

AMEDEO REYNERI*, MASSIMO BLANDINO*, ALBERTO BONDI**,
GIANNI COLOMBARI**, TERESINA MANCUSO***, AMEDEO PIETRI****

Percorsi produttivi per la prevenzione delle micotossine nel mais

INTRODUZIONE

Da quando nell'ultimo decennio, la contaminazione da micotossine nella granaia di mais è divenuto un aspetto sanitario di primario rilievo, è subito apparso necessario valutare le possibilità di prevenire tale contaminazione attraverso l'introduzione di pratiche agronomiche in grado di contrastare lo sviluppo dei funghi tossigeni (Reyneri et al., 2005).

Infatti, negli areali maidicoli nazionali le pratiche ordinarie di post raccolta assicurano in genere un buon livello di controllo delle condizioni di conservazione nelle strutture di stoccaggio, limitando la probabilità di accumulo di micotossine in questa fase (Reyneri et al., 2002). Pertanto già da un primo esame del processo di filiera si evidenzia che, nel caso della maiscoltura italiana, la produzione di micotossine è in larga parte un problema dipendente dalle pratiche agronomiche.

Ad accentuare il problema della contaminazione da micotossine durante la fase di coltivazione sono le condizioni ambientali favorevoli allo sviluppo di alcune muffe tossigene e alcune pratiche agronomiche che accentuano la durata delle fasi fenologiche favorevoli alla diffusione dell'inoculo e allo sviluppo di tali muffe. Riguardo alle condizioni ambientali, nella Pianura padano-veneta si rinvennero contaminazioni diffuse da *Fusarium verticillioides*, responsabile del marciume rosa della spiga (*Fusarium ear rot*) e da *Fusarium graminearum*, agente del marciume rosso della spiga (*Gibberella ear rot*). Il primo

* Dip. Agroselviter, Università degli Studi di Torino

** Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste, Regione Lombardia

*** Dip. di Economia ed Ingegneria Agraria Forestale e Ambientale, Università degli Studi di Torino

**** Istituto di Scienze degli Alimenti e della Nutrizione, Università Cattolica del Sacro Cuore

prevale nelle condizioni più ordinarie di coltivazione ed è presente in tutte le annate produttive interessando la totalità dei lotti commercializzati (Battilani et al., 2005; AA.VV., 2005), mentre il secondo appare prevalente solo nelle annate o ambienti caratterizzati da condizioni più fresche durante la maturazione (Doohan, 2003).

Riguardo alle pratiche agronomiche, si devono distinguere quelle che favoriscono l'infezione-inoculo, da quelle che favoriscono la crescita-sviluppo del microrganismo, a quelle che favoriscono la sua dispersione.

Le prime interessano soprattutto quelle che aumentano l'esposizione a una serie di insetti fitofagi che erodendo i tegumenti della cariosside, facilitano la penetrazione del micelio e la colonizzazione fungina all'interno della stessa (Blandino et al., 2008) e quelle correlate agli stress idrici che determinando dilatazioni e contrazioni differenziali tra i vari tessuti vegetali, creano altre vie di penetrazione dei microrganismi. Favoriscono invece la crescita-sviluppo delle muffe tutte quelle pratiche che allungano il processo di maturazione della granella mediante una permanenza prolungata in campo.

Con riferimento invece alle tecniche agronomiche che favoriscono la dispersione, occorre ricordare soprattutto l'avvicendamento e la gestione dei residui attraverso le lavorazioni del terreno; infatti, i *Fusaria* più dannosi sono particolarmente presenti nei residui colturali dei cereali e l'entità dell'inoculo dipende largamente dalla precessione, risultando maggiore nel caso della monocoltura maidicola o di successione a un cereale a paglia o del sorgo, e dell'interramento dei residui, risultando accresciuto quando i residui sono lasciati completamente o in parte in superficie come nel caso della semina diretta o della minima lavorazione (Maiorano et al., 2008).

La rilevanza delle numerose pratiche nelle diverse condizioni colturali e ambientali non è di facile definizione: infatti, la contaminazione finale da micotossine si deve essenzialmente alla complessa interazione ambiente x pratiche colturali x genotipo (Munkvold, 2003).

Nonostante tale complessità, la definizione di percorsi produttivi in grado di fornire produzioni di granella con ridotta probabilità di elevate contaminazioni, è apparsa da subito fondamentale. A tal fine, nell'ambito del progetto Interregionale MICOCER, è stata impostata una ricerca per confrontare percorsi produttivi che combinassero in modo razionale le pratiche agronomiche con la maggiore azione preventiva con altre che, introducendo pratiche più rischiose, potessero potenzialmente accrescere la probabilità di incorrere in elevate contaminazioni.

L'interazione è stata valutata quindi esaminando in diversi ambienti, differenti percorsi produttivi impostati con 2 ibridi a diversa precocità.

MATERIALI E METODI

Nel triennio 2005-2007 sono stati confrontati 6 percorsi produttivi in 3 diverse località della pianura irrigua Piemontese (Carmagnola e Vigone) e Lombarda (Mantova). In tutte le situazioni sono stati posti a confronto percorsi ottenuti dalla combinazione di: epoche di semina, densità colturale, concimazione azotata, ibrido e trattamento alla piralide.

In tabella 1 sono riportati in dettaglio i 4 percorsi colturali più significativi, ottenuti dalla combinazione delle pratiche agronomiche prima ricordate. Per gli altri aspetti si ricorda che: per tutti gli ambienti e le tesi la preceSSIONE colturale è stata il mais, le lavorazioni hanno previsto un'aratura superficiale, l'irrigazione è stata attuata secondo le modalità ordinarie della zona (scorrimento in provincia di Torino e aspersione a Mantova) e il diserbo è stato attuato con un doppio intervento in pre-emergenza e in post emergenza dopo una sarchiatura.

Nei 3 ambienti sono stati impiegati 2 ibridi: PR35Y65 (classe FAO 400) e Kermess (classe FAO 600). Le parcelle elementari hanno presentato una superficie di almeno 500 m², secondo uno schema a blocchi randomizzati con 3 ripetizioni. La dimensione delle parcelle ha tenuto conto della necessità di ottenere un ambiente uniforme e chiuso, così da riproporre in modo corretto la condizione colturali di pieno campo, nonché, per il numero di file, della larghezza a cui operano le macchine utilizzate per il trattamento insetticida.

Il trattamento contro la piralide (*Ostrinia nubilalis*) è stato effettuato nella seconda o terza decade di luglio, impiegando un insetticida piretroide (α -cipermetrina) applicato al momento del picco di volo della seconda generazione e distribuito con attrezzatura munita di trampoli e barra irroratrice a manica d'aria. Le raccolte hanno avuto luogo quando la granella ha raggiunto una umidità compresa tra il 20 e il 26% separatamente per le 2 epoche di semina e in talune circostanza anche per i 2 ibridi.

SIGLA	PERCORSO COLTURALE	DATA DI SEMINA	DENSITÀ COLTURALE (pt ha ⁻¹)	FERTILIZ. N ¹ (kg ha ⁻¹)	CONTROLLO CHIMICO PIRALIDE
PR	rischioso	1-10 Maggio	80000	400	non trattato
PM	a medio rischio	25 Mar - 10 Apr.	80000	400	non trattato
PC	corretto	25 Mar - 10 Apr.	65000	200	non trattato
PA	attento	25 Mar - 10 Apr.	65000	200	distribuzione insetticida ²

¹ La fertilizzazione azotata è stata condotta solo in copertura con urea (46%).
² Trattamento con insetticida piretroide (α -cipermetrina) eseguito al picco di sfarfallamento degli adulti dell'insetto.

Tab. 1 I percorsi produttivi a confronto nelle 3 località della sperimentazione

A Mantova, all'interno dello schema sperimentale comune alle altre località, è stato effettuato un ulteriore approfondimento relativo alle modalità di semina. Per ciascun percorso produttivo e senza variare l'investimento, sono state confrontate parcelle seminate con un'interfila ordinaria di 75 cm e con un'interfila di 45 cm.

In tutte le località i rilievi hanno interessato la produzione di granella e l'umidità alla raccolta, l'attacco della piralide e la presenza di ammuffimenti sulla spiga; per questi ultimi aspetti è stata rilevata l'incidenza, espressa come percentuale di spighe infestate da piralide o colpite da ammuffimenti, e la severità, intesa come percentuale della spiga erosa dal lepidottero o interessata da muffa visibile.

Sulla granella sono state ricercate le fumonisine B₁ e B₂, le aflatossine B₁, B₂, G₁ e G₂, il DON (deossinivalenolo); le analisi sono state effettuate nel laboratorio dell'Istituto di Scienze degli Alimenti e della Nutrizione dell'Università Cattolica di Piacenza. Per la separazione/quantificazione delle micotossine sono state utilizzate le tecniche strumentali più avanzate: per le aflatossine la cromatografia liquida ad alta efficienza (HPLC) con rivelatore fluorimetrico (HPLC-F; Pietri et al., 2009; Stroka et al., 2003); per le fumonisine la HPLC con rivelatore di massa a triplo quadrupolo (HPLC-MS/MS; Pietri et al., 2009; Visconti et al., 2001); per i tricoteceni la gascromatografia (GLC) capillare con rivelatore di massa a trappola ionica (GLC-MS; Eskola et al., 2001; Gilbert et al., 1992). Queste tecniche, che hanno consentito una identificazione sicura e una quantificazione accurata delle micotossine nei campioni esaminati, sono tutte ufficialmente riconosciute a livello internazionale.

RISULTATI

Confronto tra percorsi produttivi

Sebbene la valutazione tra percorsi produttivi debba essere effettuata esaminando la contaminazione finale della granella da micotossine, un primo esame relativo all'entità dell'attacco della piralide e sulla diffusione degli ammuffimenti permette di compiere una prima valutazione sulle pratiche colturali messe in atto.

L'incidenza e la severità dell'attacco della piralide sono risultate significativamente più elevate nelle semine tardive (PR) rispetto alle semine ordinarie; in questo ambito, come atteso, il trattamento insetticida (PA) ha sempre ridotto significativamente la percentuale di spighe attaccate (-37%) e la superficie media di granella presentanti rotture e danni (-41%) alla raccolta (tab. 2).

FATTORE	FONTE DI VARIAZIONE	INCIDENZA PIRALIDE	SEVERITÀ PIRALIDE	INCIDENZA MARCIUME DELLA SPIGA	SEVERITÀ MARCIUME DELLA SPIGA
Anno e località	2006, Bigarello	60.1 ab	16.8 bc	55.5	11.7
	2006, Carmagnola	71.0 a	20.9 ab	61.4	10.1
	2006, Vigone	71.8 a	23.1 a	63.0	11.7
	2007, Bigarello	71.8 a	14.7 c	51.5	11.1
	2007, Carmagnola	50.5 b	16.4 bc	49.4	14.5
	2007, Vigone	62.0 ab	20.7 ab	57.9	16.3
	<i>P</i> (F)	**	**	ns	ns
Percorso culturale	PR	79.7 a	24.1 a	71.5 a	19.2 a
	PM	67.7 b	19.8 b	60.0 b	14.2 b
	PC	68.0 b	19.6 b	55.6 c	11.3 c
	PA	42.7 c	11.6 c	38.7 d	7.5 d
	<i>P</i> (F)	***	***	***	***
Ibrido (classe FAO)	400	63.7	18.8	56.2	12.5
	600	65.4	18.7	56.7	13.7
	<i>P</i> (F)	ns	ns	ns	ns
Interazione	<i>P</i> (F)	ns	ns	ns	ns
La stessa lettera indica l'assenza di differenze significative (ANOVA). Significatività <i>P</i> (F) = ns; non significativo, *significativo per $P < 0,05$; ** significativo per $P < 0,01$; *** significativo per $P < 0,001$. I valori medi riportati sono stati trasformati usando $y' = \arcsen\sqrt{x*180/\pi}$, in quanto percentuali derivanti da conteggio.					

Tab. 2 *Effetto di diversi percorsi produttivi e della classe di maturazione dell'ibrido sui danni su spiga da piralide e da marciume della spiga*

Anche per l'incidenza e la severità del marciume della spiga sono state rilevate differenze altamente significative tra i diversi percorsi produttivi. Se confrontata con il percorso corretto (PC), l'adozione di percorsi più o meno rischiosi, quali PR e PM, ha aumentato la severità dell'ammuffimento rispettivamente del 70% e del 26%. Al contrario il trattamento insetticida (PA) ha ridotto la severità del marciume della spiga (-34%) rispetto al PC. L'attacco da piralide e la presenza di marciume della spiga sono risultati simili tra i 2 ibridi a confronto; pertanto, non è stata osservata nessuna interazione tra l'impiego di ibridi a diversa precocità e i diversi percorsi produttivi.

Nell'ambito di ciascun percorso produttivo, invece, non si sono evidenziate differenze significative relative alla diffusione degli ammuffimenti e all'attacco della piralide tra le colture seminate con interfila a 45 e a 75 cm.

Le fumonisine B₁ e B₂ sono risultate presenti in tutti i campioni analizzati e correlate con l'entità dell'attacco della piralide e del marciume della spiga. Le

pratiche agronomiche più strettamente legate a queste tossine sono state l'epoca di semina e la difesa dalla piralide. Pertanto, le contaminazioni medie si sono ridotte passando dal percorso produttivo ad alto rischio (PR), caratterizzato da semine tardive e assenza di difesa, a quello attento (PA) con semine tempestive e distribuzione di insetticida per colpire la seconda generazione della piralide (tab. 3). Dall'esame dei risultati del triennio si è rilevata una riduzione media della contaminazione da fumonisine rispettivamente di 7, 3 e 2 volte per PR, PM e PC rispetto alla PA; inoltre, quest'ultimo percorso produttivo ha sempre presentato le minori contaminazioni. La diversa interfila alla semina non ha influenzato il contenuto in fumonisine.

L'analisi della contaminazione da DON evidenzia, a differenza del caso precedente, una forte influenza del ritardo della maturazione; pertanto, le maggiori concentrazioni sono state riscontrate con l'ibrido a ciclo pieno (classe FAO 600) e semine tardive seguite nel percorso PR (tab. 3). Con questo percorso si sono riscontrate contaminazioni di 7 volte superiori rispetto al PC. Per la capacità di chiudere il ciclo rapidamente, il ritardo dell'epoca di semina ha comportato incrementi di contaminazione più contenuti per l'ibrido più precoce.

Infine, non sono stati evidenziati vantaggi apprezzabili sul contenuto di DON con trattamento insetticida (PA); si conferma che il fungo produttore (*Fusarium graminearum*) di questa micotossina non è diffuso o facilitato dall'attività della piralide.

FATTORE	FONTE DI VARIAZIONE	FUMONISINA B ₁ + B ₂ (µg kg ⁻¹)	DON (µg kg ⁻¹)	AFLATOSSINA B ₁ (µg kg ⁻¹)
Percorso colturale	PR	12412 a	346 a	1.1 a
	PM	5319 b	172 b	0.0 a
	PC	3800 c	89 c	0.0 a
	PA	1733 d	84 c	0.0 a
	<i>P</i> (F)	***	**	ns
Ibrido (classe FAO)	400	5285 a	105 b	0.6
	600	6346 a	240 a	0.0
	<i>P</i> (F)	ns	**	ns
Interazione	<i>P</i> (F)	ns	ns	ns
La stessa lettera indica l'assenza di differenze significative (ANOVA). Significatività <i>P</i> (F) = ns; non significativo, *significativo per <i>P</i> < 0,05; ** significativo per <i>P</i> < 0,01; *** significativo per <i>P</i> < 0,001. I valori medi riportati sono stati trasformati usando $y' = \arcsin \sqrt{x} * 180/\pi$, in quanto percentuali derivanti da conteggio.				

Tab. 3 Effetto di diversi percorsi produttivi e della classe di maturazione dell'ibrido sulla contaminazione da fumonisine, DON e aflatoxine

Le aflatossine sono risultate poco presenti e ritrovate in tracce solo nel 2006 in alcuni campioni provenienti da Mantova. In questo ambiente, i diversi percorsi produttivi non hanno influenzato chiaramente il produttore di queste tossine (*Aspergillus flavus*) perché sono state contaminate solo alcune tesi dell'ibrido più precoce. Sebbene questo risultato sia da correlare a uno stress idrico "puntiforme", piuttosto che alla tesi sperimentale, è tuttavia ragionevole ritenere che gli ibridi più precoci siano mediamente più sensibili agli stress idrici: a) per apparati radicali meno espansi e profondi; b) per le maggiori esigenze idriche medie giornaliere conseguenti a investimenti e produzioni di granella elevati all'interno di brevi cicli colturali; c) per le minori riserve idriche della pianta contenute sostanzialmente nell'esile stocco ed espresse, indirettamente, dal più elevato harvest index.

Le produzioni di granella ottenute seguendo i diversi percorsi produttivi hanno evidenziato che l'adozione di semine tardive (PR), ha portato a una significativa riduzione media (-20%) della produzione per entrambi gli ibridi a confronto, rispetto ai percorsi produttivi caratterizzati da semine ordinarie.

A parità di epoca di semina, il trattamento insetticida (PA) contro la piralide ha permesso di registrare vantaggi produttivi maggiori per l'ibrido più precoce (+6%) rispetto a quello più tardivo (+2,5%). L'investimento alla semina, la distanza dell'interfila e la concimazione azotata non hanno influenzato significativamente la produzione.

Un rilievo condotto su 8 aziende maidicole piemontesi ha permesso di calcolare i costi variabili sostenuti per le principali pratiche colturali; sulla base delle produzioni accertate nel corso della sperimentazione è stato possibile calcolare il reddito lordo attribuibile ai diversi percorsi produttivi a confronto (tab. 4). In relazione alla enorme volatilità dei prezzi della granella di mais, così come di altri cereali, si è ritenuto in questa sede più corretto esprimere i costi variabili, la produzione lorda vendibile (plv) e il reddito lordo in base a valori indice, fatto 100 il valore riferito al percorso produttivo attento (PA).

A un esame più approfondito (tab. 4) si può osservare che la determinazione degli scarti dai valori calcolati per il percorso produttivo più attento (PA) evidenzia che il percorso PM si discosta modestamente in presenza di resa minima, in modo più accentuato in presenza di resa massima e media. Il percorso PR manifesta un elevato scostamento, in presenza delle diverse rese produttive. Il percorso PC mostra il minore scostamento dai valori del percorso produttivo più attento (PA). Per quanto concerne il reddito lordo, si può osservare una dispersione dei percorsi PR, PM, PC rispetto a PA, piuttosto marcata, comunque più elevata rispetto alla plv. La resa massima ottenuta nel percorso produttivo meno attento (PR) minimizza lo scostamento dei valori

PERCORSO PRODUTTIVO	PR		PM		PC		PA
	N. INDICE	DEV. ST.	N. INDICE	DEV. ST.	N. INDICE	DEV. ST.	N. INDICE
con resa minima (8 t ha ⁻¹)							
costi variabili (€/ha)	113	9,3	94	4,5	92	5,6	100
plv (€/ha)	77	16,6	92	5,7	95	3,2	100
reddito lordo (€/ha)	55	31,7	91	6,4	98	1,8	100
con resa media (11 t ha ⁻¹)							
costi variabili (€/ha)	113	9,3	94	4,5	92	5,6	100
plv (€/ha)	77	16,5	89	7,7	93	4,6	100
reddito lordo (€/ha)	61	27,5	87	9,1	94	4,2	100
con resa massima (14 t ha ⁻¹)							
costi variabili (€/ha)	113	9,3	94	4,5	92	5,6	100
plv (€/ha)	79	15,0	79	15,0	90	7,1	100
reddito lordo (€/ha)	68	22,7	74	18,3	89	7,5	100

Fonti: dati aziendali direttamente rilevati in areali maidicoli piemontesi (2007); prezzo medio secondo semestre 2007 Associazione Granaria di Milano per mais nazionale.

Tab. 4 Risultato economico per i diversi percorsi produttivi a confronto

da quelli del percorso più attento (PA). Con la messa in atto del percorso produttivo meno accurato (PR), da quanto sopra si desume che se le condizioni esterne permettono il raggiungimento di rese ottimali, ciò compensa almeno in parte i maggiori costi colturali. Ciò si può anche osservare dalla diminuzione del valore della deviazione standard. Se invece le condizioni ambientali si manifestano in modo sfavorevole, la perdita di produzione penalizza ulteriormente il risultato economico, già eroso dai maggiori costi colturali. Per contro il percorso produttivo più attento (PC) mostra invece una limitata dispersione dei valori, indipendentemente dalle rese ottenute. Da questo esame si conferma che la scelta di un percorso produttivo attento (PA) non è assolutamente in contrasto con la redditività della coltura; semmai è l'adozione di pratiche poco attente quali quelle seguite nei percorsi PR e PM che determina un reddito lordo apprezzabilmente inferiore.

CONCLUSIONI

In questa ricerca le pratiche colturali hanno confermato di svolgere un ruolo di notevole rilevanza nel ridurre le contaminazioni delle principali micotossine del mais. In relazione alla diversa ecologia dei funghi tossigeni (*F. verticillioides*, *F. graminearum*, *A. flavus*) i diversi percorsi produttivi a confronto non

hanno permesso di ridurre le contaminazioni in misura simile. In particolare per il contenimento delle fumonisine sono risultati determinanti la semina tempestiva e la lotta alla seconda generazione della piralide (PA), quando per il controllo del DON appare necessario prestare la massima attenzione al ciclo dell'ibrido e alla data di semina che devono essere rispettivamente medio o medio-precocce e tempestiva nell'esecuzione.

Per quanto attiene la contaminazione da aflatoxina i dati offrono solo delle risposte indirette, perché le diverse tesi sperimentali, create a livello di località, anni, ibridi, investimenti, concimazioni, trattamenti, epoche di semina e modalità irrigue non sono state in grado di generare contaminazioni significative per questa micotossina.

Tuttavia, in generale, se *Aspergillus flavus* riesce a penetrare all'interno dei tessuti riproduttivi, secondo le vie sopra ricordate, è ragionevole ritenere che la permanenza in campo dell'ibrido comporterebbe aumento di AFB1, perché le condizioni di temperatura e umidità esterne e interne la pianta sono estremamente favorevoli allo sviluppo del fungo, così come si evidenzerebbe che tanto è più precoce è l'infezione, quanto più grave è la contaminazione.

Considerando che per produrre un mais sano, adatto alle crescenti esigenze del mercato, occorre prevenire per via agronomica l'insieme delle più frequenti tossine, è opportuno sintetizzare in uno schema la diversa efficacia dei percorsi produttivi confrontati (tab. 5).

Dall'esame dello schema si evidenzia che il percorso indicato come rischioso (PR) si conferma quello potenzialmente più soggetto a contaminazioni anche incrociate di micotossine e che aggiungendo progressivamente pratiche colturali più attente nel complesso la probabilità di incorrere in contaminazioni elevate si riduce. Le risultanze di questa ricerca sottolineano quindi che è possibile contrastare lo sviluppo di più funghi tossigeni, sebbene non con uguale efficacia, adottando percorsi produttivi attenti.

Occorre considerare che anche seguendo un percorso produttivo attento,

	PR		PM		PC		PA	
	PRECOCE	MEDIO-TARDIVO	PRECOCE	MEDIO-TARDIVO	PRECOCE	MEDIO-TARDIVO	PRECOCE	MEDIO-TARDIVO
Fumonisine	++	+	+++	+++	+++	+++	++++	++++
DON	+++	+	+++	++	+++	+++	++++	+++
Aflatoxine	(++)	(+++)	(+++)	(++++)	(+++)	(++++)	(+++)	(++++)

Tab. 5 Azione preventiva esercitata dai diversi percorsi produttivi e dalla precocità dell'ibrido. Al crescere del numero di crocette corrisponde un'azione preventiva progressivamente più efficace (le azioni preventive riferite alla aflatoxine sono entro parentesi perché richiedono ulteriori conferme)

non è sempre possibile conseguire una contaminazione in linea con le attese, perché i principali fattori ambientali non sono controllabili e alcuni genotipi presentano una maggiore sensibilità alle muffe; inoltre è opportuno ricordare che i metodi preventivi non incidono direttamente sulla causa primaria, ovvero sull'inoculo del fungo tossigeno. Ciò nondimeno, per tutte le micotossine esaminate si sono riscontrate concentrazioni medie in linea con quelle delle normative comunitarie (Reg. 1881/06/CE; Reg. 1126/07/CE) adottando le pratiche colturali più attente.

RIASSUNTO

La presenza delle micotossine nei cereali è un problema economico e sanitario. Tali sostanze sono principalmente prodotte in campo e sono influenzate dalle condizioni ambientali durante la maturazione e dalle tecniche agronomiche. Lo scopo di questo contributo è quello di confrontare l'effetto di diversi percorsi produttivi sulla contaminazione da fumonisine, deossinivalenolo e aflatossine nella granella di mais. Dal 2005 al 2007, 2 ibridi con diversa precocità e 4 combinazioni di pratiche agronomiche (epoca di semina, densità colturale, fertilizzazione N e controllo della piralide), sono stati messi a confronto. La riduzione del contenuto di fumonisine può essere ottenuta principalmente con un trattamento insetticida contro la piralide del mais e con una semina tempestiva. Il contenuto di questa micotossina è risultato meno influenzato dalla fertilizzazione azotata, dall'investimento colturale o dalla maturità dell'ibrido. La presenza di DON è principalmente correlata allo spostamento della fase di maturazione della coltura nel periodo più fresco autunnale. Sono quindi da evitare soprattutto semine e raccolte tardive, impiego di ibridi a ciclo lungo, alti investimenti o apporti azotati. Il trattamento insetticida non ha ridotto la presenza di questa tossina. Le aflatossine sono state ritrovate solo nella località più calda e con l'ibrido più precoce, risultando favorite da stress idrici.

I dati di questa sperimentazione sottolineano come l'applicazione di Buone Pratiche Agricole può condurre efficacemente a un buon controllo delle principali micotossine da *Fusarium*.

ABSTRACT

The presence of mycotoxins in cereals is an economic and safety problems of great concern. Such toxins are principally produced in field and are influenced by both environmental conditions and agricultural inputs during growth and maturation of the maize plant. The aim of this research was to evaluate the effect of several crop management techniques on fumonisins, DON and aflatoxins contamination in maize kernels. Experiments were conducted in Northern Italy during 2006 and 2007 using two maize hybrids with different precocity. Factors evaluated were seed planting time (March versus May), plant density (65,000 plants versus 80,000 plants per ha), N fertilization (200 kg N versus 400 kg N per ha), and chemical treatment to control European maize borer (ECB).

The reduction of fumonisins could be principally achieved by the chemical treatment

to control European maize borer and an early planting time. These toxins were partially influenced by plant density, N fertilization and hybrid.

DON contamination was influenced mainly by the length of the kernel ripeness; thus a reduction of this toxin was obtained with an early planting time, an early maturing hybrid a low plant density and a low N fertilization.

Aflatoxins were infrequently found and were positively influenced by the plant stress.

This study clearly underlines that the application of good agricultural practices (GAP) in crop management strategies can effectively control fumonisin contamination of maize kernels.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2004): *Impiego di tecniche agronomiche per contenere le micotossine nella granella di mais*, «L'Informatore Agrario», 60 (6), pp. 45-50.
- AA.VV. (2005): *La diffusione delle micotossine nelle produzioni italiane di mais*, «L'Informatore Agrario», 61 (10), pp. 47-51.
- BATTILANI P., SCANDOLARA A., BARBANO A., PIETRI A., PERTUZZI T., MAROCCO A., BERRARDO N., VANNOZZI G.P., BALDINI M., MIELE S., SALERA E., MAGGIORE T. (2005): *Monitoraggio della contaminazione da micotossine in mais*, «L'Informatore Agrario», 61 (6), pp. 47-49.
- BLANDINO M., REYNERI R., SALADINI M., VANARA F. (2008): *Effect of insecticide application against the European corn borer (Ostrinia nubilalis) on Fusarium verticillioides control and on fumonisin contamination*, in Proceedings of X International Fusarium and Fusarium Genomics Workshop 2008 Alghero (Italy), August 30-September 2, «Journal of Plant Pathology», 90 (3, Supplement), p. 71.
- DOOHAN F.M., BRENNAN J., COOKE B.M. (2003): *Influence of climatic factors on Fusarium species pathogenic to cereals*, «Eur. J. Plant Path.», 109, pp. 755-768.
- GILBERT J., SHARMAN M., PATEL S., BOENKE A., WAGSTAFFE P.J. (1992): *Deoxynivalenol in wheat and maize flour reference materials. 2. Preparation and certification*, «Food Additives and Contaminants», 9, pp. 119-135.
- ESKOLA M., PARIKKA P., RIZZO A. (2001): *Trichothecenes, ochratoxin A and zearalenone contamination and Fusarium infection in Finnish cereal samples in 1998*, «Food Additives and Contaminants», 18, pp. 707-718.
- 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 Protection», 27, pp. 182-188.
- MUNKVOLD G.P. (2003): *Epidemiology of Fusarium diseases and their mycotoxins in maize ears*, «Eur. J. Plant Path.», 109, pp. 705-713.
- PIETRI A., ZANETTI M., BERTUZZI T.: *Distribution of aflatoxins and fumonisins in dry-milled maize fractions*, «Food Additives and Contaminants», in stampa.
- REYNERI A., BLANDINO M., FERRERO C., BERSANI L. (2002): *Effetto delle operazioni di post-raccolta sulla contaminazione da micotossine nel mais*, «Tecnica Molitoria», 10, pp. 977-994.
- REYNERI A., BLANDINO M., VANARA F., MAIORANO A. (2005): *Fattori agronomici che influenzano la produzione di micotossine*, «Informatore Fitopatologico», 3, pp. 3-10.

- STROKA J., VON HOLST C., ANKLAM E. (2003): *Immunoaffinity column cleanup with liquid chromatography using post-column bromination for determination of aflatoxin B₁ in cattle feed: collaborative study*, «Journal of AOAC», 86, 6, pp. 1179-1186.
- VISCONTI A., SOLFRIZZO M., GIROLAMO A. DE (2001): *Determination of fumonisins B₁ and B₂ in corn and corn flakes by liquid chromatography with immunoaffinity column cleanup: collaborative study*, «Journal of AOAC International», 84, pp. 1828-1837.