

Applicazioni delle piante geneticamente modificate

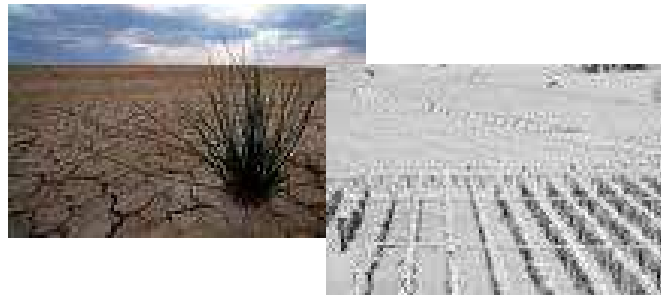
Principali caratteri ingegnerizzabili

- RESISTENZA A INSETTI E PATOGENI



virus
batteri
funghi

- TOLLERANZA A CONDIZIONI AMBIENTALI SFAVOREVOLI



siccità
freddo
caldo

- MIGLIORAMENTO DELLE QUALITA' NUTRIZIONALI



contenuto di vitamine
amminoacidi
lipidi
metaboliti secondari

altre applicazioni

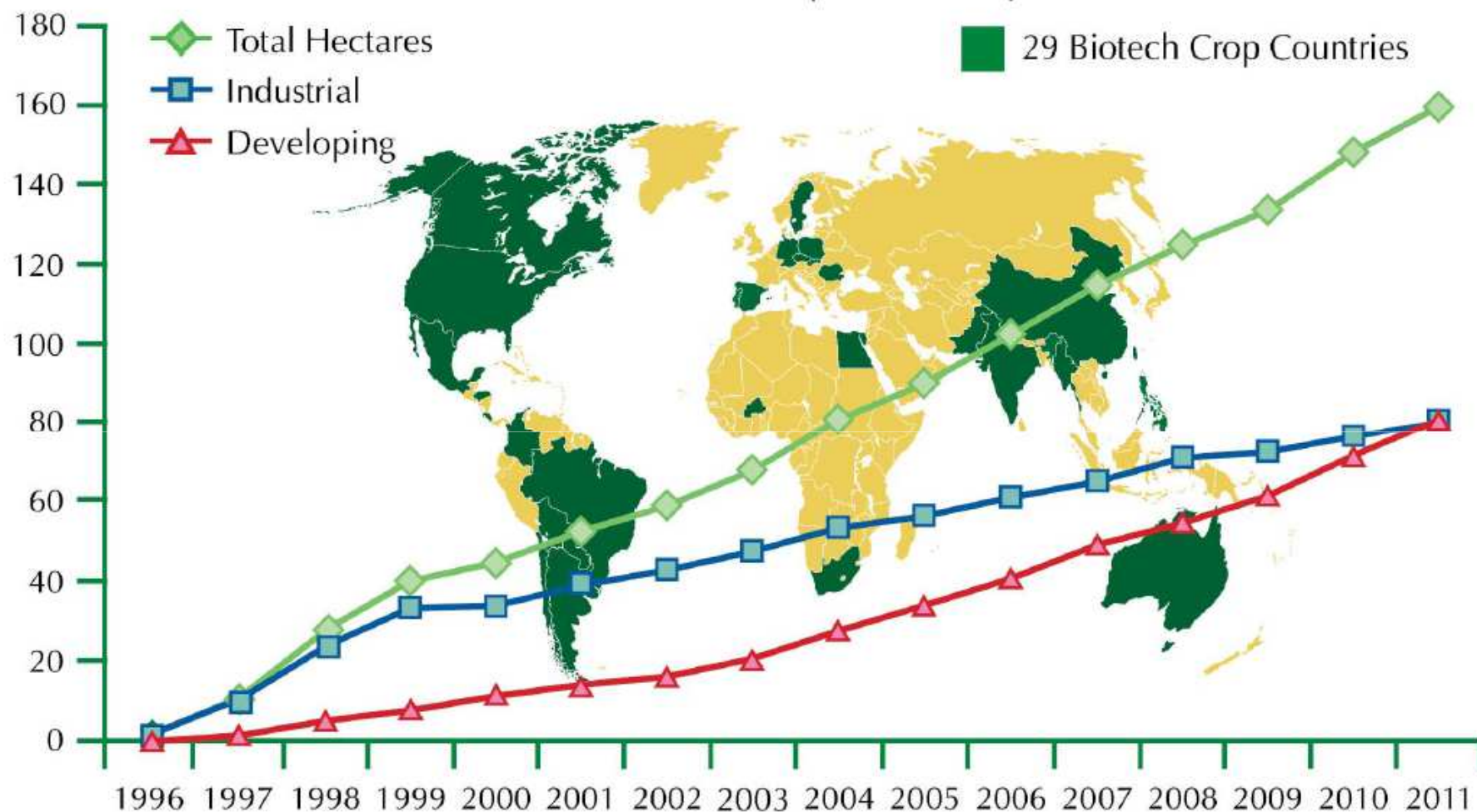
- produzione di vaccini
- produzione di proteine di interesse
- produzione di metaboliti secondari

LO STATO ATTUALE DELLE COLTIVAZIONI TRANSGENICHE NEL MONDO

dati estratti da: Clive James, 2012 Global Review of Commercialized Transgenic crops. Published as ISAAA Briefs (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications)

www.ISAAA.org

GLOBAL AREA OF BIOTECH CROPS Million Hectares (1996-2011)



A record 16.7 million farmers, in 29 countries, planted 160 million hectares (395 million acres) in 2011, a sustained increase of 8% or 12 million hectares (30 million acres) over 2010.

Biotech Crop Countries and Mega-Countries, 2011

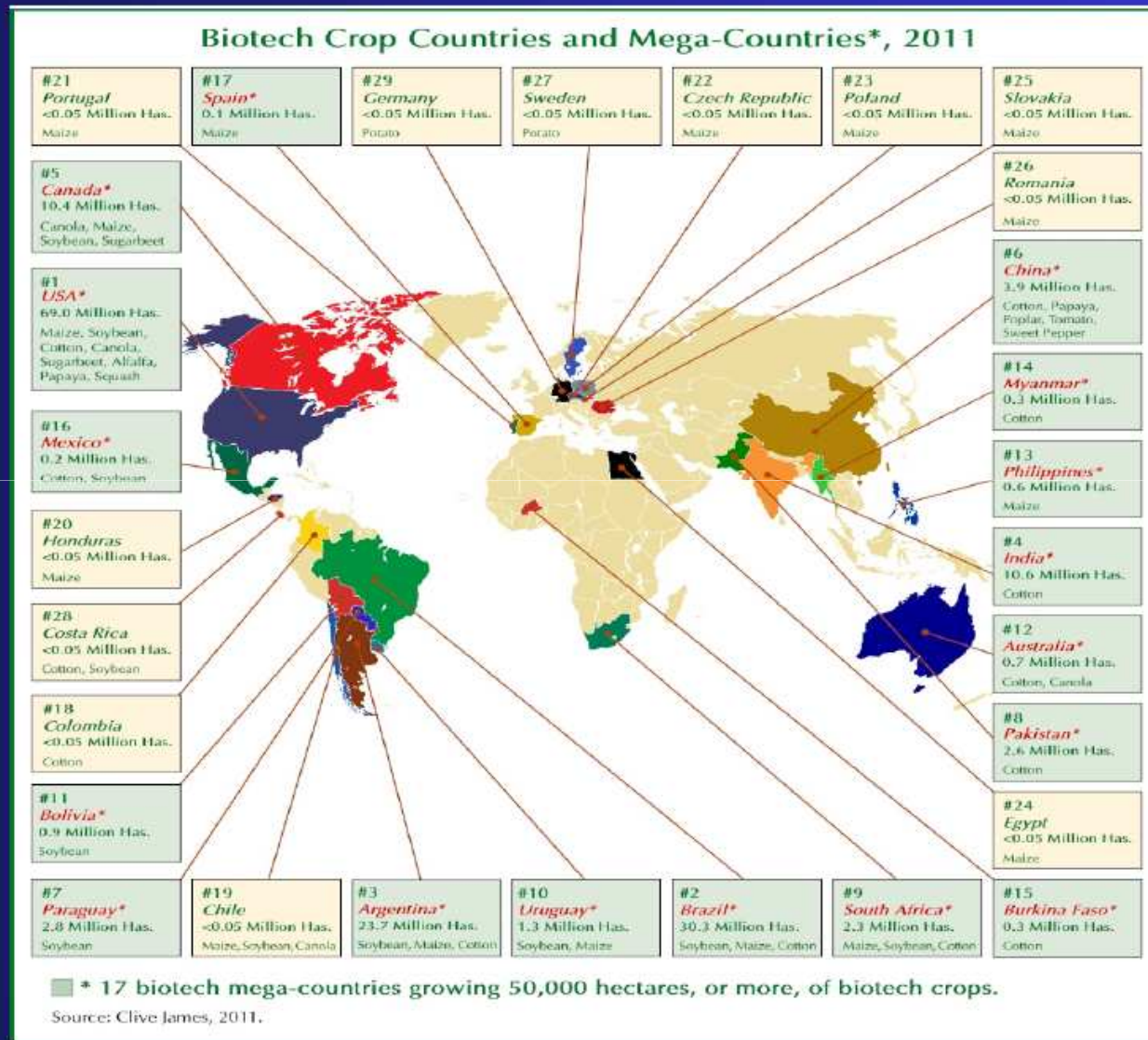
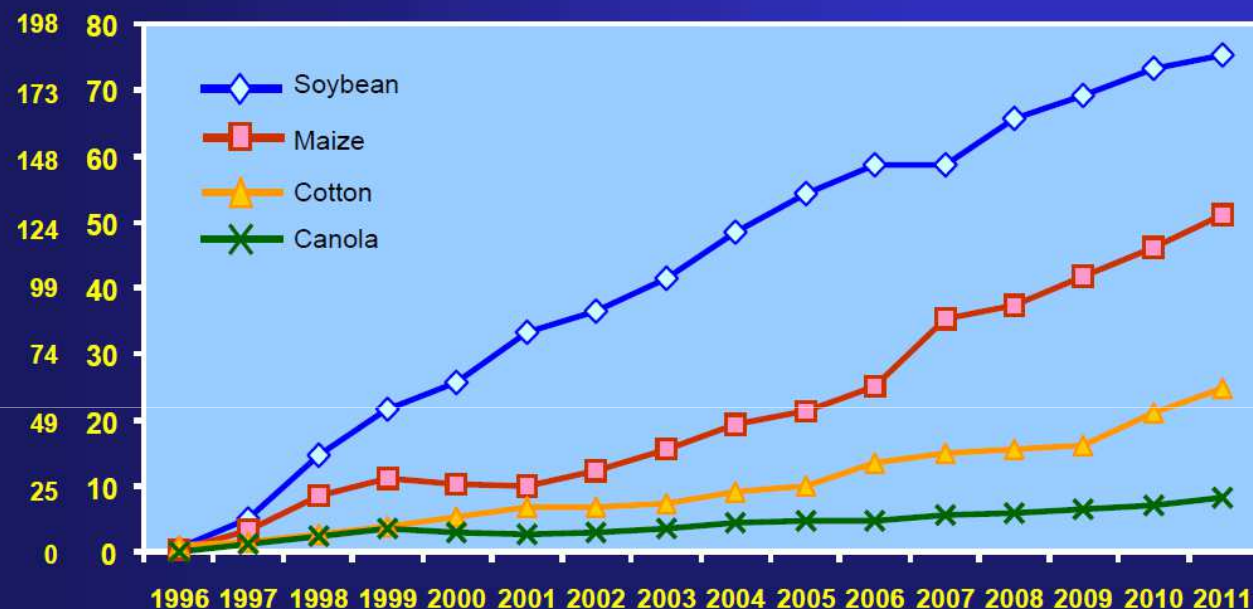


Figure 1. Global Map of Biotech Crop Countries and Mega-Countries in 2011

Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2011: By Crop (Million Hectares, Million Acres)



M Acres



Source: Clive James, 2012

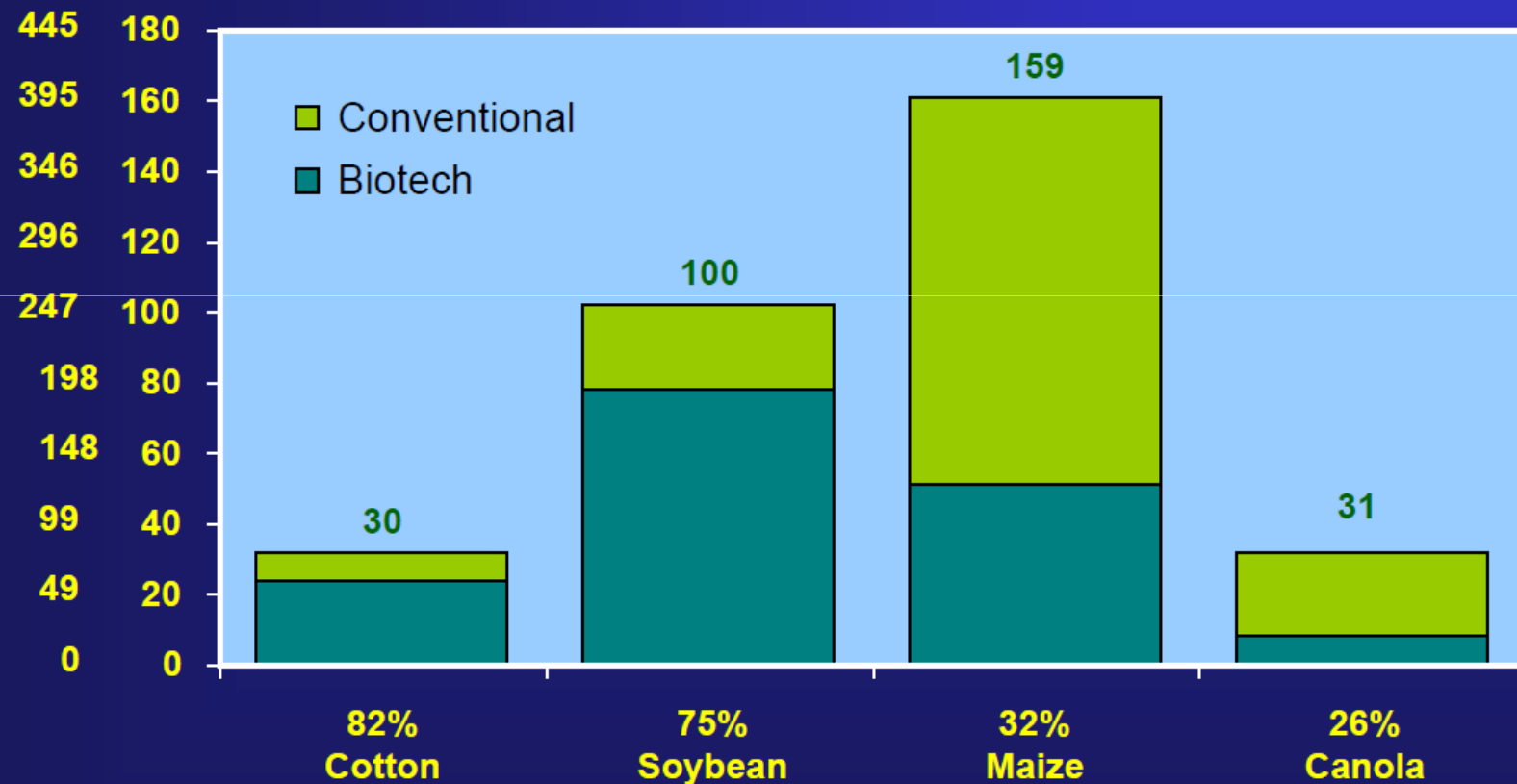


Soia	62% delle coltivazioni GM
Mais	22%
Cotone	11%
Colza	5%

Global Adoption Rates (%) for Principal Biotech Crops (Million Hectares, Million Acres), 2011



M Acres

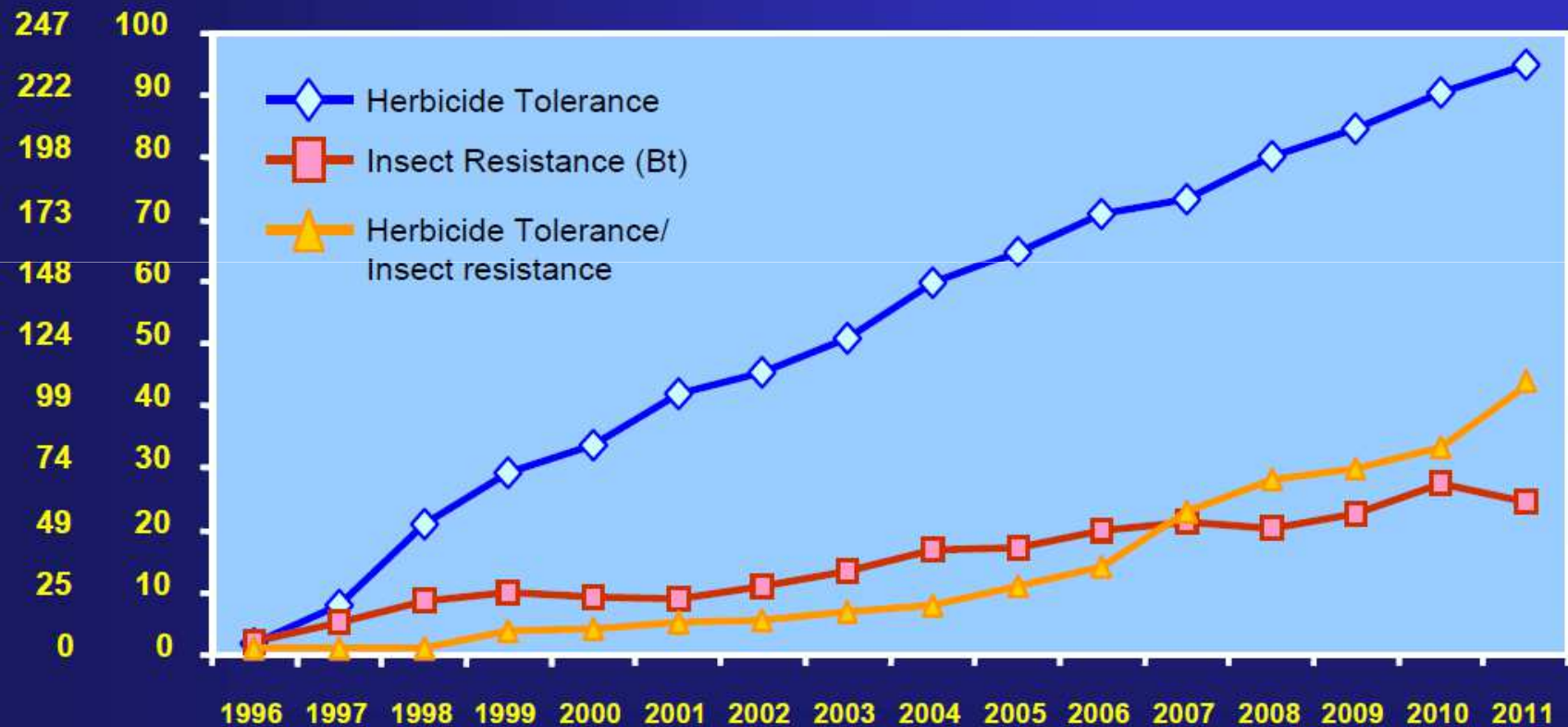


Source: Clive James, 2012

Global Area of Biotech Crops, 1996 to 2011: By Trait (Million Hectares, Million Acres)



M Acres

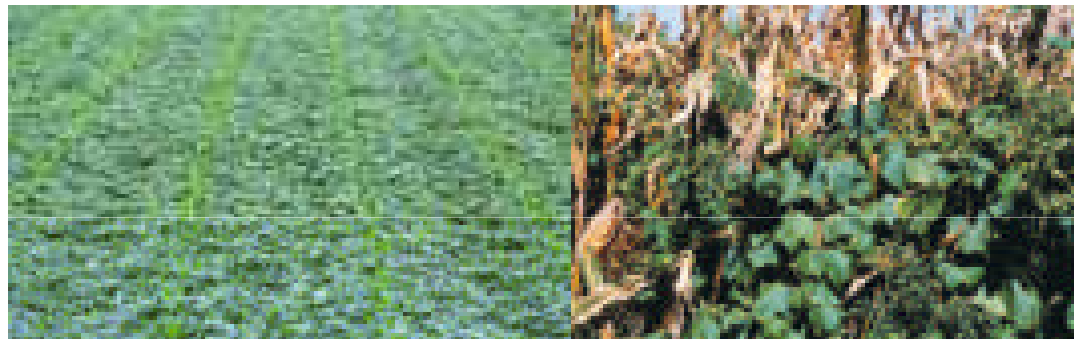


Source: Clive James, 2012

I caratteri più diffusi nelle attuali varietà GM sono:

1. Tolleranza ad erbicidi
2. Resistenza ad insetti

TOLLERANZA AGLI ERBICIDI



Le erbe infestanti riducono fortemente le produzioni vegetali

Negli USA vengono spesi 10 miliardi di \$ ogni anno per il diserbo

IL DISERBO



- A mano



- Fuoco



- Lavorazione meccanica del suolo



- Pacciamatura

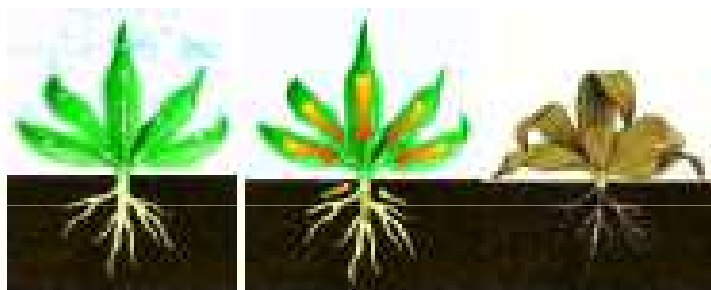


- Chimico (erbicidi)



Il diserbo chimico: vantaggi

- Possibilità di controllo di molte specie infestanti
- Alcuni diserbanti hanno azione sistemica



- Alcuni sono selettivi, innocui per le specie coltivate
- I diserbanti possono essere applicati rapidamente
- Consentono minori lavorazioni del suolo e quindi riducono i fenomeni erosivi



Il diserbo chimico: svantaggi

- Possono essere tossici per gli uomini ed altri viventi
- Possono influenzare negativamente l'ecosistema del suolo
- Possono essere trasportati dalle acque di superficie o contaminare le falde acquifere
- Possono persistere nel terreno e danneggiare le colture
- Possono indurre lo sviluppo di specie vegetali resistenti agli erbicidi stessi
- La loro efficacia induce gli agricoltori a preferirli ad altre tecniche
- Il loro uso induce all'abbandono delle rotazioni colturali, con maggiore diffusione di insetti e patologie specie-specifiche

Gli erbicidi: caratteristiche

- Sostanze chimiche che interferiscono con processi vitali della pianta
 - Fitotossici a bassa dose
 - Usualmente 1-2 Kg per ettaro
1. Pochi agiscono per contatto
 2. Traslocati per via xilematica
 3. Traslocati per via xilematica e floematica: **SISTEMICI**
 - Efficaci sulle specie perenni, perché causano morte delle radici

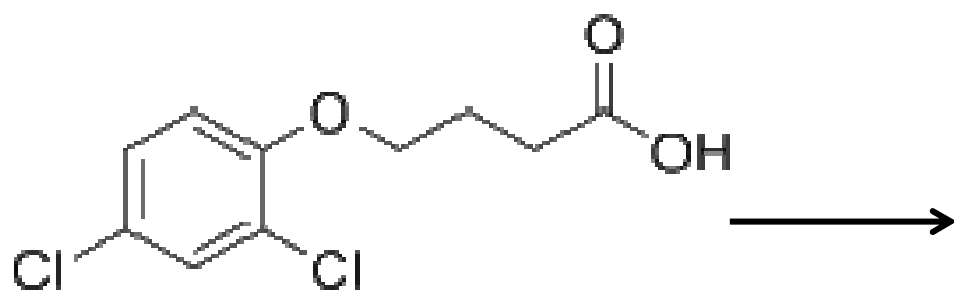
Gli erbicidi: meccanismo di azione

- La maggior parte si legano, e quindi bloccano, l'attività di specifici enzimi
- Molte attività enzimatiche inibite dagli erbicidi sono a localizzazione plastidiale (fotosintesi, sintesi amminoacidi aromatici)
- Per questo gli erbicidi sono scarsamente tossici per l'uomo, molto meno ad es. degli insetticidi
 - DL_{50} erbicidi: 10-400 g/uomo
 - DL_{50} insetticidi: 0.32-96 g/uomo

Gli erbicidi: specificità di azione

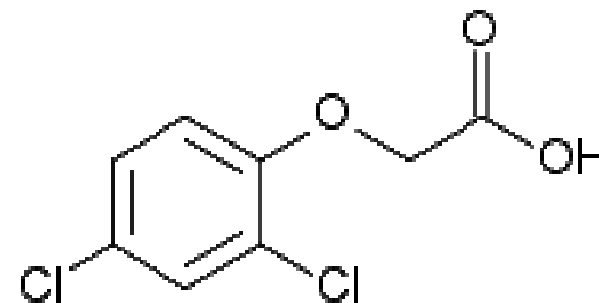
- Il 2,4DB non è di per sé fitotossico ma alcune dicotiledoni lo convertono in 2,4D (fitotossico).

Alcune leguminose (erba medica e altri legumi) non attuano la conversione: il 2,4DB è quindi utilizzabile come erbicida **selettivo** per queste colture



2,4 DB

Acido 2,4 diclorofenossibutirrico

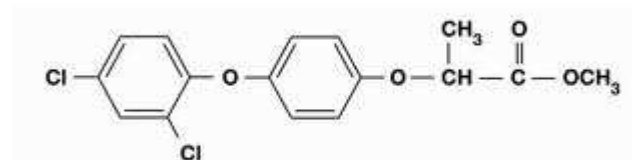


2,4 D

Acido 2,4 diclorofenossiacetico

- Alcune specie sono resistenti agli erbicidi perché in grado di detossificare metabolicamente l'erbicida più velocemente delle specie suscettibili

Gli erbicidi: specificità di azione



Gli erbicidi a base di ariloxofenossipropionato (Diclofop) agiscono inibendo l'enzima acetil-CoA carbossilasi (primo passaggio nella sintesi degli acidi grassi). Le **monocotiledoni** possiedono solo un gene nucleare che codifica per l'enzima che è inibito dall'erbicida.

Le dicotiledoni possiedono invece due geni, uno nucleare ed uno plastidiale, l'acetil-CoA carbossilasi del plastidio non è inibita dall'erbicida.

Le **dicotiledoni** sono quindi resistenti all'erbicida.

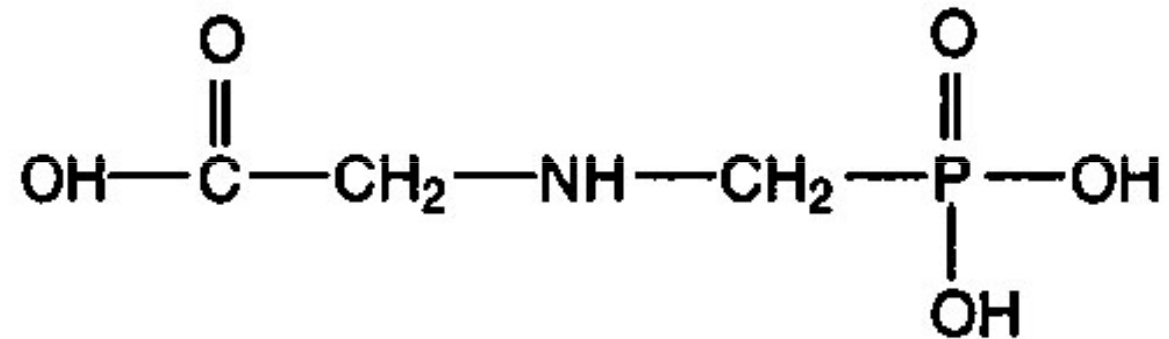


Classificazione degli erbicidi:

Per pre-emergenza Sono gli erbicidi che bloccano processi essenziali per la germinazione o per le prime fasi di sviluppo.

Per post-emergenza Sono gli erbicidi che colpiscono processi metabolici essenziali per la crescita della pianta quando spruzzati sulle erbe in crescita.

GLYPHOSATE (Roundup®)



N-(phosphonomethyl)glycine

RoundUp è prodotto dalla Monsanto

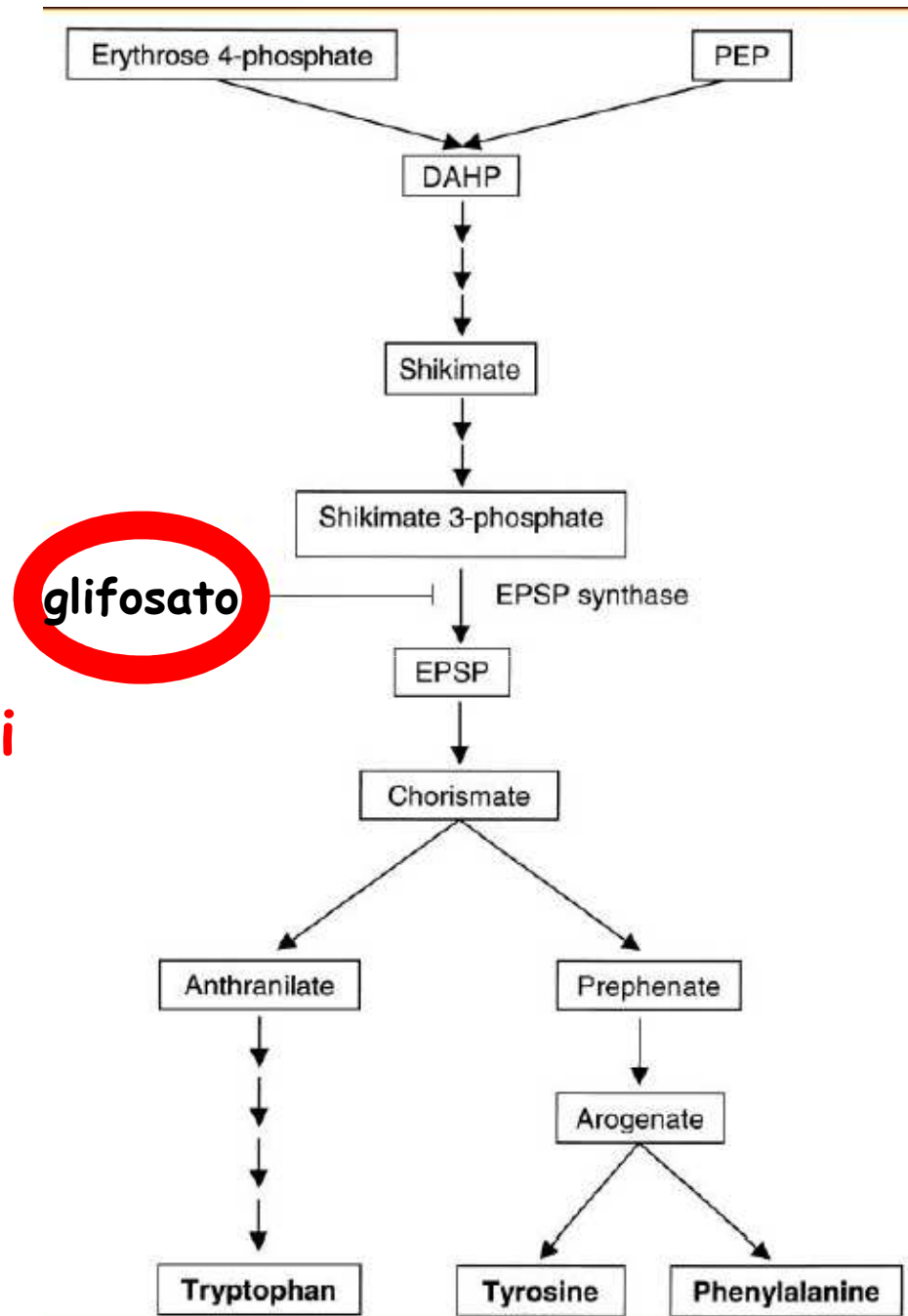
MONSANTO



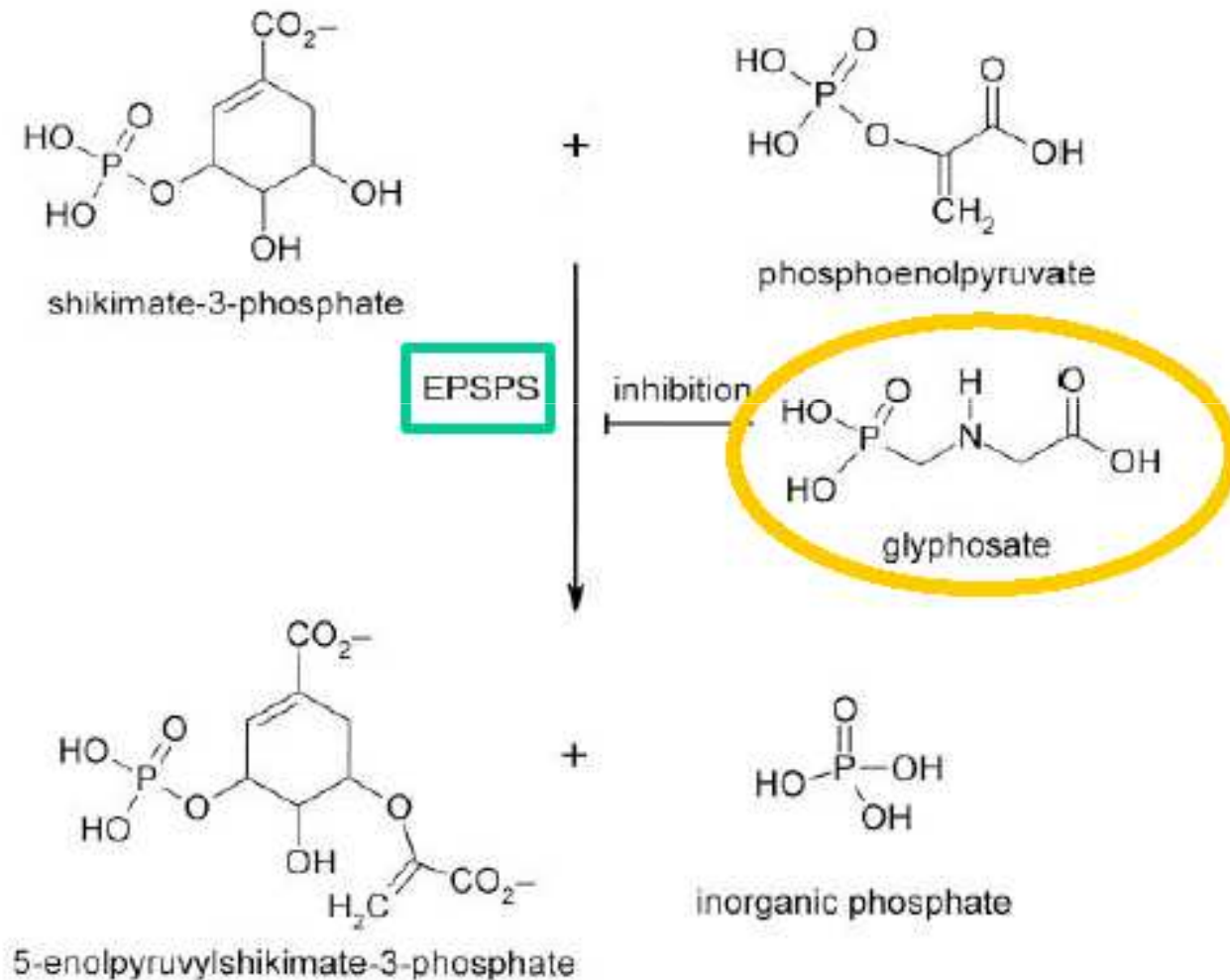
- Il **glifosato** è un erbicida sistemico ad ampio spettro, **non selettivo**
- E' letale per tutti i tipi di piante, incluse annuali, perenni e alberi
- L'erbicida è assorbito attraverso le foglie e i tessuti giovani del fusto e trasportato in tutta la pianta
- Non è assorbito dalle radici e viene degradato nel terreno
- Le piante trattate muoiono in giorni o settimane
- Può essere usato in pre-emergenza o come essiccante se applicato poco prima del raccolto

**Il glifosato inibisce la
sintesi degli amminoacidi
aromatici**

**Inattiva l'enzima EPSP sintasi
(5-enolpiruvil shikimato-3-
fosfato sintasi)**

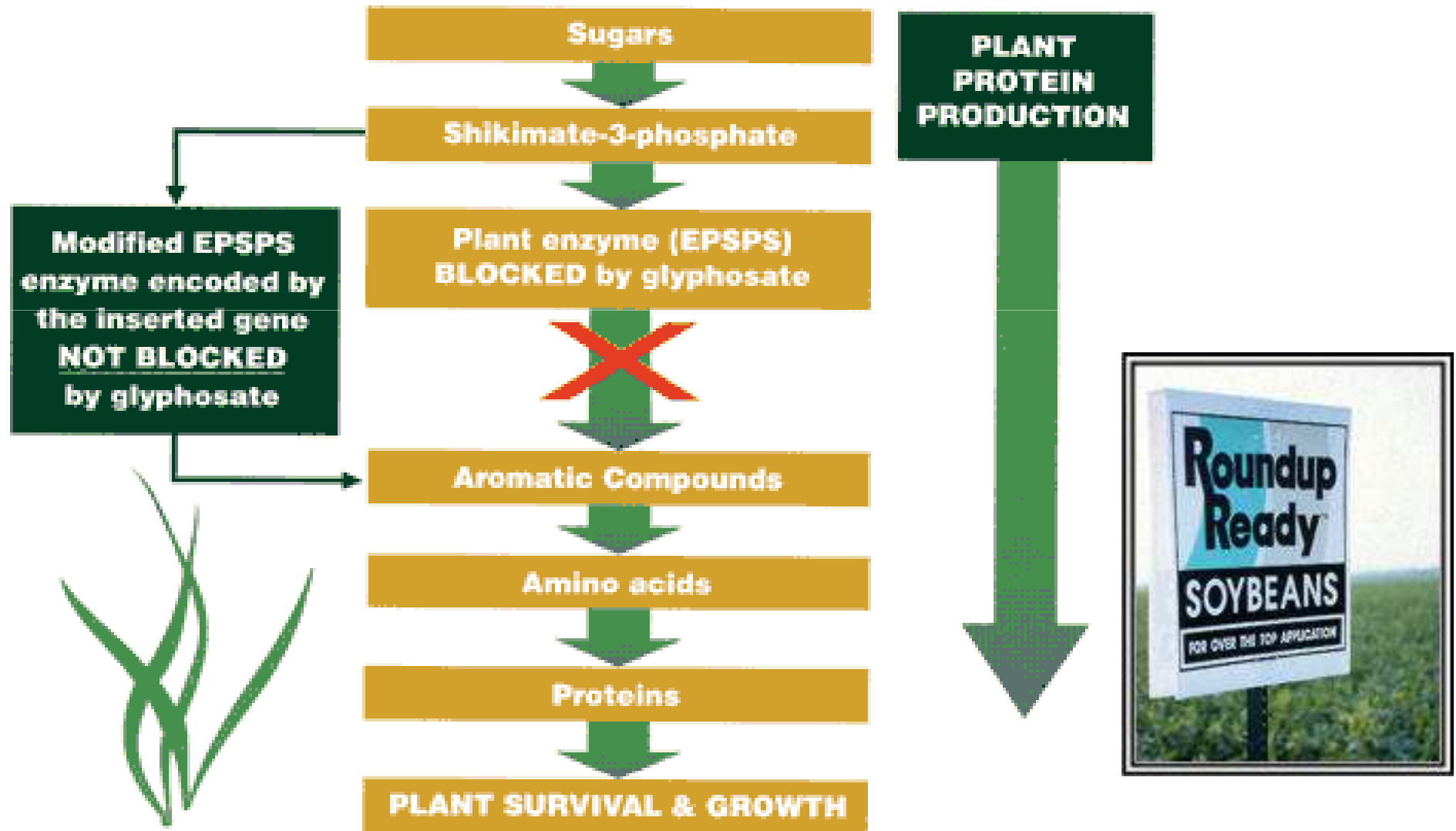


Il glifosato interferisce con il legame del PEP al sito attivo dell'enzima



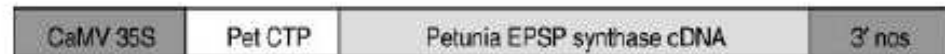
La Monsanto ha sviluppato una linea di sementi Biotec in grado di tollerare il glifosato **RoundUp Ready**

Tecnologia Roundup ready



STRATEGIE PER OTTENERE RESISTENZA AL GLIFOSATO

1) Sovraespressione dell'enzima EPSPS



2) Introduzione di un gene EPSPS mutato (funziona anche in presenza di glifosato)



3) Introduzione di un gene che detossifica il glifosato
es. glifosato ossidasi (*gox*)

L'erbicida non si accumula nella pianta perché viene degradato

GTS 40-3-2

Host Organism / Variety

Glycine max L. (Soybean)

Trait

Glyphosate herbicide tolerance.

Trait Introduction Method

Microparticle bombardment of plant cells or tissue

Proposed Use

Production of soybeans for animal feed
(mostly defatted toasted meal and flakes)
and human consumption (mostly oil, protein fractions,
and dietary fibre).

Company Information

Monsanto Company



Roundup Ready®

Summary of Introduced Genetic Elements

Code Name	Type	Promoter, Terminator other	Copies	Form
EPSPS 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate HT synthase (<i>Agrobacterium sp. strain CP4</i>)	enhanced CaMV 35S chloroplast transit peptide from Petunia hybrida	<i>A. tumefaciens</i> nopaline synthase (<i>nos</i>) 3'-polyadenylation signal	1*	Native; Also 2 partial gene sequences (250 bp; 72 bp)



35S-p: promotore CaMV 35S

CTP: sequenza per peptide di transito nei cloroplasti

CP4-EPSPS: cDNA per la EPSPS di *A. tumefaciens* ceppo CP4

nos-t: terminatore

Tecnologia Roundup Ready

VANTAGGI



Soia
convenzionale



Soia
Roundup-ready

- L'uso del glifosato su colture GM permette di limitare le lavorazioni del terreno e quindi di ridurre l'erosione
- Con il glifosato la selezione di specie resistenti è bassa

Tecnologia Roundup Ready

RISCHI/SVANTAGGI

- **GENE FLOW**: la soia coltivata (*Glycine max*) non si impollina con specie spontanee in USA e Canada; è possibile l'incrocio con la specie selvatica *Glycine soja*, ma questa cresce solo in Cina, Corea, Giappone, Russia
- Rischio di **eccessivo uso** di diserbante
- Le stesse specie coltivate possono diventare infestanti

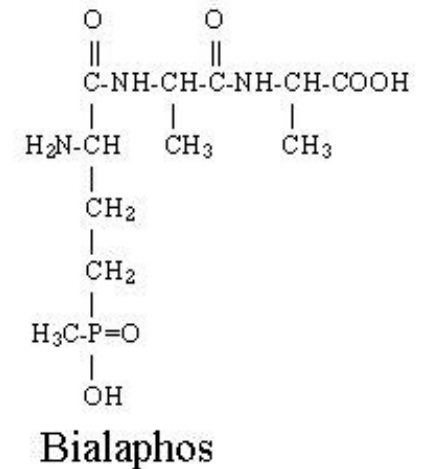
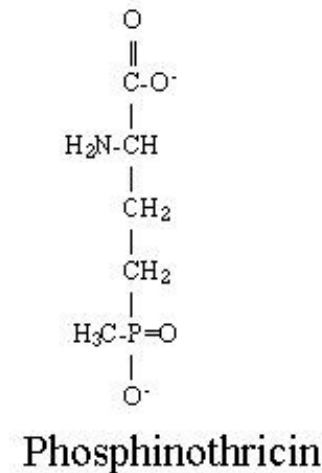
GLUFOSINATO

- Erbicida ad ampio spettro attivo in post-emergenza
- Molto efficace
- Attività solo nelle foglie
- Non dà dispersione nel terreno (veloce degradazione)
- Prodotto da alcune specie di *Streptomyces*

• Inibisce l'attività della Glutamina Sintetasi (GS)



diminuzione dei livelli di glutamina con conseguente accumulo di ioni ammonio

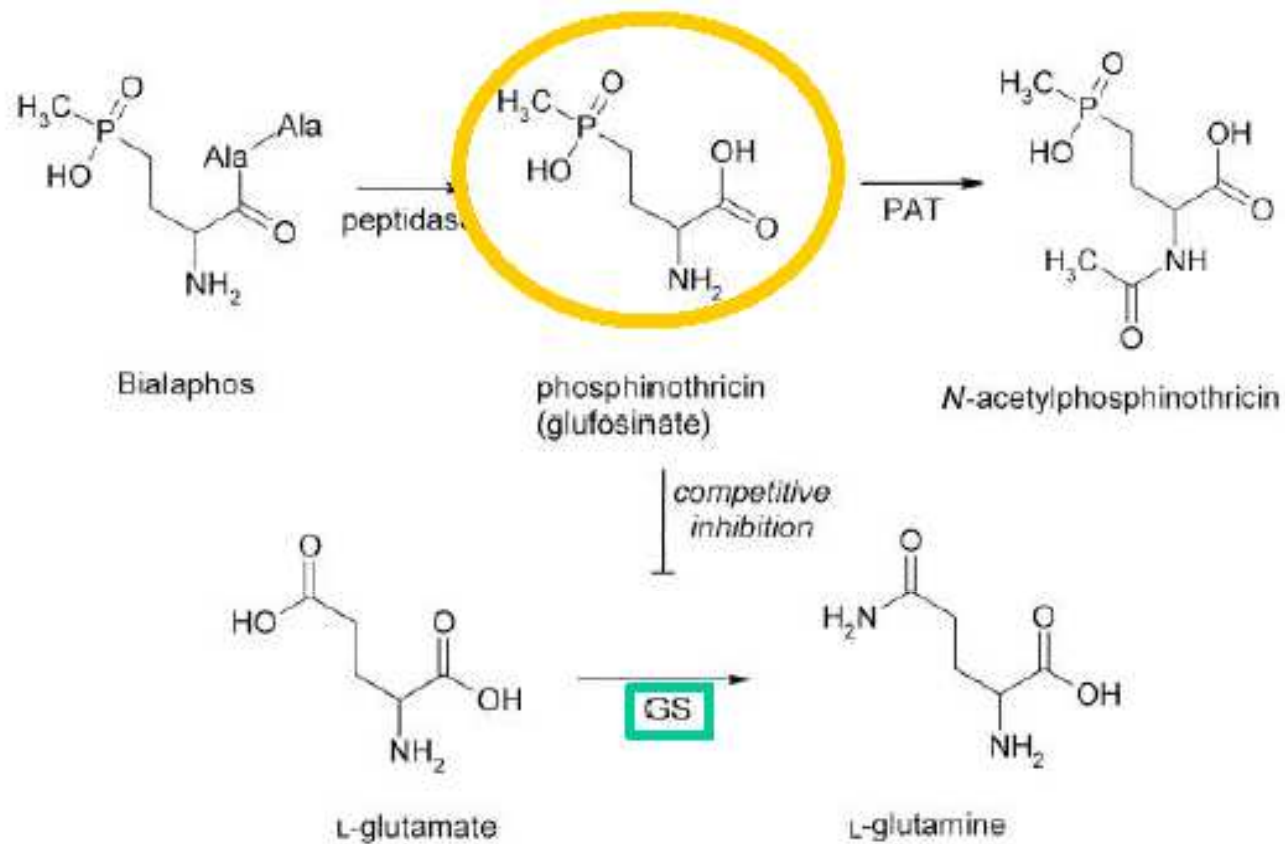


Strategia usata per ottenere resistenza alla fosfotricina

Se un microrganismo produce una sostanza tossica dovrà possedere un modo per detossificarla

In *Streptomyces* sono stati isolati due geni codificanti la fosfotricina acetiltransferasi (**PAT**)

- gene **bar** da *S. hygroscopicus*
- gene **pat** da *S. viridochromogenes*



PAT: fosfinotricina acetiltransferasi
acetila il glufosinato rendendolo inattivo

ACS-ZMØØ2-1 / ACS-ZM003-2 (T14, T25)

**Host Organism /
Variety**

Zea mays L. (Maize)
Liberty-Link™

Trait

Phosphinothricin (PPT) herbicide
tolerance, specifically glufosinate
ammonium.

**Trait Introduction
Method**

Chemically mediated introduction
into protoplasts and regeneration.

Proposed Use

Production of corn of the yellow
dent type for grain and silage.
These materials will not be grown
outside the normal production
area for corn.

**Company
Information**

Aventis CropScience (formerly
AgrEvo)



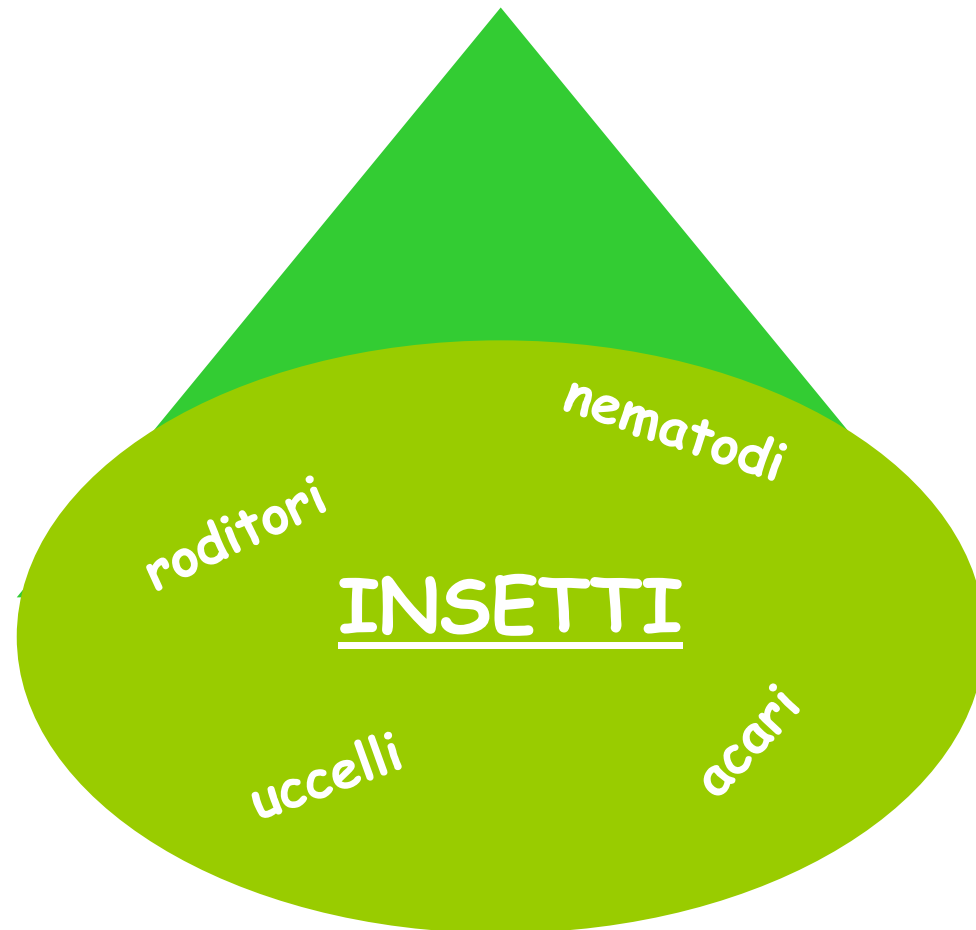
Summary of Introduced Genetic Elements

Code Name		Type	Promoter, Terminator	Copies	Form
			other		
<i>pat</i>	phosphinothricin N-acetyltransferase (PAT) (<i>S. viridochromogenes</i>)	HT	CaMV 35S	CaMV 35S poly(A) signal	3 or 1* Modified for enhanced expression; PEG mediated uptake into plant protoplasts; 3 copies in T14, 1 copy in T25
<i>bla</i>	beta lactamase	SM	bacterial promoter		Truncated beta-lactamase gene missing about 25 % of the gene from the 5' end; not expressed

RESISTENZA AGLI INSETTI

Gli insetti sono una
delle maggiori cause di
perdita del raccolto

larve di:
lepidotteri
coleotteri
ortotteri
omotteri



esempi: **piralide del mais** (*Ostrinia nubilans*, Lepidottero)
dorifora della patata (*Leptinotarsa decemlineata*,
Coleottero)

DANNI PRODOTTI DAGLI INSETTI

- Durante la crescita delle piante
- Dopo la raccolta
- Per la maggior parte controllati con l'uso di insetticidi
- Molte preoccupazioni
 - Per mancanza di specificità
 - Per l'inquinamento ambientale
 - Per i costi



APPROCCI BIOTECNOLOGICI PER IL CONTROLLO DEGLI INSETTI

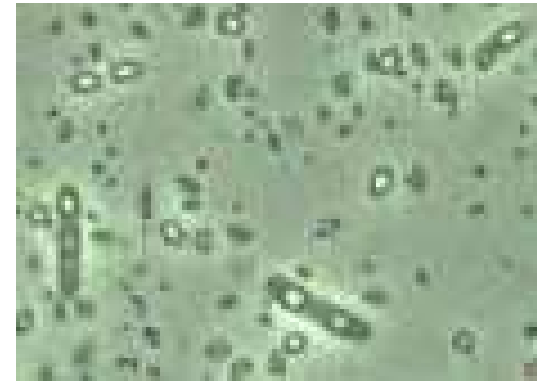
PIANTE GM

- Tecnologia Bt
- Produzione di lectine tossiche
- Avidina

DIFESA DALLA PIRALIDE



La piralide causa gravi danni
alle coltivazioni di mais



Bacillus thuringiensis
produce una tossina
tossica per la piralide e
larve di altri insetti

Il *Bacillus thuringiensis*

- Il pesticida "biologico" più ampiamente utilizzato da circa 50 anni
- 2% del mercato globale degli insetticidi nel 1995
- "nemico naturale" di molti insetti
- Usato ampiamente contro zanzare e mosche

specie utilizzate

Bt subsp. *kurstaki*

Bt subsp. *israelensis*

Bt subsp. *Berliner*



Courtesy USDA

Vantaggi nell'uso del *Bacillus thuringiensis*

- Pericoli trascurabili per l'uomo
- Il batterio può essere usato fino al momento del raccolto
- I differenti ceppi sono classe-specifici, questo significa che gli insetti "utili" e insetti non-target non sono colpiti
- Gli insetti che hanno ingerito il batterio, e quindi destinati a morire o già morti, non sono considerati pericolosi per gli uccelli o altri animali
- Non sono conosciuti effetti tossici del batterio sulle piante su cui è applicato; il batterio non è considerato pericoloso per l'ambiente

Le tossine del *Bacillus thuringiensis* come insetticidi microbici

- *B. thuringiensis* è un batterio che forma spore
- Le spore contengono **cristalli proteici**
- La solubilizzazione del cristallo rilascia una **pro-tossina** (non attiva come insetticida)
- Il taglio della protossina da parte di **specifiche proteasi** produce la tossina attiva

Queste endotossine (70–130 kDa) sono codificate dai geni *CRY* (*crystalline*)

Sono stati identificati 40 geni *CRY*
hanno specificità diversa

Le proteine Cry sono raggruppate in 4 classi

Table 15.1 Some properties of the insecticidal toxins from various strains of *B. thuringiensis*

<i>B. thuringiensis</i> strain or subspecies	Toxin class	Protoxin size (kDa)	Target insects
<i>berliner</i>	CryI	130–140	Lepidoptera
<i>kurstaki</i> KTO, HD-1	CryI	130–140	Lepidoptera
<i>entomocidus</i> 6.01	CryI	130–140	Lepidoptera
<i>aizawai</i> 7.29	CryI	130–140	Lepidoptera
<i>aizawai</i> IC 1	CryI	135	Lepidoptera, Diptera
<i>kurstaki</i> HD-1	CryII	71	Lepidoptera, Diptera
<i>tenebrionis</i> (<i>san diego</i>)	CryIII	66–73	Coleoptera
<i>morrisoni</i> PG14	CryIV	125–145	Diptera
<i>israelensis</i>	CryIV	68	Diptera

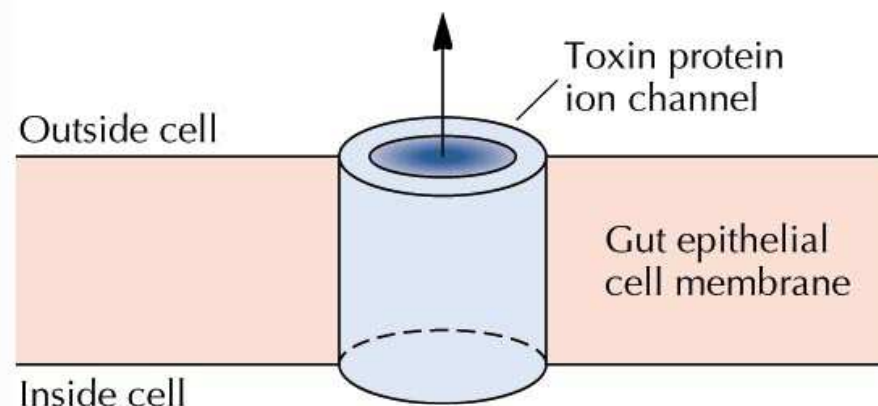
Adapted from Lereclus et al., p. 37–69, in Entwistle et al., (ed.), *Bacillus thuringiensis, an Environmental Biopesticide: Theory and Practice*, 1993.

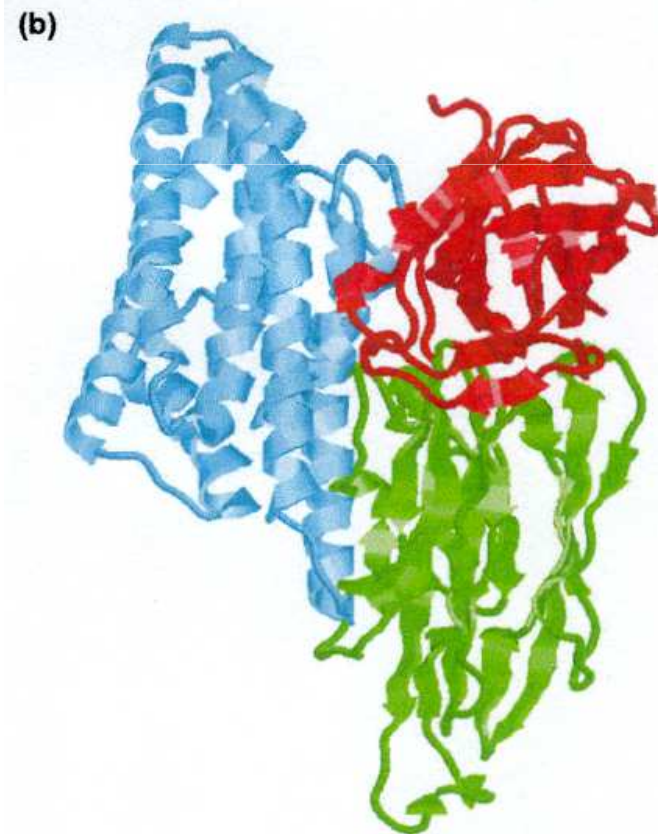
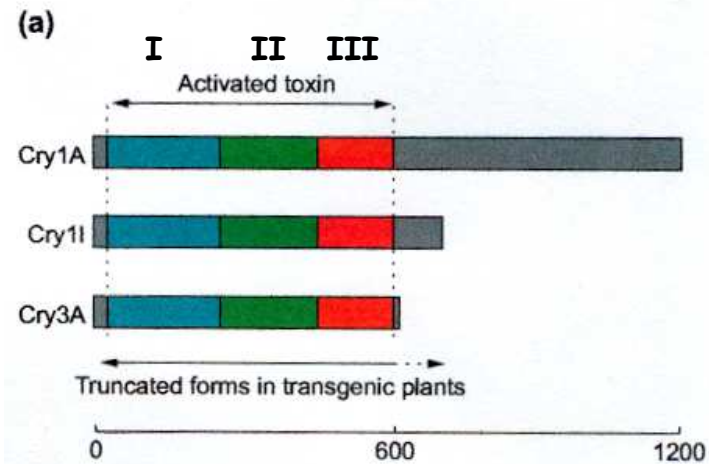
Modo di azione delle tossine Bt

- Gli insetti ingeriscono i cristalli parasporali
- L'ambiente alcalino dell'intestino (pH 7.5-8.0) solubilizza il cristallo e si forma la protossina
- Specifiche proteasi digestive presenti nell'intestino dell'insetto tagliano la protossina generando la tossina attiva
- Nell'uomo e negli animali non sono presenti le proteasi specifiche

Meccanismo di azione della tossina *Bt*

- La tossina si inserisce nella membrana delle cellule epiteliali dell'intestino creando un canale ionico
- Ciò determina un'alterazione dei flussi ionici e quindi la lisi delle cellule epiteliali
- L'insetto smette di mangiare, si disidrata e muore





La tossina è attivata dal taglio proteolitico della regione N-terminale

I tre domini della tossina attiva sono conservati nelle diverse classi

dominio I: consente il passaggio attraverso la membrana dell'epitelio intestinale

dominio II: riconoscimento del recettore

dominio III: legame con il recettore

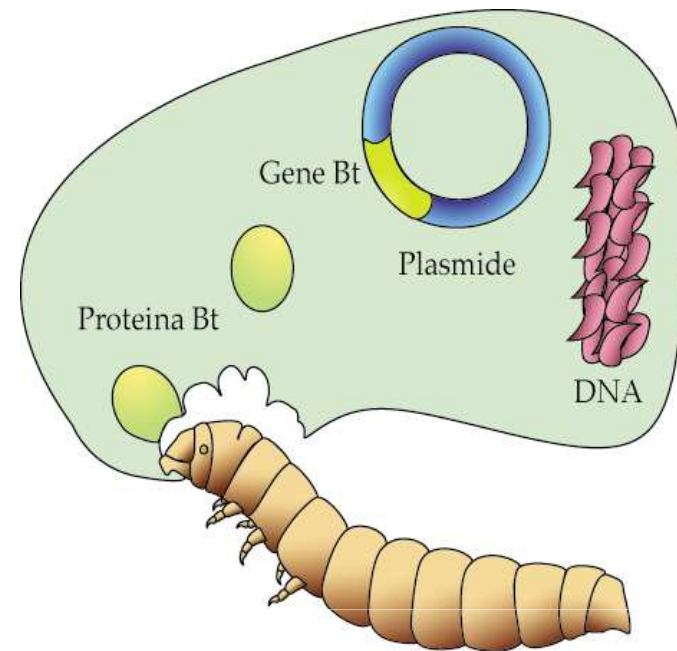


Il biopesticida è però molto costoso inoltre:

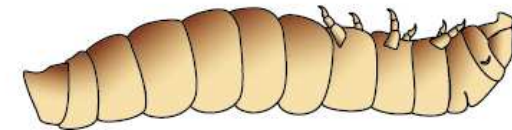
- È instabile agli UV
- Non penetra nel tessuto vegetale
- Viene dilavato via dalle piogge (necessari trattamenti ripetuti)

STRATEGIA

Inserire il gene per la proteina Bt in piante di mais in modo che la pianta sia costantemente protetta dall'attacco degli insetti



Larva ECB



Ciò permette di ridurre drasticamente l'impiego di pesticidi chimici

I geni *CRY* di *Bacillus thuringiensis* si esprimono a livelli bassissimi in piante transgeniche

Maggior contenuto di sequenze ricche in A/T rispetto ai geni eucariotici (siti di poliadenilazione)

Rimozione di sequenze di poliadenilazione

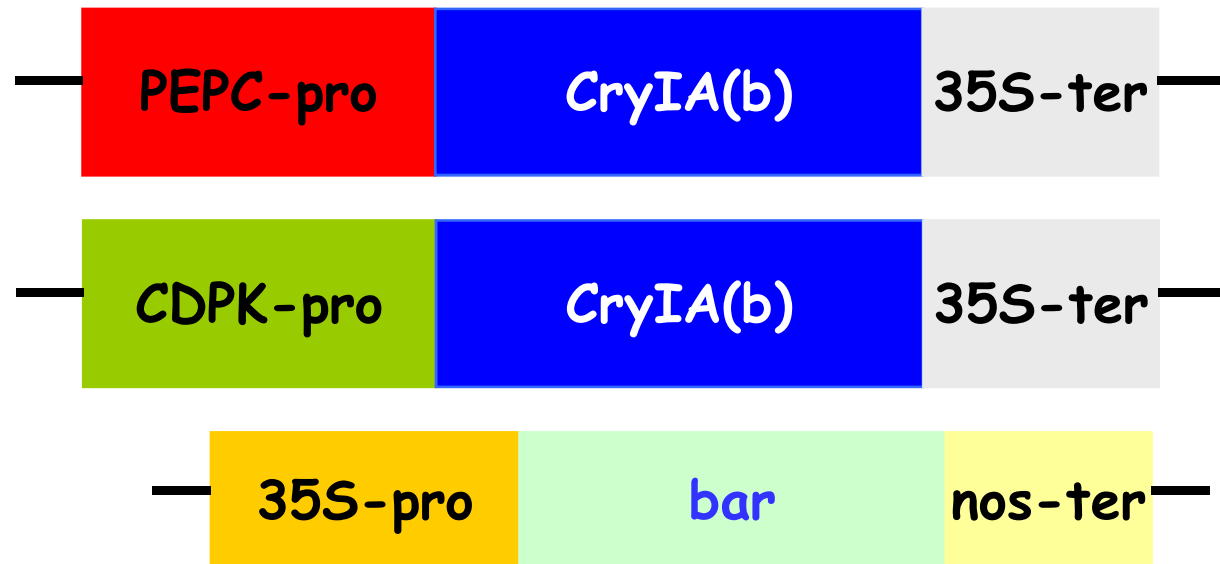
mais Bt176

Syngenta Seeds, Inc.

Host Organism / Variety	<i>Zea mays</i> L. (Maize) NaturGard™ KnockOut™
Trait	Resistance to European corn borer (<i>Ostrinia nubilalis</i>); phosphinothricin (PPT) herbicide tolerance, specifically glufosinate ammonium.
Trait Introduction Method	Microparticle bombardment of plant cells or tissue
Proposed Use	Production of <i>Z. mays</i> for human consumption (wet mill or dry mill or seed oil), and meal and silage for livestock feed. These materials will not be grown outside the normal production area for corn.
Company Information	Syngenta Seeds, Inc.

mais Bt176

Syngenta Seeds, Inc.



PEPC-pro: promotore PEP carbossilasi → espressione solo nei tessuti verdi

CDPK-pro: promotore Protein Chinasi Ca^{2+} -Dipendente → espressione nel polline

bar: resistenza all'erbicida fosfinotricina

MON-ØØ81Ø-6 (MON810)

mais MON810
Monsanto

Host Organism / Variety	<i>Zea mays</i> L. (Maize) Yieldgard®
Trait	Resistance to European corn borer (<i>Ostrinia nubilalis</i>).
Trait Introduction Method	Microparticle bombardment of plant cells or tissue
Proposed Use	Production of <i>Z. mays</i> for human consumption (wet mill or dry mill or seed oil), and meal and silage for livestock feed. These materials will not be grown outside the normal production area for corn.
Company Information	Monsanto Company



mais MON810
Monsanto



Metodo biolistico

2 plasmidi:

- PVZMBK07 gene *cry1Ab*
- PVZMGT10 geni CP4 EPSPS e *gox*

Nella linea MON810 non sono presenti i geni per la tolleranza al glifosato.



Integrazione in loci diversi - perdita per segregazione

Alcune varietà di mais Bt

Nome	Costrutto primario	Altro costrutto
YieldGard (90% del mercato mais-Bt)	35S- <i>Cry1Ab</i>	35S- <i>ESPS</i> 35S- <i>GOX</i>
NaturGard	PEPC- <i>Cry1Ab</i> polline-spec- <i>Cry1ab</i>	35S-res-erbicida
BT11	35S- <i>Cry1Ab</i>	35S-res-erbicida
Starlink (solo per alimentazione bestiame)	35S- <i>Cry9c</i> (proteina molto stabile alla degradazione)	35S-res-erbicida
Bt Xtra	35S- <i>Cry1Ac</i>	35S-res-erbicida

Performance in campo:

- Nessuna differenza quando comparato alla varietà di origine tranne che per la resistenza a larve di lepidottero e a erbicida

Problematiche connesse alla tecnologia Bt

Gene flow:

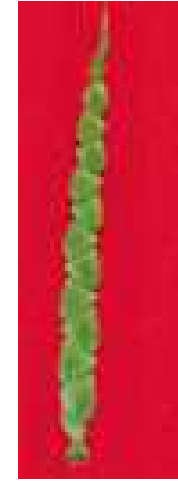
- la produzione e vitalità del polline Bt è comparabile a quella del polline di altri ibridi e quindi la cross-ibridazione è un evento possibile con altre varietà coltivate.
- l'impollinazione con specie del genere *Teosinte* è possibile. Il *Teosinte* è normalmente confinato in Messico, Guatemala e Nicaragua, ma popolazioni sono state identificate in Florida. Gli eventuali ibridi hanno ridotta capacità riproduttiva.
- Il genere *Zea* è anche compatibile con il genere *Tripsacum* (Messico, America Centrale e del Sud). Ibridi difficili però da ottenere e spesso sterili.

Problematiche connesse alla tecnologia Bt

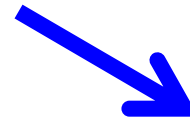
GENE FLOW



mais transgenico



teosinte



tripsacum

Problematiche connesse alla tecnologia Bt

Mais StarLink
Aventis

GENE FLOW

Cry9C

similarità con allergeni

1998 autorizzazione solo per alimentazione animali

Nel 2000 viene rinvenuto DNA
StarLink in tacos



Problematiche connesse alla tecnologia Bt

Gene flow

Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico

David Quist & Ignacio H. Chapela

*Department of Environmental Science, Policy and Management, University of
California, Berkeley, California 94720-3110, USA*

NATURE | VOL 414 | 29 NOVEMBER 2001 |

Si analizzano 51 casi di
reazioni allergiche dopo
l'assunzione di mais,
conclusione: non imputabili
allo StarLink

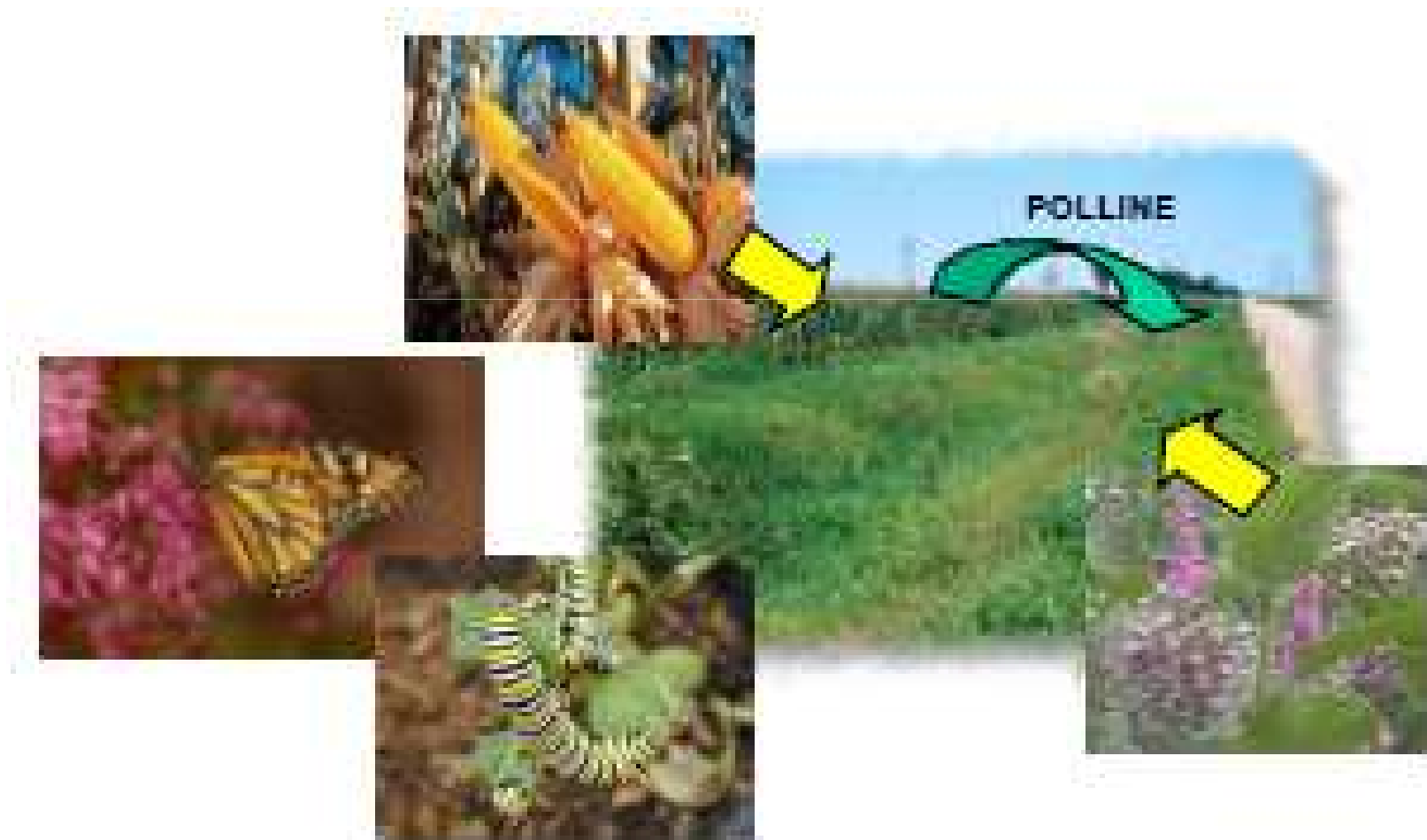
Maize transgene results in Mexico are artefacts

Quist and Chapela's conclusion¹ that the transgenes they claim to have detected in native maize in Oaxaca, Mexico, are predominantly reassorted and inserted into a "diversity of genomic contexts" seems to be based on an artefact arising from the inverse polymerase chain reaction (i-PCR) they used to amplify sequences flanking 35S transgenes from cauliflower mosaic virus (CaMV).

NATURE | VOL 416 | 11 APRIL 2002 |

Problematiche connesse alla tecnologia Bt

Effetti dannosi su altri insetti: il caso della farfalla monarca





1999

"caso della farfalla monarca"

Polline di mais Bt176 posto su
foglie di una specie di cui si nutre
la farfalla

Risultato: la larva muore

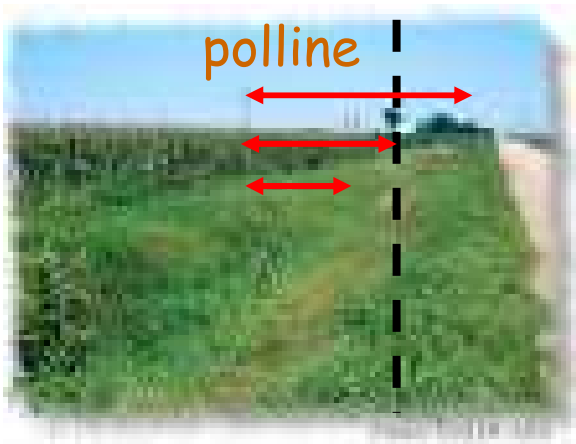


Copyright (c) Cornell University

“caso della farfalla monarca”



In realtà è stato dimostrato che le larve della farfalla monarca preferiscono cibarsi di foglie NON cosparse di polline



Il 90% del polline Bt cade entro 3 m dai bordi dell'appezzamento

“caso della farfalla monarca”

Inoltre:

- Pioggia e rugiada lavano le foglie dal polline
- Polline esposto per 8 giorni a luce solare perde tossicità
- Proteina Bt perde il 50% e il 90% della sua attività in 1,6 e 15 gg rispettivamente (mais YieldGard)

**Il mais Bt176 già nel 2000
rappresentava < 2 % del mais
GM e < 1% nel 2001**

Non verrà più venduto

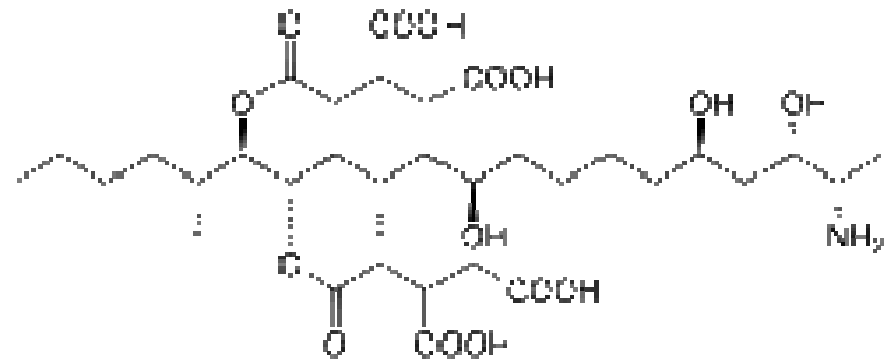
L'attacco degli insetti favorisce le infezioni fungine



Produzione di micotossine

Micotossina	Effetto
Aflatossina B1	Cancerogeno, epatotossico, immunosoppressore
Ocratossina A	Nefrotossico, teratogeno, immunosoppressore, cancerogeno
Fumonisina B1	Neurotossico, cancerogeno, citotossico
Tricoteceni	Immunosoppressore, dermatotossico, emorragico
Zearalenone	Estrogenosimile
Ergotina	Neurotossico

Il mais Bt ha circa 10 volte meno fumonisina B1



rispetto al mais non-Bt

Cotton Bollgard®

Monsanto

MON-ØØ531-6, MON-ØØ757-7
(MON531/757/1076)



Host Organism / Variety

Gossypium hirsutum L. (Cotton) Bollgard®

Trait

Resistance to lepidopteran pests including, but not limited to, cotton bollworm, pink bollworm, tobacco budworm.

Trait Introduction Method

Agrobacterium tumefaciens-mediated plant transformation.

Proposed Use

Production of cotton for fibre, cottonseed and cottonseed meal for livestock feed, and cottonseed oil for human consumption.

Company Information

Monsanto Company

Cotton Bollgard®

Monsanto

Code	Name	Type	Promoter, other	Terminator	Copies	Form
<i>cry1Ac</i>	Cry1Ac delta-endotoxin (<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (Btk))	IR	double enhanced CaMV 35S	3' poly(A) signal from soybean alpha subunit of the beta-conglycinin gene	>=1	Truncated; Line 757: 1 complete T-DNA and 1 partial T-DNA insertion event
<i>aad</i>	3''(9)-O-aminoglycoside adenylyltransferase	SM	bacterial promoter			Not expressed in plant tissues
<i>neo</i>	neomycin phosphotransferase II (<i>Escherichia coli</i>)	SM	nopaline synthase (<i>nos</i>) from <i>A. tumefaciens</i>		>=1	Native

PIANTE TRANSGENICHE CON LA TOSSINA BT

- Pomodoro
- Tabacco
- Patata
- Riso
- Mais
- Mela
- Melanzana
- Colza
- Alfalfa
- Noce
- Pioppo
- Abete rosso
- Mirtillo nero
- Cotone

Impatto di queste strategie

- Riduzione della applicazione di pesticidi chimici
- Pesticidi potenzialmente pericolosi possono essere eliminati
- L'efficacia del trattamento è indipendente dalle condizioni climatiche. La proteina transgenica non può essere lavata via dalla pioggia
- Questo sistema di controllo è attivo per tutta la vita della pianta. Inoltre, se la tossina è espressa in tutte le parti della pianta sarà ingerita dall'insetto ogni volta che mangerà la pianta

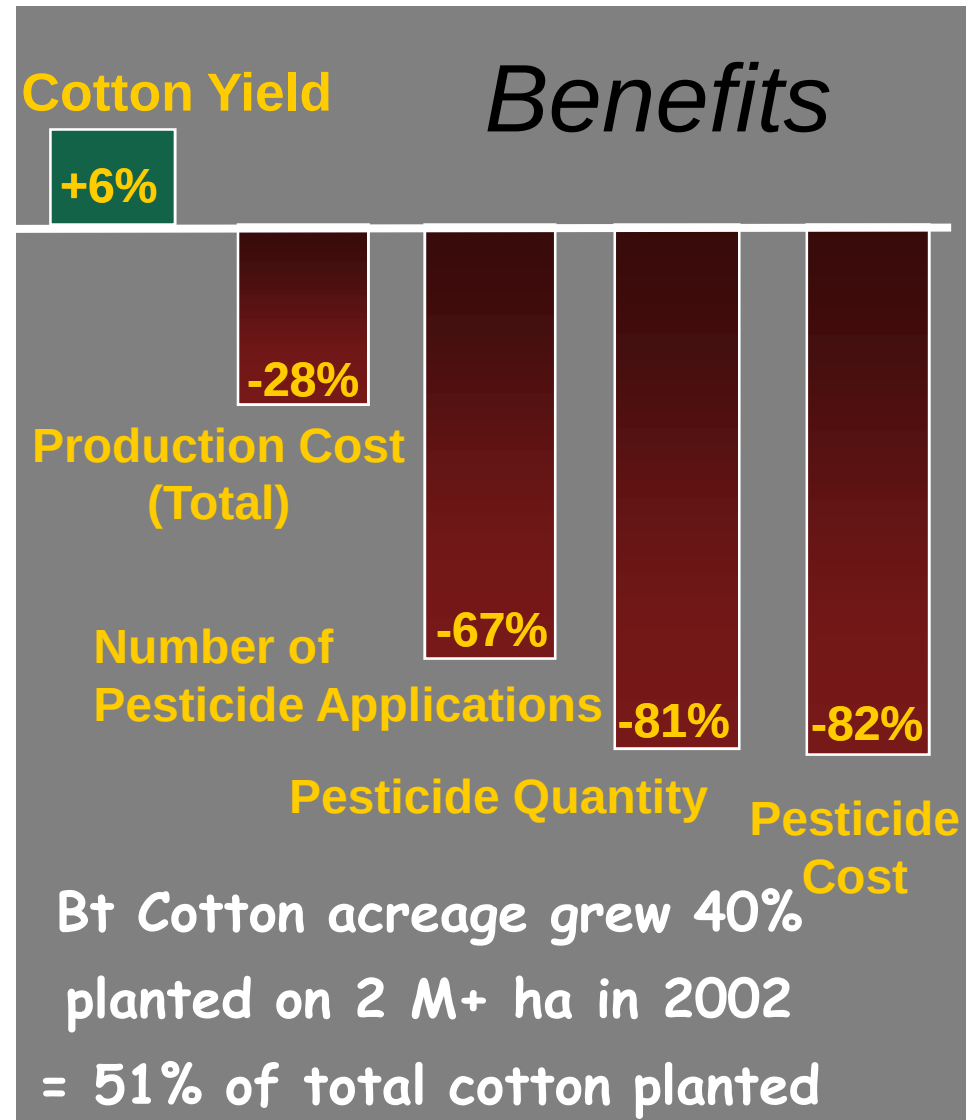
Impatto di queste strategie

- I soli insetti che vengono colpiti sono quelli che attaccano la pianta, perché la pianta è l'unica fonte di insetticida. Altri insetti presenti sul campo "benefici e non" non mangiando la pianta coltivata non sono colpiti dalla tossina.
- L'agente attivo è una proteina biodegradabile: il potenziale di inquinamento delle falde e l'insorgenza di altri problemi ambientali sono molto remoti

Bt Cotton benefits in China

Bt Cotton in China:

- *Increased crop yield 6% (200kg/ha)*
- *Reduced operating cost 28% (\$1.40/kg)*
- *Reduced pesticide:*
 - *Application 67%*
 - *Quantity 81% (50kg/ha)*
 - *Costs 82% (\$626/ha)*
- *Increased health (79% fewer poisonings)*



Produzione di lectine tossiche

GNA *Galanthus nivalis* agglutininina



Piante transgeniche di patata esprimenti GNA sono resistenti a larve di *Lacanobia oleracea*

Produzione di avidina



L'avidina è contenuta nel
bianco d'uovo

Ha la capacità di legare con
un'affinità elevatissima la
biotina, vitamina essenziale

Mais transgenico che produce avidina è resistente alla
maggior parte degli insetti

L'avidina è innocua per l'uomo (fa parte della sua dieta)

PRINCIPALI CRITICHE MOSSE A PIANTE GM TOLLERANTI AGLI ERBICIDI E RESISTENTI AGLI INSETTI

TOLLERANZA AGLI ERBICIDI

eccessivo uso dell'erbicida sulla pianta
coltivata resistente

RESISTENZA AGLI INSETTI

possibilità che si sviluppino insetti
resistenti

resistenza agli insetti

Meccanismi di resistenza



cambiamento del pH intestinale → solubilizzazione



modificazione degli enzimi
idrolitici → attivazione



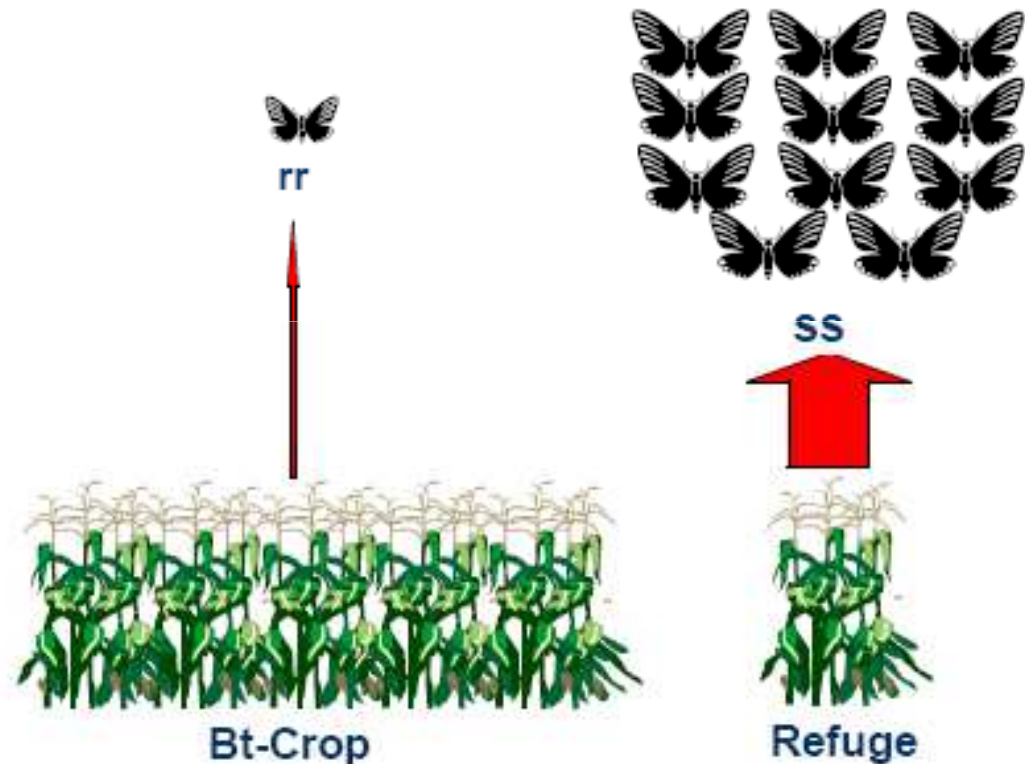
riduzione dell'affinità per il
recettore → legame al recettore

Strategia HIGH-DOSE REFUGE

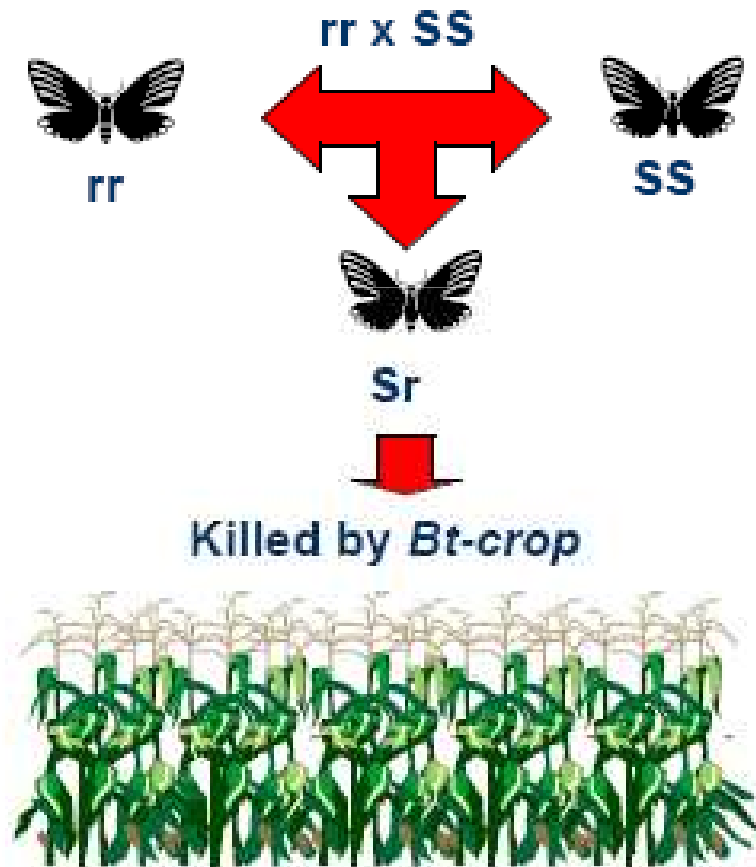
Accanto all'area coltivata con la varietà transgenica che produce un'alta dose di proteina Bt, vengono create "aree rifugio" coltivate con varietà non transgeniche.

Solo insetti rr resistenti omozigoti (molto rari) possono tollerare elevati livelli di Bt.

Nelle zone rifugio si sviluppano insetti suscettibili



Gli insetti resistenti (rr) incrociandosi con insetti suscettibili nelle zone rifugio daranno una progenie rS suscettibile che non può sopravvivere nelle aree coltivate a mais Bt



strategia high-dose refuge

