Odrůdy s tolerancí k herbicidům

Kam směřuje vývoj ve světě a u nás?

Josef Soukup a kol.
katedra agroekologie a biometeorologie
FAPPZ ČZU

EWRS Working Group:
Herbicide Tolerant Varieties
(http://www.ewrs.org/Herbicide_tolerant_varieties.asp)

Chair: Ivo Brants
Monsanto Europe S.A.
Tervurenlaan 270-272
B-1150 Brussels
Tel. 0032 2 776 7845
Fax 0032 2 776 7648
E-mail:
ivo.o.brants@monsanto.com

Co-chair: Jan Petersen
University of Applied Science
Bingen
Berlinstr. 109
D-55411 Bingen
Tel.: 0049 0160 9647 4129

E-mail: petersen@fh-bingen.de

Plodiny (odrůdy) s tolerancí k herbicidům

„HRC“ = Herbicide Resistant Crops

„HT“ = Herbicide Tolerant crops

„GMHT“ = Genetically Modified HT crops

Herbicide Tolerant Varieties

V čem jsou „HT“ odrůdy jiné?

- Konvenční plodina / odrůda
  - tolerance k herbicidu je založena přirozenými vlastnostmi druhu (morfologie, anatomie, transportní pochody, metabolismus...)
  - každý nový herbicid musí být testován na selektivitu (skleníky, polní pokusy)
  - tolerance k herbicidu je u citlivých plodin nízká (cukrovka, řepka, ...)

- Odrůda s tolerancí k herbicidu
  - tolerance cíleně získána šlechtitelskými postupy s využitím v přírodě známých mechanismů a pochodů vedoucích k toleranci
  - vysoké tolerance lze dosáhnout i u jinak citlivých plodin (druhů)
  - tolerance k herbicidu bývá vysoká po celou vegetační dobu

Principy a používané mechanismy tolerance k herbicidům

- Nesenzitivita cílového enzymu herbicidního účinku v důsledku mutace
  - – změna vazebního místa = necitlivost k herbicidu

zm-2mepsps - nesenzitivní EPSPS vůči glyphosate (GA21)
cp4 epsps - nesenzitivní EPSPS vůči glyphosate (NK603)
alelická mutace genu *Acc1* – tolerance k cyklohexandionům (Duo)
mutace *als* genu (*surB*, *zm-hra, gm-hra, S4-HrA*, ...) – tolerance k sulfonylmočovinám a imidazolinonům

Principy tolerance k herbicidům u kulturních rostlin

- Produkce enzymů degradujících účinnou látku herbicidu
  - enzymy specifické pro daný herbicid
    - *pat, pat(syn)* a *bar* geny: produkce fosfinotricin acetyltransferázy
    - *gox* gen: produkce glyfosát-oxidoreduktázy
    - *dmo* gen: produkce dicamba O-demethylázy
    - *aad* geny: produkce aryloxyalkanoát dioxygenázy

- Nadprodukce cílového enzymu na který se má herbicid navázat
  - koncentrace herbicidu nepostačuje k inhibici zvýšeného množství cílového enzymu
  - 60-80 násobná nadprodukce CP4 EPSPS zajišťuje toleranci ke glyphosate (Agrisure® GT)

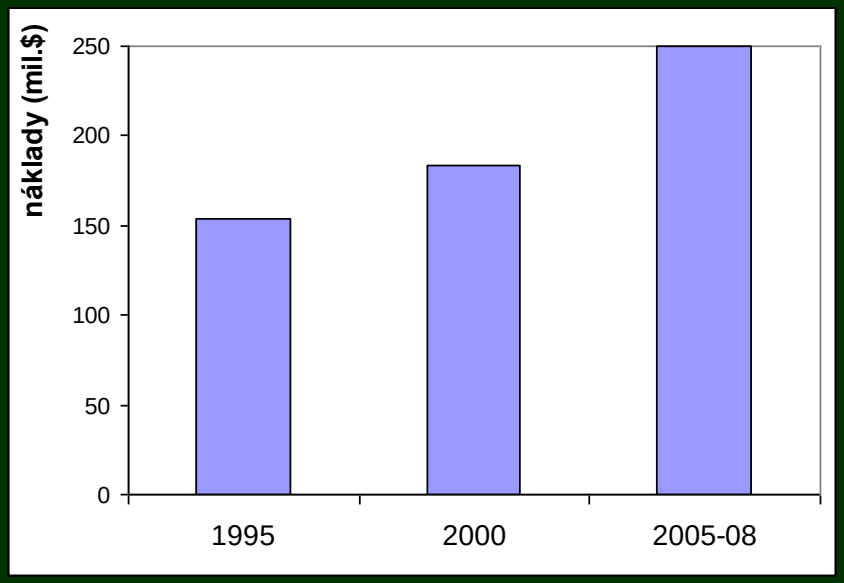
Agrisure® CornTraits syngenta.

Příklady současných systémů odrůd s tolerancí k herbicidům

- Vzniklé selekčním šlechtěním
  - k imidazolinonům (imazamox) – „Clearfield“
  - k sulfonylmočovinám (tribenuron) – „ExpressSun“
  - k cyklohexandionům (cycloxydim) – „Duo“
  - k triazinům (atrazin) – „TT“
- Vzniklé genetickou modifikací
  - ke glyphosate – „Roundup Ready“
  - ke glufosinate-NH_4 – „Liberty Link“
  - k sulfonylmočovinám – „Moonshade, Moondust“
  - k syntetickým auxinům – „Enlist“
  - k HPPD inhibitorům – „MGI“

Náročnost vývoje nových herbicidů

- rostou náklady na vývoj nových úč. látek
- k vývoji nové úč. látky je třeba otestovat více než 200.000 sloučenin (v 50. letech min. století to bylo 500)
- trvá 8-10 let



Náklady na komercializaci nového herbicidu

Objevení a optimalizace úč. l.

nadějná sloučenina

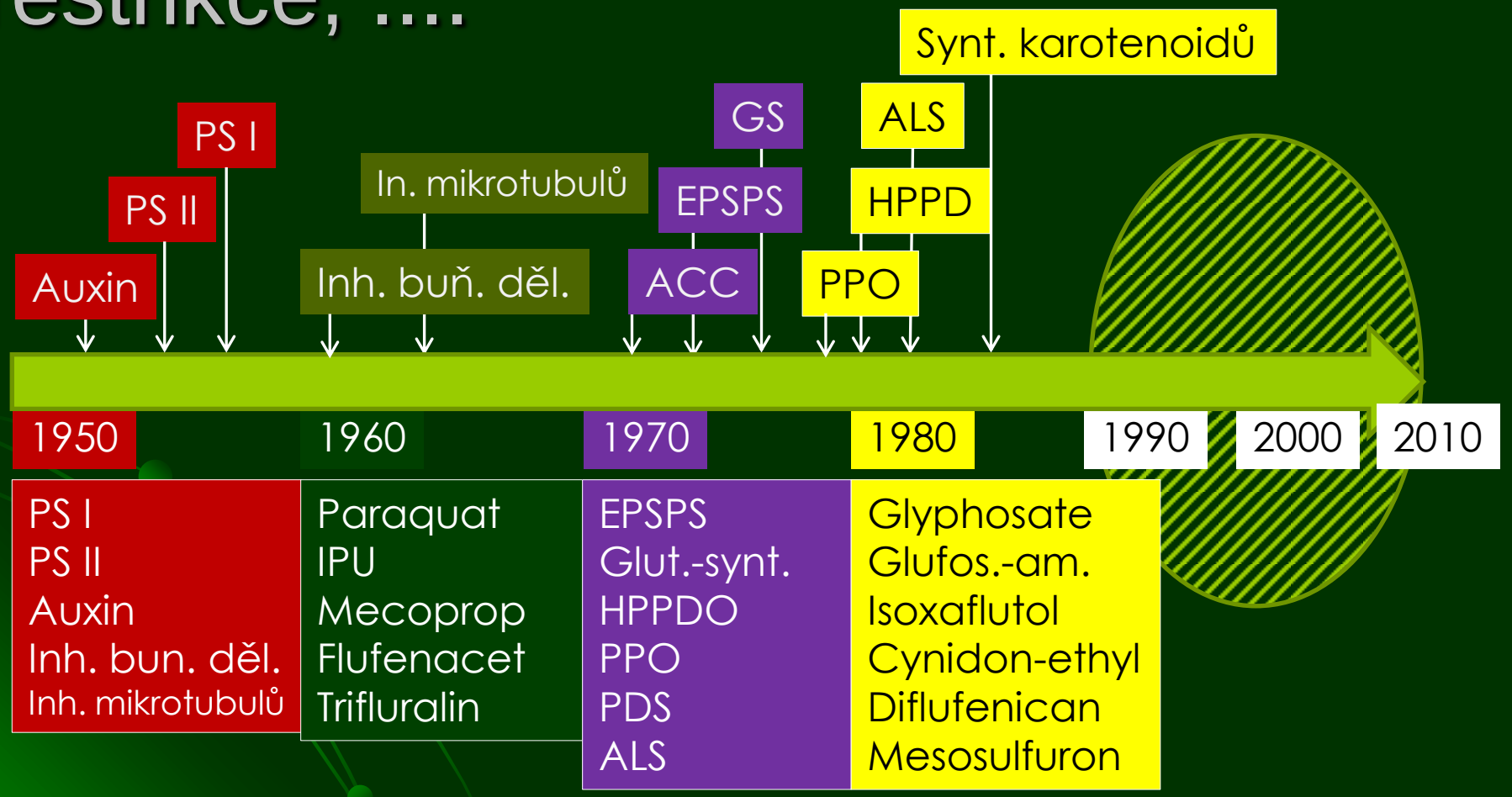
Vývoj a registrace herbicidu

0 1 2 3 4 5 6 7 8

roky

Jursík, 2013

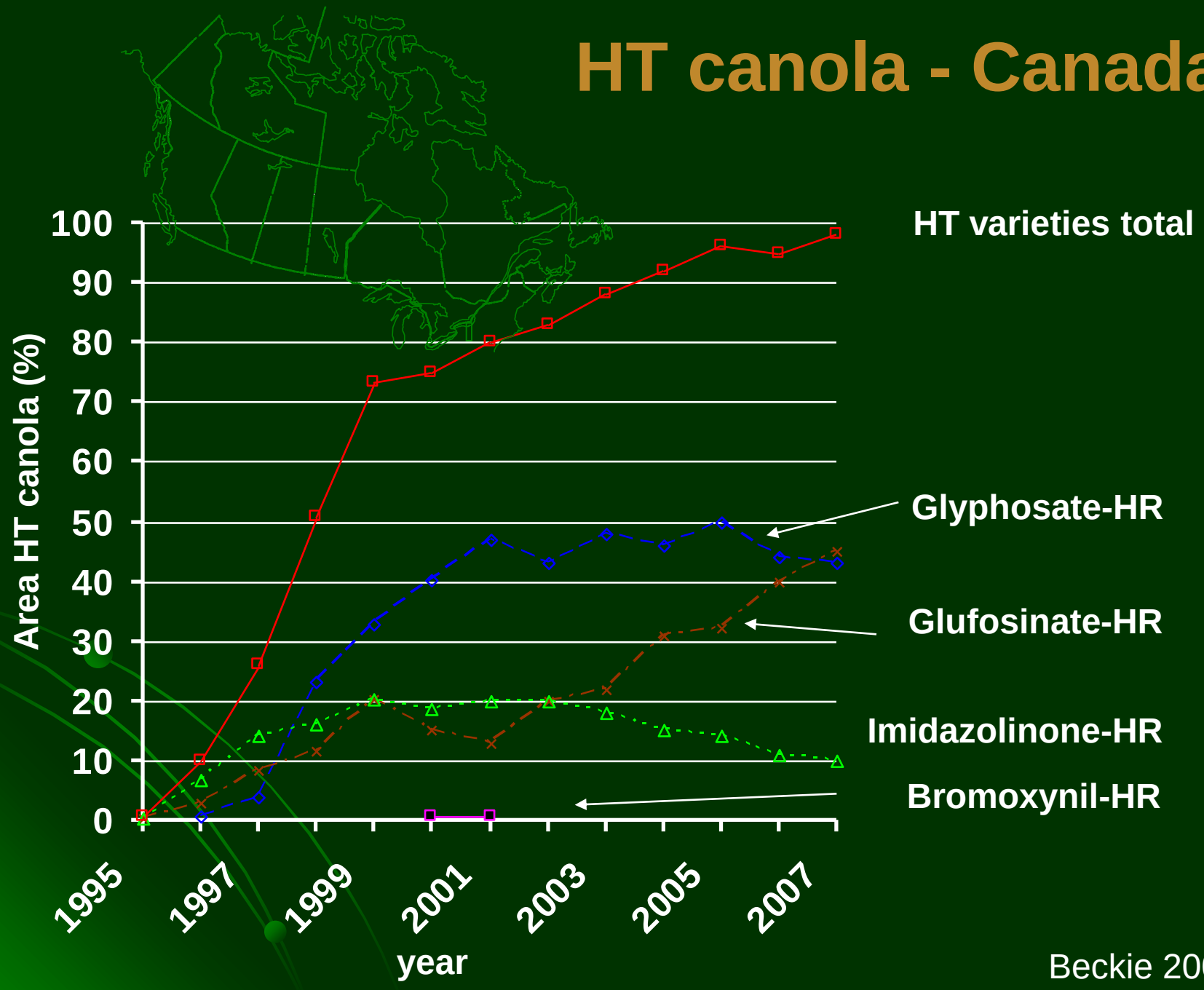
Vyčerpané možnosti nalezení nových mechanismů účinku, legislativní restrikce, ...



Pěstitelské přednosti odrůd s tolerancí k herbicidům

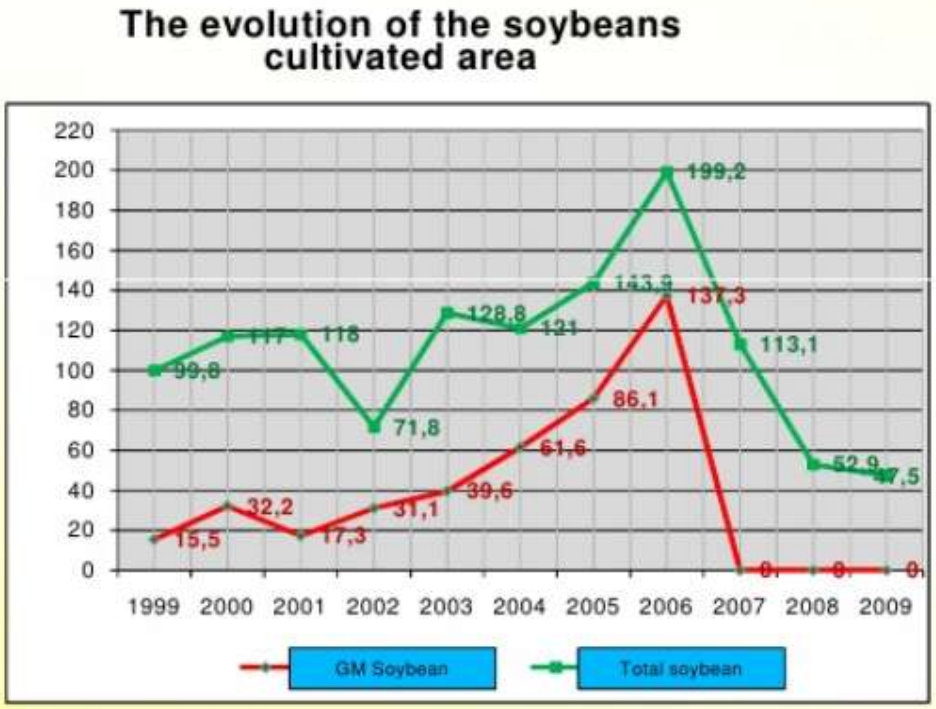
- Odstranění problémů s fytotoxicitou v porostech citlivých kulturních rostliny
- Zasažení většího spektra plevelů
- Rozšíření aplikačního termínu
- Vyloučení ekologicky a toxikologicky problematických herbicidů

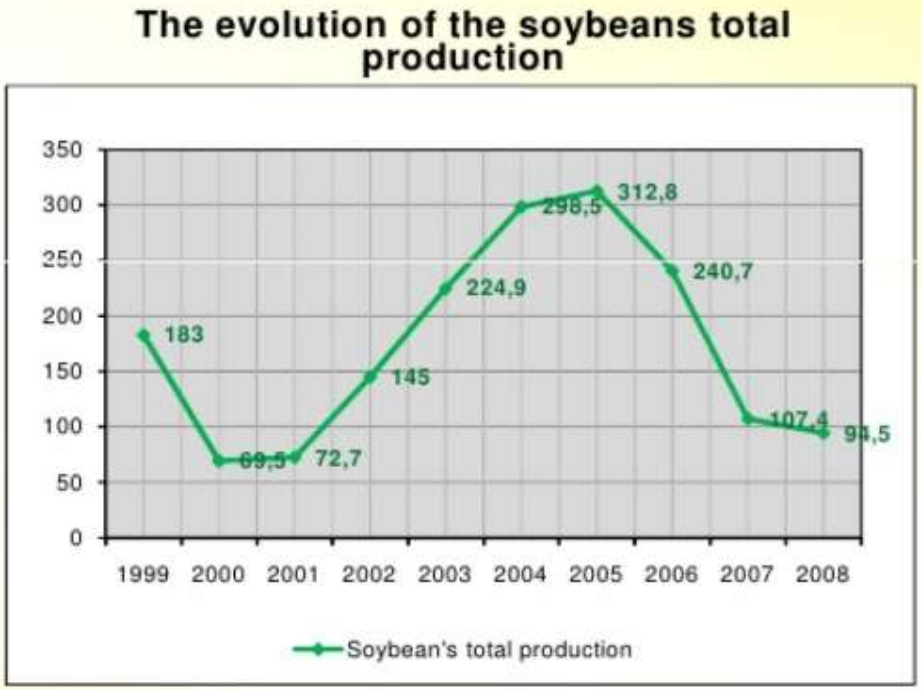
HT canola - Canada



Beckie 2008

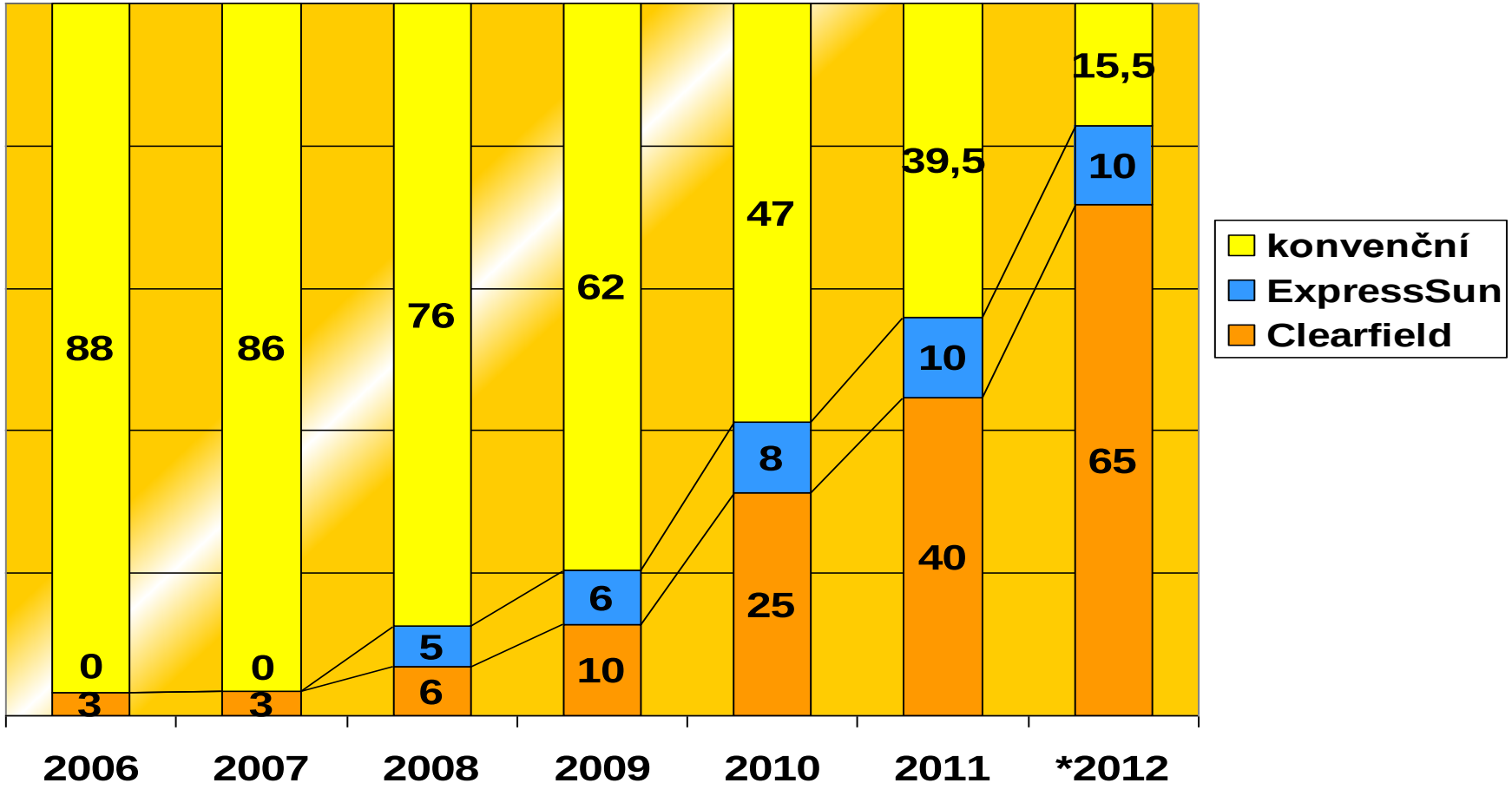
ROMANIA



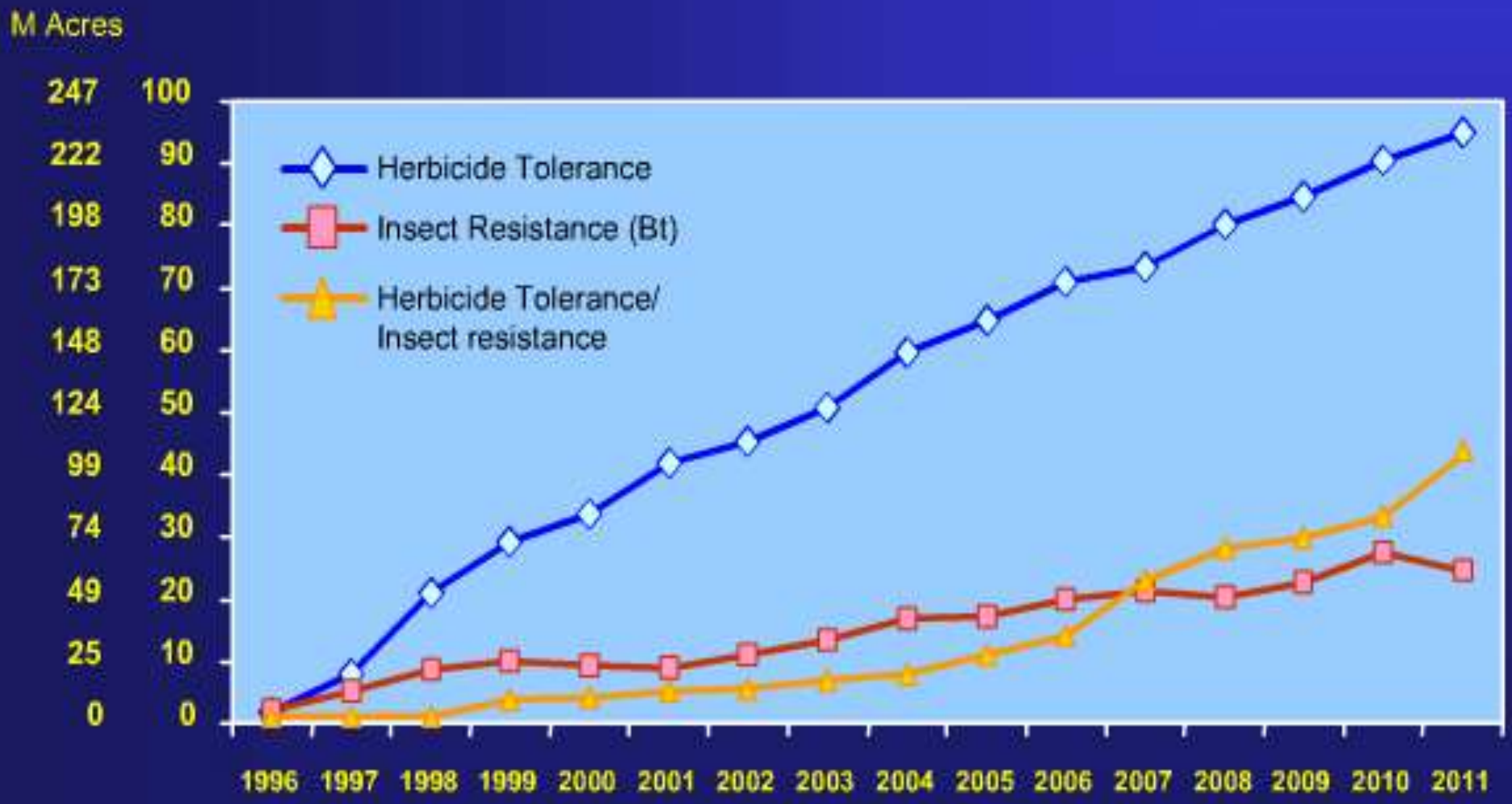


L.Buzdug, 2010

Vývoj ploch HT slunečnice na Slovensku (v tis. ha, zdroj: BASF, *odhad SPZO)



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



Source: Clive James, 2012

Přicházejí první problémy z neuváženého používání glyfosátu...

GLYPHOSATE-RESISTANT WEEDS

GLYPHOSATE-RESISTANT WEEDS: CURRENT STATUS AND FUTURE OUTLOOK

Vijay K. Nandula,[1] Krishna N. Reddy*,[2] Stephen O. Duke,[3] and Daniel H. Poston[1] review the current situation regarding the development of glyphosate resistant weeds following the increased cultivation of glyphosate-resistant crops and warn of a real loss in glyphosate efficacy if its uncontrolled use continues

[1] Delta Research and Extension Center, Mississippi State University, Stoneville, MS 38776, USA
[2] USDA-ARS Southern Weed Science Research Unit, P.O. Box 350, Stoneville, MS 38776, USA
[3] USDA-ARS Natural Products Utilization Research Unit, P.O. Box 8048, University, MS 38677, USA

Outlooks on Pest Management, 2005

Table 1: Weed species that are resistant to glyphosate*

Weed Species	Year confirmed	Crop situation	Reference
		Natural Resistance	
Asiatic dayflower (*Commelina communis* L.)**	2005	Cotton, peanut, soybean	Owen and Zelaya, 2005
Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.)	1990	Regenerated from callus	Boerboom et al., 1990
Chinese foldwing (*Dicliptera chinensis* (L.) Juss)	2002	Orchard	Yuan et al., 2002
Common lambsquarters (*Chenopodium album* L.)**	2005	GR Soybean	Owen and Zelaya, 2005
Field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.)	1984	Unknown	DeGennaro and Weller, 1984
Tropical spiderwort (*Commelina benghalensis* L.)	2004	GR Cotton	Culpepper et al., 2004
Velvet leaf (*Abutilon theophrasti* (L.) Medic)**	2005	GR Soybean	Owen and Zelaya, 2005
		Evolved Resistance	
Buckhorn plantain (*Plantago lanceolata* L.)***	2003	Orchard & vineyard	Heap, 2005
Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.)***	2004	GR Soybean	Heap, 2005
Common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus* (Moq.) J.D. Sauer)**	2005	GR Soybean	Owen and Zelaya, 2005
Goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.)	1997	Orchard	Lee and Ngim, 2000
Hairy fleabane (*Conyza bonariensis* L.)***	2003	Orchard & vineyard	Heap, 2005
Horseweed (*Conyza canadensis* (L.) Cronq.)	2000	GR Soybean	VanGessel, 2001
	2003	Unknown	Mueller et al., 2003
	2003	GR Cotton	Koger et al., 2004
Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.)	2001	Orchard	Pérez and Kogan
Rigid ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.)	1996	Summer & winter crops	Pratley et al., 1999
	1997	Orchard	Powles et al., 1998
	1998	Orchard	Simarmata et al., 2003

* In case of multiple reports of evolved resistance in same weed species, a representative peer-reviewed publication is shown.

** Based on anecdotal evidence. Resistance not confirmed by peer reviewed publications.

*** Reported on website by Heap (2005). Authors are not aware of resistance reported in peer reviewed publications.

Počátky rezistence vůči glyfosátu

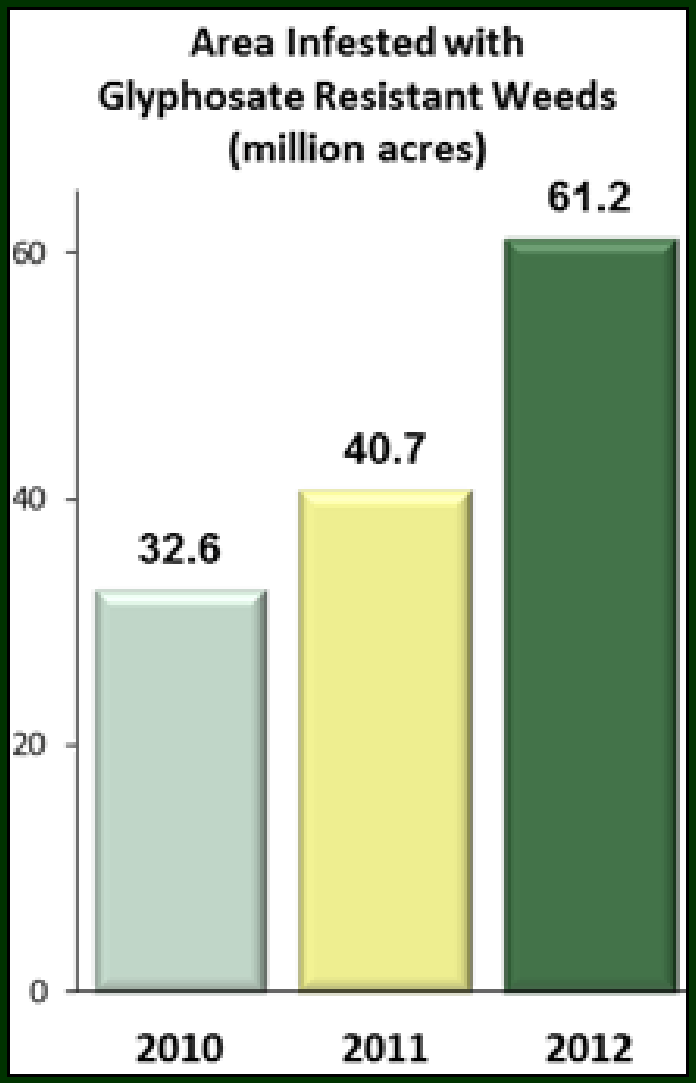
Weed	Year First Reported	Location of Resistant Populations
United States		
Rigid ryegrass	1998	California, other countries
Horseweed (marestail)	2000	14 states
Italian ryegrass	2004	Oregon, other countries
Common ragweed	2004	Missouri, Arkansas
Palmer amaranth	2005	Georgia, North Carolina, Tennessee
Waterhemp	2005	Missouri
World		
Goosegrass	1997	Malaysia
Hairy fleabane	2003	South Africa, Spain
Broadleaf plantain	2003	South Africa
Johnsongrass	2005	Argentina
Wild poinsettia	2005	Brazil

Zdroj: www.weedscience.org

Rychlý vývoj rezistence v posledních letech

Zdroj: Kent Fraser, Stratus, USA, 2013

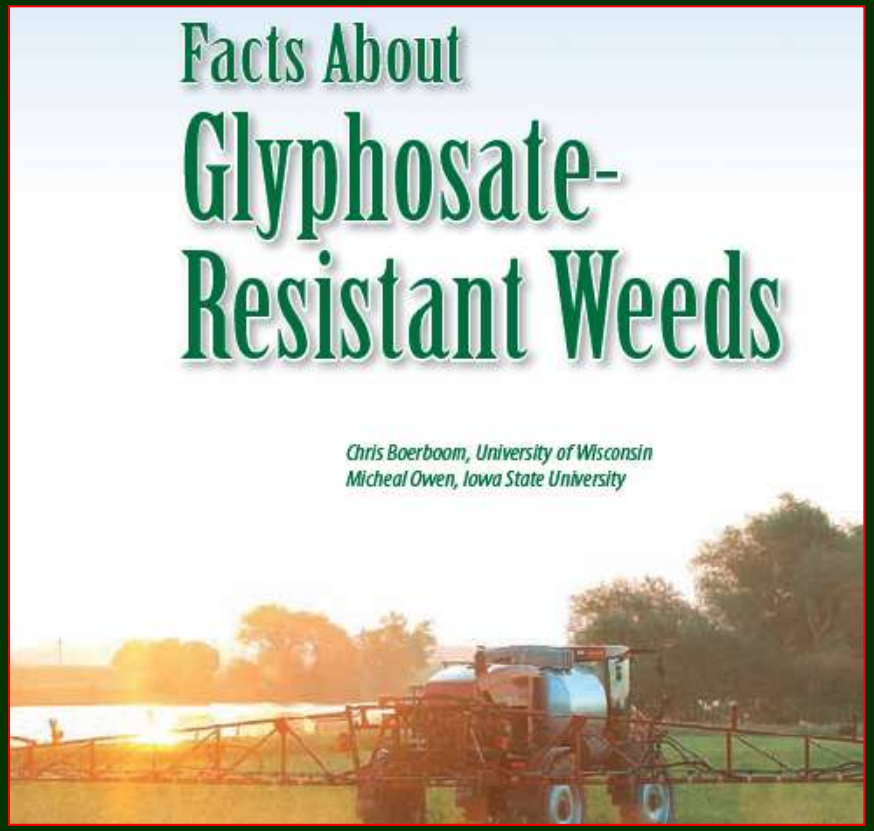
- 49% farmářů v USA uvádí v roce 2012 problémy s rezistencí vůči glyfosátu – nárůst z 34% v roce 2011
- Nejhorší situace v jižních zemích: Georgia 92 % ploch, Nebraska, Iowa a Indiana zvojnásobení zasažené plochy
- Stále více farem má 2 a více rezistentních plevelů: v roce 2010 pouze 12% farem, 2012 již 27%
- Nejčastější výskyt u turanky kanadské a laskavce Palmerova



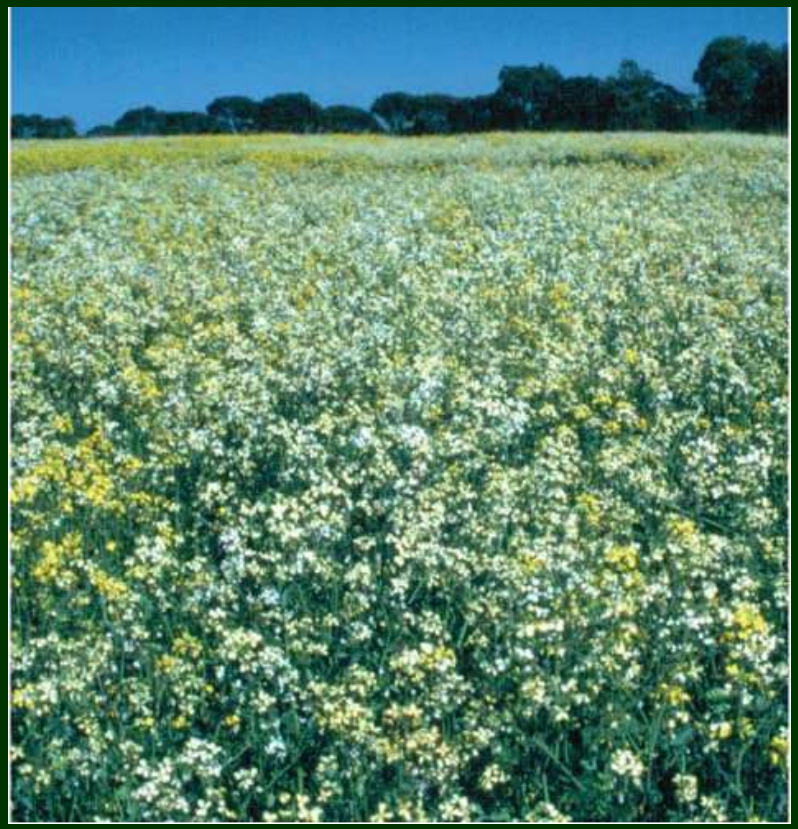
Glyphosate Resistant Giant Ragweed (*Ambrosia trifida*) infesting Roundup Ready Corn. Photo: Dr. Bill Johnson

Jak dále?

- Stewardship pro používání HT technologie
- Používání nechemických metod
- Kombinace více mechanismů úč.
- Multiple HT crops „*Dual stacks*“

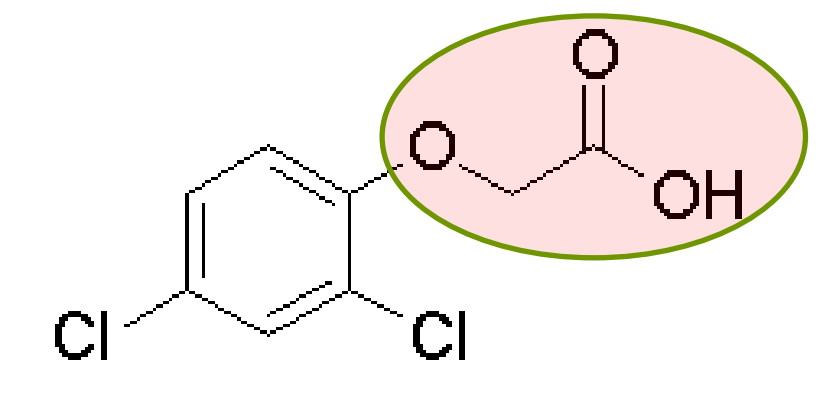


HT Duo™ canola tolerantní k atrazinu + glyphosate (Austrálie)



- reziduální účinek atrazinu
- účinnost na brukvovité plevele (ředkev ohnice)
- prevence vzniku rezistence

Tolerance k úč. l. 2,4 D
Dow AgroSciences system Enlist™



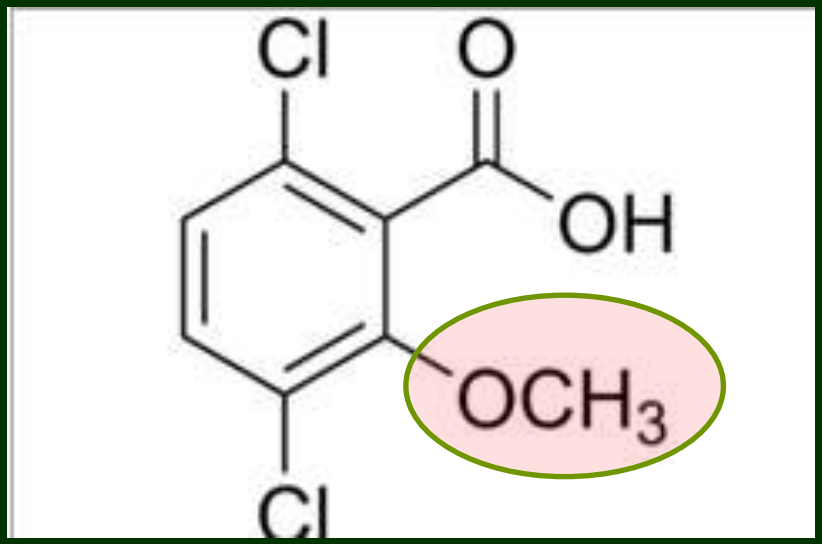
- geny „*aad*“ kódující pro aryloxyalkanoát dioxygenázu)
  - *aad1* z bakterie *Sphingobium herbicidovorans* degradující 2,4 D a aryloxyfenoxypropionáty (quizalofop)
  - *aad12* z bakterie *Delftia acidovorans* degradující 2,4 D

Kombinace glyphosate + 2,4 D tolerance

Monsanto + DowAgroSciences

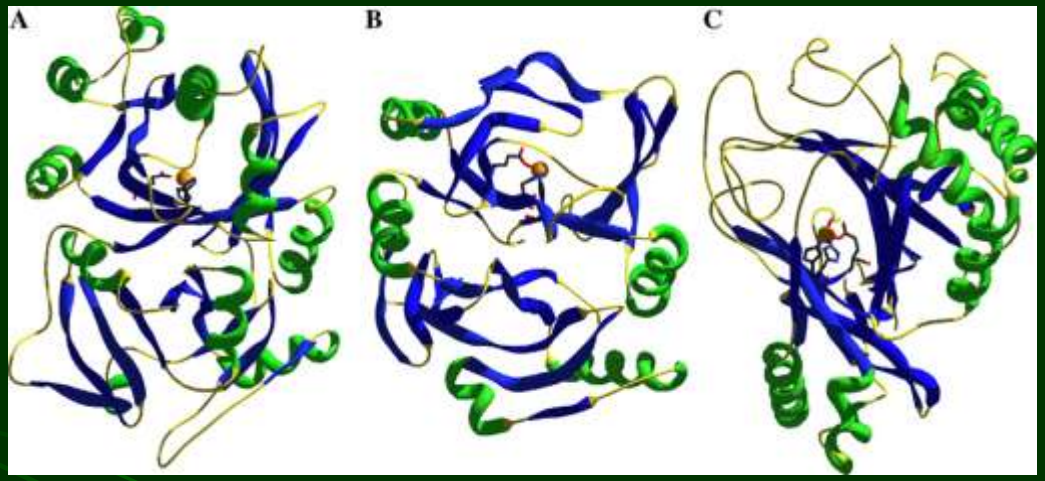
- Roundup Ready Plus Xtend System®
- předpokládané využití v sóji, bavlníku a kukuřici
- nová formulace 2,4 D:cholin - Colex-D™ Technology
  - snížená volatilita a zápach
  - lepší vlastnosti aplikační jíchy (snížený drift)
- kombinace s glyphosate Enlist Duo™

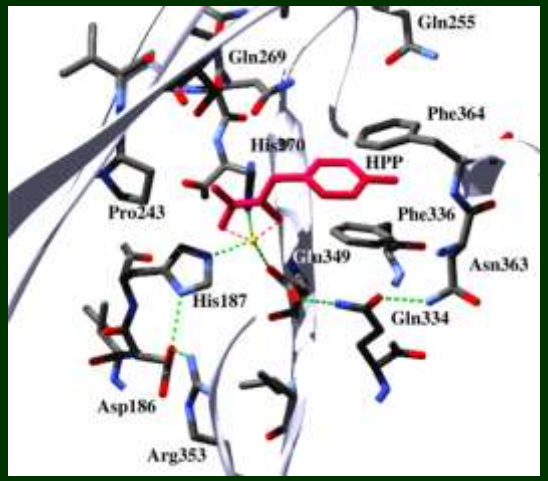
Tolerance k úč.l. dicamba



- demethylace dicamby prostřednictvím enzymatického komplexu *dicamba O-demethylázy* (DMO)
- gen „*dmo*“ z bakteriálního kmenu *Pseudomonas maltophilia*, kmen DI-6

Tolerance k HPPD inhibitorům (mesotrione, tembotrione, isoxaflutole)





Moran, Arch. Bioch. and Biophysics, 2005

- gen „*hppdPF W336*“ kódující modifikovanou hydroxyfenylpyruvát dioxygenázu (HPPD)
- z bakterie *Pseudomonas fluorescens* kmen A32

Kombinace tolerance ke glyphosate (glufosinate) + HPPD inhibitorům

Bayer + Syngenta, MS Technologies

- sója FG72 (glyphosate + isoxaflutole)
- sója MGI (mesotrione, glufosinate, isoxaflutole) – 2015?
- rozšíření spektra účinnosti
- antirezistentní strategie

SAVE OUR CROPS COALITION

Don't Drift on Me

May 10, 2013

The SOCC petition calls for EPA to establish dicamba tolerances for the following crops:

- Grape (Vitis spp.)
- Eggplant (Solanum melongena)
- Groundcherry (Physalis spp.)
- Pepino (Solanum muricatum)
- Pepper (Capsicum spp.) (includes bell pepper, chili pepper, cooking pepper, pimento, sweet pepper)
- Tomatillo (Physalis ixocarpa)
- Tomato (Lycopersicon esculentum)
- Chayote (fruit) (Sechium edule)
- Chinese waxgourd (Chinese preserving melon) (Benincasa hispida)
- Citron melon (Citrullus lanatus var. citroides)
- Cucumber (Cucumis sativus)
- Gherkin (Cucumis anguria)
- Gourd, edible (Lagenaria spp.) (includes hyotan, cucuzza); (Luffa acutangula, L. cylindrica) (includes hechima, Chinese okra)
- Momordica spp. (includes balsam apple, balsam pear, bitter melon, Chinese cucumber)
- Muskmelon (hybrids and/or cultivars of Cucumis melo) (includes true cantaloupe, cantaloupe, casaba, crenshaw melon, golden pershaw melon, honeydew melon, honey balls, mango melon, Persian melon, pineapple melon, Santa Claus melon, and snake melon)
- Pumpkin (Cucurbita spp.)
- Squash, summer (Cucurbita pepo var. melopepo) (includes crookneck squash, scallop squash, straightneck squash, vegetable marrow, zucchini)
- Squash, winter (Cucurbita maxima; C. moschata) (includes butternut squash, calabaza, hubbard squash); (C. mixta; C. pepo) (includes acorn squash, spaghetti squash)

Co nového v Evropě?

- Kladné stanovisko EFSA k deregulaci kukuřice NK603 od r. 2009...
- Společný vývoj cukrovky tolerantní k ALS inhibitorům (Bayer + KWS)
- Zavádění systému Clearfield (BASF) - v roce 2012 (UK), 2014 (CZ, D)

Clearfield® systém
IMI tolerantní odrůdy řepky + herbicid

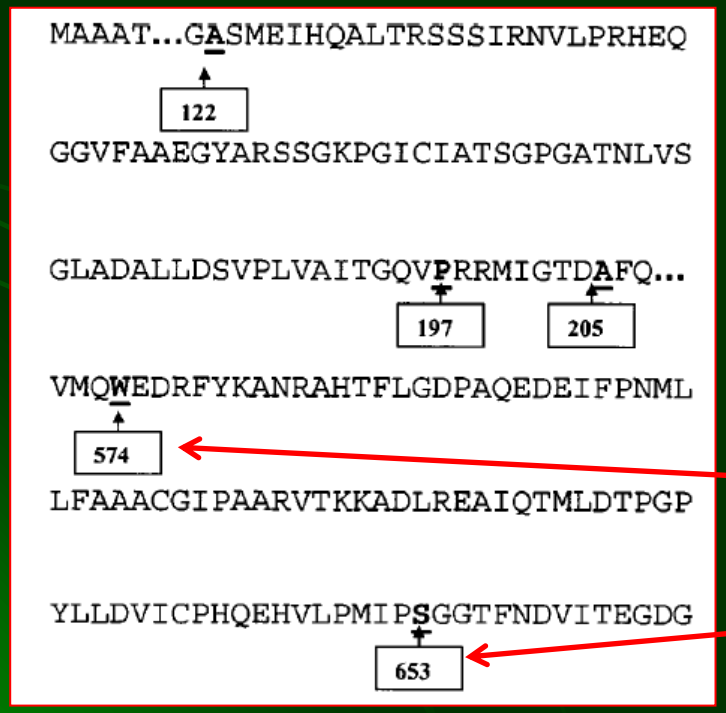
CLEARFIELD®
production system

+

- Clearfield® odrůda
  - Clearfield – „CL“ odrůdy
  - tolerance k imidazolinonům (imazamoxu)
- Herbicid Clearfield®-Vantiga®
  - metazachlor (375 g/l)
  - quinmerac (125 g/l)
  - imazamox (6,25 g/l)

Princip tolerance k herbicidům u systému Clearfield®

- Nesenzitivita cílového enzymu herbicidního účinku ALS (acetolaktát syntáza)
  - – změna vazebního místa = necitlivost k herbicidu



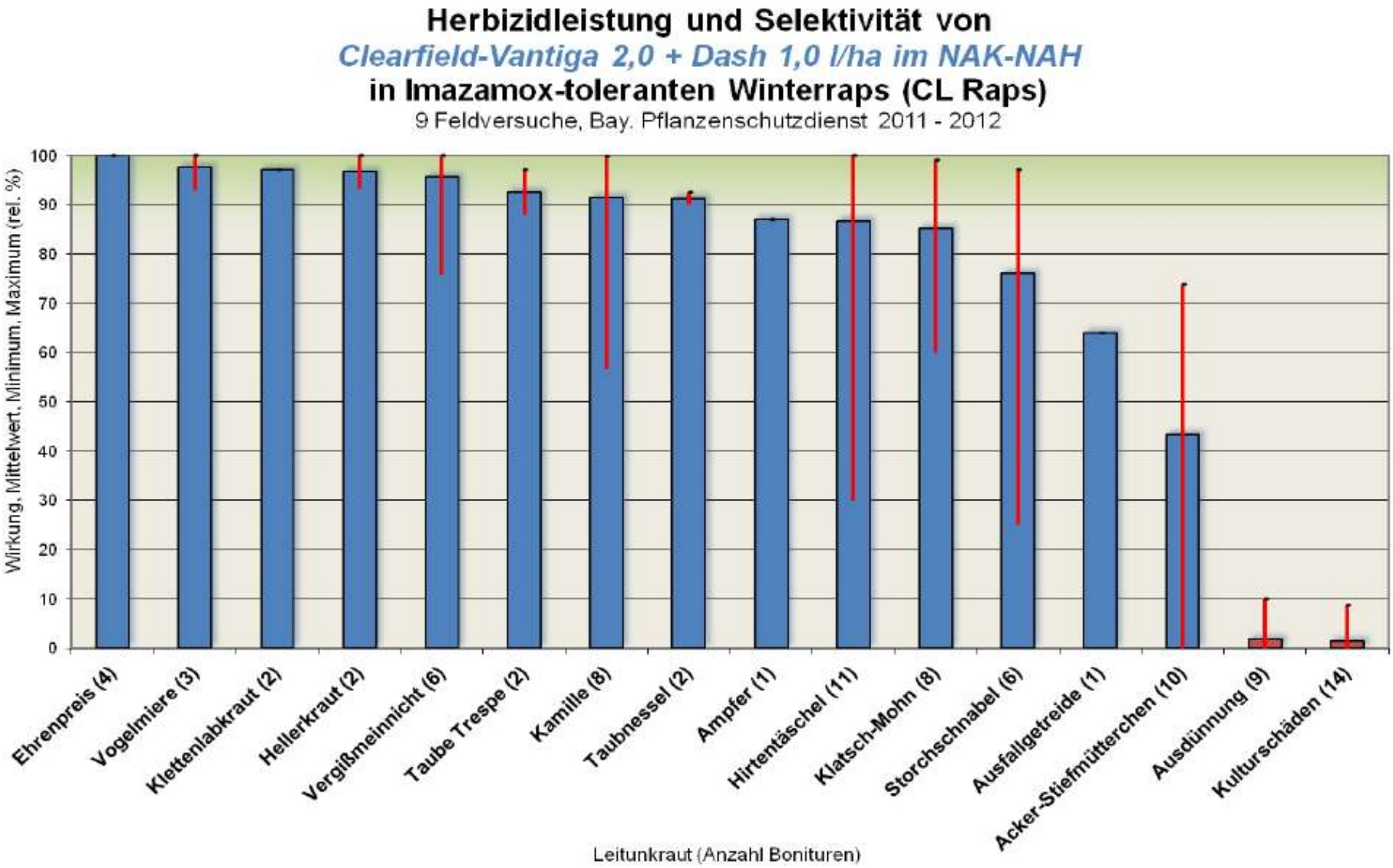
Známé mutace na *als* genu způsobující změnu vazebního místa herbicidu na enzymu ALS

Trp574 (tolerance k IMI a SU)

Ser653 (tolerance pouze k IMI)

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

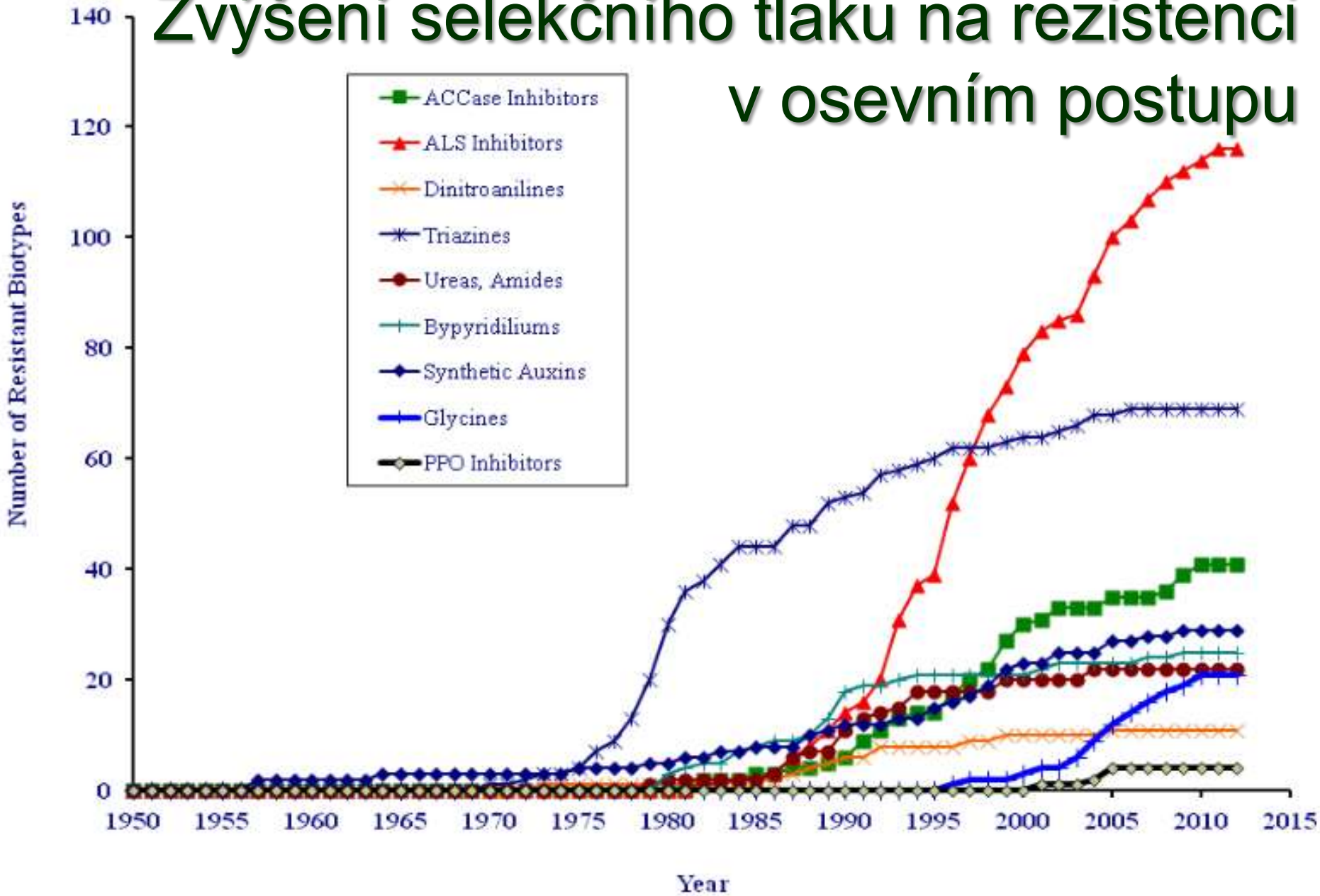
Herbicidní účinnost (pokusy SRN)



Větší problémy s řepkovým výdrolem Clearfield® odrůd v následných plodinách...

- Obilniny: sulfonylmočoviny a triazolopyrimidiny ?
- Kukuřice: sulfonylmočoviny ?
- Cukrovka: Safari ?

Zvýšení selekčního tlaku na rezistenci v osevním postupu



Source: Ian Heap
http://www.weedscience.com

LAND & Forst

Große Skepsis gegenüber Clearfield-Raps....

Dr. Dirk Wolber, *Pflanzenschutzamt*
Willi Thiel, *Anerkennungsstelle von ldw. Saat- und Pflanzgut* LWK Niedersachsen

Zusammenfassend ist aus Sicht des niedersächsischen Pflanzenschutzdienstes für die nahe Zukunft keine Notwendigkeit für eine Einführung dieses Anbausystems gegeben, da die Nachteile des Systems deutlich überwiegen und die bisherigen Probleme im Herbizidbereich lösbar sind.

Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt

LKP rät von Clearfield-Raps ab

Ölsaaten | 27.07.2012

Aufgrund der problematischen Neben- und Folgewirkungen rät das Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e. V. von einer Anwendung des CL-Produktionssystems im Rapsanbau in Bayern ab...