



**Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari**  
**Consiglio Nazionale delle Ricerche - Bari, Italia**

## **Contaminazione da muffe tossigene e fusariosi nella filiera cerealicola**

**Antonio Moretti**



**Chieti, 17 Marzo 2005, III Conferenza Regionale Ambientale**

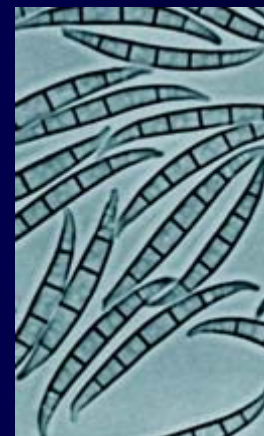
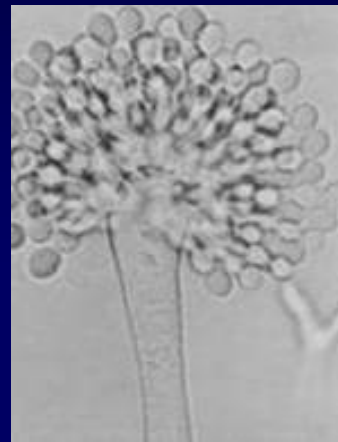
# Generi di funghi micotossigeni nella filiera dei cereali



*Aspergillus*

*Penicillium*

*Fusarium*



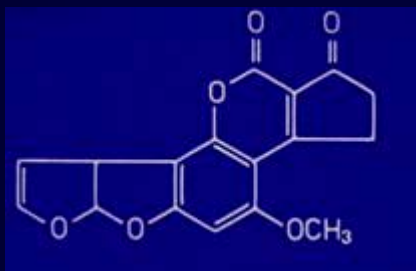
*Claviceps*

*Alternaria*



Altri funghi

# Micotossine nella filiera dei cereali



*Aflatossine*

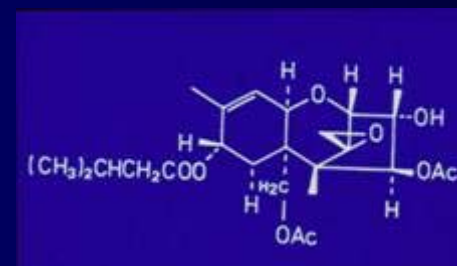
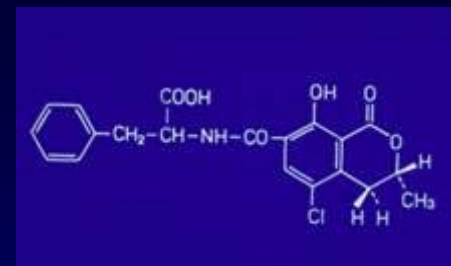
*Ocratossine*

*Fumonisine*

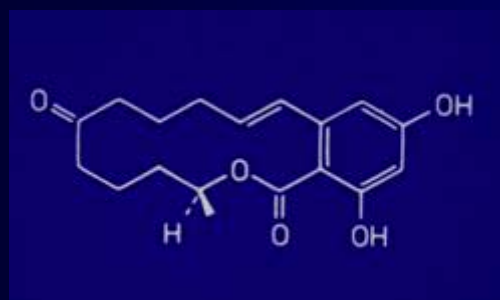


*Deossinivalenolo*

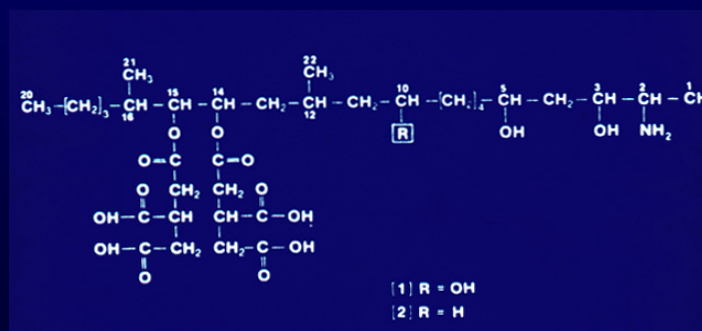
*Tossina T-2*



*Zearalenoni*



*Ergotossine*



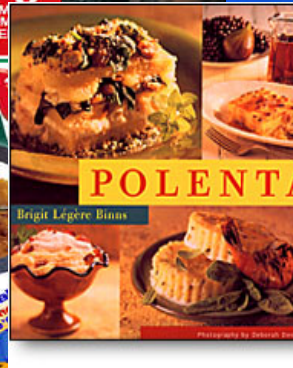
## Raggruppamento di alcune micotossine sulla base dell'attività cancerogena per l'uomo secondo lo IARC .

Gruppo	Attività	Micotossine
- Gruppo 1...	Cancerogeni per l'uomo.	- Aflatossine B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> , G <sub>2</sub> .
- Gruppo 2...	Cancerogeni per gli animali e possibili cancerogeni per l'uomo.	- Aflatossina M <sub>1</sub> - Ocratossina A - Fumonisine B <sub>1</sub> e B <sub>2</sub>
- Gruppo 3 ...	Non classificabili per la cancerogenicità sull'uomo.	- Deossinivalenolo, Zearalenone Tossina T2, Nivalenolo, Fusarenone-X



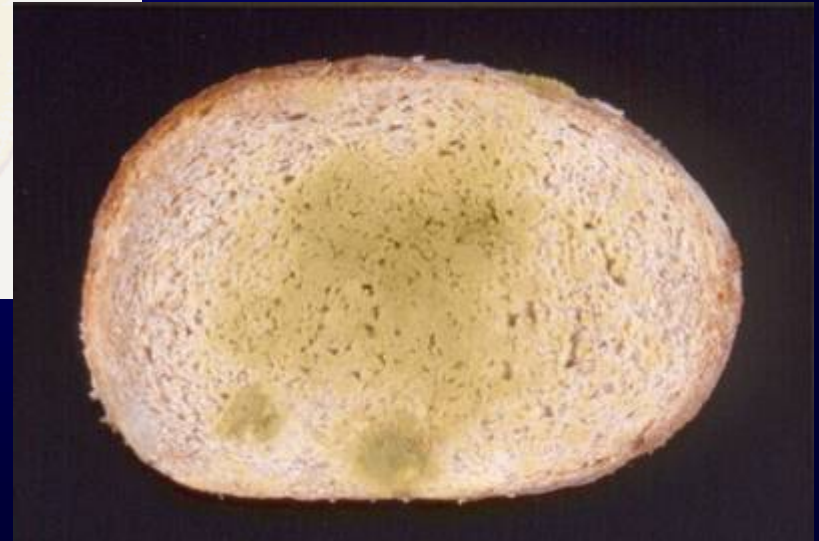
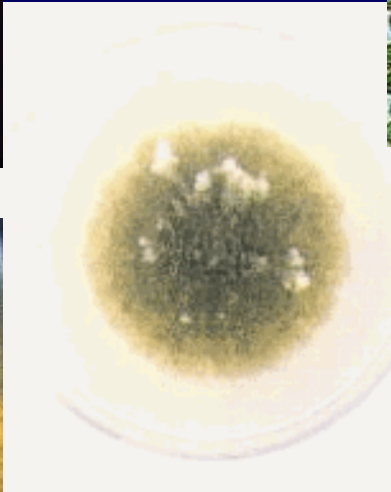
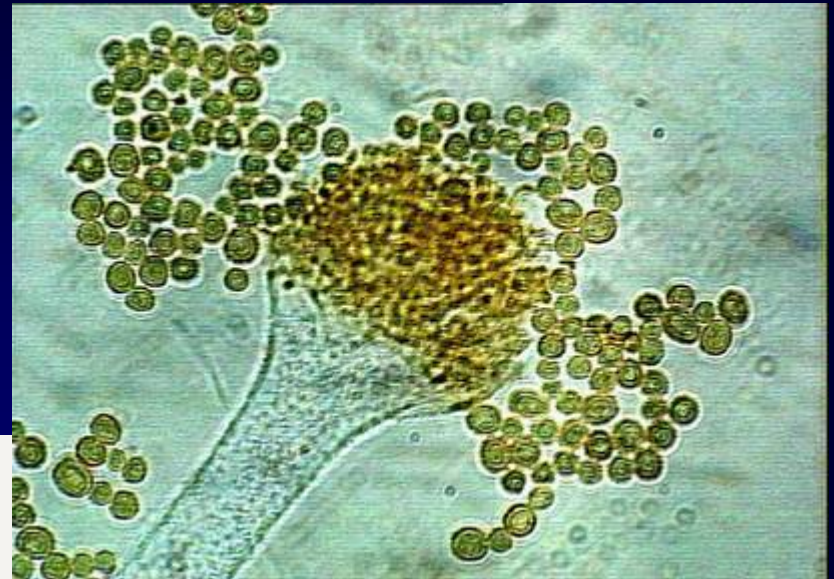
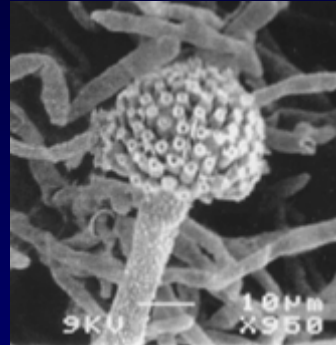
SPECIE FUNGINE TOSSIGENE –MICOTOSSINE

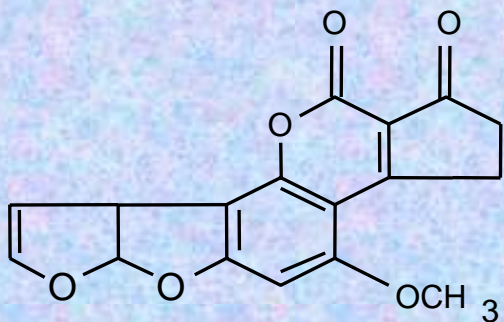
# Wheat and Maize products



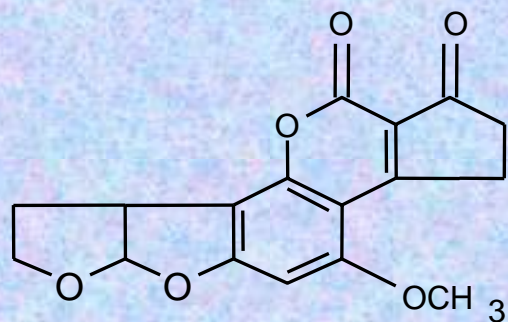


# *Aspergillus flavus*

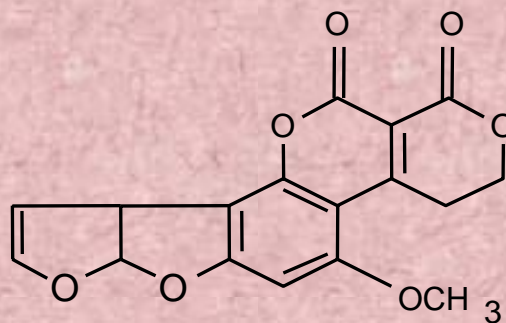




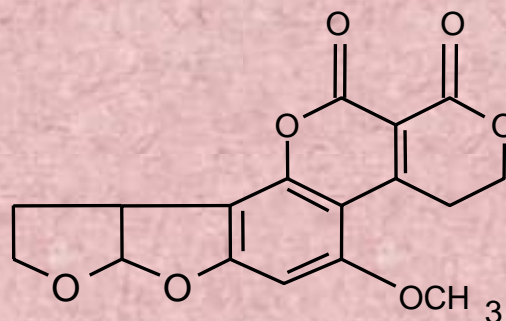
**Aflatossina B<sub>1</sub>**



**Aflatossina B<sub>2</sub>**

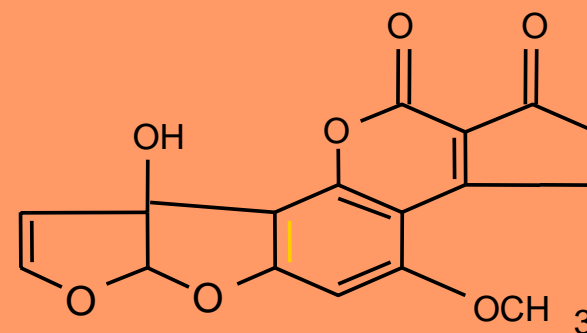


**Aflatossina G<sub>1</sub>**



**Aflatossina G<sub>2</sub>**

# Aflatossine



**Aflatossina M<sub>1</sub>**

## Livelli di HCC / Livelli di Aflatossine ingerite

<u>Nazione</u>	Area	Consumo ng/Kg di peso peso/giorno	Livelli di HCC / 100000 /per anno
THAILANDIA	SONGKHLA	5.0	2.0
SWAZILAND	HIGH ALTITUDE	5.1	2.2
SWAZILAND	MEAN ALTITUDE	8.9	3.8
SWAZILAND	LOW ALTITUDINE	43.1	9.2
SWAZILAND	LEBOMBO	15.4	4.3
KENIA	MURANG (HIGH ALTITUDE)	3.5	1.2
KENIA	MURANG (MEAN ALTITUDE )	5.9	2.5
KENIA	MURANG (LOW ALTITUDINE )	10.0	4.0
UGANDA	KARAMAJO	400.0	15.0
MONZAMBICO	IMHAMBONE	221.1	13.0
THAILANDIA	RARBURI	45.0	6.0

**A basse altitudini, il clima è caratterizzato da più alta umidità: maggiore frequenza di HCC**





## Valori massimi ammissibili di aflatossine in prodotti alimentari, nell'Unione Europea.

Prodotto alimentare	Contenuto massimo ammesso $\mu\text{g/kg} = \text{ppb}$		
	$B_1$	$B_1+B_2+G_1+G_2$	$M_1$
Arachidi, frutta a guscio e frutta secca e prodotti derivati destinati al consumo umano diretto.....	2	4	-
- arachidi destinate ad essere sottoposte a cernita o ad altri trattamenti fisici.....	8	15	-
- frutta a guscio e frutta secca destinate ad essere sottoposte a cernita o ad altri trattamenti fisici.....	5	10	-
Cereali (compreso il grano saraceno, <i>Fagopyrum</i> spp.) e prodotti derivati, destinati al consumo umano diretto.....	2	4	-
Latte (latte crudo, latte alimentare trattato termicamente, latte destinato alla fabbricazione di prodotti a base di latte.....	-	-	0,05

Circolare Ministeriale del 9 giugno 1999, n. 10 (G.U. n. 135 del 11.6.1999).



## AFLATOSSINA B<sub>1</sub>: 2003

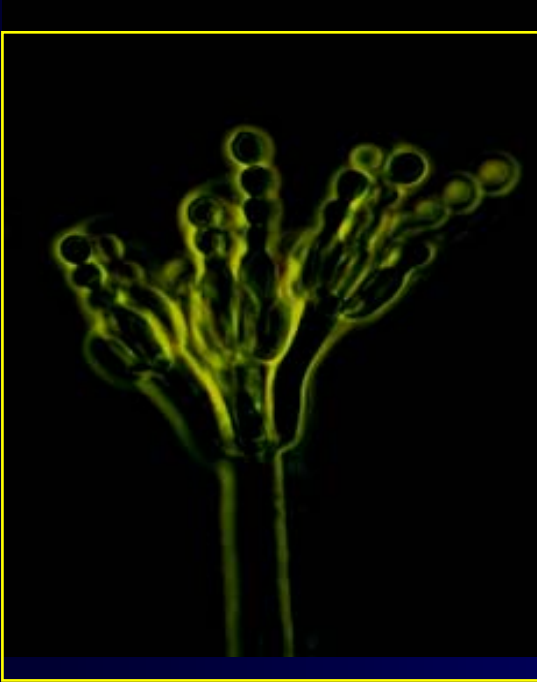
*Indagini in Emilia Romagna e Lombardia condotte dal dr. Petri:  
temperature costantemente molto alte (da Maggio a Settembre)  
e stress idrici*

Solitamente i valori per la contaminazione delle cariossidi  
sono di circa 5 ppt in 6-12% of samples analyzed

2003

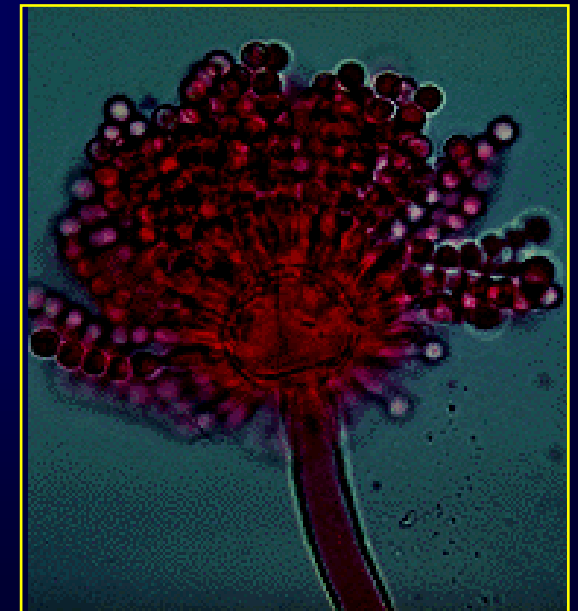
*Cariossidi di mais.* Elevatissime  
percentuali di campioni analizzati  
erano oltre >> 50ppb

*Campioni di latte:* 50-60% dei  
campioni oltre i limiti (50 ppt)

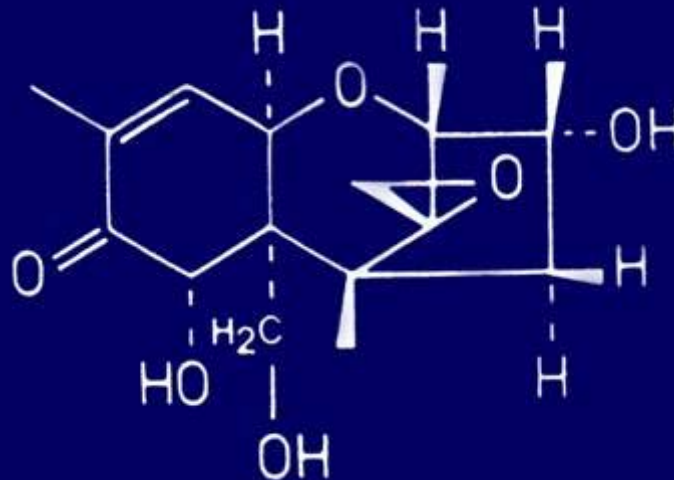


*Penicillium verrucosum* cresce a basse temperature (0-31 °C ) e bassi valori di umidità. Diffuso in regioni temperato-fredde, lo si ritrova principalmente su cereali e prodotti derivati.

*Aspergillus ochraceus* cresce a temperature tra 8 e 37 °C. Diffuso in regioni temperato-calde, lo si ritrova su un'ampia gamma di alimenti e principalmente su frutta secca e in alimenti conservati.



## Fusariosi della spiga del frumento e Deossinivalenolo



La Fusariosi della Spiga di Grano (FSG) ha ricevuto un'attenzione particolare in Europa in anni recenti per l'impatto che l'infezione può avere su:

- Raccolto,
- Qualità delle cariossidi
- Contaminazione da micotossine.
- Assenza di di fungicidi di pre-raccolto adeguati al controllo della malattia.

## Principali micotossine prodotte da *Fusarium*

Tricoteceni	oltre 150 composti differenti potenti inibitori della sintesi proteica
Fumonisine	Composti cancerogeni
Fusarina C	Agente altamente mutageno
Moniliformina	Danni al miocardio
Zearalenone	disordini estrogeni
Acid Fusarico	patologia del sistema nervoso
Ciclodepsipeptidi	attività antibiotica ed insetticida
Fusaproliferina	effetti teratogenici



# *TRICOTECENI*

*POTENTI INIBITORI DELLA SINTESI PROTEICA*

*ATTIVITA' CITOTOSSICA*

*ATTIVITA' MUTAGENA*

*IRRITAZIONE DELLA PELLE*

*PATOLOGIE EMOPOIETICHE*

*LESIONI EMORRAGICHE*

*DEFICIENZA DEL SISTEMA  
IMMUNITARIO*

*TARGET*

*UNITA' 60S RIBOSOMIALE*



# DEOSSINIVALENOLO / NIVALENOLO

---

## PRODOTTI

Frumento, mais, orzo,  
avena, segale, birra

## EFFETTI TOSSICI SU ANIMALI

Vomito, rifiuto del cibo  
attività immuno-soppressiva

DON e NIV sono i più importanti tricoteceni trovati nei cereali.

NIV è considerato più tossico per gli animali

DON è considerato fornire al fungo più aggressività verso la pianta.

DON è più comune in Europa e Nord America.

Ceppi fungini che producono NIV sono stati ritrovati in Europa, Africa, Asia, e Sud America ma non in Nord America.

# Zearalenoni

## Funghi produttori

*Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. semitectum*.

## Micotossine

Zearalenone (ZEN), Zearalenoli (isomeri  $\alpha$ -ZOH e  $\beta$ -ZOH).

## Formazione

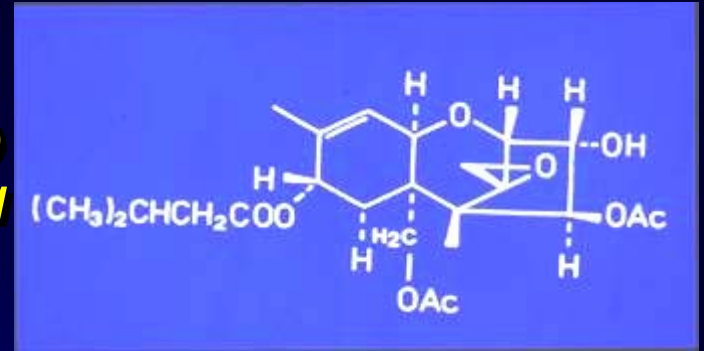
**Nelle piante infette:** agenti di "mal del piede" e di "marciume della spiga".

**In magazzino:** umidità (>18-20%); temperatura (12-15; 22-27).

## Diffusione

Mais. Altri cereali (frumento, orzo, avena, sorgo). Alimenti.  
Mangimi. Insilati. Birra.

# Tossina T-2



- 1) Tricotecene di tipo A; Sesquiterpenoide epossidico.
- 2) *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. equiseti*, *F. acuminatum*.
- 3) Potente inibitore della sintesi proteica, *in vivo* e *in vitro*.
- 4) Immuno-tossica.
- 5) Veleno acuto → potenzialmente letale  
nausea, vomito, irritazione faringea, pena addominale , diarrea,  
vertigini.

# Principali specie fungine associate alla FSG in tutto il mondo



- *F. graminearum* DON\* NIV\* 3- 15 AcDON, ZEA\*, ZOHs, Fusarenon X
- *F. avenaceum* MON\* BEA\* Enn\* (B, B1 and A1), Fusarin C
- *F. culmorum* DON\* NIV\* ZEA\*, ZOHs, Fusarenon X
- *F. poae* DAS\* NIV\* BEA\* Enn\* B, T-2, Fusarenon X,
- *Microdochium nivale*
  - var. majus
  - var. nivale

\* Trovate come contaminanti naturali



## Specie di *Fusarium* meno frequenti associate alla FSG in tutto il mondo



- *F. cerealis* (ex *F. crookwellense*)
- *F. sporotrichioides* (T-2, HT-2, NEO)
- *F. tricinctum* (MON, BEA, ENs)
- *F. acuminatum* (T-2, NEO **or** MON, ENs)
- *F. subglutinans* (MON, BEA, FUP)
- *F. oxysporum* (MON, BEA, ENs)
- *F. equiseti* (DAS, ZEN, ZOH)

*F. avenaceum*  
*F. poae*  
*F. sporotrichioides*  
*F. culmorum*

*F. culmorum*  
*F. graminearum*  
*F. avenaceum*  
*F. poae*

*F. graminearum*  
*F. culmorum*  
*F. avenaceum*  
*F. cerealis*

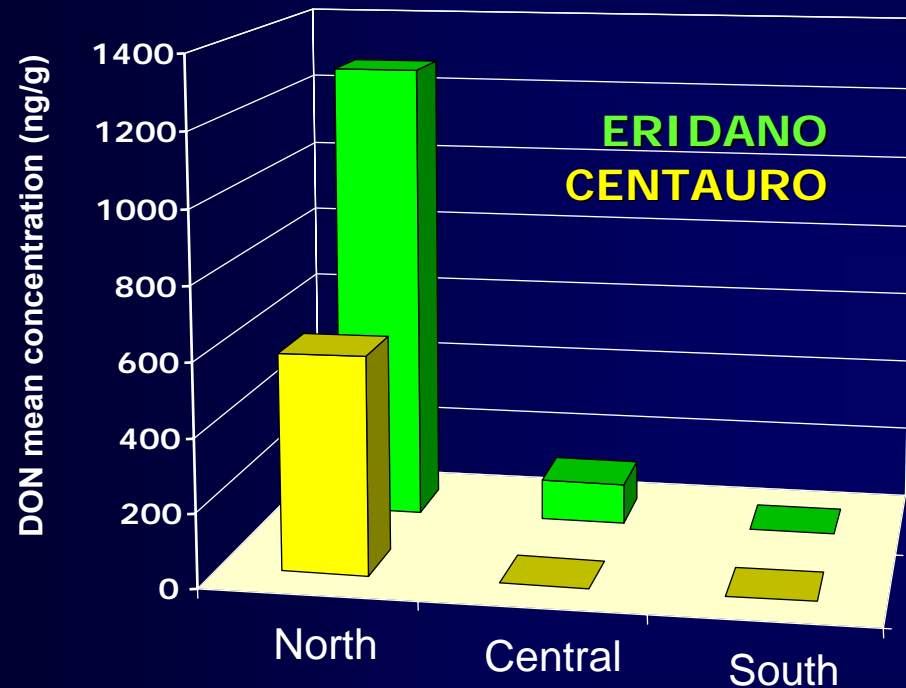
Nivalenolo  
T-2 + derivativi  
Diacetosscirpenolo

Moniliformina  
Beauvericina  
Enniatine

Deossinivalenolo (DON)  
3-AcDON  
15-AcDON  
Nivalenolo  
Zearalenone  
Zearalenoli

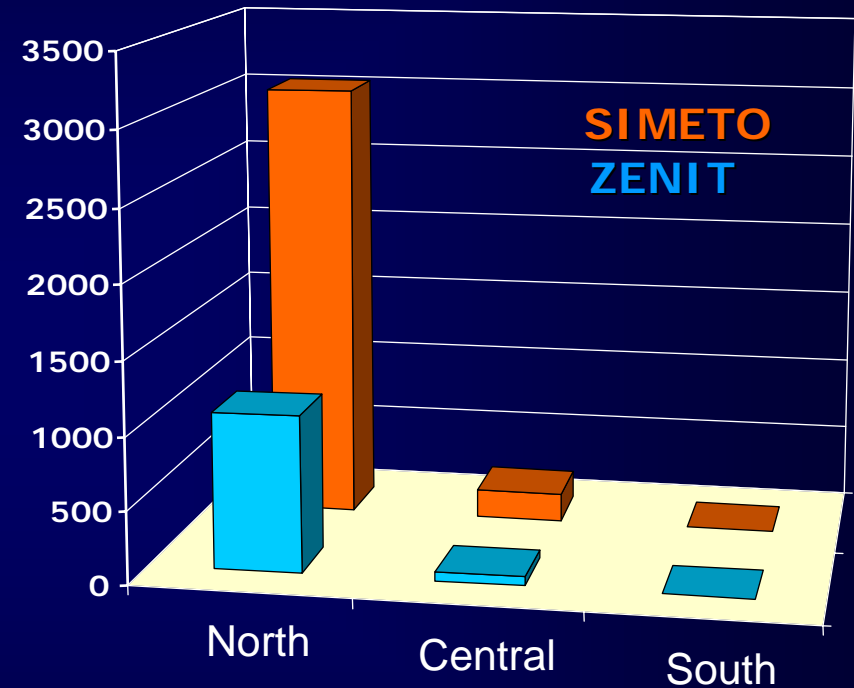


# OCCURRENCE OF **DON** IN CULTIVARS OF WHEAT KERNELS FROM VARIOUS ITALIAN LOCATIONS (**2000**)



## **SOFT WHEAT**

**ERIDANO** 3,010 ng/g



## **DURUM WHEAT**

**SIMETO** 6,465 ng/g

## Obiettivi

Studio delle relazioni fra clima e sviluppo malattia/micotossine in un range di condizioni ambientali controllate e monitorando la malattia in campi di 4 nazioni con condizioni ambientali variabili in EU.

- Esaminare l'impatto di varietà di grano sullo sviluppo della malattia e sull'accumulo delle micotossine.
- Modelli per la valutazione del rischio quantitativo sullo sviluppo della malattia e sull'accumulo delle micotossine.

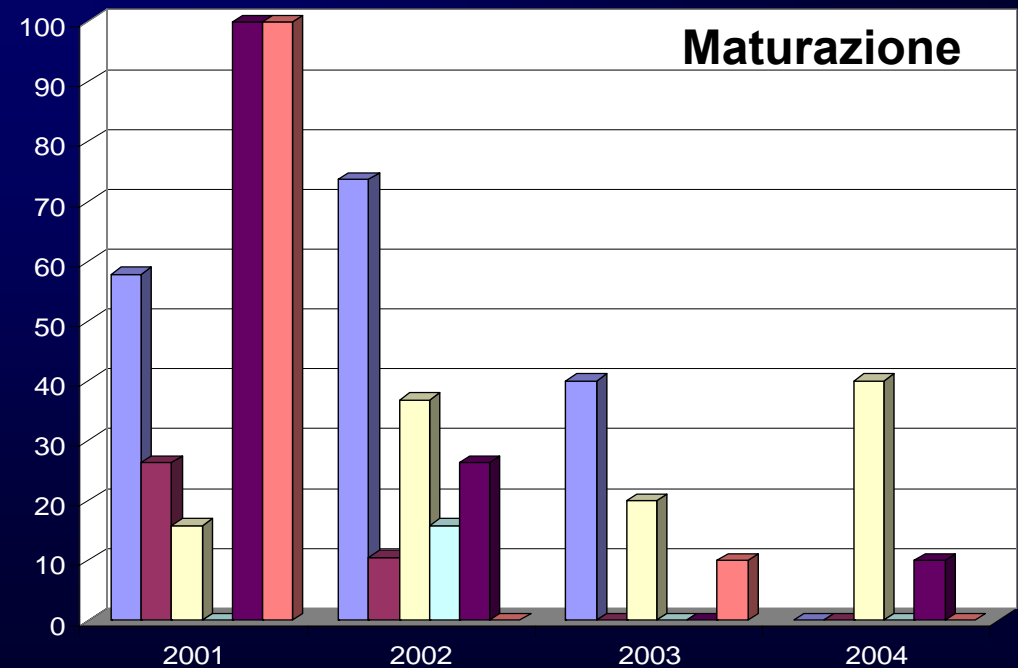
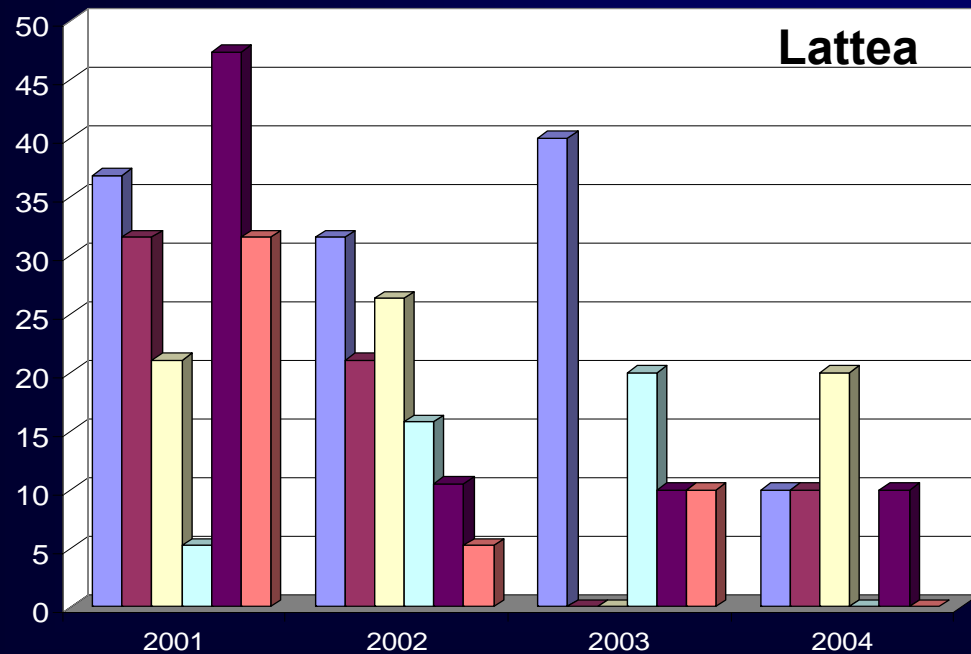
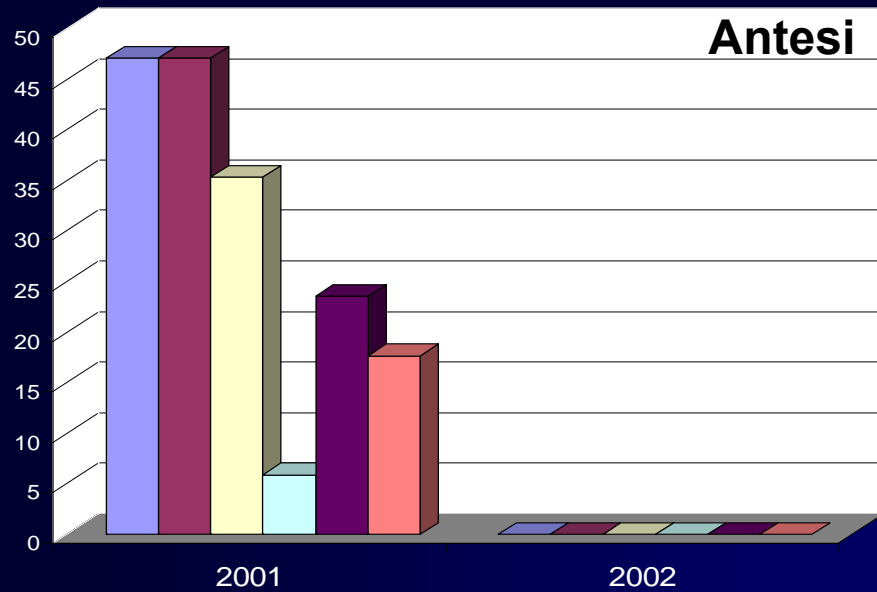
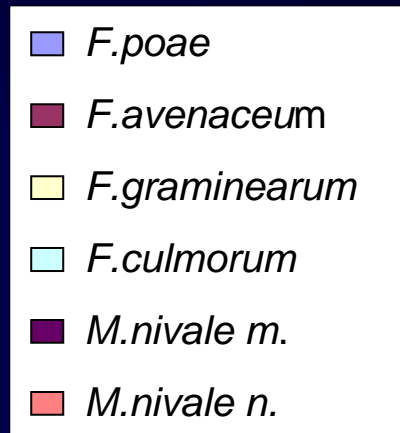


## Campi indagati nel 2001-2002-2003-2004





# Incidenza delle specie fungine 2001-2004 per fase fenologica



# Contaminazione micotossine 2001-2003

	DON		NIV		ZEA		HT-2	
	No pos/tot	Range(ppb)	No pos./tot.	Range(ppb)	No pos/tot.	Range(ppb)	No pos/tot.	Range(ppb)
2001	9/19	35-285	4/19	391	2/19	3-12	n.a.	n.a.
2002	9/19	181-15530	3/19	213-1033	2/19	22-31	8/19	25-110
2003	1/10	162	0/10	-	0/10	-	4/10	18-71

Beauvericina ed Enniatina mai presenti sopra i limiti di rilevabilità

# Presenza di micotossine nel confronto con le altre nazioni

	Numero totale di siti		Numero di siti con presenza di micotossine			
			Zea	HT-2	DON	NIV
	Totale	Italia				
2001	74	19	13 2	n.a.	33 9	19 4
2002	74	19	10 2	41 8	22 9	8 3
2003	40	10	9 0	21 4	16 1	5 0

## Campionamento campi: risultati principali

- Le frequenze delle specie è stata variabile nel tempo e fra le regioni
- Il livello di micotossine è molto basso, a parte alcuni campioni in un anno (2002).
- Le più comuni micotossine isolate sono state DON e NIV.
- C'è relazione qualitativa nella presenza di specie collegate alla FSG, ma non c'è relazione di tipo quantitativo.
- Vi sono indicazioni di associazioni fra alcune specie in un singolo sito.
- *F. culmorum* non sembra essere un problema in Italia per la FSG

# CONCLUSIONI

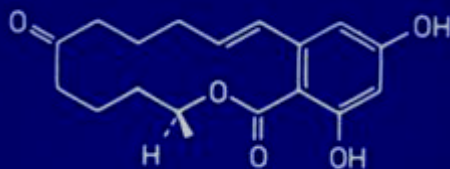
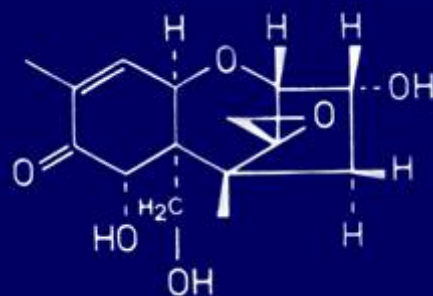


- I campioni di grano duro erano più contaminati che i campioni di grano tenero
- Una netta diminuzione nel livello di contaminazione di DON è stato osservato da Nord a Sud
- I livelli di contaminazione fungina e da micotossine a volte variavano in maniera puntiforme
- I livelli di contaminazione fungina e da micotossine non hanno mostrato differenze significative fra campi biologici e tradizionali



$$\begin{array}{ccccccc}
 & 21 & & & 22 & & \\
 & \text{CH}_3 & & & \text{CH}_3 & & \\
 20 & & 15 & 14 & & 10 & 5 & 3 & 2 & 1 \\
 \text{CH}_3 - & \text{CH} - & \text{CH} - & \text{CH} - & \text{CH} - & \text{CH} - & \text{CH} - & \text{CH} - & \text{CH} - & \text{CH}_3 \\
 | & | & | & | & | & | & | & | & | & \\
 & 16 & & & 12 & & & & & \\
 & \text{O} & & \text{O} & & \text{R} & & \text{OH} & & \text{OH} & \text{NH}_2 \\
 & | & & | & & & & & & & \\
 & \text{O} - \text{C} & & \text{C} - \text{O} & & & & & & & \\
 & | & & | & & & & & & & \\
 & \text{O} & \text{CH}_2 & \text{CH}_2 & \text{O} & & & & & & \\
 \text{OH} - & \text{C} = \text{CH} & & \text{CH} - \text{C} = \text{OH} & & & & & & & \\
 & | & & | & & & & & & & \\
 \text{OH} - & \text{C} - \text{CH}_2 & & \text{CH}_2 - \text{C} - \text{OH} & & & & & & & \\
 & || & & || & & & & & & & \\
 & \text{O} & & \text{O} & & & & & & &
 \end{array}$$

[1] R = OH  
 [2] R = H



# Main *Fusarium* species associated with maize ear rot:

*F. verticillioides*

*F. proliferatum*

*F. subglutinans*

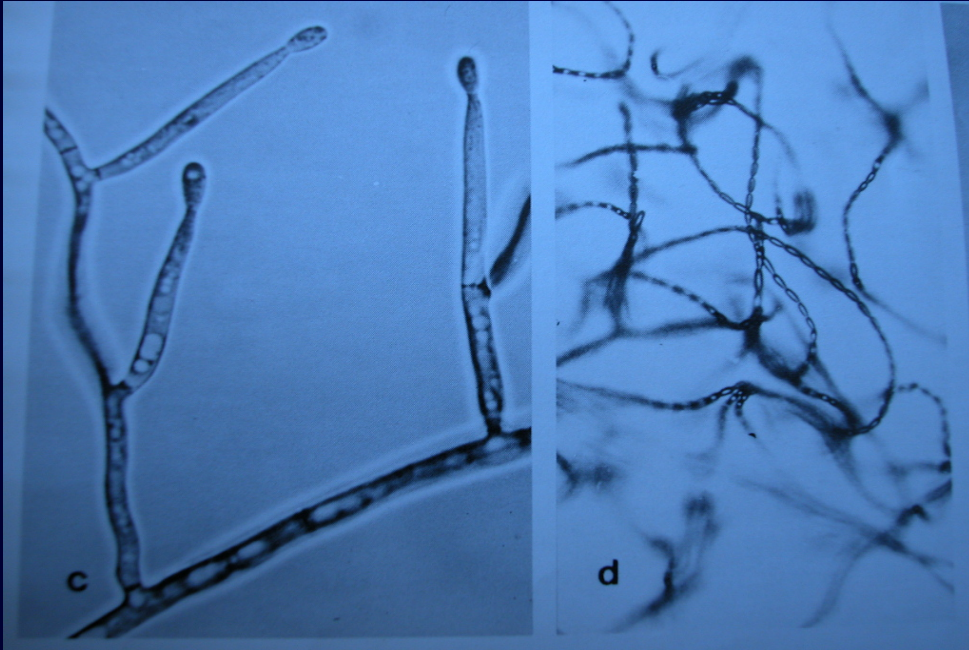


*F. graminearum*

# Principali micotossine da *Fusaria* della sezione *Liseola* coinvolte nel marciume della spiga di mais :

- *F. verticillioides*: Fumonisine (FB<sub>1</sub>, FB<sub>2</sub>, FB<sub>3</sub>)
- *F. proliferatum*: Fumonisine (FB<sub>1</sub>, FB<sub>2</sub>)  
Moniliformina  
Beavericina  
Fusaproliferina
- *F. subglutinans*: Moniliformina  
Beavericina  
Fusaproliferina

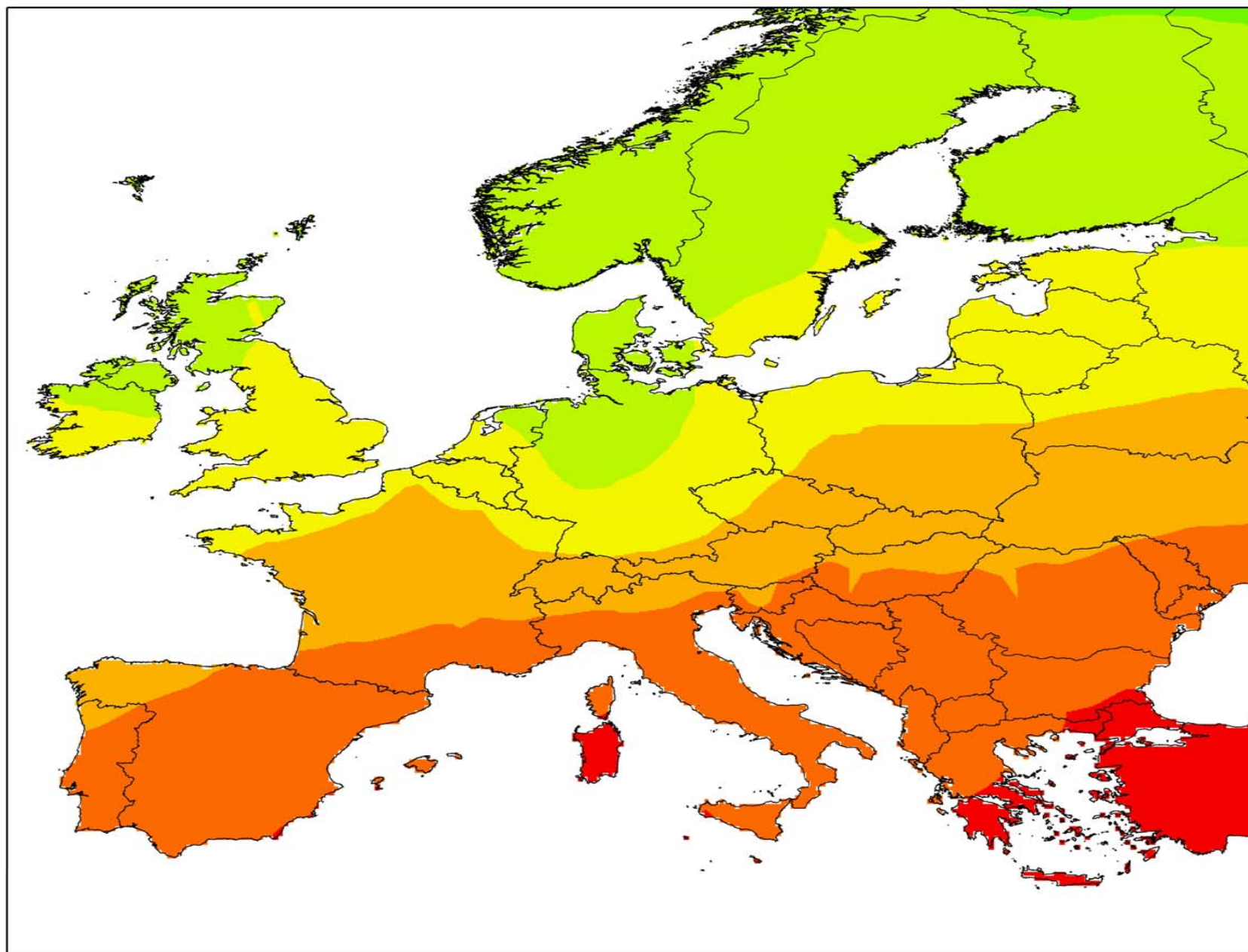




**Microconidial production in chains  
and on monophialides in  
*F.verticillioides***



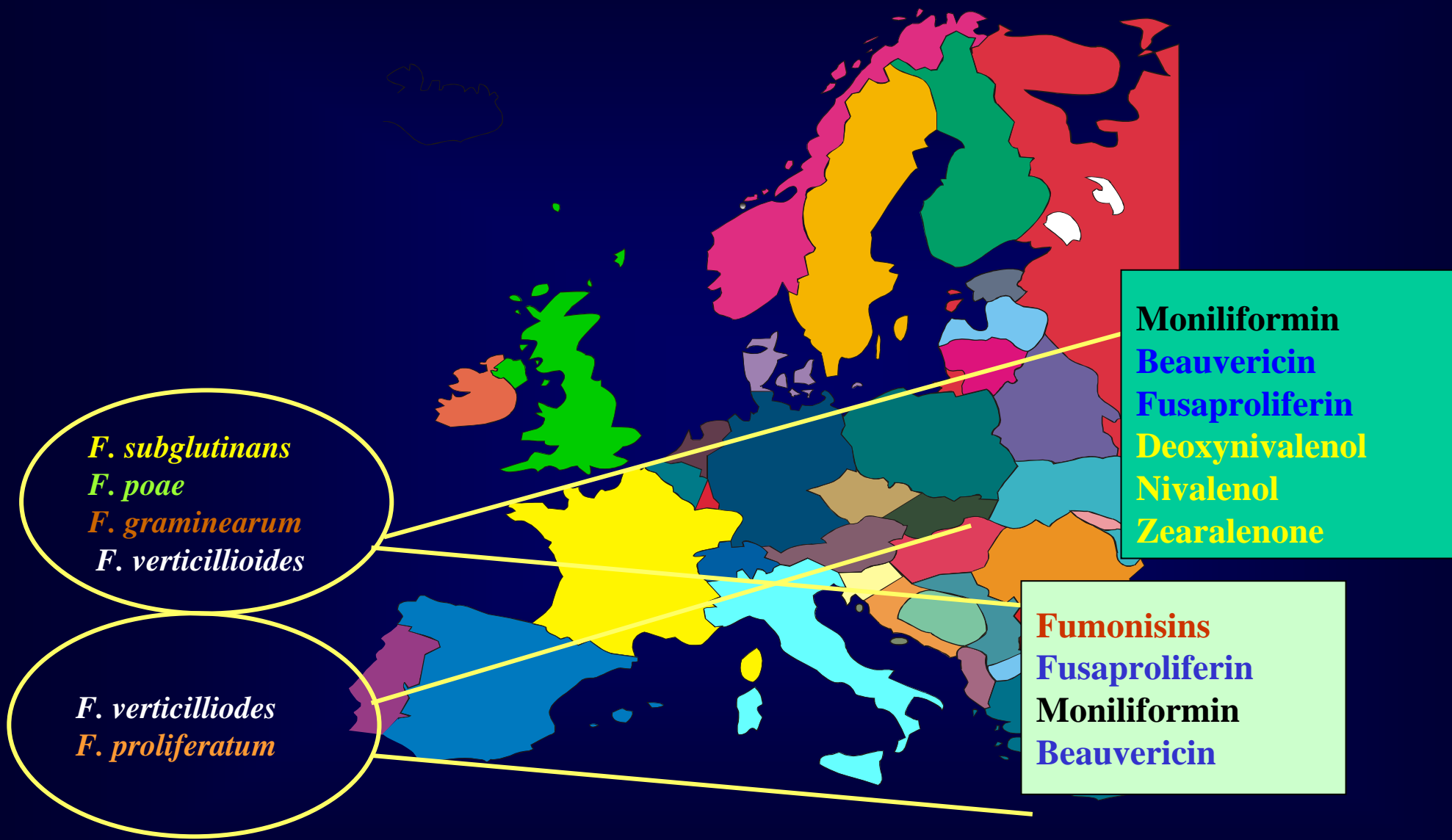
***Fusarium proliferatum* microconidial  
sporification on polyphialides**



**Temperatura media  
Agosto 2001**







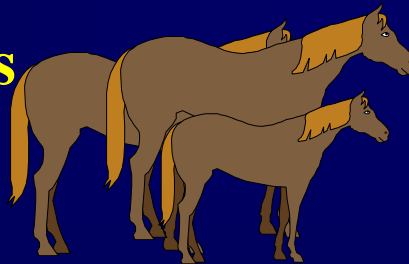
# Fumonisine

## Background

Butler, in 1902, ha descritto un malattia dei cavalli chiamata Leucoencephalomalacia equina(ELEM)

**Questa malattia è stata descritta anche con altri nomi:**

- encefalite
- leucoencefalite
- malattia del culmo di mais
- barcollamento
- malattia del foraggio



Agente causale dell'ELEM fu messo in relazione a specie di *Fusarium* contaminanti il mais.



**L'eziologia dell'ELEM è stata elucidata dal gruppo di Marasas, Sud Africa nel 1988 con la fumonisina B1 scoperta da colture di mais di *Fusarium moniliforme* (syn. *F. verticillioides*) e successivamente di *F. proliferatum*.**

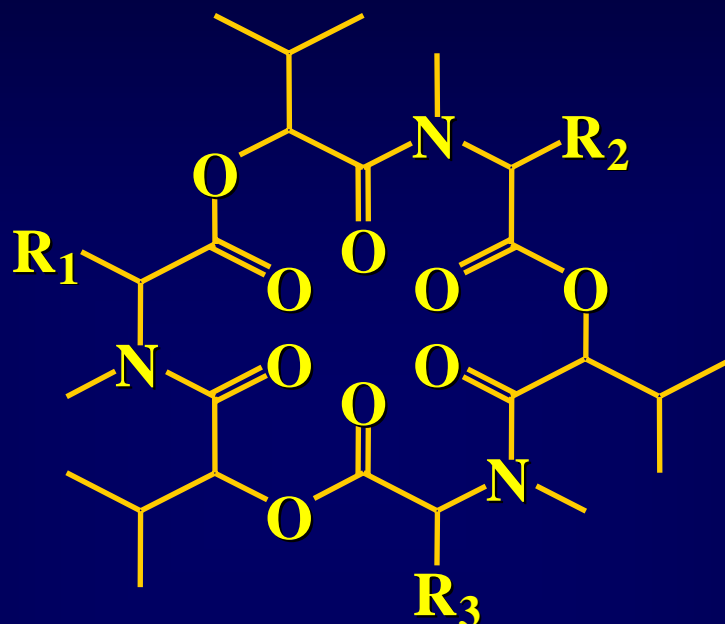
**Due diverse fumonisine furono purificate e chiamate FB<sub>1</sub> and FB<sub>2</sub>.**

**Prove di alimentazione con due cavalli usando FB<sub>1</sub> and FB<sub>2</sub> indussero i tipici sintomi dell'ELEM**

*A F. verticillioides* produttore di FBs sono state associate altre malattie quali:

- **nefrosi ed epatiti nelle pecore**
- **Trombosi cardiache e cirrosi epatiche nei ratti**
- **Edema polmonari nei maiali**
- **Apoptosi (frammentazione del DNA) su cellule mammiere.**
- **ASSOCIATA AL CANCRO ALL'ESOFAGO NELL'UOMO**
  - **Sud Africa, Cina, Italia (Friuli)**

## Esadepsipeptidi prodotti da specie di *Fusarium*



Enniatina A

$R_1 = R_2 = R_3 = -\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$

Enniatina A<sub>1</sub>

$R_1 = R_2 = -\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ ;  $R_3 = -\text{CH}(\text{CH}_3)_2$

Enniatina B

$R_1 = R_2 = R_3 = -\text{CH}(\text{CH}_3)_2$

Enniatina B<sub>1</sub>

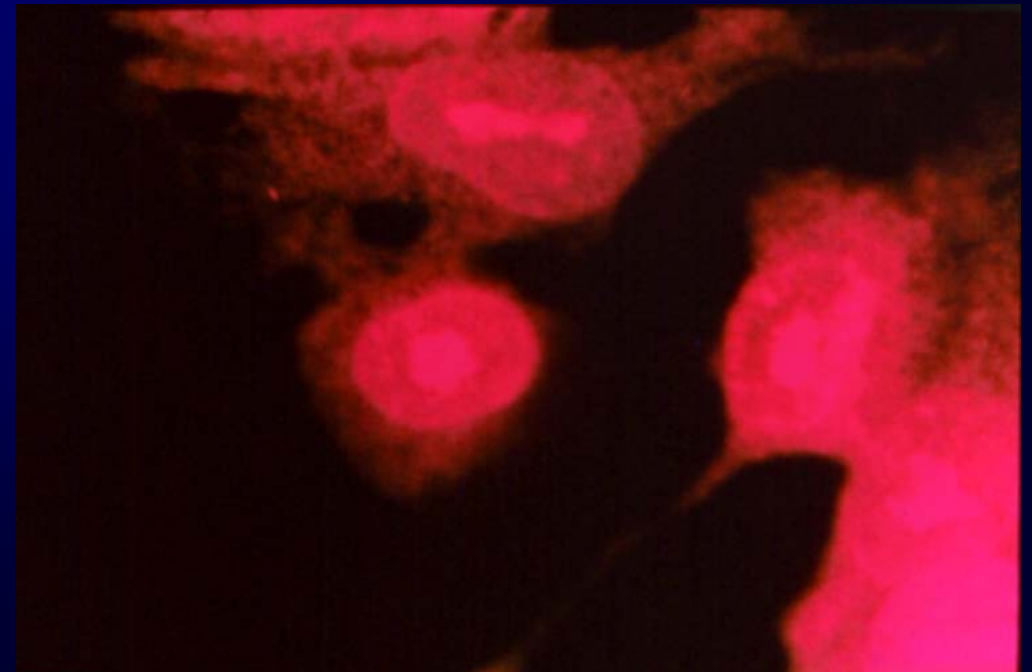
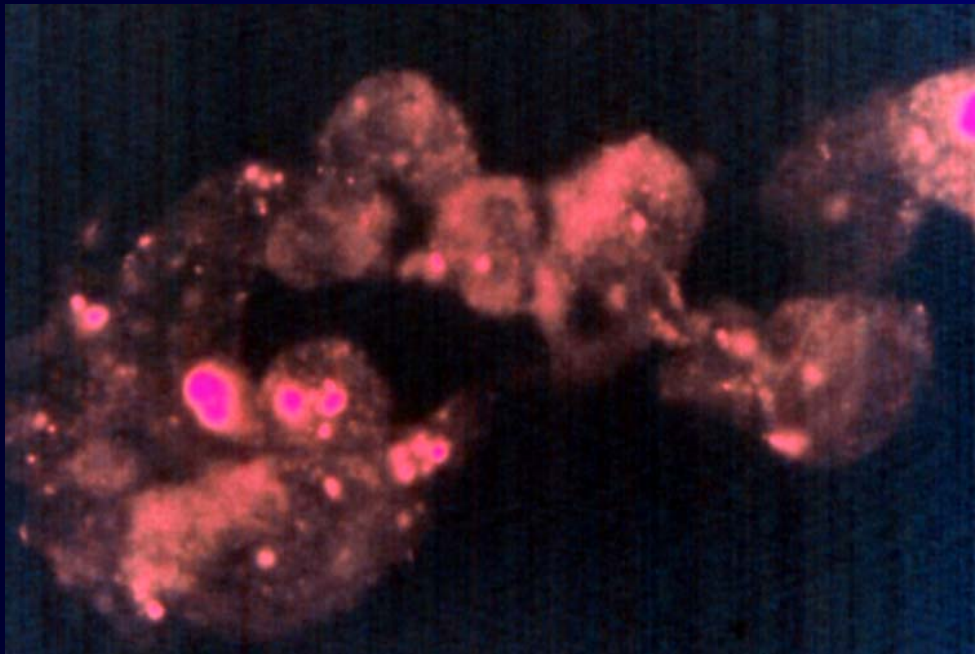
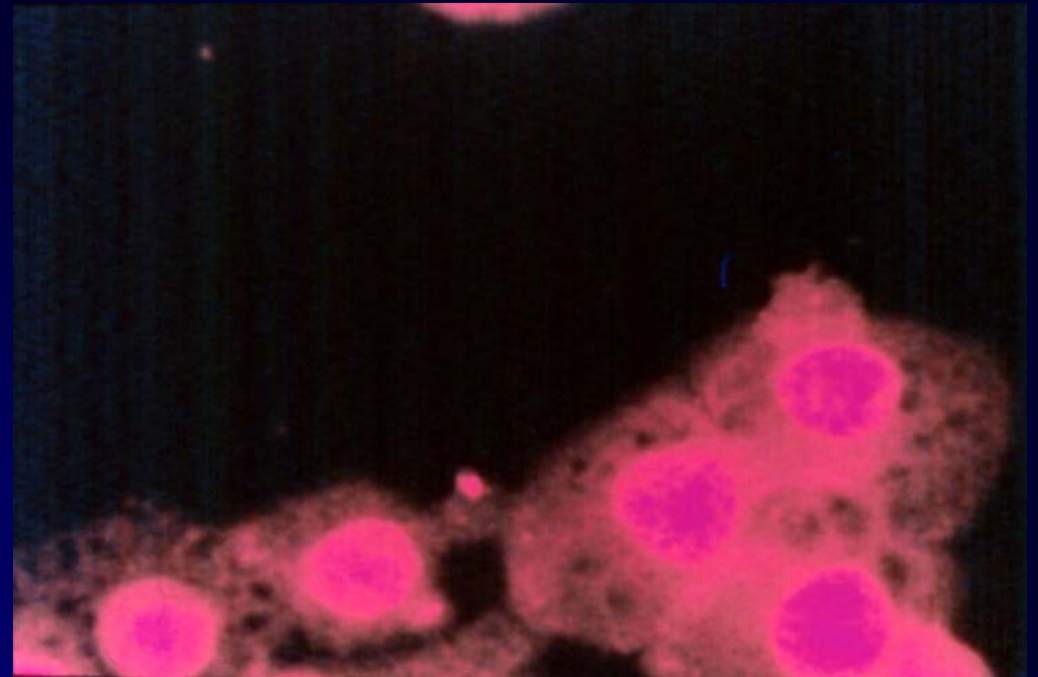
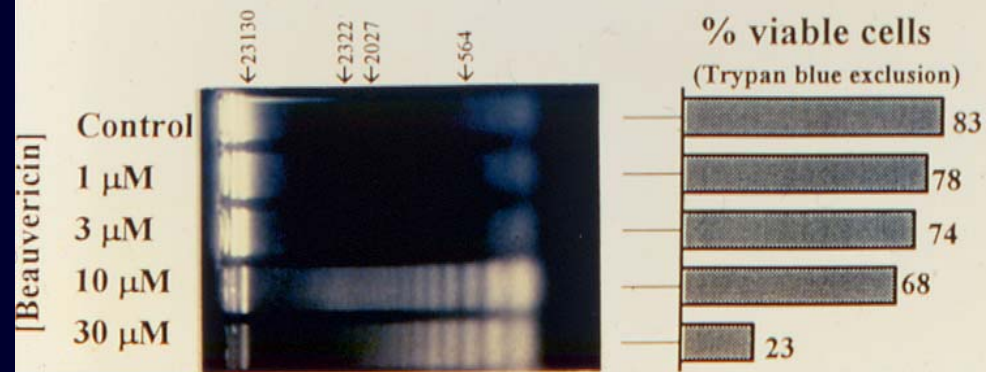
$R_1 = R_2 = -\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ;  $R_3 = -\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$

Beauvericina

$R_1 = R_2 = R_3 = -\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$

## RBL-1 cells

### *Dose-response (6 h exposure)*

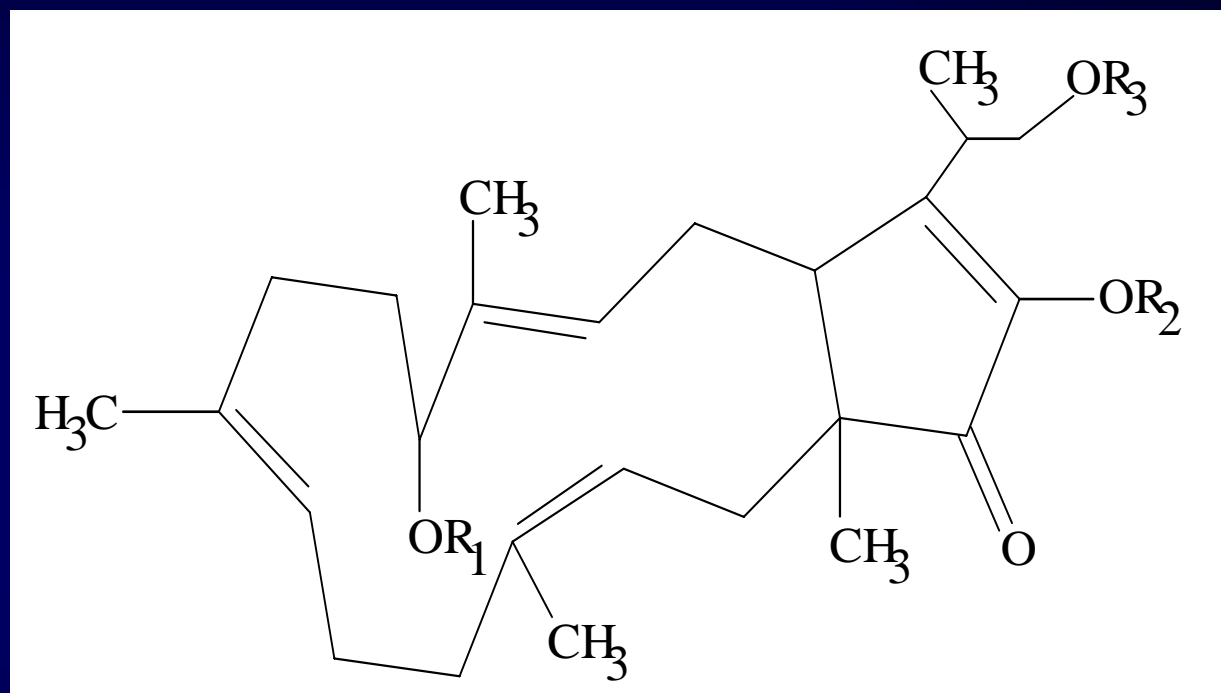




## Fusaproliferina e suoi effetti tossici

**Effetti Teratogeni  
su embrioni di pollo**

**Apoptosi su  
linfociti di cellule  
mammifere**



$\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{H}$

$\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{H} \quad \text{R}_3 = \text{CH}_3\text{CO}$

$\text{R}_1 = \text{R}_2 = \text{R}_3 = \text{CH}_3\text{CO}$

Deacetilfusaproliferina

Fusaproliferina

Acetilfusaproliferina



*Dicotomia cefalica*



*Becco e collo anomali*

## **PRESENZA DI FUMONISINA B<sub>1</sub> (FB<sub>1</sub>) IN MAIS E ALIMENTI A BASE DI MAIS**

<b>Derrata</b>	<b>Campioni analizzati</b>	<b>&gt; 1 µg/g FB<sub>1</sub></b>
<b>Mais macinato</b> (farina di mais, polenta, semolina, mais macinato grosso)	<b>108</b>	<b>30%</b>
<b>Cariossidi di mais</b> (genotipi, mais commerciale, mais importato)	<b>1038</b>	<b>37%</b>
<b>Alimenti a base di mais</b> (mais in scatola, mais estruso, pane, biscotti, cereali, cornflakes, amido, mais dolce, alimenti per l'infanzia, tortillas, pop-corn etc.)	<b>181</b>	<b>10%</b>

## **PRESENZA DI FUMONISINE (FB<sub>1</sub>+FB<sub>2</sub>) IN ALIMENTI A BASE DI MAIS IN GENOTIPI DI MAIS IN ITALIA**

<b>CAMPIONI</b>	<b>POSITIVI / ANALIZZATI</b>	<b>RANGE FB<sub>1</sub> + FB<sub>2</sub> (ng/g)</b>	<b>MEDIA DEI POSITIVI (ng/g)</b>
<b>MAIS COMMERCIALE</b>	<b>7/7</b>	<b>130 - 6790</b>	<b>3500</b>
<b>GENOTIPI DI MAIS</b>	<b>26/26</b>	<b>10 - 2850</b>	<b>450</b>
<b>POLENTA</b>	<b>13/13</b>	<b>210 - 4670</b>	<b>2230</b>
<b>POLENTA PRECOTTA</b>	<b>4/4</b>	<b>200 - 1200</b>	<b>870</b>
<b>POLENTA BIOLOGICA</b>	<b>3/3</b>	<b>200 - 1300</b>	<b>810</b>
<b>MAIS ESTRUSO</b>	<b>6/6</b>	<b>900 - 6620</b>	<b>3540</b>
<b>MAIS DOLCE</b>	<b>5/5</b>	<b>60 - 790</b>	<b>300</b>
<b>ALTRI ALIMENTI</b>	<b>6/10</b>	<b>10 - 80</b>	<b>40</b>

**Dati ripresi da DOKO e VISCONTI (1994) e da PASCALE M. et al. (1995)**

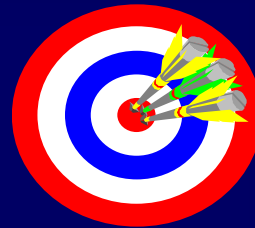
## Presenza di micotossine da specie di *Fusarium* nei cereali nel mondo (W) e nell'Unione Europea (EU).

Toxins	Samples positive /total				Ratio	Range	
	W		EU			(µg/kg = ppb)	
	No.	%	No.	%	EU/W	W	EU
DON.....	3781/7889	48	3415/5690	60	1,25	1-67000	4-67000
DAS.....	126/2103	6	49/1535	3	0,50	1-31500	20-31500
FB <sub>1</sub> .....	365/497	73	154/179	86	1,18	1-117520	50-4670
MON.....	102/288	35	37/148	25	0,70	50-11570	50-750
NIV.....	967/4181	40	545/3608	16	0,40	2-37900	3-7800
T2.....	490/5856	8	449/3883	12	1,50	1-38890	1-14000
ZEN.....	2297/18018	13	845/5745	15	1,15	2-275800	1-175000

(a) - DON = Deossinivalenolo (Vomitossina); DAS = Diacetossiscirpenolo; FB<sub>1</sub> = Fumonisina B<sub>1</sub>; MON = Moniliformin; NIV = Nivalenolo; T2 = Tossina T-2; ZEN = Zearalenone.



Una corretta identificazione e una caratterizzazione tossicologica dei patogeni e dei colonizzatori fungini dei cereali e dei prodotti a base di cereali è determinante per valutare il loro potenziale tossigeno e stabilire i rischi potenziali per prevenire malattie a piante, animali e uomo.



## Obiettivo importante

Sviluppare un rapido, robusto e pratico  
kit diagnostico molecolare sia qualitativo  
sia quantitativo

Valutazione del rischio  
e prevenzione

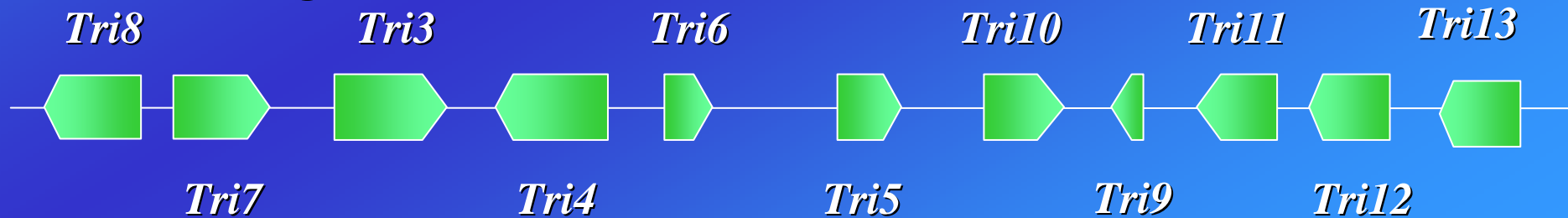
cluster di geni che codificano per le subunita' ribosomiali



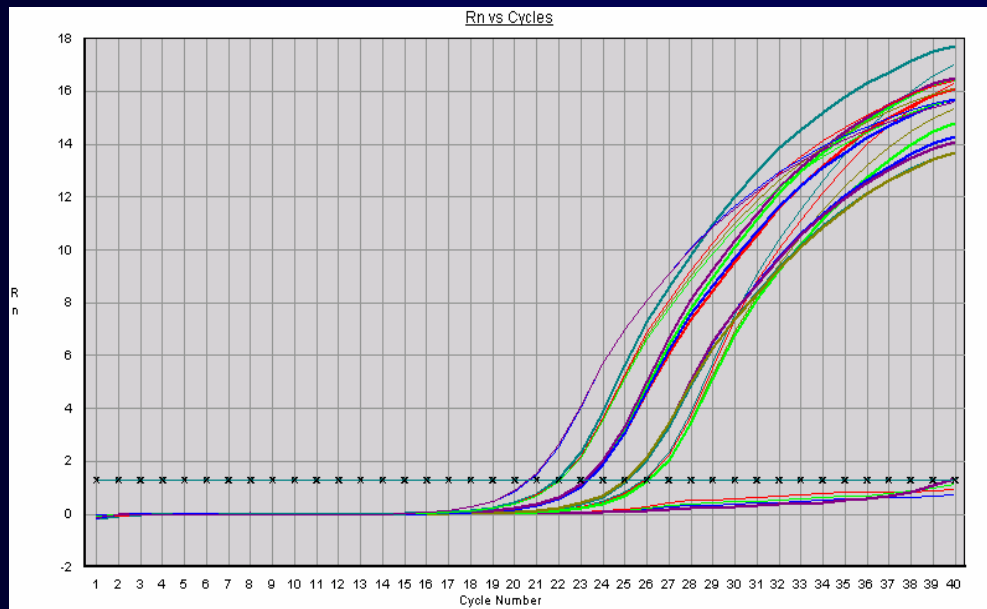
cluster di geni coinvolti nella biosintesi di fumonisina



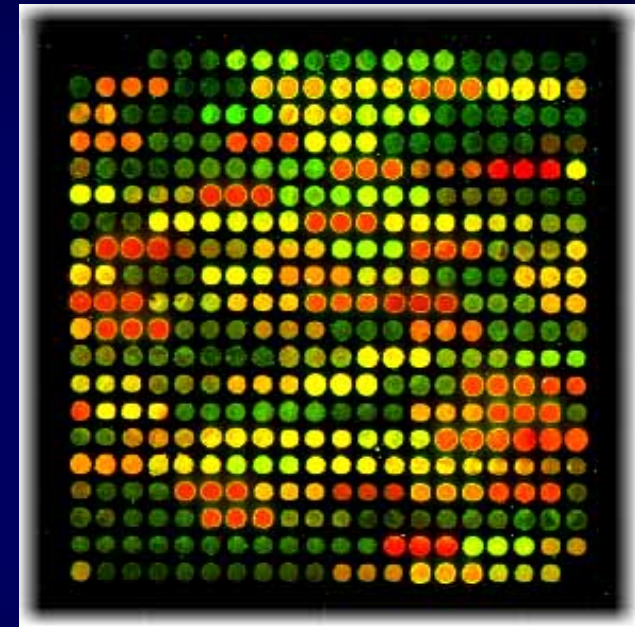
cluster di geni coinvolti nella biosintesi di tricoteceni



# Sistemi di monitoraggio per via molecolare



Real Time PCR



DNA Chip

Diversi sistemi per il monitoraggio della contaminazione fungina attraverso l'identificazione del DNA:  
PCR Qualitativa, PCR quantitativa e micro/macro sistemi (array)



# **FATTORI CHE INFLUENZANO LA FORMAZIONE DI MICOTOSSINE IN CAMPO**

- ✓ **PRESENZA E PATOGENICITÀ DEI CEPPI TOSSIGENI**
- ✓ **SUSCETTIBILITÀ DELLE COLTURE**
- ✓ **STRESS BIOTICI E ABIOTICI**
- ✓ **ANDAMENTI CLIMATICI POCO FAVOREVOLI**
- ✓ **TECNICHE AGROCOLTURALI NON IDONEE**
  - **semine in periodi non adatti e/o semine molto fitte**
  - **mancanza di rotazioni colturali**
  - **successioni irrazionali**
  - **fertilizzazioni squilibrate**
  - **inadeguato impiego di fitofarmaci**
  - **irrigazione insufficiente o discontinua**
- ✓ **INFESTAZIONE DA INSETTI**

# MISURE DI CONTROLLO IN PRE-RACCOLTA DI NOTA EFFICACIA

## ➤ PREVENIRE CONDIZIONI DI "STRESS" PER LE COLTURE

- **irrigazioni adeguate** ⇒ evitare il verificarsi di condizioni di siccità o di eccessiva umidità; seminare in modo da trarre vantaggio dai periodi dell'anno più piovosi ed evitare condizioni di stress idrico
- **fertilizzazioni equilibrate**
- **riduzione degli attacchi di insetti**

## ➤ RIDURRE I RESIDUI DI CAMPO E LE SORGENTI DI INOCULO

- **preparazione dei terreni alla semina** ⇒ la quantità di spore di *Fusarium* è correlata alla quantità di residui di campo (mais) e aumenta se la decomposizione è lenta; i trattamenti di aratura e dissodamento riducono significativamente l'incidenza di attacchi di fusariosi del frumento

## ➤ REINTRODURRE LE ROTAZIONI CULTURALI

- **patata, orzo, soia, barbabietola/frumento** ⇒ bassa incidenza di attacchi di fusariosi del frumento e di contaminazione da DON
- **mais/frumento** ⇒ elevata incidenza



# MISURE DI CONTROLLO IN PRE-RACCOLTA

## “POTENZIALMENTE EFFICACI”

### 1. SELEZIONE DI VARIETA' NATURALMENTE RESISTENTI

**ibridi di mais a basso accumulo di fumonisine** ⇒

scarso adattamento a condizioni ambientali diverse da quelle delle aree di produzione

**GT-MAS: gk, “Illinois-resistant lines”** ⇒

ibridi di mais con cariossidi resistenti all'accumulo di aflatossine dopo infezione da *A. flavus*

**“Tropical Hybrids”** ⇒ ibridi di mais più tolleranti a condizioni di temperatura e umidità ambientale elevate e più resistenti all'accumulo di aflatossine



# MISURE DI CONTROLLO IN PRE-RACCOLTA

## "POTENZIALMENTE EFFICACI"

### 2. Uso di SOSTANZE CON ATTIVITA' ANTIFUNGINA

#### FUSARIOSI DELLA SPIGA DI GRANO ⇒

- i risultati sul controllo della malattia mediante fungicidi sono ancora

#### CONTRADDITTORI

- in alcuni casi, il trattamento con fitofarmaci riduce i sintomi della malattia e l'accumulo di DON, in altri ha portato ad un maggiore accumulo di tossina

- i prodotti disponibili hanno uno spettro di azione limitato per cui è importante conoscere la natura dell'infezione per scegliere il prodotto specifico o una miscela di prodotti diversi

#### TEMPO DI APPLICAZIONE ⇒

#### PUNTO CRITICO

#### FREQUENZA DEI TRATTAMENTI ⇒

frequenze sbagliate possono compromettere l'efficacia dei trattamenti

# SVILUPPO DEI FUNGHI PRODUZIONE DI MICOTOSSINE



# FASI DI RACCOLTA E IMMAGAZZINAMENTO DELLE GRANAGLIE

- ✓ Durata, rapidità e modalità di essiccamento
- ✓ Umidità relativa delle derrate
- ✓ Temperatura e umidità ambientale
- ✓ Tensione di vapore di  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$
- ✓ Natura e consistenza del substrato
- ✓ Presenza di danni meccanici o da insetti
- ✓ Quantità e vitalità dell'inoculo fungino
- ✓ Interazioni con altri microrganismi
- ✓ Presenza di conservanti

Antonio Moretti



*Consiglio Nazionale delle Ricerche*

## Gruppo Funghi Tossigeni

Antonio Bottalico

Antonio Logrieco

Giuseppina Mulè

Giancarlo Perrone

Antonella Susca

Giuseppe Cozzi

Filomena Epifani

Enzo Ricci

Gaetano Stea

Giusi Tocco

