GESTIÓN INTEGRADA DE LA MICOTOXINA ANTES Y DESPUÉS DE LA COSECHA

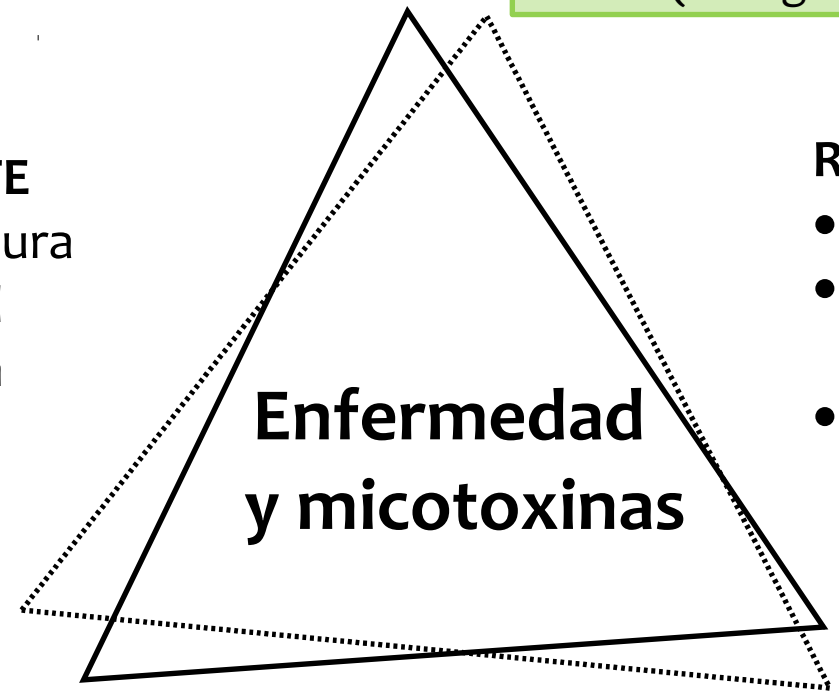
Antonio F. Logrieco

Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari
Consiglio Nazionale delle Ricerche,
ISPA-CNR, Bari, Italy

V Congresso Nazionale: Le Micotossine nella filiera agro-alimentare
28-29-30 settembre 2015

Factores similares influyen en el desarrollo de la enfermedad y la acumulación resultante de micotoxinas (triángulos superpuestos)

AMBIENTE
Temperatura
Humedad
Radiación



RECEPTOR
- Susceptibilidad
- Etapa de crecimiento
- Sincronía de floritura

Las diferencias importantes en las relaciones entre las plantas receptoras, los patógenos y el medio ambiente pueden afectar la enfermedad y la toxina de manera diferente (compensando los triángulos)

PATÓGENO
- Especie / población
- Densidad / abundancia
- Agresividad

FUENTES DE EXPOSICION DE MICOTOXINA

Hongos de campo

Hongos de almacenamiento

. . .

CULTIVOS EN CRECIMIENTO

ALMACENA-MIENTO

TRATAMIENTO

DISTRIBUCIÓN

CONSUMO

FUENTES DE EXPOSICION DE MICOTOXINA

Hongos de campo

Hongos de almacenamiento

. . .

CULTIVOS EN CRECIMIENTO

ALMACENA-MIENTO

TRATAMIENTO

DISTRIBUCIÓN

CONSUMO

ANTES DE LA COSECHA

DESPUÉS DE LA COSECHA

HACCP - Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos

- Identificar peligros
- Encuentra puntos críticos
- Establecer límites
- Establecer monitoreo
- Diseña acciones correctivas
- Verificar la eficiencia
- Mantener registros

ASPECTOS DE LA GESTIÓN DE LA MICOTOXINA

PRE-COSECHA

- Complejo (demasiados factores)
- Control limitado
- Problemas y efectos secundarios de las acciones corectivas

POST-COSECHA

- Simple
- Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) limitan la acumulación de toxinas
- Sin efectos secundarios

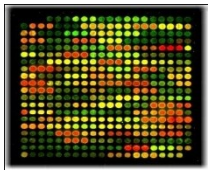
CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

Variedades resistentes

En el maíz resistente, la mayoría de los genes proporcionan un nivel base de defensa al hongo antes de la infección



Infección con *Fusarium verticilloides*

Reacción de aprox. 80 genes tempranos

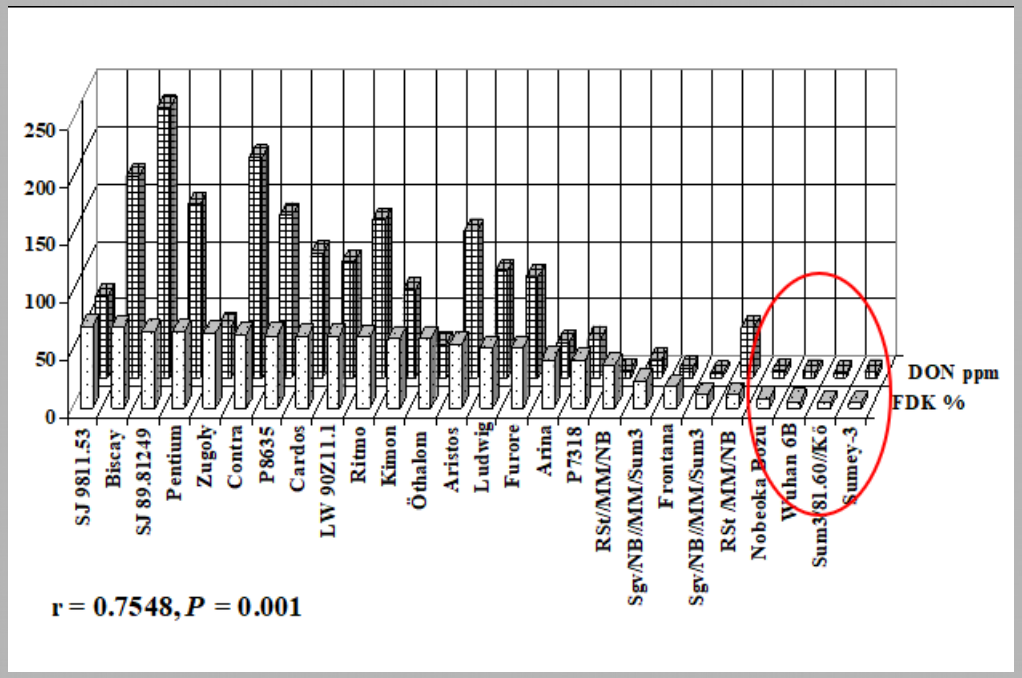
Reacción de aprox. 240 genes tardíos

En el maíz susceptible, la mayoría de los genes PR reaccionan después de la infección

MycoRed

Lanubile et al.

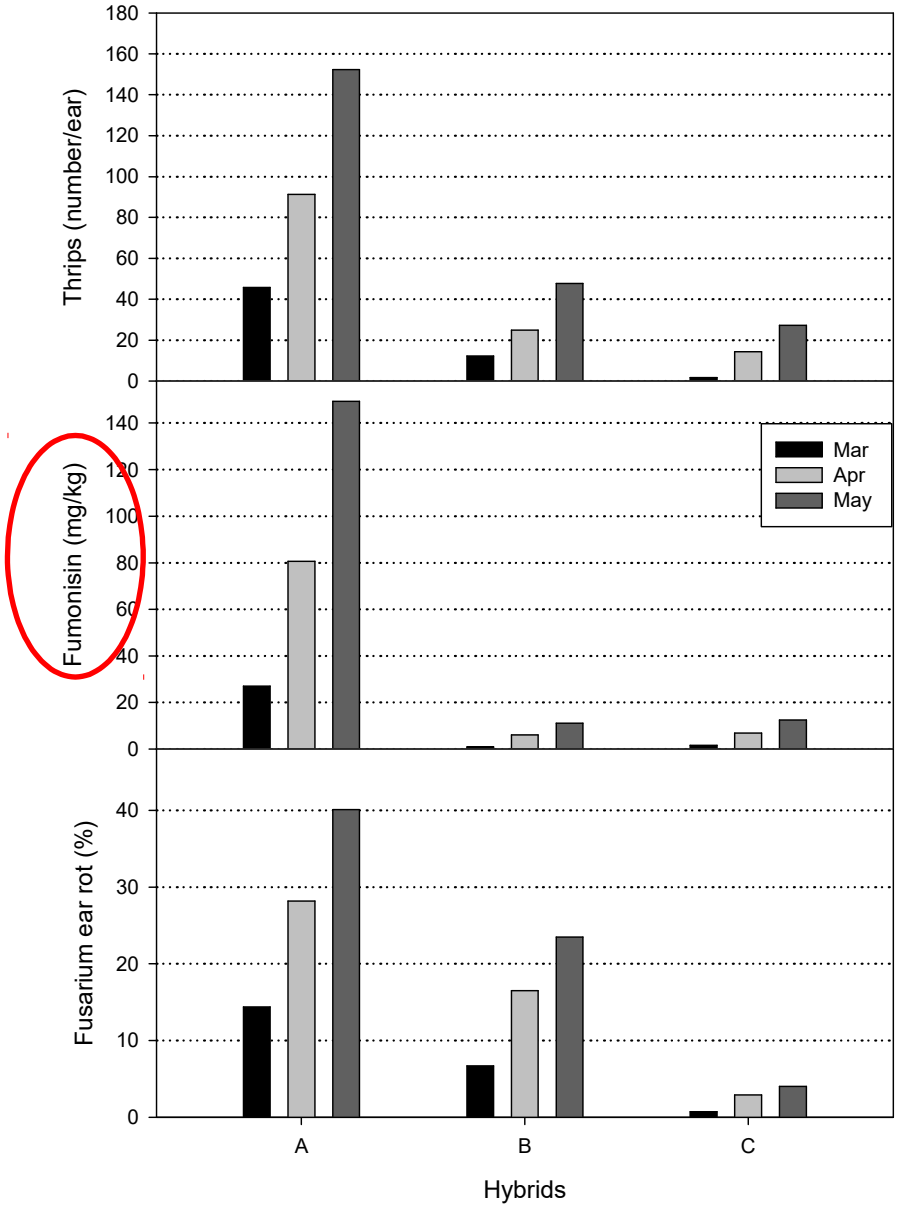
Variedades resistentes



Contenido de DON en diferentes cultivos de trigo en comparación con variedades y líneas resistentes a FHB

Mesterházy, 2014
(Leslie and Logrieco Eds.)

Variedades resistentes



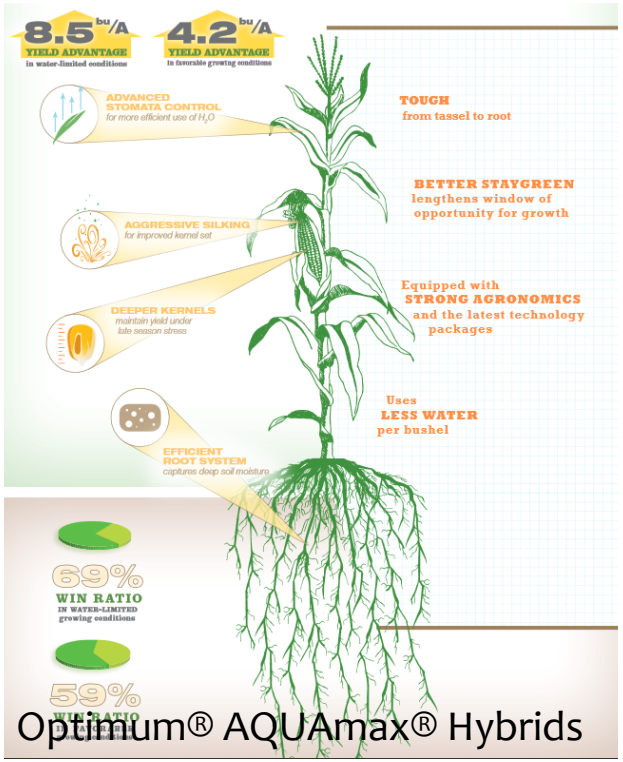
LA SELECCIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ AFECTA EL RIESGO DE FUMONISINA

Munkvold, 2014
(Leslie and Logrieco Eds.)

Efecto indirecto en los niveles de micotoxinas

Las aflatoxinas son más frecuentes en los cultivos afectados por la sequía

Tolerancia a la carga por sequía



Optimum® AQUAmax® Hybrids

Los cultivos debilitados por insectos u otros daños son más susceptibles al crecimiento de moho y la contaminación por aflatoxinas.

Protección contra el barrenador del maíz

HERCULEX® XTRA

DuPont Pioneer Hi-Bred

CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

- **FUENTES DE RESISTENCIA LIMITADAS**
- **NINGUNA SOLUCIÓN GM APROBADA EN LA UE**
- **VARIEDADES RESISTENTES QUE NO SIEMPRE TIENEN ALTO RENDIMIENTO**

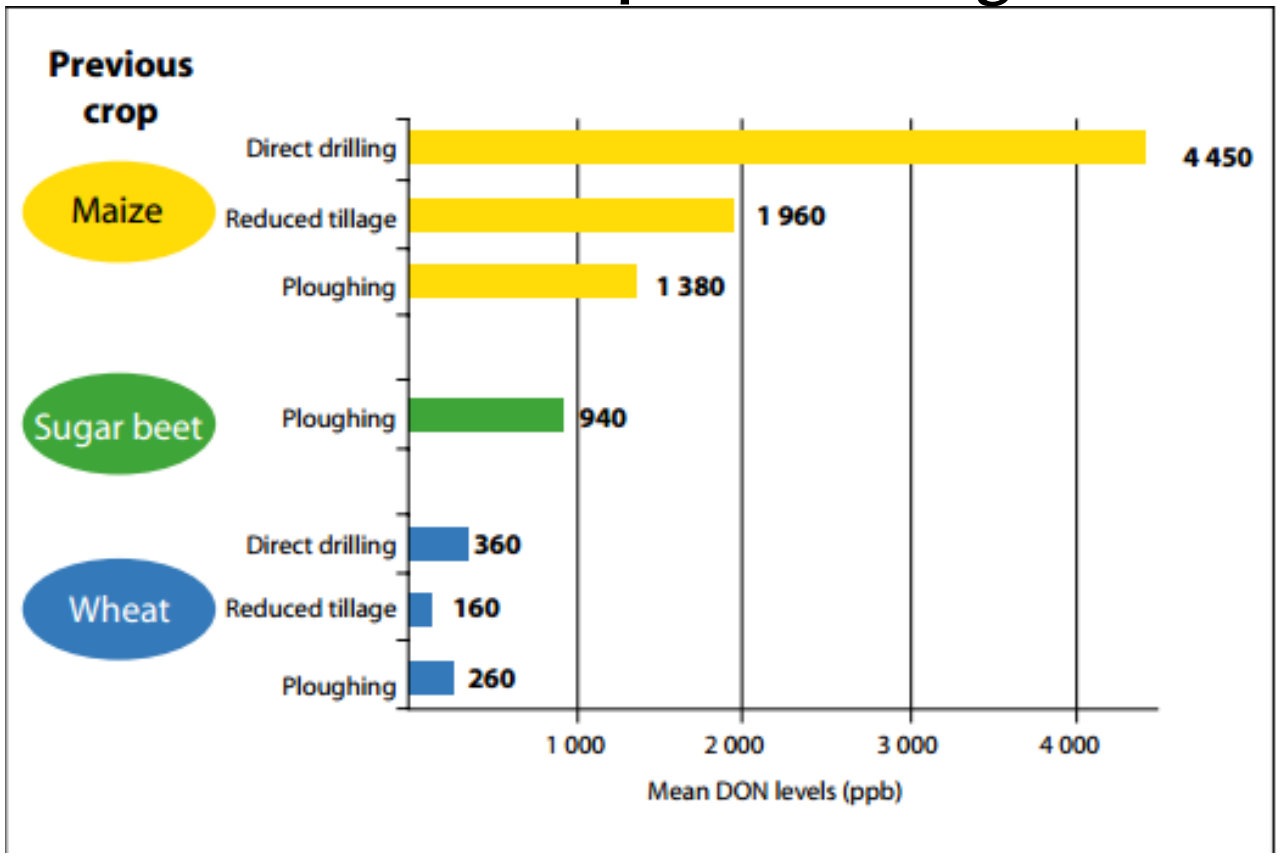
CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

Rotación de cultivos

Efecto de diferentes cultivos previos sobre el nivel DON en plantas de trigo



?

Clark et al., 2009

CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

GOOD AGRICULTURAL PRACTICE (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

- **RESTRICCIONES ECONÓMICAS**
- **INCENTIVOS POLÍTICOS**
- **EROSIÓN DEL SUELO**

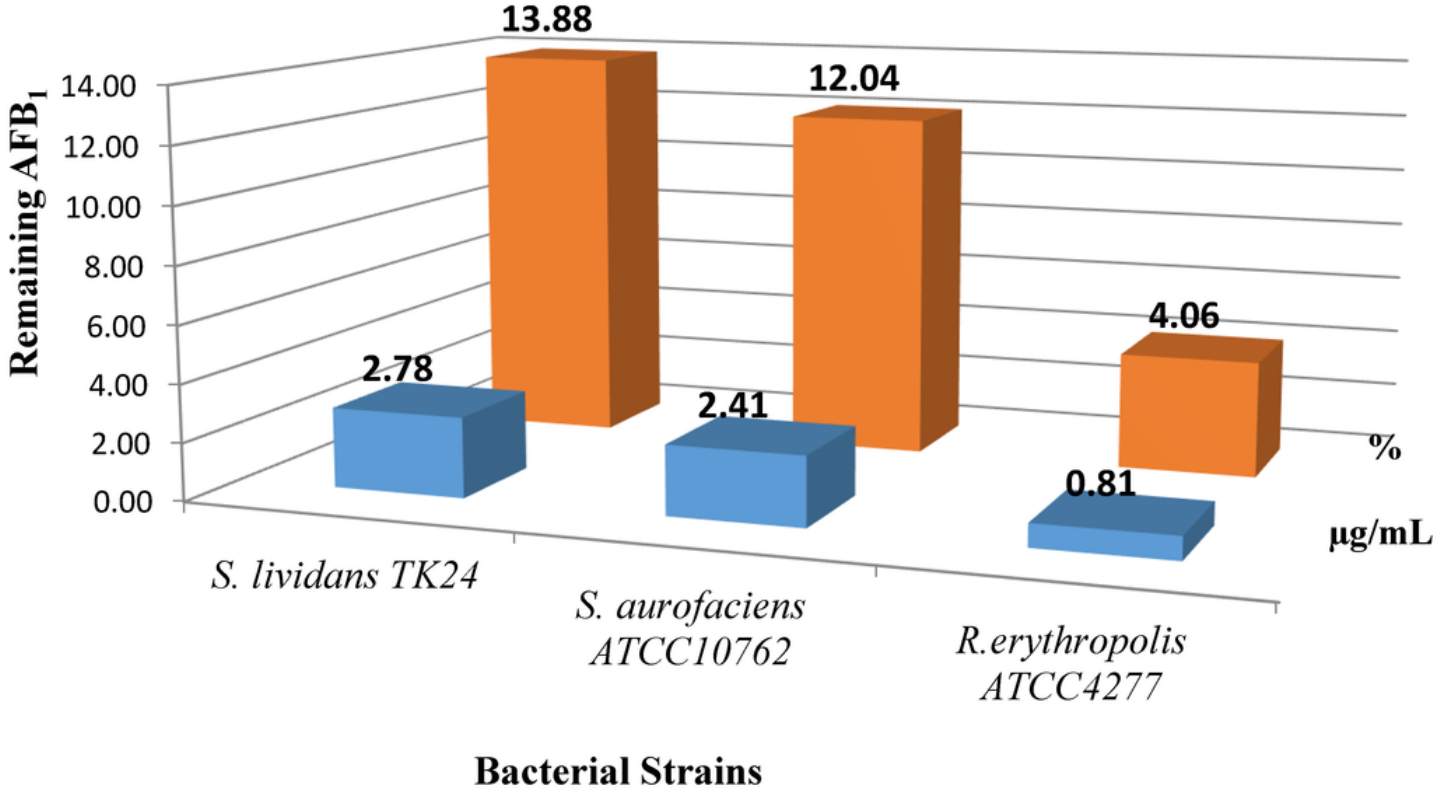
CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

Desintoxicación en la planta

Biodegradación de Aflatoxina B1 por Actinomicetos

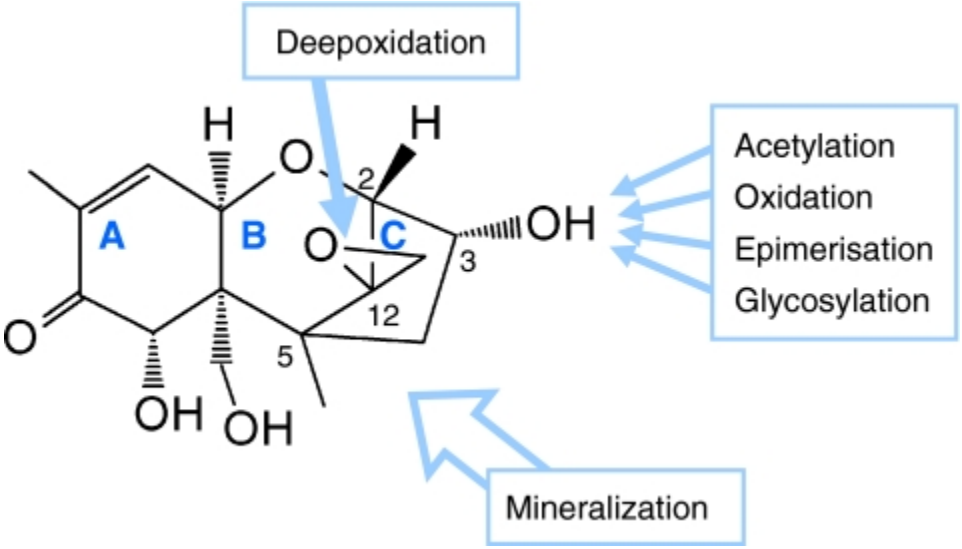


Degradación de AFB1 por cultivos de Rhodococcus erythropolis ATCC 4277, Streptomyces lividans TK 24 y S. aureofaciens ATCC10762 después de 24 h de incubación a 30 ° C y pH 6.0

Eshelli et al., 2015

Desintoxicación en la planta

Desintoxicación biológica de deoxinivalenol



Structure of deoxynivalenol (DON) with the designation of the ring system *A-C* and targets for detoxification

De-epoxidación: requiere condiciones anaeróbicas
Oxidación y epimerización: catalizada por sistemas difíciles de expresar y ensamblar en las plantas

Uso de microorganismos intactos en aditivos para piensos

Mineralización: aislamiento de cultivos puros activos extremadamente difícil

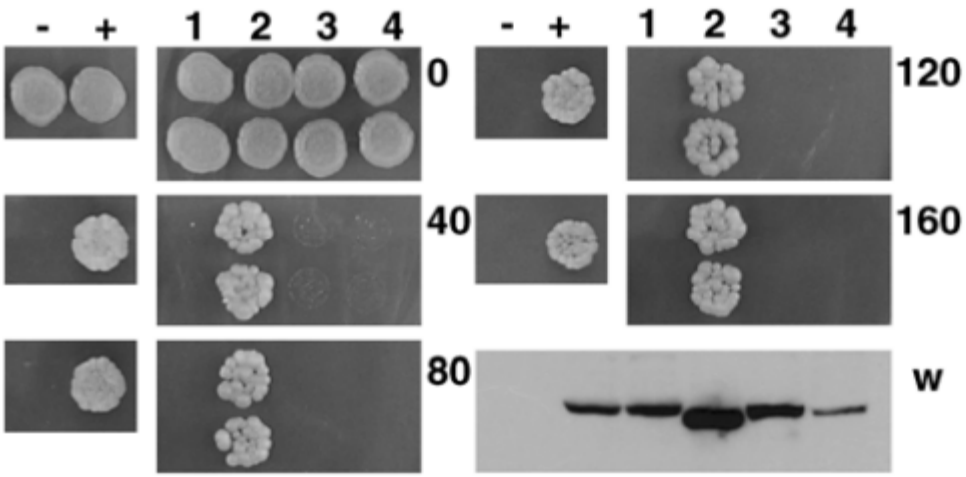
Acetilación y **glicosilación** de C3-OH: bien creado y alcanzable en plantas transgénicas

Los marcadores moleculares asociados con enes que codifican glucosiltransferasas vegetales que destoxifican al DON ayudarán a los mejoradores a desarrollar nuevas variedades de trigo resistentes al FHB

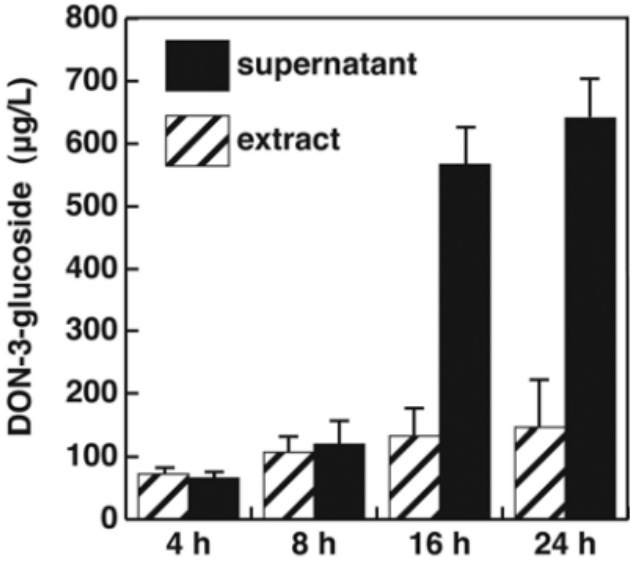
Karlovsky, 2011

Desintoxicación en la planta

Deoxinivalenol-Inactivating UDP-Glucosyltransferase de la cebada en la levadura



Fenotipo de resistencia al deoxynivalenol (DON) conferido por la expresión de cebada UDP UDP-glicosiltransferasas (UGT) en levadura

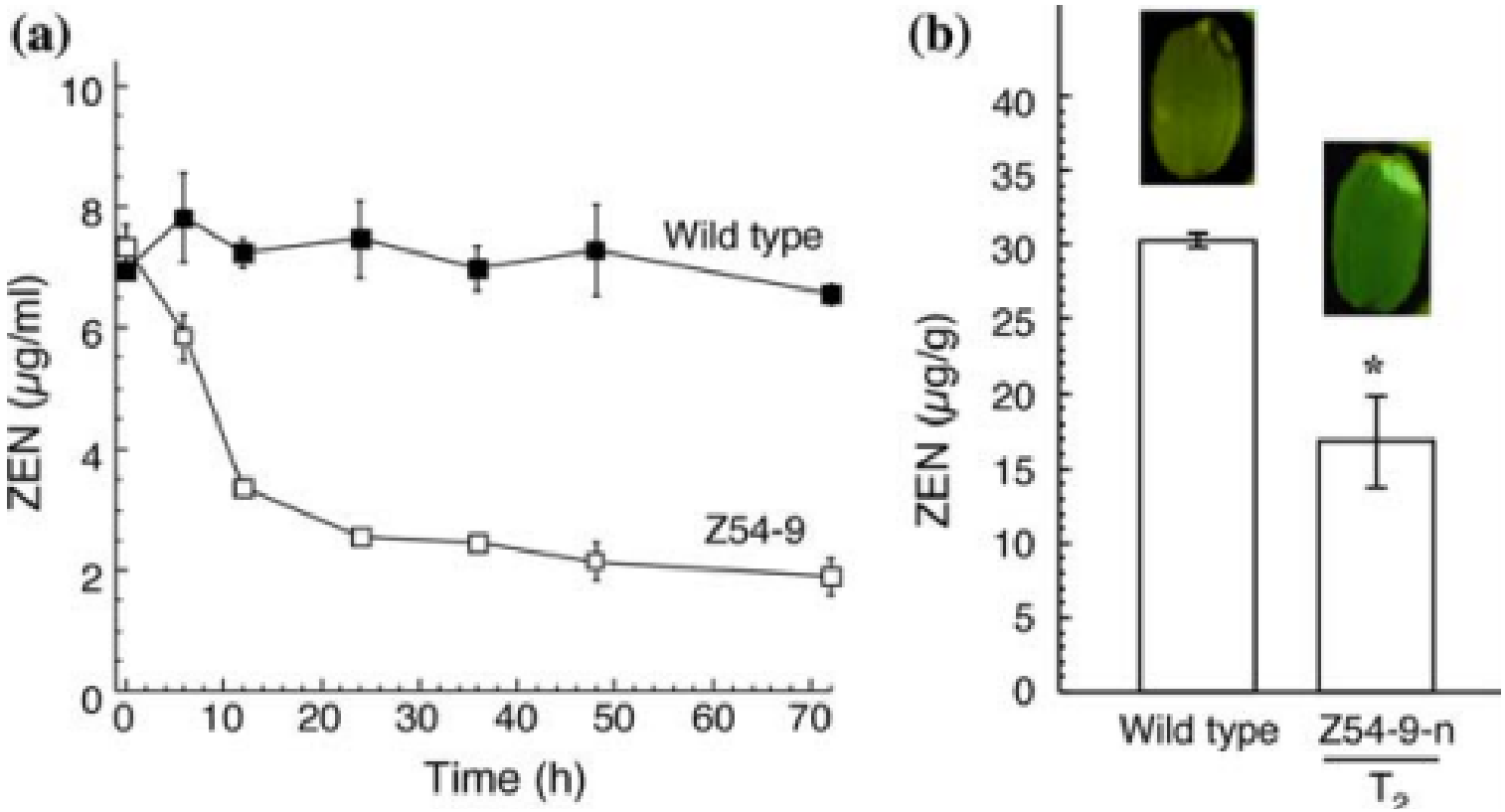


Conversión de deoxinivalenol (DON) en DON-3-O-glucósido (D3G) y liberación en el fluido de cultivo por levadura transformada

Schweiger et al., 2010

Desintoxicación en la planta

Zearalenona (ZEN) está desintoxica por ZHD101, una lactonohidrolasa de *Clonostachys rose*



Degradación de ZEN por extractos de proteínas de plantas de arroz transgénicas transformadas con zhd101

Higa-Nishiyama et al., 2005

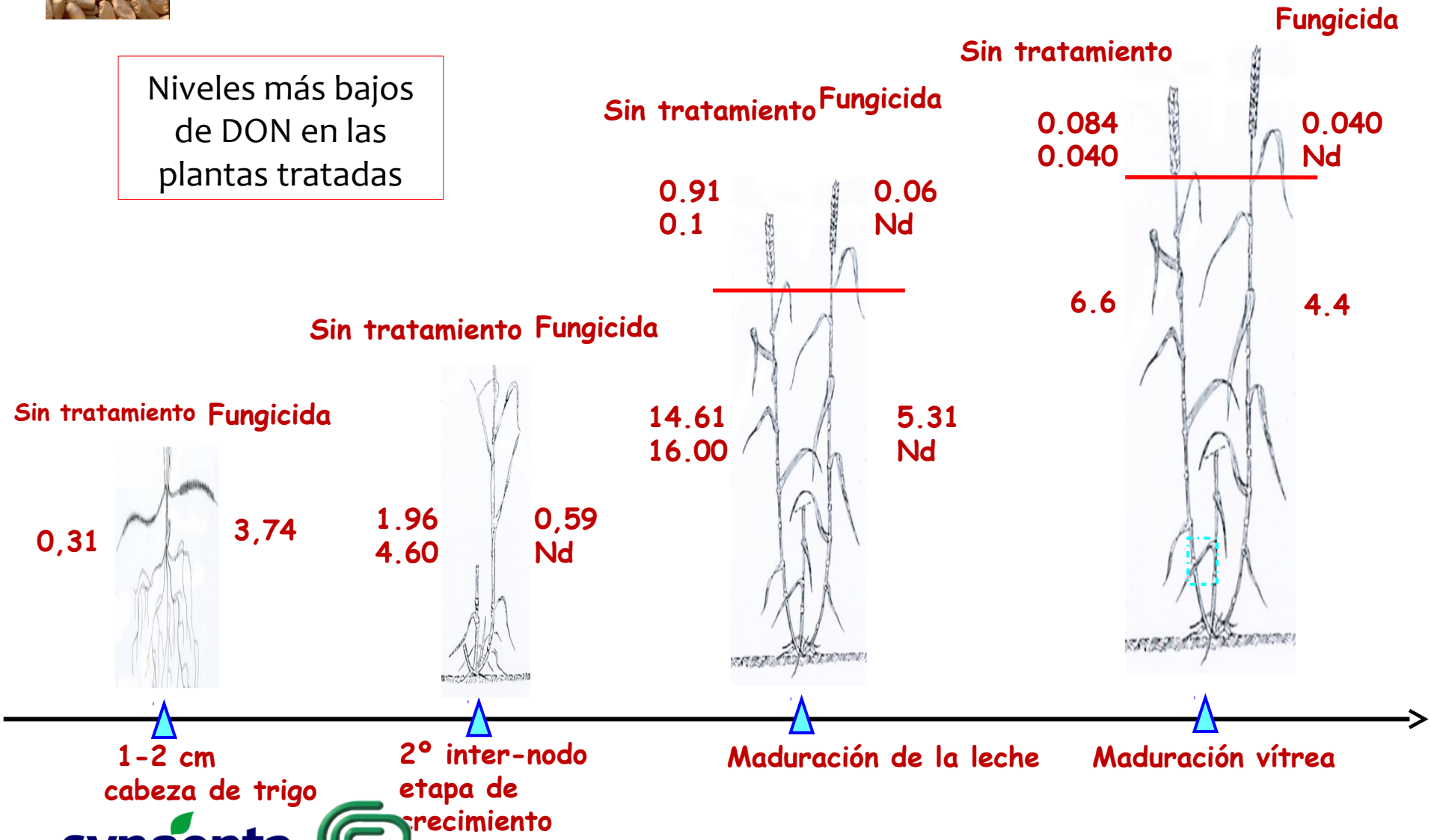
CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

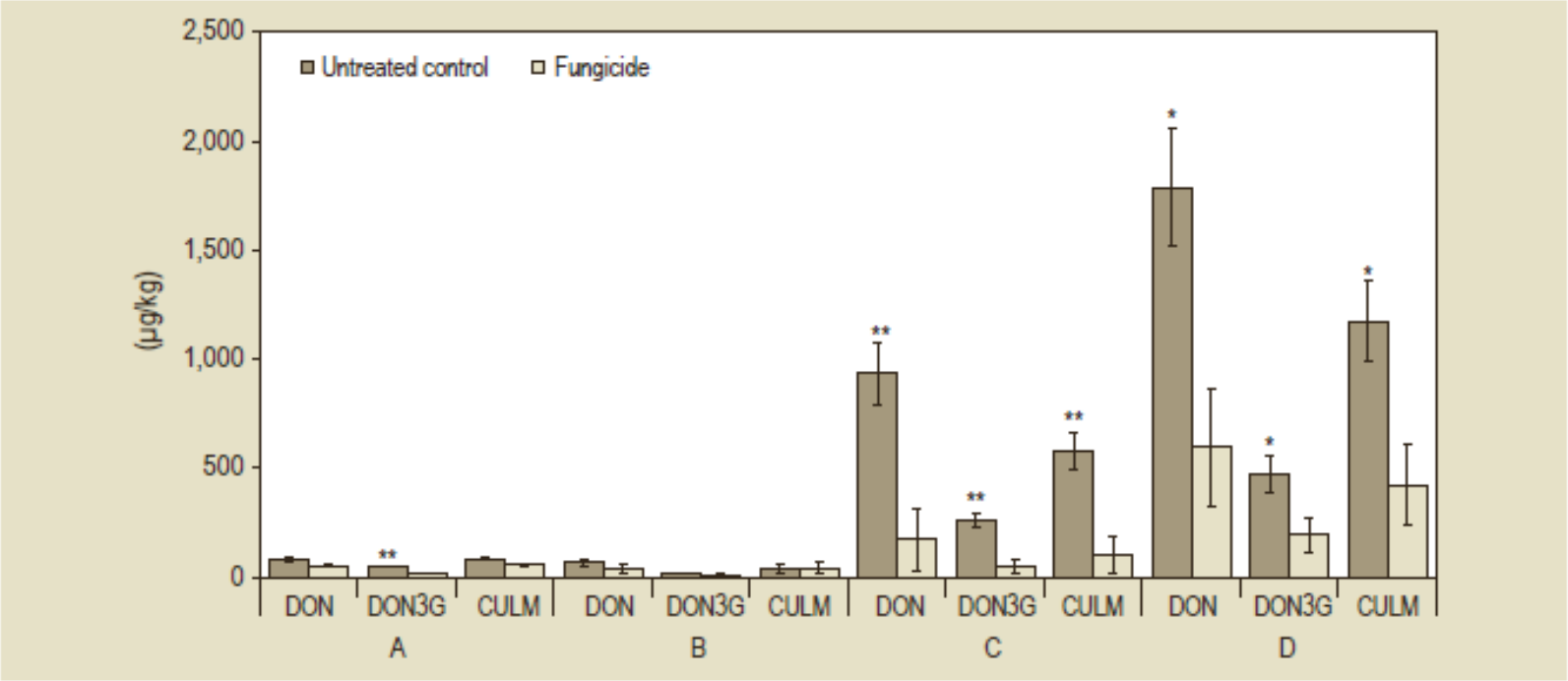
Contaminación por DON en plantas de trigo no tratadas y tratadas con fungicida

Niveles más bajos de DON en las plantas tratadas



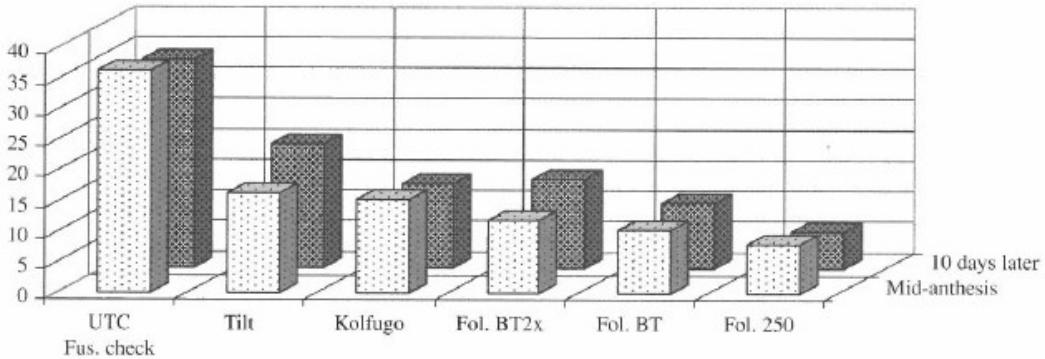
Moretti et al., 2014

Efecto de la aplicación de fungicidas en la contaminación por DON en plantas de trigo



Scarpino et al., 2015

Fusarium diseled kernels con diferentes tratamientos fungicidas



Mesterházy, 2014

Desarrollo de nuevos productos …

Nuevas clases químicas de fungicidas (por ejemplo, SDHI y triazoles), más eficientes contra las especies de FHB, con bajo riesgo toxicológico para los humanos y el medio ambiente (**Syngenta**)

CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

- **COSTOSO**
- **DAÑO POTENCIAL PARA INSECTOS BENEFICIOSOS Y MEDIO AMBIENTE**
- **RESIDUOS EN ALIMENTOS**
- **PELIGRO PARA LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES QUE MANEJAN FUNGICIDAS**

CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

Control biológico

AFLASAFE™

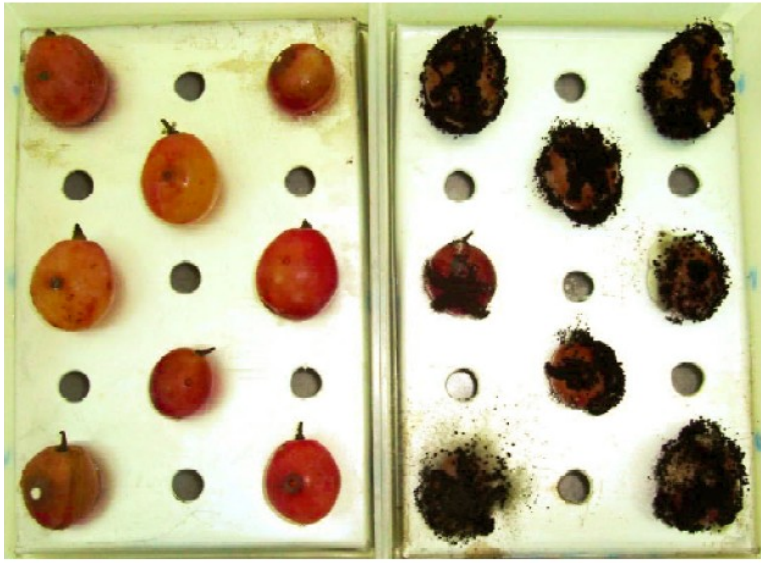
una mezcla de cuatro cepas atoxigénicas de *Aspergillus flavus* strains

69-80% REDUCCIÓN DE CONTROL DE AFLATOXINAS EN MAÍZ CON TRATAMIENTO NO TOXIGÉNICO CON AFLASAFE ™ EN NIGERIA

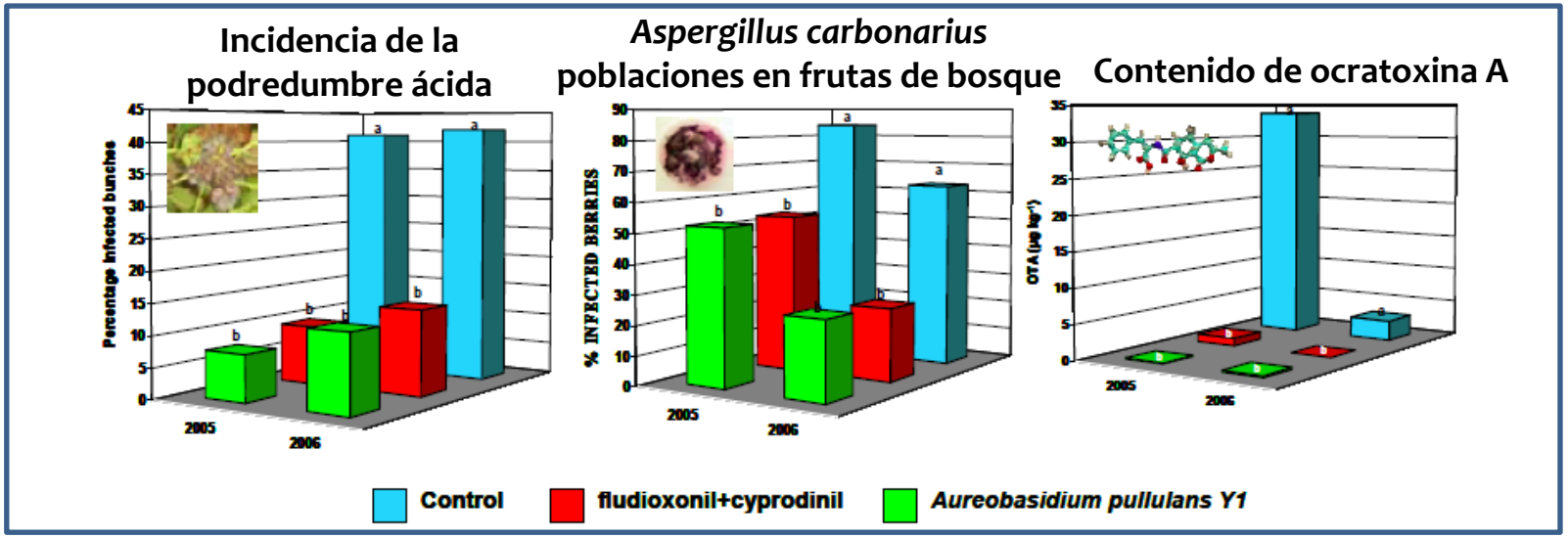
MycoRed

Control biológico

Uvas tratadas con *Aureobasidium pullulans*



Controles a uvas infectadas con *Aspergillus carbonarius*



Dimakopoulou et al., 2008

Tratamiento de residuos de rastrojo de maíz con agentes de control biológico expuestos a condiciones de campo para reducir el inóculo de especies de Fusarium toxigénicas

Tallos de maíz tratados con:

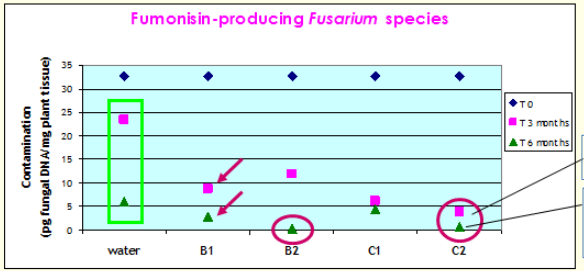
- cepas bacterianas de *Pseudomonas*
- cepas fúngicas de *Clonostachys rosea*

Colocado en el suelo a condiciones de campo

Muestras de tallos de mize:
sin tratamiento,
después de 3 meses y
después de 6 meses en condiciones de campo

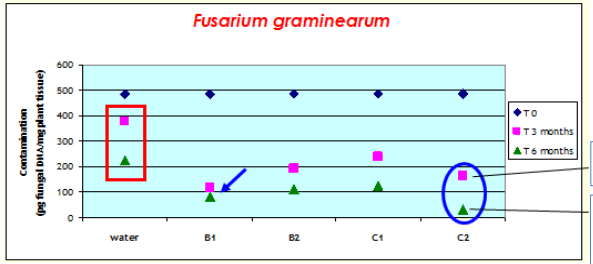
Analizado por TaqMan PCR para detectar:

- ***F. graminearum***
- Fumonisina que produce especies de *Fusarium* (com+unmente ***F. verticillioides y F. proliferatum***, en Italy)



84% reduction after 3 months

88% **reduction after 6 months**



57% reduction after 3 months

82% **reduction after 6 months**

- ***Clonostachys rosea*** **puede considerarse un antagonista potencialmente útil para controlar las especies de** *Fusarium* **que producen fumonisinas y F.** *graminearum*
- **Las condiciones ambientales tienen una gran influencia en la capacidad de los antagonistas microbianos para controlar las enfermedades en el campo**

MycoRed

Somma et al.

CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Resistant varieties**
- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

- **CARO**
- **NO CONFIABLE (variación en la aplicación debido a las condiciones ambientales)**
- **EFICIENCIA LIMITADA (supervivencia)**
- **¿IMPACTO EN EL ECOSISTEMA?**

CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

Maíz Bt

Los híbridos de maíz (izquierda) pueden reducir la contaminación por micotoxinas en el maíz en comparación con los híbridos de maíz que no son Bt (derecha)

CONTROL PRE-COSECHA DE MICOTOXINA

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (GAP)

- **Variedades resistentes**
- **Rotación de cultivos**
- **Tratamiento del suelo**
- **Desintoxicación en la planta**
- **Aplicación de fungicidas**
- **Control biológico**
- **Manejo de malezas y plagas**
- **Medidas agronómicas**

Medidas agronómicas

Efecto de la densidad de residuos de cultivos de maíz anteriores en la superficie del suelo sobre la incidencia y severidad de FHB y contaminación por DON en granos de trigo

AMOUNT OF RESIDUES

Cropping season	Site	Treatment	FHB incidence † (%)	FHB severity ‡ (%)	DON * T	DON * N (µg kg^{-1})
2006-07	A	T1	30.8 c	1.2 c	4.5 b	85
		T2	41.9 bc	2.9 b	5.7 a	294
		T3	53.6 ab	4.1 b	5.9 a	374
		T4	67.0 a	7.7 a	6.7 a	775
		P (F)	0.007	0.001	0.002	
		sem ♣	4.6	0.8	0.3	74
	B	T1	80.1 a	8.5 c	4.4 c	83
		T2	78.6 a	12.8 b	5.0 bc	150
		T3	87.8 a	15.6 b	5.6 b	284
		T4	89.3 a	21.6 a	8.1 a	3536
		P (F)	0.073	< 0.001	< 0.001	
		sem ♣	1.7	1.5	0.4	468
2007-08	A	T1	44.0 a	2.1 b	2.2 c	18
		T2	51.8 a	3.5 b	6.2 b	512
		T3	56.7 a	6.9 a	6.6 b	757
		T4	63.4 a	9.2 a	7.5 a	1797
		P (F)	0.209	< 0.001	< 0.001	
		sem ♣	3.3	0.9	0.6	213
	B	T1	84.7 a	7.5 b	8.7 b	6108
		T2	88.1 a	9.5 b	10.0 a	21353
		T3	94.2 a	21.0 a	10.1 a	23621
		T4	92.5 a	22.1 a	10.2 a	26598
		P (F)	0.563	< 0.001	< 0.001	
		sem ♣	1.9	2.1	0.2	2584

Blandino et al., 2010

Importance of different crop management practices for reducing the risks of mycotoxin contamination in maize

	Fusarium ear rot[a]	Gibberella ear rot[b]	Aspergillus ear rot[c]
	Fumonisins	DON, Zearalenone	Aflatoxins
Hybrid selection	++	++	++
Insect control	++	+	++
Early planting	++	++	+
Irrigation management	++	+	++
Timely harvest	++	++	++
Crop rotation and tillage	+	++	+
Plant Density	+	+	+
Fertilization	+	+	+
Weed management	+/?	?	+/?
Biological control	?	?	+
Seed treatment	?	?	?
Fungicide application	?	?	?

++ = major effect; + = minor effect; ? = uncertain or insufficient evidence

[a] Caused primarily by *F. verticillioides, F. proliferatum,* and *F. subglutinans*

[b] Caused primarily by *F. graminearum* and *F. culmorum (Gibberella zeae)*

[a] Caused primarily by *A. flavus* and *A. parasiticus*

Munkvold, 2014

CONTROL POST-COSECHA DE MICOTOXINSCOTOXINAS

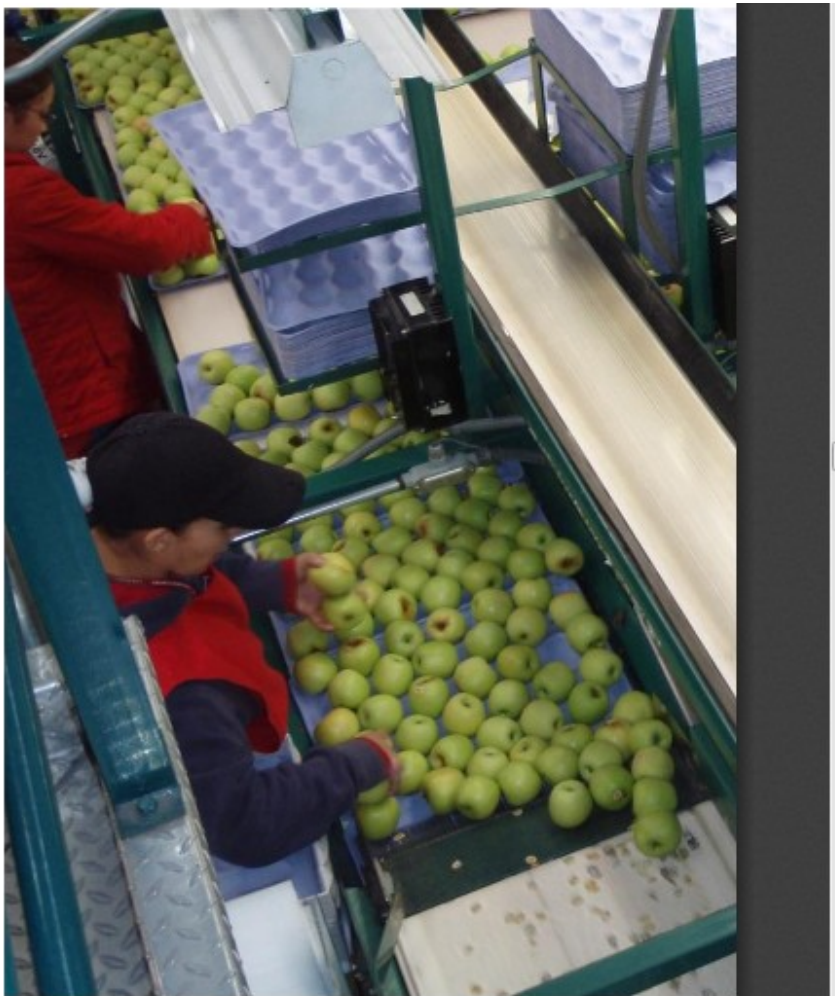
- **Clasificación**
- **Almacenamiento**
- **Desintoxicación**
- **Prevención de ingesta**

CONTROL POST-COSECHA DE MICOTOXINSCOTOXINAS

- **Clasificación**
- **Almacenamiento**
- **Desintoxicación**
- **Prevención de ingesta**

Clasificación

Inspección visual



Limpieza

Reducción de las aflatoxinas en el maíz mediante la combinación de tecnologías de clasificación mecánica y óptica

	Total AFs reduction (%)
Separator – Aspirator – Sortex	**65-78**
Separator – Aspirator – Concentrator - Sortex	**84-76**

CONTROL POST-COSECHA DE MICOTOXINSCOTOXINAS

- **Clasificación**
- **Almacenamiento**
- **Desintoxicación**
- **Prevención de ingesta**

- **CONTAMINACIÓN NO DETECTABLE**
- **ELIMINACIÓN DE REHÚSA**

¿Qué pueden hacer los agricultores con la basura considerando los límites legales bajos de contaminación por micotoxinas?

- Alimento para el ganado

- Quemar energía

?

- Utilizo en una instalación de biogás

- ??

CONTROL POST-COSECHA DE MICOTOXINSCOTOXINAS

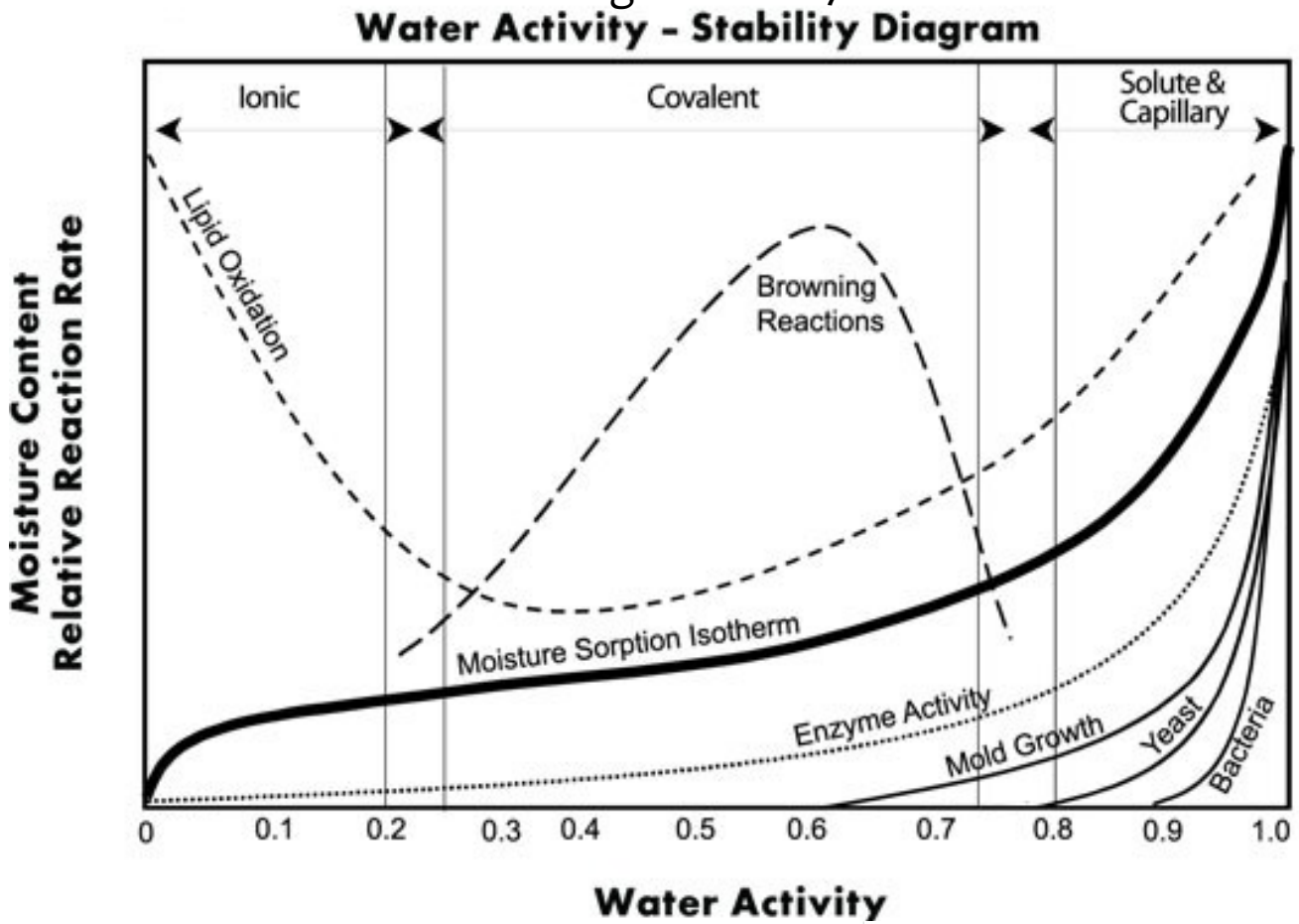
- Clasificación
- **Almacenamiento**
- Desintoxicación
- Prevención de ingesta

Clasificación

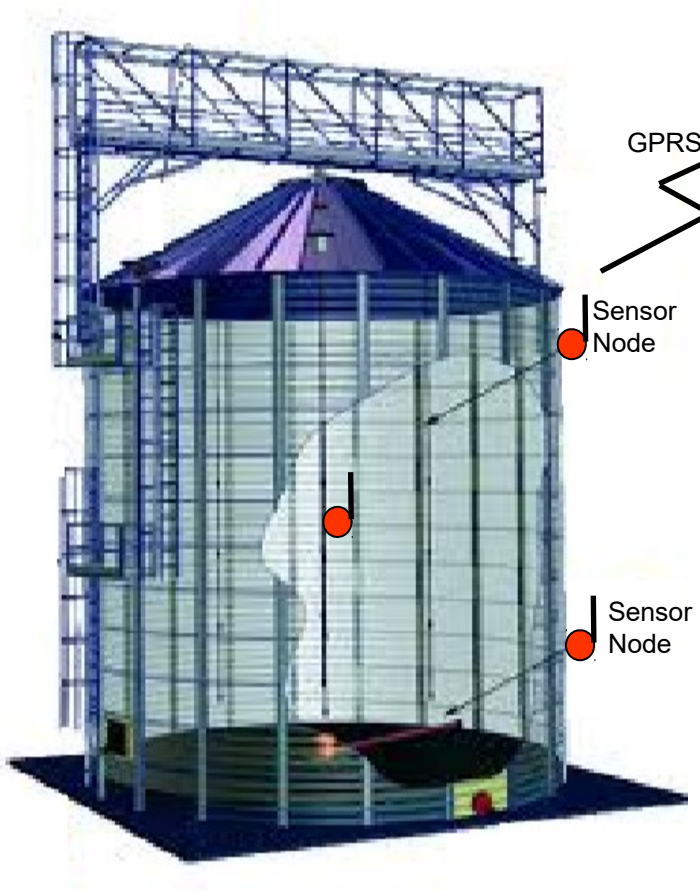
Actividad acuática(a_w)

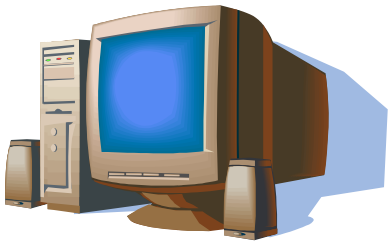
a_w para moldes y crecimiento de levadura: 0.61

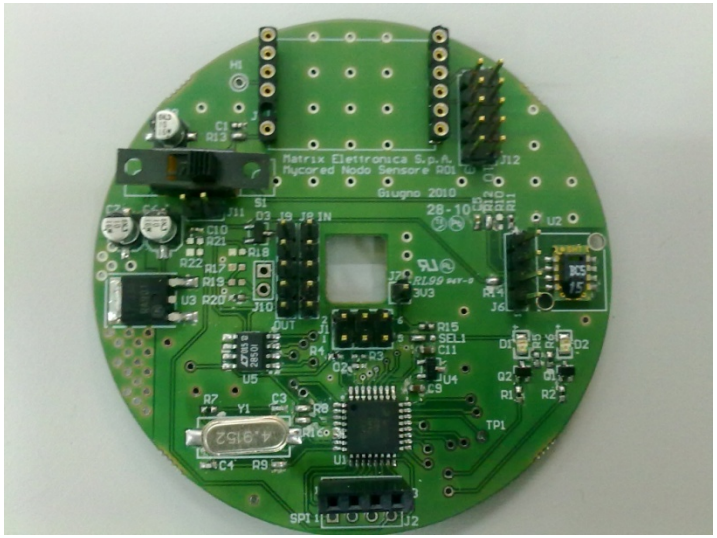
límite inferior para el crecimiento de moldes micotoxigénicos: 0.78



Almacenamiento







Dispositivos de red de sensores inalámbricos utilizados en silos de granos a escala piloto para monitorear parámetros ambientales

Sistema de inteligencia ambiental

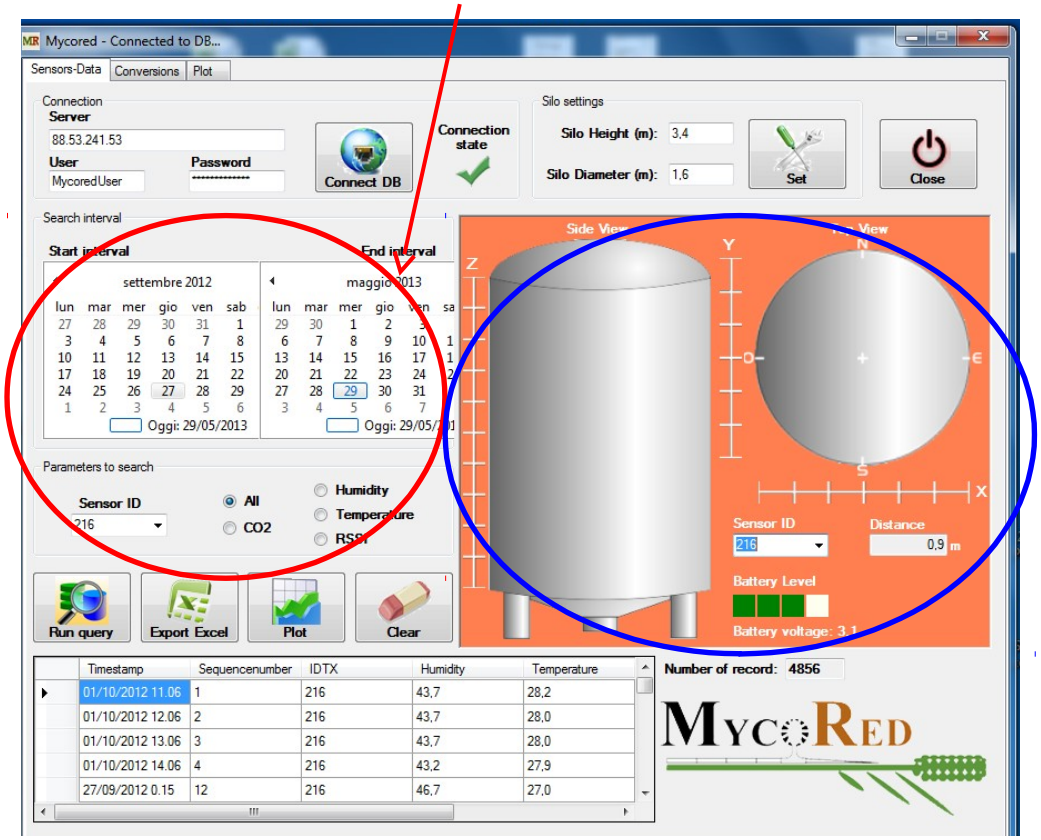
Nodo Sensor

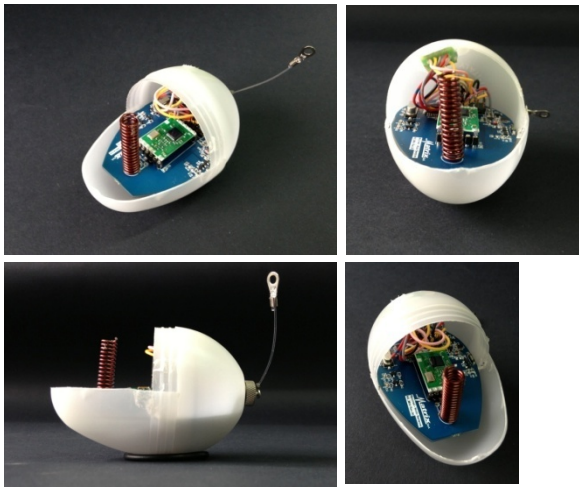
MycoRed

Almacenamiento

Software para monitorear parámetros en silos

interfaz fácil de usar





Nodo sensor para:

- Temperatura y humedad relativa
- Nodo de dióxido de carbono, temperatura y HR

CONTROL POST-COSECHA DE MICOTOXINSCOTOXINAS

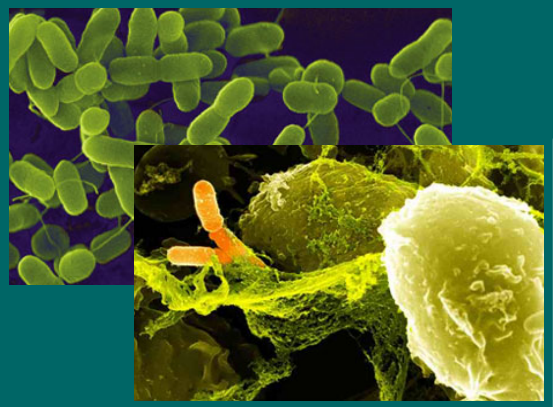
- **Clasificación**
- **Almacenamiento**
- **Desintoxicación**
- **Prevención de ingesta**

Agentes desintoxicantes de micotoxinas

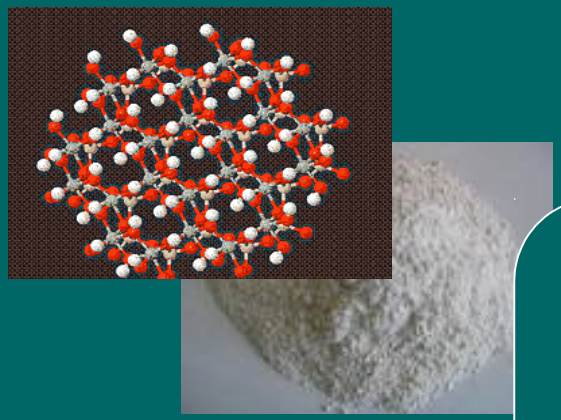
... aditivos para la descontaminación de micotoxinas de los alimentos

MODO DE ACCIÓN

BIODEGRADACIÓN



ADSORCIÓN

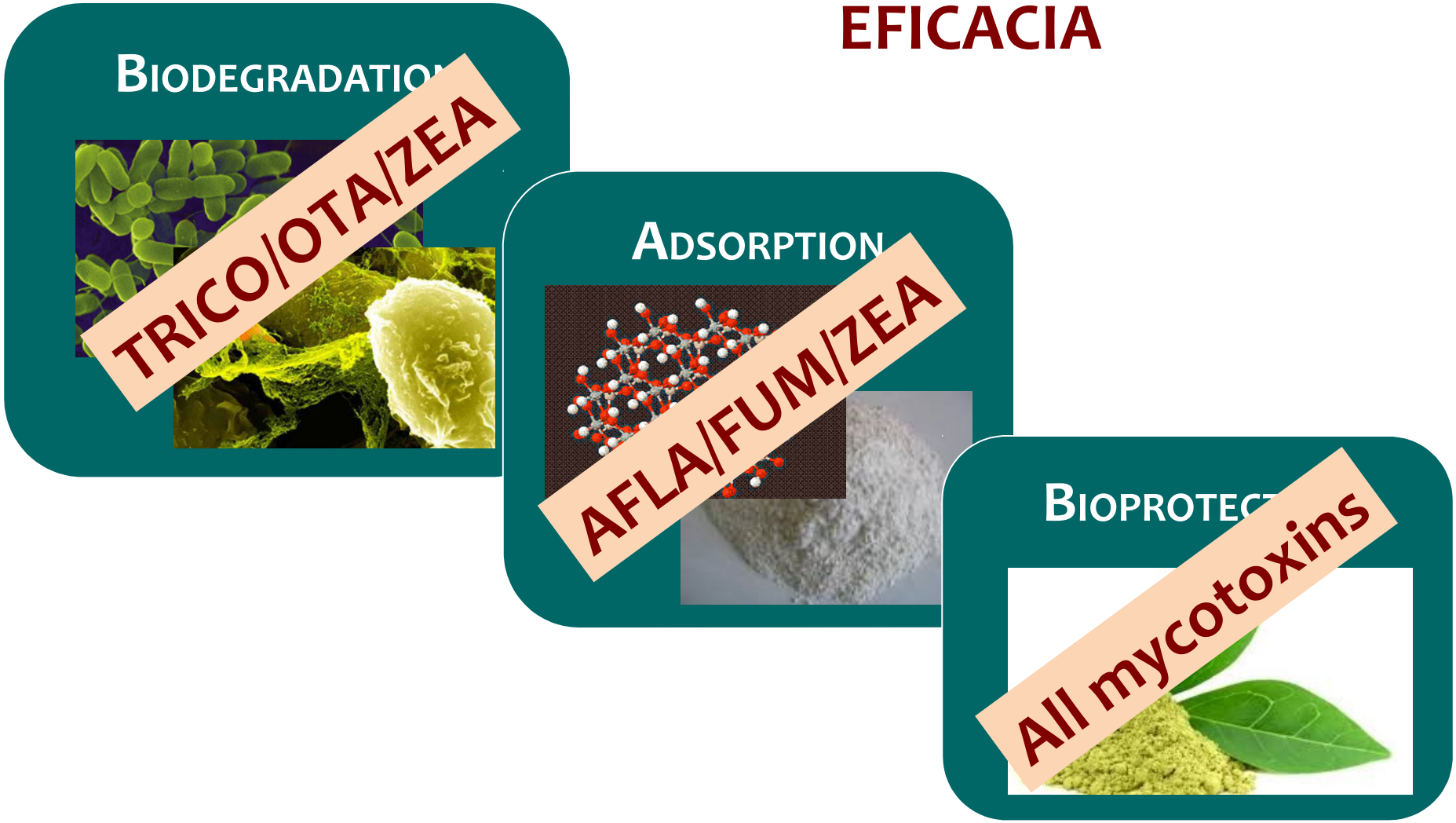


BIOPROTECTION

Agentes desintoxicantes de micotoxinas

... aditivos para la descontaminación de micotoxinas de los alimentos

EFICACIA



Desintoxicación

Desintoxicación química de deoxinivalenol

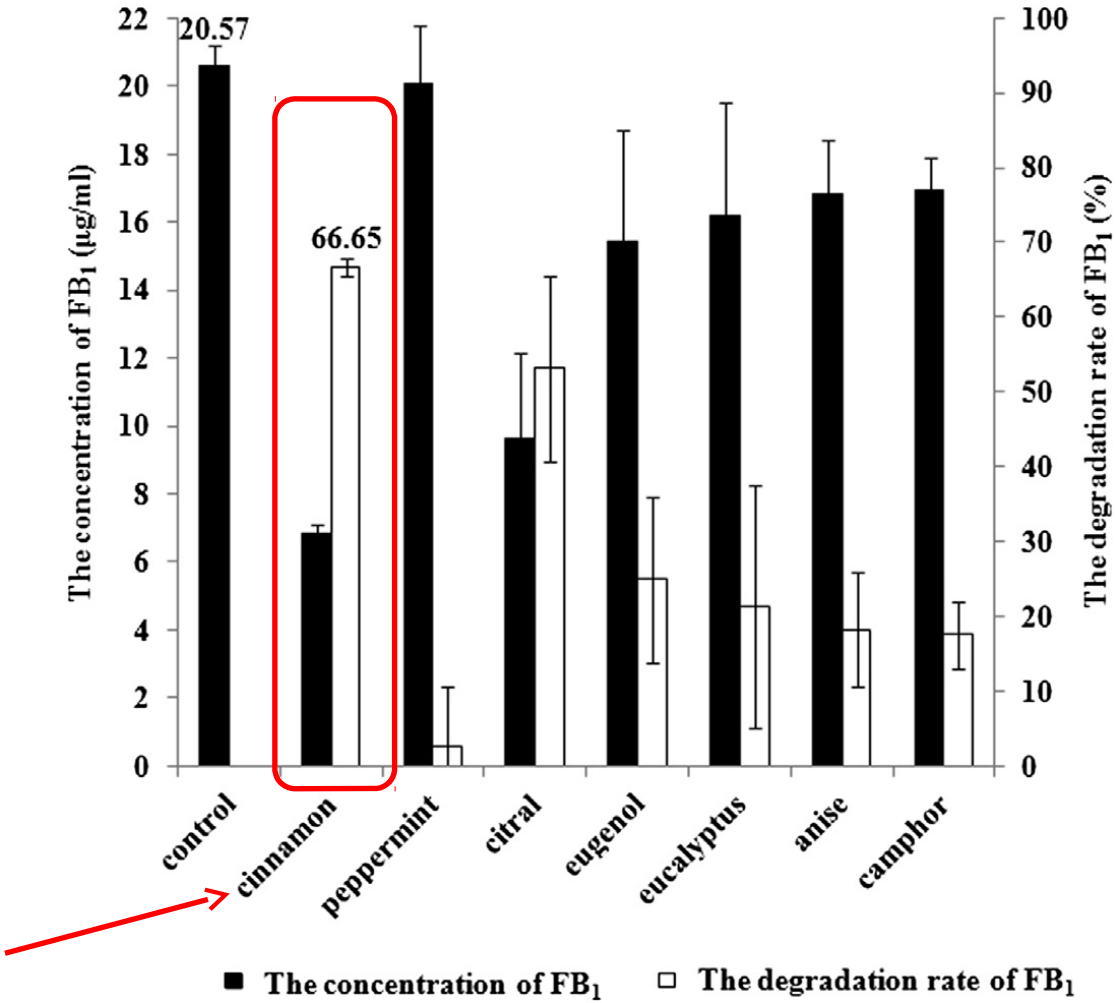
Decontamination of deoxynivalenol (DON) in naturally contaminated maize by the use of a wet preservation method with sodium sulfite

* increasing additions of sodium sulfite: 1.25, 2.5, 5, 10 g/kg

Paulick et al., 2015

Desintoxicación

Degradation of fumonisin B1 by cinnamon essential oil



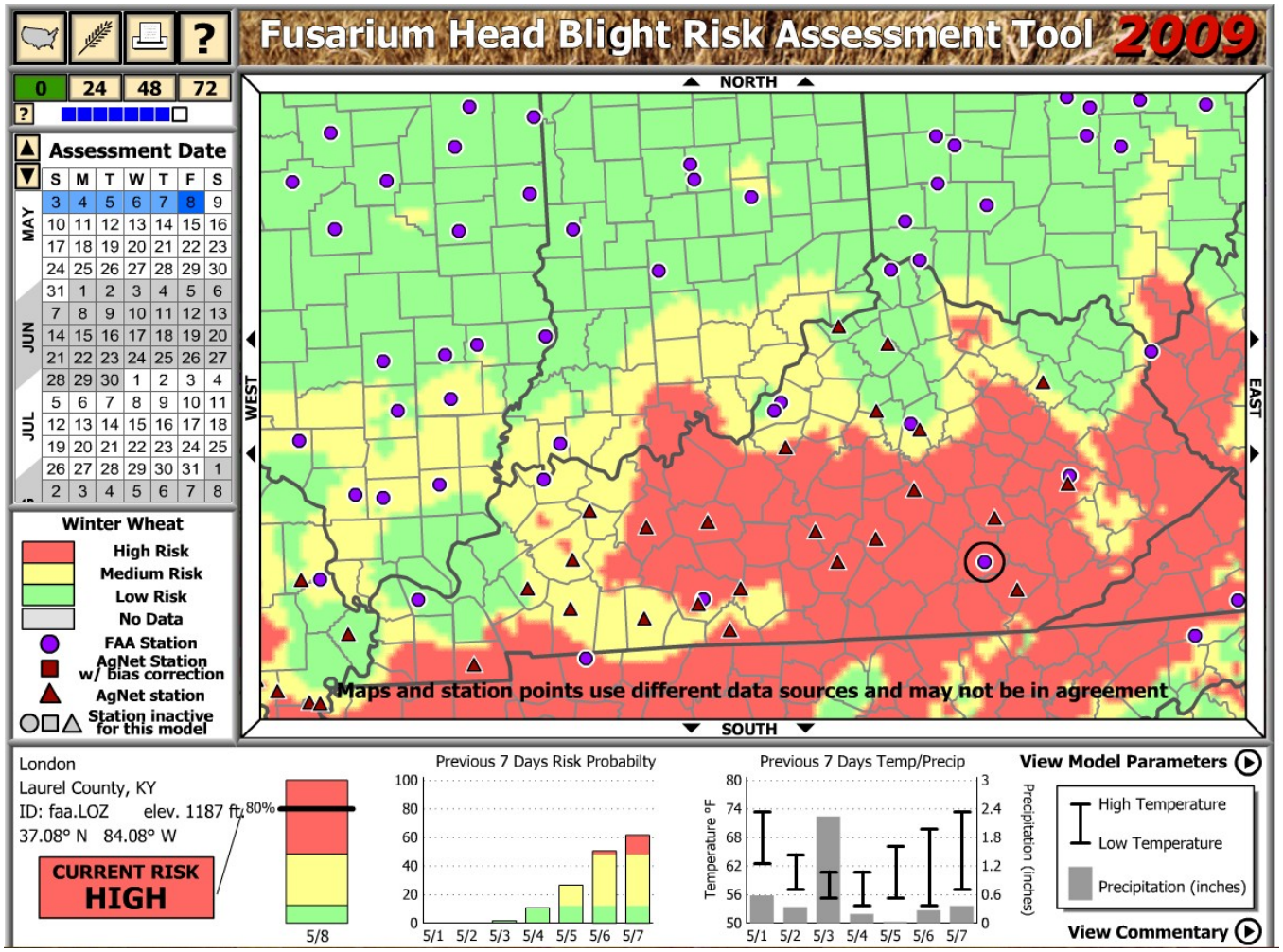
Xing et al., 2014

CONTROL POST-COSECHA DE MICOTOXINSCOTOXINAS

- Clasificación
- Almacenamiento
- Desintoxicación
- Prevención de ingesta

Prevención de ingesta

Modelos de predicción para la mancha de la cabeza de Fusarium del trigo causado por *Fusarium graminearum*



De Wolf and Paul, 2014

Principales desafíos para la mitigación de micotoxinas

- CONFLICTO ENTRE LA INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA
- PERCEPCIÓN DE EFECTOS CRÓNICOS
- ACCESO A LAS FAMILIAS PEQUEÑAS Y PEQUEÑAS

Sociedad Africana de Micotoxicolog

Committee members of the newly established ASM

President of ASM: Prof. Bradley Flett (FlettB@arc.agric.za)
President of ISM: Dr. Antonio Logrieco
Vice President: Prof. Sheila Okoth
Treasurer: Dr. Hanneke Alberts, Secretary: Prof. Olusegun Atanda, Additional members: Dr. Juliet Akello, Dr. Benoit Gnonlonfin, Prof. Essam Ibraheem

ISM initiates the newly formed ASM

- Conferencia MYCORED Africa Ciudad del Cabo 4-6 de abril de 2011
- Mycored resultó en el inicio de la Red Africana de Micotoxicología
- El 1.er Simposio africano sobre micotoxicología fue organizado bajo los auspicios del ISM por el Prof. Altus Viljoen (Universidad de Stellenbosch) y Sheila Okoth (Universidad de Nairobi)
- Esta exitosa reunión se celebró en Livingstone, Zambia del 26 al 28 de mayo de 2015 y asistieron 80 delegados
- Esta reunión fue una plataforma para constituir la Sociedad Africana de Micotoxicología

Objetivos de ASM

- Promover la investigación sobre micotoxinas y hongos toxigénicos para reducir la exposición a micotoxinas humanas y animales y mejorar la seguridad alimentaria, aumentar la conciencia pública y la creación de capacidades
- Promover y mejorar las redes efectivas y aumentar la colaboración entre todas las personas interesadas en la amenaza de las micotoxinas en África
- ASM trabajará junto con organizaciones y sociedades clave a nivel internacional y dentro de África para reducir la amenaza de la micotoxina africana
- Recopilación y difusión de información sobre micotoxicología en África
- Proporcionar oportunidades para que los micotoxicólogos se encuentren e intercambien información de interés científico mutuo cada tres años en el Simposio de ASM