

## PROGETTO MICOCER: MONITORAGGIO DEI LIVELLI DI DEOSSINIVALENOLO NELLA GRANELLA DI FRUMENTO DURO (*TRITICUM DURUM* DESF.)

Gabriella Aureli (a), Andreina Belocchi (a), Michelangelo Pascale (b), Tiziana Amoriello (c), Maria Grazia D'Egidio (a), Ersilio Desiderio (a)

(a) *Unità di Ricerca per la Valorizzazione Qualitativa dei Cereali, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Roma*

(b) *Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Bari*

(c) *Direzione Centrale Attività Scientifica Servizio Trasferimento e Innovazione, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Roma*

### Introduzione

I cereali costituiscono una fonte privilegiata di nutrienti che sta alla base dell'alimentazione dell'uomo e degli animali soprattutto nelle zone del Mediterraneo, dove sono ampiamente diffusi e coltivati secondo le esigenze climatiche di ciascuna coltura. La gran parte del territorio agricolo italiano è destinato ai cereali e, fra questi, il frumento duro (*Triticum durum* Desf.) costituisce la materia prima di una delle nostre più qualificate filiere del settore agro-alimentare come quella della pasta, per la quale l'Italia è il maggiore produttore nel mondo. Tuttavia, se da un lato il frumento duro rappresenta una componente fondamentale e di largo consumo nell'ambito della dieta mediterranea, dall'altro i prodotti da esso derivati possono rappresentare, per il medesimo motivo, una fonte di esposizione della popolazione verso l'assunzione di sostanze estranee alla materia prima (fitofarmaci, metalli pesanti, micotossine, ecc.). In generale, il rischio relativo alla presenza di tali composti nelle derrate cerealicole, definite dalla normativa europea (1) come "contaminanti" degli alimenti, pone sempre di più l'attenzione dei consumatori sulla sicurezza d'uso e sulle caratteristiche igienico-sanitarie della materia prima.

Fra i vari contaminanti del frumento, le micotossine, prodotti del metabolismo secondario di alcuni funghi del genere *Fusarium* (fusariotossine), rivestono un ruolo molto importante in considerazione sia delle proprietà tossiche verso l'uomo e gli animali, sia della loro diffusione. Il Deossinivalenolo (DON), metabolita appartenente al gruppo dei Tricoteceni, è la micotossina di più frequente riscontro nei cereali, e nel frumento in particolare (2-4), dove viene prodotta e accumulata nella granella a seguito di attacchi di fusariosi della spiga causati soprattutto da *F. graminearum* e *F. culmorum*. Il frumento duro presenta, inoltre, sia una maggiore suscettibilità all'infezione fungina sia livelli più elevati di contaminazione da DON rispetto al frumento tenero (5, 6).

Sulla base della valutazione dell'azione dannosa del DON sulla salute umana e del rischio di esposizione della popolazione attraverso l'assunzione di alimenti contaminati, la normativa europea (7) ha previsto una dose giornaliera tollerabile (*Tolerable Daily Intake*, TDI) pari a 1 µg/kg di peso corporeo e limiti massimi accettabili sul piano tossicologico che, nel caso del frumento duro non trasformato, corrispondono a 1750 µg/kg.

La sostanziale stabilità chimica del Deossinivalenolo, e delle micotossine in generale, ne favorisce, in varia misura, la permanenza lungo tutte le fasi della filiera fino ai prodotti finiti (8, 9). Lo scopo di questo lavoro, svolto nell'ambito del Progetto MICOCER, è stato quello di monitorare i livelli di contaminazione da DON nel frumento duro a livello nazionale nel triennio 2006-2008, al fine di fornire indicazioni a tutti gli operatori del settore non solo sulla presenza

di tale micotossina nelle varie aree di coltivazione ma anche sull'incidenza di alcuni fattori (cultivar, anno, provincia, tipologia di campionamento) e delle loro interazioni sui livelli di contaminazione.

## Materiali e metodi

Il monitoraggio per la determinazione del Deossinivalenolo nel frumento duro nazionale si è svolto nell'arco di un triennio (2006-2008) ed ha previsto un programma di campionamento rappresentativo di diversi aspetti della realtà produttiva nazionale quali, aziende agricole e centri di stoccaggio (monitoraggio aziendale) e campi sperimentali (Rete nazionale di confronto varietale frumento duro). I campioni provenienti dal monitoraggio aziendale hanno fornito un quadro aderente alla realtà agricola nazionale, mentre quelli provenienti dai campi sperimentali della Rete di confronto varietale hanno permesso di studiare, a parità di condizioni agronomiche applicate, l'andamento della contaminazione da DON in relazione ai fattori considerati.

Le procedure di campionamento della granella di frumento duro ai fini della determinazione analitica del Deossinivalenolo, sono state eseguite secondo lo schema descritto nel Reg. CE 401/2006 ed hanno interessato, complessivamente, le seguenti regioni: Piemonte, Lombardia, Veneto, Emilia Romagna, Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo, Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sardegna e Sicilia.

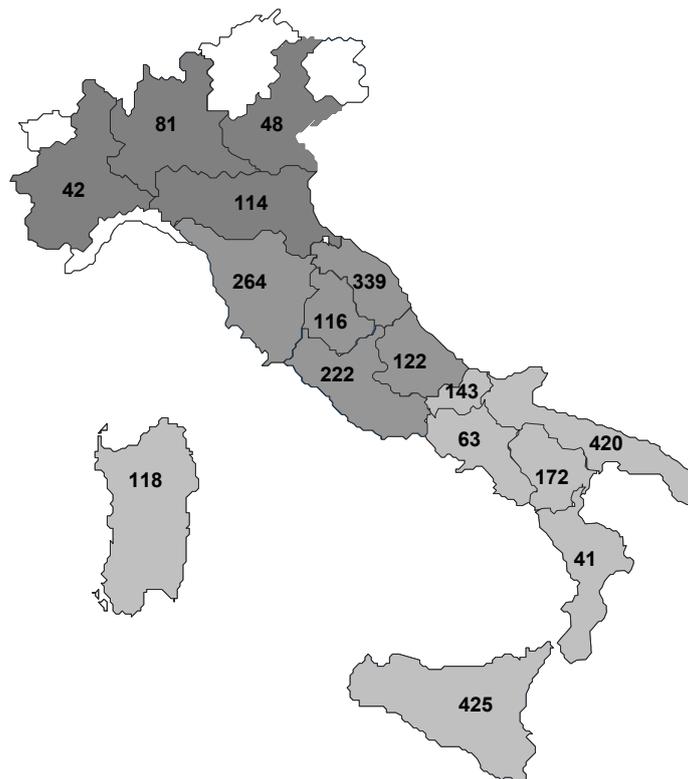
Nel complesso, l'insieme dei 2730 campioni di frumento duro, oggetto dell'indagine condotta nelle tre annate agrarie considerate, ha riguardato: 1087 campioni provenienti dal monitoraggio aziendale e prelevati in campo nella fase di post-raccolta (trebbiatura) oppure all'arrivo degli stessi nei centri di stoccaggio; 1643 campioni provenienti dai campi sperimentali della Rete nazionale di confronto varietale frumento duro, coordinata dal CRA-QCE; è stato considerato un gruppo di sei varietà, sempre presenti nel triennio in tutti gli areali della Rete, scelte per la loro diffusione e per la diversa epoca di fioritura: Ciccio, Simeto, Duilio, Iride, Claudio e Creso. Nel biennio 2006-2007, oltre alle sei varietà suddette, nei principali ambienti rappresentativi delle aree della durogranicoltura, sono state analizzate anche tutte le varietà presenti nella Rete (30 in totale) per ciascun anno.

Nella Figura 1 viene riportato, nel dettaglio, il numero totale dei campioni relativo a ciascuna regione. In particolare sono stati presi in esame 285 campioni nelle regioni del Nord (Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna), 1063 nel Centro (Toscana, Umbria, Lazio, Marche e Abruzzo) e 1382 nel Sud-Isole (Molise, Campania, Puglia Basilicata, Calabria, Sicilia e Sardegna).

L'analisi di screening del DON è stata eseguita presso il CRA-QCE di Roma utilizzando un test immunoenzimatico-ELISA (*Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay*) (kit Ridascreen<sup>®</sup> - DON, R-Biopharm), con un limite di sensibilità di 18,5 µg/kg e un recupero di tossina nei cereali compreso fra l'85 e il 110%. Sul 12% circa dei campioni totali è stata effettuata la determinazione del DON con metodo cromatografico HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) (10) a cura dell'Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari (ISPA) del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Bari.

L'analisi statistica dei dati è stata effettuata utilizzando i modelli lineari generalizzati (*Generalized Linear Models*, GLM) basati sulla distribuzione di Poisson della variabile risposta DON e funzione di link data dal logaritmo:

$$\begin{aligned} \text{Log (DON)} = & \text{varietà} + \text{anno} + \text{provincia} + \text{campionamento} + \text{varietà} \times \text{anno} \\ & + \text{varietà} \times \text{provincia} + \text{varietà} \times \text{campionamento} + \text{anno} \times \text{provincia} \\ & + \text{anno} \times \text{campionamento} + \text{provincia} \times \text{campionamento} \end{aligned}$$



**Figura 1. Dislocazione geografica e numerosità per regione dei campioni di frumento duro nel triennio 2006-2008**

Il contributo dei fattori considerati e delle loro interazioni alla devianza statistica è stato stimato attraverso il metodo della massima verosimiglianza e la loro significatività attraverso la distribuzione asintotica  $\chi^2$ .

Il modello considerato è stato applicato sia sulla totalità dei 2730 campioni di frumento duro, sia su un set ridotto di dati comprendenti i campioni relativi alle due diverse provenienze (monitoraggio aziendale e Rete nazionale) delle sei cultivar (Ciccio, Claudio, Creso, Duilio, Iride e Simeto, indicate in seguito come CV).

## Risultati e discussione

Nella Tabella 1 sono riportati i dati del triennio 2006-2008 relativi alla concentrazione di DON nei campioni di frumento duro (in totale 1087) provenienti dal monitoraggio aziendale e dai centri di stoccaggio del Centro (436) e del Sud-Isole (651). Risulta evidente il maggiore grado di contaminazione nelle aree del Centro rispetto a quelle del Sud-Isole in relazione soprattutto ai livelli medi più alti (477  $\mu\text{g}/\text{kg}$  contro 54  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) e ai massimi (13561  $\mu\text{g}/\text{kg}$  contro 906  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Inoltre, la variabilità delle condizioni climatiche nelle diverse annate ha condizionato in modo più marcato il grado di contaminazione da DON nelle aree centrali rispetto a quelle meridionali, dato che per queste ultime i valori medi dei campioni positivi sono risultati pressoché irrilevanti in quanto inferiori a 100  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

**Tabella 1. Valori di contaminazione da DON in campioni di frumento duro provenienti dal monitoraggio aziendale**

Anni	Centro				Sud-Isole			
	n. campioni		DON in positivi (µg/kg)		n. campioni		DON in positivi (µg/kg)	
	<i>totale</i>	<i>positivi</i>	<i>media</i>	<i>max</i>	<i>totale</i>	<i>positivi</i>	<i>media</i>	<i>max</i>
2006	150	60	84	449	299	74	54	906
2007	152	86	286	4351	254	89	48	422
2008	134	114	477	13561	98	28	45	329
Totale	436	260	-	-	651	191	-	-

La generale bassa contaminazione delle aree di coltivazione del Meridione è confermata anche dai dati relativi ai campioni dei campi sperimentali della Rete nazionale riportati in Tabella 2. Infatti i valori medi si mantengono sempre su valori inferiori a 100 µg/kg mentre i valori massimi non superano i 500 µg/kg in ciascuno dei tre anni. Nelle zone del Centro, e ancor di più in quelle del Nord, è stata registrata una forte influenza dell'annata con i valori massimi raggiunti nel 2008, l'anno più critico per la diffusione della fusariosi nel frumento. Nel complesso, vi è stata una chiara tendenza alla diminuzione dei livelli di concentrazione procedendo dal Nord verso il Sud.

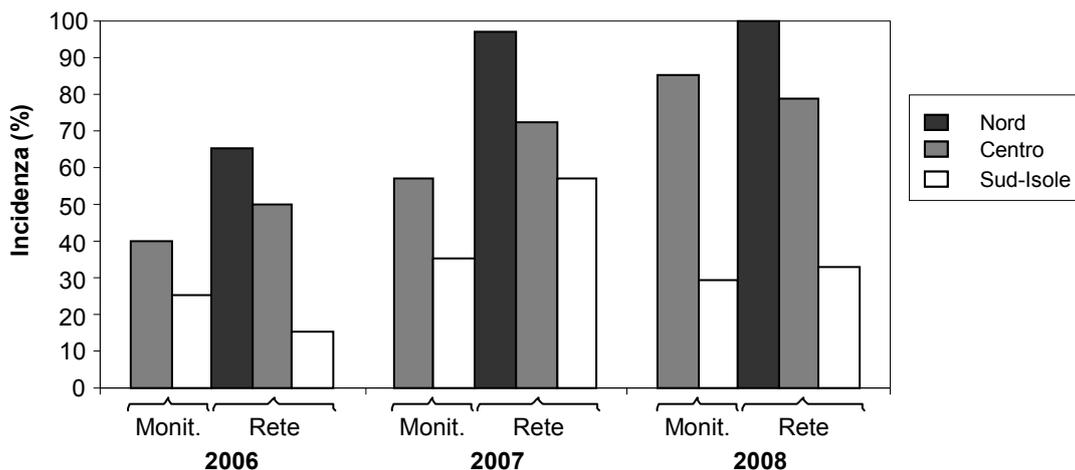
**Tabella 2. Valori di contaminazione da DON dei campioni prelevati presso i campi della Rete nazionale frumento duro**

Anni	Nord				Centro				Sud-Isole			
	n. campioni		DON in positivi (µg/kg)		n. campioni		DON in positivi (µg/kg)		n. campioni		DON in positivi (µg/kg)	
	<i>tot.</i>	<i>pos.</i>	<i>media</i>	<i>max</i>	<i>tot.</i>	<i>pos.</i>	<i>media</i>	<i>max</i>	<i>tot.</i>	<i>pos.</i>	<i>media</i>	<i>max</i>
2006	84	55	291	1280	258	129	225	791	297	46	62	219
2007	135	131	174	502	264	189	155	1285	305	173	88	459
2008	66	66	2211	6764	102	81	480	4613	132	44	57	233
Tot.	285	252	-	-	624	399	-	-	734	263	-	-

È opportuno, al riguardo, sottolineare che il riscontro in HPLC dei dati ottenuti con metodo ELISA ha evidenziato un elevato coefficiente di correlazione ( $r = 0,9888$ ) fra i due metodi, relativamente all'intervallo di contaminazione 18,5-13561 µg/kg.

Nella Figura 2, dove sono riportate le percentuali dei campioni positivi sul totale di quelli esaminati (incidenza %), risulta evidente l'influenza delle condizioni climatiche dell'annata nelle aree del Nord e del Centro, con un progressivo aumento di incidenza del DON dal 2006 al 2008. Nelle aree meridionali e insulari la percentuale di campioni positivi non ha mai superato il 35% ad eccezione del dato relativo alla Rete nel 2007 (57%), forse attribuibile alle specifiche condizioni dei campi considerati in quella medesima annata. La percentuale di incidenza più elevata è stata rilevata sempre nell'areale Nord, con un livello massimo del 100% registrato nel 2008.

L'analisi statistica dei dati, relativa al totale dei campioni, ha consentito di valutare l'influenza dei fattori cultivar (CV), tipologia di campionamento (monitoraggio aziendale o Rete), anno e provincia sul livello di contaminazione da Deossinivalenolo. I singoli fattori e le loro interazioni sono risultati tutti altamente significativi ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 2. Incidenza percentuale (n. positivi / n. totale x 100) dei campioni di frumento duro positivi al DON nel triennio 2006-2008**

Nella Tabella 3 sono riportati i livelli di significatività degli effetti delle variabili considerate in relazione al grado di contaminazione da DON nelle singole regioni. Sono stati evidenziati in grigio i fattori che hanno avuto un peso maggiore nel determinare il contenuto in micotossina. L'anno è senza dubbio il fattore più rilevante per tutto il territorio nazionale, mentre la varietà (CV) sembra avere un ruolo incisivo soprattutto nel Centro-Sud. È interessante osservare, fra l'altro, che in Sicilia, per le caratteristiche climatiche proprie di tale ambiente, la scelta varietale ha un ruolo primario sia come fattore singolo che come interazione con l'anno e la provincia. Le interazioni hanno un peso più marcato nel Centro-Sud e nelle isole rispetto al Nord.

**Tabella 3. Campioni del monitoraggio aziendale e della Rete nazionale: livelli di significatività degli effetti dei fattori (singoli e interazioni) sulla contaminazione da DON sull'insieme dei campioni**

Regioni	CV	C	A	P	CV xC	CVxA	CV xP	CxA	CxP	AxP
Piemonte	***	***	***	***	***	ns	***	ns	***	ns
Lombardia	***	***	***	***	ns	***	***	ns	ns	***
Veneto	***	***	***	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns
E. Romagna	***	***	***	***	ns	***	***	ns	ns	***
Marche	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Abruzzo	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Toscana	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
Umbria	***	***	***	***	ns	***	ns	ns	ns	ns
Lazio	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*
Molise	***	***	***	-	***	***	-	***	-	-
Basilicata	***	***	***	***	ns	***	***	***	ns	***
Calabria	***	***	ns	-	***	ns	-	ns	-	-
Campania	***	***	***	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Puglia	*	***	**	***	***	***	***	***	***	***
Sardegna	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***
Sicilia	***	***	***	*	***	***	***	***	***	*

CV: varietà; C: campione; A: anno; P: province  
 \*\*\*significativo (p< 0,0001), \*\* significativo (p< 0,001); \*significativo (p< 0,05); ns = non significativo.

Al fine di avere un riscontro dei risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati complessivi di tutto il triennio, indipendentemente dal tipo di campionamento, e relativo a tutte le varietà considerate, è stato effettuato uno studio statistico circoscritto alle sei varietà scelte (Ciccio, Simeto, Duilio, Iride, Claudio e Creso) le quali, fra l'altro, rappresentano un gruppo omogeneo in merito alla numerosità dei campioni esaminati sia nel monitoraggio aziendale che nella Rete nazionale. Anche in questo caso i fattori (cultivar, anno, regione e provincia), considerati sia singolarmente che nelle loro interazioni, sono risultati tutti altamente significativi ( $p < 0,0001$ ).

Nella Tabella 4 sono riportati i livelli di significatività degli effetti delle variabili considerate nelle singole regioni, evidenziando in grigio i fattori maggiormente significativi nel determinare il contenuto in micotossina. Tutti e tre i fattori semplici (cultivar, anno, provincia) sono risultati significativi, mentre le interazioni sono risultate significative soprattutto per il Nord e per il Centro. Il fattore che maggiormente influisce sul livello di DON è l'anno per il Centro-Nord, la provincia per il Centro e la varietà per il Sud.

**Tabella 4. Monitoraggio aziendale e Rete nazionale: livelli di significatività degli effetti dei fattori (singoli e interazioni) sulla contaminazione da DON nelle sei varietà (Ciccio, Simeto, Duilio, Iride, Claudio e Creso); in grigio i fattori maggiormente significativi nel determinare il contenuto in micotossina**

Regione	CV	P	A	CVxP	CVxA	PxA
Piemonte	ns	***	***	ns	ns	ns
Lombardia	***	***	***	***	***	***
Veneto	***	**	***	***	***	***
Emilia Romagna	***	***	***	***	***	**
Marche	***	***	***	***	***	***
Abruzzo	ns	***	ns	ns	ns	ns
Toscana	***	***	***	***	***	***
Umbria	***	***	***	ns	***	ns
Lazio	**	***	***	***	**	***
Molise	**	-	*	-	**	-
Basilicata	***	***	*	***	***	***
Calabria	***	-	ns	-	ns	-
Campania	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Puglia	ns	***	***	ns	ns	***
Sardegna	ns	***	***	ns	ns	ns
Sicilia	***	ns	ns	ns	ns	ns

CV: varietà; C: campione; A: anno; P: province

\*\*\*significativo ( $p < 0,0001$ ), \*\* significativo ( $p < 0,001$ ); \*significativo ( $p < 0,05$ ); ns = non significativo.

L'uso dei GLM nell'elaborazione statistica ha permesso anche di analizzare il grado di suscettibilità al DON per le sei varietà in esame.

Nella Tabella 5 le singole cultivar sono state classificate in scala crescente, in base alla sensibilità al DON, per ogni Regione e per macro-area. Le sei varietà indicate con il carattere in grassetto, relativamente ad una stessa regione, risultano al loro interno non significativamente differenti, pertanto l'ordine di suscettibilità al DON non è rilevante. Ciò vale anche per le varietà in corsivo. I due gruppi, contraddistinti in grassetto e/o corsivo, sono comunque statisticamente diversi dalle varietà indicate con il carattere normale.

**Tabella 5. Monitoraggio aziendale e Rete nazionale: sensibilità alla contaminazione da DON per le sei varietà (Ciccio, Simeto, Duilio, Iride, Claudio e Creso).**

Macro-area	Regione	Sensibilità al DON					
		- —————> +					
Nord	Piemonte	Iride	Claudio	Duilio	<b>Simeto</b>	<b>Ciccio</b>	Creso
	Lombardia	Claudio	Duilio	Iride	Creso	Simeto	Ciccio
	Veneto	Claudio	<b>Creso</b>	<b>Ciccio</b>	Iride	Duilio	Simeto
	Emilia Romagna	Claudio	<b>Ciccio</b>	<b>Iride</b>	Creso	Duilio	Simeto
Centro-Adriatico	Marche	Creso	<b>Iride</b>	<b>Duilio</b>	<b>Ciccio</b>	Simeto	Claudio
	Abruzzo	Ciccio	Claudio	Duilio	<b>Iride</b>	<b>Simeto</b>	Creso
Centro-Tirrenico	Toscana	Creso	Ciccio	Duilio	<b>Iride</b>	<b>Simeto</b>	Claudio
	Umbria	Creso	Claudio	Iride	Simeto	Ciccio	Duilio
	Lazio	Creso	<b>Claudio</b>	<b>Duilio</b>	<b>Iride</b>	<i>Simeto</i>	<i>Ciccio</i>
Sud	Molise	Ciccio	Iride	Creso	Duilio	Simeto	Claudio
	Basilicata	<b>Duilio</b>	<b>Ciccio</b>	<b>Creso</b>	<i>Claudio</i>	<i>Simeto</i>	Iride
	Calabria	Creso	Claudio	<b>Duilio</b>	<b>Iride</b>	<i>Ciccio</i>	<i>Simeto</i>
	Campania	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Puglia	<b>Ciccio</b>	<b>Claudio</b>	Iride	<b>Simeto</b>	<b>Creso</b>	Duilio
Isole	Sardegna	<b>Creso</b>	<b>Claudio</b>	<b>Iride</b>	Ciccio	Duilio	Simeto
	Sicilia	<b>Duilio</b>	<b>Iride</b>	<b>Creso</b>	<i>Ciccio</i>	<i>Claudio</i>	Simeto

Il comportamento delle singole cultivar appare ben differenziato nelle diverse zone geografiche del territorio italiano. In particolare:

- la varietà Claudio risulta essere la meno sensibile nel Nord e una delle meno sensibili nel Centro-Sud, con l’eccezione di Marche, Toscana e Molise;
- al Centro la varietà Creso è la meno suscettibile;
- le varietà Iride, Duilio e Ciccio mostrano, con alcune eccezioni, un grado moderato di sensibilità;
- Simeto è la varietà che mostra la maggiore sensibilità alla contaminazione sostanzialmente in tutto il territorio nazionale.

Se si considera solo il set di dati relativi alle sei varietà suddette ma limitatamente alla sperimentazione della Rete nazionale, si conferma quanto detto (Tabella 5) sia in merito alla significatività degli effetti dei fattori considerati, sia alla suscettibilità alla contaminazione con piccoli scostamenti come, ad esempio, la minore sensibilità della varietà Ciccio in tutte le regioni meridionali ad eccezione della Calabria.

## Conclusioni

Il monitoraggio della contaminazione da DON, svolto nell’ambito progetto “MICOCER” nel triennio 2006-2008, ha fornito un quadro d’insieme sul grado di diffusione e sull’entità dei livelli di contaminazione da Deossinivalenolo dei campioni provenienti sia da zone tipicamente interessate dalla coltura del frumento duro sia da alcune aree del Nord dove tale coltura è meno diffusa. In particolare, il campionamento effettuato presso le aziende agricole e i centri di stoccaggio (monitoraggio aziendale) ha fornito un quadro aderente alla realtà agricola nazionale, mentre quello relativo ai campi sperimentali appartenenti alla Rete di confronto varietale ha permesso di effettuare un confronto dei dati, a parità di condizioni agronomiche applicate.

I risultati ottenuti hanno evidenziato il diverso grado di accumulo e di incidenza di DON procedendo dalle zone del Nord verso quelle del Sud, dove i valori di DON sono risultati pressoché trascurabili. Tali risultati possono contribuire, fra l'altro, ad una più mirata valutazione del rischio di contaminazione che tenga conto dell'ambiente inteso come micro-areale e cioè delle caratteristiche pedo-climatiche proprie delle singole zone di coltivazione.

L'elaborazione statistica dei dati relativi al totale dei campioni ha messo in evidenza il ruolo fondamentale svolto dall'annata, sia come fattore singolo che nella sua interazione con le altre variabili, soprattutto nelle province del Nord e del Centro. Il fattore geografico (localizzazione sul territorio) riveste un ruolo primario soprattutto nel Centro; per quanto riguarda le zone del Sud il fattore di gran lunga più significativo è la varietà, in quanto non risultano significativamente influenti né il fattore anno né quello geografico, confermando così la vocazionalità del territorio per la coltura del frumento duro.

Il confronto dei dati di contaminazione relativi alle sei cultivar fra le più diffuse sul territorio nazionale ha permesso di rilevare significative differenze fra le varietà in merito alla suscettibilità al DON anche in relazione alle diverse zone di coltivazione. In particolare, la varietà Simeto è risultata la più sensibile sostanzialmente in tutto il territorio nazionale; la varietà Claudio risulta essere la meno suscettibile nel Nord e una delle meno sensibili nel Centro-Sud, con l'eccezione di Marche, Toscana e Molise, mentre al Centro è la varietà Creso e al Sud e la varietà Ciccio.

Nell'insieme, i dati relativi al comportamento varietale indicano che la suscettibilità all'accumulo del DON può essere legata, oltre che alle caratteristiche proprie della cultivar, anche all'ambiente nel quale la stessa viene coltivata (es.: minore suscettibilità di Creso nell'Italia centrale), oppure può risentire meno della localizzazione geografica e manifestare in modo tendenzialmente costante le caratteristiche di maggiore o minore resistenza alla contaminazione, come ad esempio le varietà Claudio e Simeto rispettivamente. Quest'ultima cultivar, in particolare, probabilmente non ha avuto modo di sviluppare forme di resistenza alla fusariosi essendo stata selezionata in Sicilia dove la diffusione di tale fitopatia, e quindi la contaminazione da DON, sono pressoché irrilevanti. I risultati ottenuti nel presente lavoro evidenziano, in linea generale, una relazione fra il grado di resistenza varietale all'accumulo di micotossina e le caratteristiche genetiche delle cultivar le quali, evidentemente, hanno un ruolo importante nel determinare il tipo di risposta della cultivar stessa alle condizioni dei diversi ambienti di coltivazione. Tale risposta non sembra essere condizionata in modo preponderante dall'epoca di fioritura delle singole cultivar.

Considerata l'imprevedibilità delle variabili climatiche nelle annate agrarie, la scelta varietale, in funzione non solo delle caratteristiche agronomiche ma anche dell'adattabilità all'ambiente di coltivazione, rimane uno degli aspetti più importanti nella gestione del rischio di contaminazione da DON.

## Bibliografia

1. Unione Europea. Regolamento (CEE) dell'8 febbraio 1993, n. 315 che stabilisce le procedure comunitarie relative ai contaminanti nei prodotti alimentari. *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea* L. 37, 13 febbraio 1993.
2. Edwards SG, Barrier-Guilliot B, Clasen P-E, Hietaniemi V, Pettersson H. Emerging issues of HT-2 and T-2 toxins in European cereal production. *World Mycotoxin Journal* 2009;2(2):173-9.
3. Rossi V. Fusariosi della spiga, malattia a molte facce. *L'Informatore Agrario* 2006;12(Suppl.):19-23.
4. Pestka JJ, Smolinski AT. Deoxynivalenol: toxicology and potential effects on humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B* 2005;8:39-69.

5. Romani S, Pinnavaia G, Dalla Rosa M. Caratteristiche qualitative e presenza di micotossine in grano duro infetto da *Fusarium* spp. *Tecnica Molitoria* 2005;6:617-24.
6. Campagna C, Haidukowski M, Pancaldi D, Pascale M, Ravaglia S, Silvestri M, Visconti A. Fonti di rischio e gestione delle micotossine nel frumento. *L'Informatore Agrario* 2005;1:39-47.
7. Unione Europea. Regolamento (EC) n. 1881 del 19 dicembre 2006 che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea Serie L*. 364/5, 20 dicembre 2006.
8. Lancova K, Hajslova J, Kostelanska M, Kohoutkova J, Nedelnik J, Moravcova H, Vaniva M. Fate of trichothecene mycotoxins during the processing: Milling and baking. *Food Additives and Contaminants* 2008;25(5):650-9.
9. Bullerman LB, Bianchini A. Stability of mycotoxins during food processing. *International Journal of Food microbiology* 2007;119:140-6.
10. Pascale M, Bottalico A, Pancaldi D, Perrone G, Visconti A. Occurrence of deoxynivalenol in cereals from experimental fields in various Italian regions. *Petria* 2002;12:123-9.