente dei campioni da sottoporre ad analisi.

È stata individuata, quindi, una rete di 50-70 impianti scelti sulla base

- i) della distribuzione geografica, per ottenere una distribuzione omogenea dei bacini di raccolta entro gli areali di produzione di Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli, Emilia Romagna;
- ii) dimensione, per includere nell'indagine impianti con diversa capacità di essiccazione giornaliera e di stoccaggio finale;
- iii) caratteristiche tecniche degli equipaggiamenti di ricevimento, condizionamento, movimentazione, screening e conservazione.

Le quantità di prodotto complessivamente stoccato nella rete degli impianti è variato negli anni da 800 a 900.000 tonnellate pari a circa l'8-9% della produzione nazionale.

Il prodotto stoccato in ogni impianto è stato ripartito in lotti che generalmente coincidevano con le unità di contenimento (silos e platee) e, in aggiunta, con partite variamente differenziabili attraverso i flussi di consegna (raccolte di inizio-fine stagione, rilocazione da altre strutture), con prodotti volontariamente segregati per caratteristiche "native" o con prodotti o destinazione predefinita.

Dai lotti così individuati sono stati ricavati i campioni per le analisi utilizzando il campionamento dinamico da prodotto in movimento: durante le operazioni di carico degli autotreni in uscita o in occasione delle movimentazioni interne (dall'essiccatoio ai silos, dai silos alle platee, ecc.) è stato ricavato un primo campione di 18-20 kg ricondotto poi a 1-2 kg per il laboratorio di analisi.

Da ciascun centro di raccolta sono stati prelevati mediamente 8-12 campioni contrassegnati con un codice identificativo anche dell'anno e della zona agraria di origine.

L'ANALISI DELLE TOSSINE

La serie completa di campioni (700-800) relativi a ciascuna annata di valutazione sono stati analizzati presso il laboratorio del CRA MAC di Bergamo con metodo ELISA opportunamente messo a punto con ring-test tra vari laboratori collaboratori del progetto Micocer. Una quota (10%) dei campioni di ogni serie è stato sottoposto ad analisi di controllo con metodi HPLC effettuato presso il laboratorio dell'Università di Piacenza.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La diffusione delle fumonisine nelle produzioni italiane

A differenza di aflatossine B1, deossinivalenolo – zearalenone e ocratossine che nelle condizioni italiane presentano una quota rilevante sia pure variabile nei vari anni, di campioni negativi o con concentrazioni molto basse (Verderio et al., 2005) le fumonisine, prodotte da *F. verticillioides* appaiono come la classe di tossine costantemente ed endemicamente diffusa nella nostra zona di coltivazione.

Pochissime partite commerciali tra le oltre 1400 testate nel 2006 e 2007 (fig. 1) sono risultate negative all'analisi delle fumonisine: nei due anni dell'indagine meno del 15% delle partite presentava concentrazioni al di sotto dei 2000 µg/kg limite generalmente richiesto dagli utilizzatori più esigenti di mais

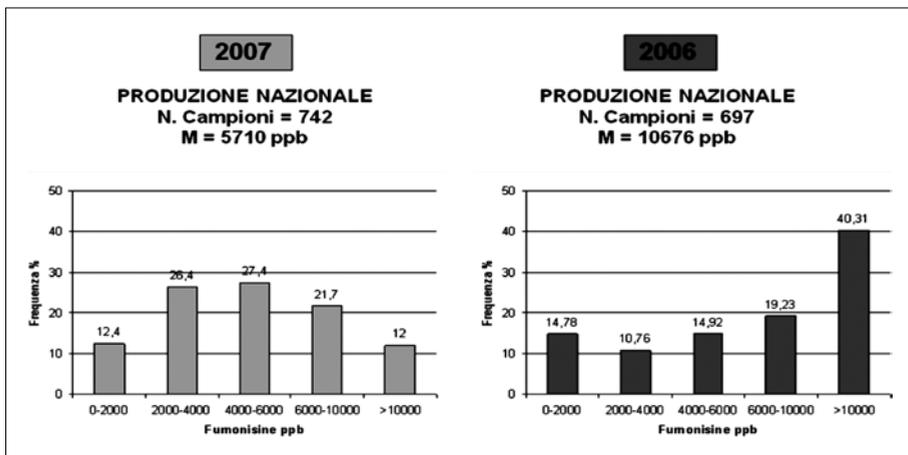


Fig. 1 Distribuzione di frequenza dei campioni prelevati negli areali di produzione di Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli, Emilia Romagna

alimentare d'Oltralpe e solo il 35% dei campioni conteneva concentrazione al di sotto delle 4000 parti per bilione, attuale limite cogente del mais granella destinato all'industria alimentare.

Sempre considerando i dati medi dei due anni appare che il 75% delle produzioni è comunque "liberamente" (al di sotto dei 10.000 ppb) gestibile per l'alimentazione zootecnica (la quale costituisce l'84% dell'utilizzo del mais).

La quota di prodotto oltre i 10.000 ppb presenta forti variazioni nei due anni di monitoraggio: nel 2006, stagione eccezionalmente favorevole al proliferare dei funghi del "marciume rosa" della spiga costituisce il 40% della produzione totale; il 2007 le partite fortemente offerte costituiscono il 12% del totale, valore più vicino a quanto riscontrato in precedenti monitoraggi condotti dal 1999 al 2005 utilizzando la stessa rete di campionamento (Verderio et al., 2005).

L'andamento della temperatura la quale presiede alla velocità di sviluppo della coltura e al posizionamento nella stagione delle fasi fenologiche e che, nel nostro ambiente di coltivazione irriguo (con sistemi gravitazionali o per aspersione, turnati o di soccorso), determina il quarto di stress evapotraspirativo sopportato dalla pianta, oppure il maggior determinante delle variazioni della concentrazione della tossina nelle diverse annate agrarie e nelle diverse regioni-areali di coltivazione.

In figura 2 viene rappresentato l'andamento delle temperature espresse i GDD (gradi di calore utili per giorno) registrati nel 2006 e nel 2007 a confronto con la media cinquantennale.

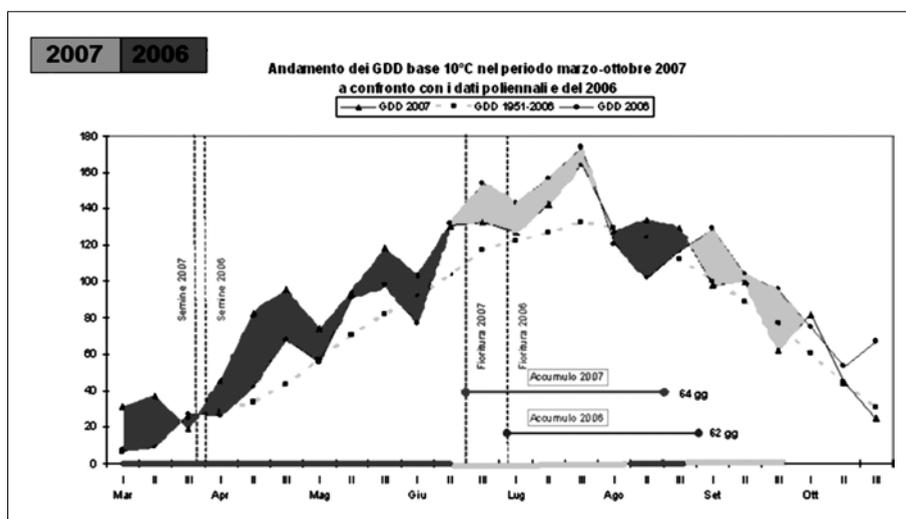


Fig. 2 Andamento GDD nel 2006 e nel 2007 a confronto con la media cinquantennale

Nel 2007 si sono avute temperature più alte e sufficiente piovosità nella fase vegetativa che hanno permesso la fecondazione in epoca molto anticipata (18-20 giugno vs 5-7 luglio) seguite da temperature più basse durante il periodo riproduttivo (critico per lo sviluppo del fungo e la sintesi di fumonisine) sia nella fase di formazione delle cariossidi e accumulo lineare (luglio-prima decade di agosto) e sia nella fase di maturazione agronomica (settembre).

Le temperature moderate e la fioritura anticipata del 2007 associate a un minore grado di stress evapotraspirativo e a una minore incidenza dell'attacco della piralide (minore sopravvivenza delle larve per ovideposizione su piante con spiga già sviluppata) sono state meno favorevoli alla colonizzazione di *Fverticillioides* e *F. proliferatum* classificati, come riportato precedentemente, come funghi "da caldo" e come funghi "opportunisti" più aggressivi verso piante stressate o senescenti.

La distribuzione delle fumonisine nelle diverse Regioni e aree maidicole

Gli impianti di essiccazione-stoccaggio sources delle partite commerciali campionate erano distribuiti in tutte le regioni maidicole della Valle del Po; una riconsiderazione dei risultati del monitoraggio fatta su base regionale può essere utile in termini di gestione delle riserve di mais (indirizzamento delle partite a utilizzatori finali con diverse esigenze in termini di presenza delle varie classi di micotossine) e in termini di previsione-prevenzione attraverso lo studio delle associazioni tra i livelli di contaminazione e differenze climatico-ambientali o agronomico-gestionali riscontrabili in modo stabile o strutturale nelle diverse aree maidicole del nostro paese.

Nelle figure sottostanti vengono riportate la media e la distribuzione di frequenza per la concentrazione di fumonisine nelle partite commerciali prodotte in Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli ed Emilia Romagna nella campagna 2007 considerata come meglio rispecchiante le condizioni medie (attese) per la nostra area di coltivazione.

L'area Piemonte (fig. 3), monitorata con il prelievo di 116 campioni, registra valori più bassi di contaminazione con un valore medio di 4600 ppb, un valore modale di distribuzione di frequenza in corrispondenza dell'intervallo 2000-4000 ppm e una bassa frequenza di campioni con valori superiori a 10.000 µg/kg.

L'area Lombardia (fig. 4) presenta valori medi non dissimili (4800 ppb) con un minor numero di campioni "puliti" (con concentrazione 0-2000 ppb) e una maggiore frequenza di campioni con concentrazioni intermedie tra 4000 e 10.000 ppb.

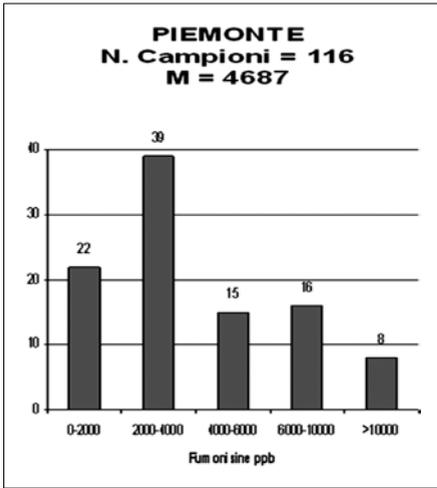


Fig. 3 Frequenza distribuzione fumonisine in Piemonte, anno 2007

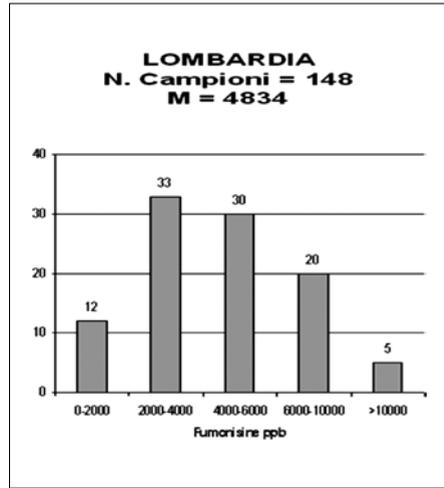


Fig. 4 Frequenza distribuzione fumonisine in Lombardia, anno 2007

La situazione appare decisamente critica in Veneto (fig. 5) sia in termini di media (oltre 10.000 ppb) sia in termini di frequenza delle diverse “classi” di contaminazione: solo il 13% delle partite aveva i requisiti per essere impiegata nell’industria alimentare (valori < 4000 ppb), il 50% delle partite presentava valori tra 4000 e 10.000 ppb e ben il 35% valori critici oltre i 10.000 ppb tali da richiedere processi di “segregazione” per un uso “mirato” in campo mangimistico.

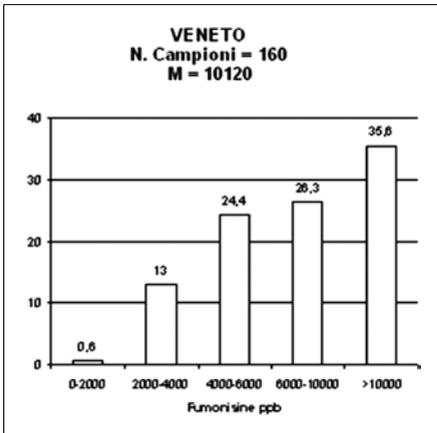


Fig. 5 Frequenza distribuzione fumonisine in Veneto, anno 2007

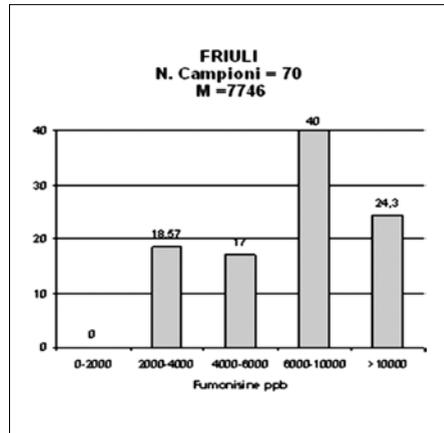


Fig. 6 Frequenza distribuzione fumonisine in Friuli, anno 2007

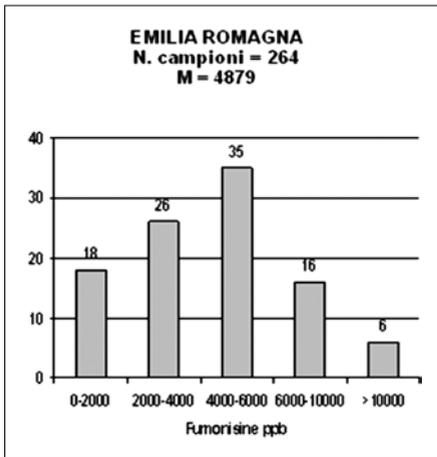


Fig. 7 *Frequenza distribuzione fumonisine in Emilia Romagna, anno 2007*

La distribuzione di frequenza delle concentrazioni di fumonisine Friulane (fig. 6) appare più simile a quella Veneta (fig. 5) che a quella Lombardo-Piemontese (figg. 4-5): il valore della media è intorno ai 7500 ppb, la frequenza modale è spostata sui livelli di contaminazione tra 6000 e 10.000 ppb trovata nel 40% dei campioni esaminati.

In Emilia Romagna (fig. 7) i risultati dell'analisi di 264 campioni indicano una frequenza bassa per le concentrazioni medio-alte (oltre i 6000 ppb) una quota pari al 44% del totale di partite inferiori a 4000 ppb (limite per l'uso food) e un valore modale (35% delle osservazioni) per i campioni con concentrazioni tra 4000 e 6000 ppb.

Le curve di distribuzione regionali mantengono una loro identificabilità e caratterizzazione negli andamenti stagionali delle diverse annate di crescita.

In figura 8 viene proposto un confronto tra l'annata 2007 e la più favorevole annata 2006; le stesse differenzioni tra Nord-Ovest, Nord-Est e Sud-Po sono state osservate nei precedenti anni di monitoraggio con l'eccezione dello

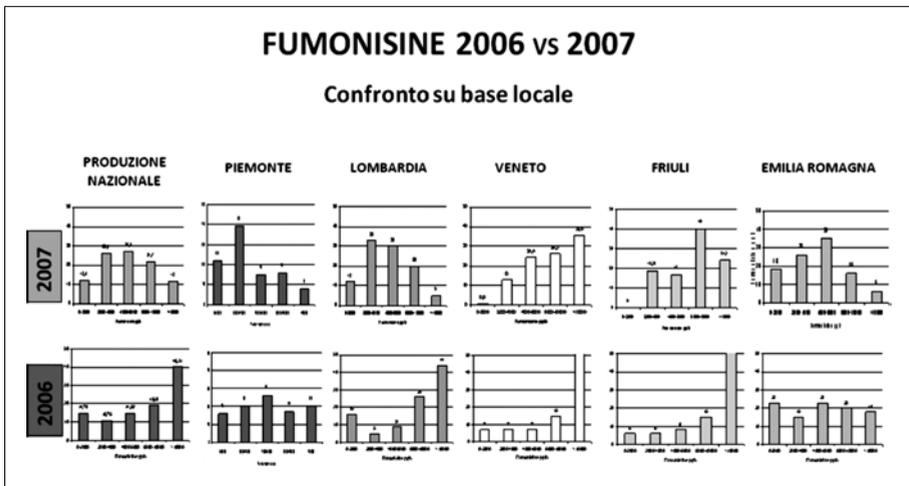


Fig. 8 *Confronto tra 2006 e 2007 delle concentrazione fumonisine nelle partite commerciali prodotte in Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli ed Emilia Romagna*

“stoico” 2003 durante i quali il lungo persistere dell’anticiclone africano annullò qualsiasi differenza climatica (temperatura, umidità relativa, piovosità) tra le diverse regioni e aree produttive italiane.

Il livello delle temperature e la quantità (durata-intensità, distribuzione) di stress evapotraspirativo che è legato alle temperature ma anche alla disponibilità di acqua irrigua e ai sistemi colturali, appaiono essere i maggiori determinanti per spiegare le differenze strutturali tra le nostre aree di coltivazione.

Appare esistere un rischio crescente di contaminazione da fumonisine procedendo da Ovest verso Est e da sistemi di irrigazione gravitazionale turnata in terreni leggeri o di medio impasto (a ovest dell’alluvione del Mincio) a sistemi di irrigazione per aspersione “alla domanda” dei terreni argillosi (a Est dell’alluvione del Mincio). E inoltre, disaggregando ulteriormente i dati regionali, è identificabile anche un secondo gradiente seguendo il quale la probabilità di aumento delle contaminazioni aumenta in ragione della distanza del luogo di coltivazione dallo spartiacque alpino. Questi criteri di classificazione delle aree maidicole per il rischio fumonisine sono ragionevolmente adottabili per tutta la pianura in sinistro Po (80% della superficie a mais italiana) ma meno esplicativi della contaminazioni delle partite prodotte in Emilia Romagna.

In questa Regione una quota molto importante della produzione è condotta lungo la fascia adriatica in condizioni generalmente non irrigue o di apporto limitato attraverso la regolazione dell’altezza di falda. A queste condizioni appaiono più adattati i funghi del genere *Aspergillus* produttrici di aflatossine.

CONCLUSIONI

F. verticillioides e *F. proliferatum* sono endemicamente presenti nella Pianura Padana e hanno sviluppato un andamento specifico alle condizioni ambientali, climatiche e agronomiche esistenti. Le fumonisine costituiscono una sfida per la maiscoltura italiana alla quale il mondo agricolo può rispondere solo facendo sistema dei suoi ambiti amministrativi, scientifici e produttivi. Nel breve periodo la definizione di limiti diversificati in relazione ai differenti usi (food, mangimi per suini, polli, bovini, industria, energia) e l’attuazione di procedure “identity preserved” per canalizzare le produzioni verso i diversi utilizzatori sembrano costituire la strada più praticabile.

L’azione di monitoraggio, condotta attraverso una rete di campionamento stabile negli anni, costituisce uno strumento essenziale per la gestione delle scorte nazionali. L’organizzazione dei risultati in un database complessivo permette di evidenziare le “associazioni” tra le variazioni in contenuto di micotos-

sine, le variazioni dell'andamento stagionale, le differenze "strutturali" tra le diverse aree di coltivazione, l'uso delle diverse tecniche di gestione delle coltivazioni.

Le informazioni così raccolte permettono di tracciare le fondamentali mappe di rischio e di elaborare criteri di previsione che procedono con l'andamento stagionale e lo sviluppo delle coltivazioni.

Tutto questo costituisce l'indispensabile background conoscitivo per la messa a punto di sistemi di controllo-prevenzione in campo già applicati con successo per le produzioni "identity preserved" destinate all'industria alimentare.

RIASSUNTO

Il mais è la specie più studiata per gli aspetti di interazione con i funghi micotossigeni e la più monitorata per la concentrazione delle varie classi di tossine presenti nelle diverse aree di coltivazione del cereale, estese dal sub-tropico alle zone temperate fredde delle alte latitudini.

Gli scopi diretti della ricerca, iniziata nel 1999, erano quelli di conoscere i reali livelli di contaminazione delle scorte di mais nazionali immesse sul mercato e nel medio periodo e di ottenere alcune "associazioni" della concentrazione di micotossine riscontrati con l'andamento stagionale, con il posizionamento nella stagione delle fasi fenologiche della coltura, con la macroarea di coltivazione, con i processi di post-raccolta e stoccaggio.

Al fine di ottenere risultati il più possibile aderenti alla realtà della produzione maidicola italiana si è scelto preliminarmente di utilizzare una rete omogenea di 50-70 impianti di essiccazione-stoccaggio entro gli areali di produzione di Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli, Emilia Romagna, quale sorgente dei campioni da sottoporre ad analisi.

A differenza di aflatossine B1, deossinivalenolo – zearalenone e ocratossine che nelle condizioni italiane presentano una quota rilevante sia pure variabile nei vari anni, di campioni negativi o con concentrazioni molto basse (Verderio et al., 2005) le fumonisine, prodotte da *F. verticillioides* appaiono come la classe di tossine costantemente ed endemicamente diffusa nella nostra zona di coltivazione.

Pochissime partite commerciali tra le oltre 1400 testate nel 2006 e 2007 sono risultate negative all'analisi delle fumonisine: nei due anni dell'indagine meno del 15% delle partite presentava concentrazioni al di sotto dei 2000 µg/kg limite generalmente richiesto dagli utilizzatori più esigenti di mais alimentare d'Oltralpe e solo il 35% dei campioni conteneva concentrazione al di sotto delle 4000 parti per bilione, attuale limite cogente del mais granella destinato all'industria alimentare.

L'azione di monitoraggio, condotta attraverso una rete di campionamento stabile negli anni, costituisce uno strumento essenziale per la gestione delle scorte nazionali. L'organizzazione dei risultati in un database complessivo permette di evidenziare le "associazioni" tra le variazioni in contenuto di micotossine, le variazioni dell'andamento stagionale, le differenze "strutturali" tra le diverse aree di coltivazione, l'uso delle diverse tecniche di gestione delle coltivazioni.

ABSTRACT

Maize is one of the most widely investigated crop for its interaction with mycotoxigen fungi. This crop is also largely monitored for evaluating the concentration of various classes of mycotoxins distributed in different areas of cultivation, ranging from sub-tropical to high latitude cultivation regions.

The objectives of this research was to i) survey the levels of kernel contaminations by mycotoxins in the Italian grain production commercialised in the market, ii) detect possible correlations between concentration level of mycotoxins with environmental factors, phenological stages of plant growth and development, post-harvesting processes and storage conditions.

To reach this scope we had evaluated samples of kernel production from a homologous network of 50 to 70 drying and storage plants distributed in the most relevant areas of cultivation of maize located in: Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli, Emilia-Romagna, as a source of samples to subject to analyses.

The results showed that the network sampling represent an essential tool for the management of the Italian yield related to mycotoxins. The organization of the information collected in a database allowed to figure out association among the content of mycotoxin levels, seasonal variation in environmental factors, differences among the various cultivation areas, the utilization of different management techniques in cultivation.

The difference in aflatoxin B1 deoxynivalenol – zearalone and ochratoxins – in the Italian growing conditions showed a relevant levels, although varying in the different areas, of negative samples or with low level of contamination (Verderio et al., 2005); the fumonisin produced by *F. verticillioides* were the family of toxins constantly and endemically more diffuse in the Italian cultivation.

Only a few commercial samples, out of those assayed in 2006 and 2007, were negative after analyses of fumonisins in the two years of the investigation: less than 15% of the samples showed a concentration below 2000 µg/kg, a value currently required by the final users of maize for food products, only 35% of the samples had a concentration below 4000 µg/kg, a crucial legal level for the use of maize for food products.

BIBLIOGRAFIA

- BOTTALICO A. (1998): *Fusarium diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles in Europe*, «Journal of Plant pathology», 80 (2), pp. 85-103.
- CAST (COUNC. AGRIC. SCI. TECHNOL.) (2003): *Mycotoxins: Risks in Plant and Animal Systems*, «Task Force Rep.», No 38, Ames, IA: CAST.
- COMPENDIUM OF CORN DISEASES (2000): Disease Compendium Series, University of Illinois at Urbana-Champaign Dept. of Crop Sciences, Donald G. White.
- KLICH M., TIFFANY L.H., KNAPHUS G. (1992): *Ecology of the aspergilli of soils and litter*, in Bennett J.W., Klich M.A. eds., *Aspergillus: biology and industrial applications*, Boston, Butterworth Heineman, pp. 329-354.
- LESLIE J.F. (1995): *Gibberella fujikuroi: Available populations and variable traits*, «Can J. Bot.», 73, S282-S291.

- MILLER J.D. (1995): *Fungi and mycotoxins in grain: implication for stored product research*, «Journal of Stored Products Research», 31, pp. 1-16.
- MUNKVOLD GARY P. (2003): *Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize*, «Annu. Rev. Phytopathol.», 41, pp. 99-116.
- NELSON P.E., TOUSSOUN T.A., MARASAS W.F.O. (1983): *Fusarium species: An illustrated manual for identification*, Pennsylvania State University Press, University Park e Londra, PA, 193 pp.
- SMITH D.R. AND D.G. WHITE (1988): *Diseases of corn*, in G.F. Sprague and J.W. Dudley (ed.), *Corn and corn improvement*, ASA, Madison WI, pp. 687-766.
- TANZI F. (2005): *Funghi e micotossine su mais – Indagine Europea di Syngenta Seeds*, Atti della “Giornata del mais 2005”, Bergamo, Italia.
- VERDERIO A. ET AL. (2005): *La diffusione delle micotossine nelle produzioni italiane di mais*, «L’Informatore Agrario», 61 (10), pp. 47-51.