



Glyphosat und Glyphosat- resistente Pflanzen

Hamburg, 29. Oktober 2011

Martha Mertens

Wichtigste transgene Eigenschaften

- **Glyphosat-Resistenz: RoundupReady (RR)-Pflanzen** (Soja, Mais, Baumwolle, Raps)
- **Insekten-Resistenz: Toxigen aus *Bacillus thuringiensis* – Bt-Pflanzen** (Baumwolle, Mais, Kartoffel)
- **Glufosinat-Resistenz: LibertyLink (LL)-Pflanzen** (Mais, Raps, Reis)

- **Von den weltweit angebauten GVO waren 2009 lt. ISAAA***
- **62,3 % herbizidresistent**
- **16,2 % insektenresistent**
- **21,4 % herbizid- plus insektenresistent (stacked traits)**

Fazit:

- **>80 % der kommerziell angebauten GVO sind herbizidresistent, zumeist RR-Pflanzen**

Glyphosat und Roundup

- Glyphosat: N-(Phosphonomethyl)Glycin) - weltweit meistgenutzter Herbizidwirkstoff
- Roundup: wichtigstes Produkt (Monsanto)
- AMPA: Abbauprodukt (Aminomethyl-Phosphonsäure)

- Glyphosat-Einsatz nicht nur bei RR-Pflanzen
- 70 Produkte in D: Land-/Forstwirtschaft, Haus-/Kleingärten
- Massive Werbekampagne im Fernsehen (Frühjahr 2011)

- Formulierungsmittel in Roundup, z.B. Tallowamin/POEA sind toxisch, erhöhen Wirkung/Toxizität von Glyphosat

- BVL (2010): Forderung an Monsanto: Austausch von Tallowamin
BVL (2010): Verbot von mit Tallowamin behandelten Futtermitteln

Zulassung von Glyphosat

- 1974 Markteinführung von Glyphosat
- 2002 Wiedenzulassung in der EU
- 2012 Überprüfung der Zulassung erforderlich
- Deutschland (BVL) ist zuständig für Bewertung
- 2010: Verlängerung der Zulassung von Glyphosat (+38 anderer Pestizide) bis 2015 durch EU-Kommission
- Zulassung basiert auf Pestizid-Richtlinie 91/414/EU
- Neue Basis: Verordnung 1107/2009 (gültig ab 2012)

Gesundheitliche Effekte durch Roundup/Glyphosat

Roundup/Glyphosat/AMPA

- zeigen akute Effekte: z.B. Haut-/Augenreizung, Schwindel, Kopfschmerzen, Husten, Kreislaufprobleme
- schädigen/töten menschliche Zellen in Kultur (Benachour & Seralini 2009)
- üben negative Effekte auf DNA, Zellorganellen (Mitochondrien) und die Zellteilung aus
- beeinträchtigen Bildung und Funktion der Sexualhormone (Gasnier et al. 2009)

Gesundheitliche Effekte durch Roundup/Glyphosat

Glyphosat

- Glyphosat kann die Plazentaschranke überwinden
- stört die Embryonalentwicklung (Paganelli et al. 2010)
- erhöht den embryonalen Retinol(Vit.A1)-Säurespiegel
- wird verdächtigt, zu Aborten zu führen
- wird verdächtigt, zu Missbildungen im Kopfbereich, Rückgrat, Nervensystem und inneren Organen zu führen (Antonioni et al. 2011)

- steht im Verdacht, krebsfördernd zu sein (George et al 2010)
- zeigt negative Effekte auf das Nervensystem (Parkinson?)

Zulässige Rückstandswerte für Glyphosat - Maximum Residue Levels (MRL)

Zulässige EU-Rückstandswerte für Glyphosat variieren stark:

- 20 mg/kg: Sojabohne, Sonnenblume, Gerste, Hafer
- 10 mg/kg: Roggen, Weizen, Leinsamen, Lupine, Raps, Erbsen
- 2 mg/kg: Bohnen, 1 mg/kg: Mais
- 0.1 mg/kg: Großteil der pflanzlichen Produkte
- 0,05 mg/kg: Fleisch (Ausnahme Niere), Milch, Eier

- „Anpassung“ der Glyphosat-MRL in den letzten Jahren?
- Codex Alimentarius-MRL für Glyphosat nicht selten deutlich höher

- MRL wissenschaftlich begründet – oder nach erwarteten Glyphosat-Rückständen festgelegt?

http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=substance.resultat&s=1

Roundup/Glyphosat in Böden

Glyphosat

- gelangt über Spritzung, Spray-Drift und Ab-/Ausschwemmung in Böden und Gewässer sowie auf Nachbarpflanzen
- wird über Glyphosat-haltiges Pflanzenmaterial verbreitet
- wird über Tage/Wochen von den Wurzeln behandelter Pflanzen ausgeschieden
- wird von Pflanzen aus dem Boden aufgenommen
- bindet an Bodenpartikel
- wird bei Phosphat-Düngung wieder frei gesetzt (Bott et al. 2011)
- Formulierungsmittel erhöhen Toxizität von Glyphosat

Roundup/ Glyphosat in Böden und Gewässern

Glyphosat

- wird unterschiedlich rasch abgebaut, je nach Temperatur, pH-Wert und Bodenverhältnissen (Halbwertszeit 3 - 240 Tage)
- wird ausgewaschen: in DK gemessene Höchstwerte im Bodenwasser überschreiten Trinkwasser-Grenzwert (0,1 µg/l) massiv
- findet sich in USA (<73 µg/l) und Frankreich (<86 µg/l) in Flüssen (Coupe et al. 2011), v. a. nach Starkregen im Sommer, auch in der Luft
- Oberflächenabfluss (USA) im Extrem bis zu 430 µg/l
- AMPA ist stabiler als Glyphosat (Halbwertszeit 76 - 240 Tage, u. U. bis zu 875 Tagen), findet sich auch in Gewässern

Wirkungen von Glyphosat auf Pflanzen und Bodenflora

Glyphosat

- hemmt wichtiges Enzym (EPSPS) von Pflanzen und Mikroorganismen
- beeinträchtigt Stickstoff-bindende Knöllchenbakterien (Rhizobien) → → geringere Stickstoffbindung, reduzierter Ertrag
- hemmt Bakterien, die für Aufnahme von Mikronährstoffen (z.B. Mangan) wichtig sind (Kremer & Means 2009)
- beeinträchtigt nützliche Pilze (z.B. Mykorrhiza-Pilze)
- fördert Krankheitserreger, z. B. Toxin-bildende Fusarienpilze (Johal & Huber 2009)
- EPSPS = 5-Enolpyruvyl-Shikimat-3-Phosphat-Synthase (wichtiges Enzym im Shikimat-Stoffwechselweg, der zu aromatischen Aminosäuren, Vitaminen, Abwehrstoffen, Ligninen etc. führt)

Wirkungen von Glyphosat auf Pflanzen

Glyphosat

- bildet schwer-lösliche Komplexe mit Metallionen
- behindert die Aufnahme von Mikronährstoffen (z.B. Mangan), die für Ertrag und Krankheitsabwehr der Pflanzen eine große Rolle spielen
- greift in Stoffwechsel ein, der zu Abwehrstoffen und Ligninen führt
- schwächt Krankheitsabwehr der Pflanzen (Johal & Huber 2009)
- verändert Mineralgehalte/Fettsäuremuster in Sojabohnen (Zobiolo et al. 2010a)
- beeinträchtigt die Photosynthese (Zobiolo et al. 2010b)
- -behandelte Pflanzen scheiden mehr Kohlenhydrate und Aminosäuren aus →
- begünstigt Wachstum von pathogenen Pilzen (z.B. Fusarien)
- -Rückstände beeinträchtigen Keimung nachfolgender Kulturen

Ökotoxizität von Glyphosat

Roundup/Glyphosat

- beeinträchtigt u. U. Bodenbewohner (Regenwürmer und Insekten)
- schädigt aquatische Organismen, z.B. Plankton, Amphibien
- tötet Kaulquappen (2/3 der Amphibien in D auf roter Liste)
- führt zu Missbildungen bei Amphibien
- verstärkt negative Effekte anderer Stressoren, z.B. Pestizide, Räuber, Parasiten - gezeigt für Fische und Amphibien (Relyea 2005a,b, Kelly et al. 2010, Jones et al. 2011)
- greift in wichtige Prozesse der Embryonalentwicklung (v. a. Kopf, Nervensystem) von Wirbeltieren ein (Paganelli et al. 2010)
- wirkt in Konzentrationen, die mehr als tausendfach geringer sind als in der Landwirtschaft empfohlen

Resistenzentwicklung bei Beikräutern

Enorme Zunahme der Glyphosat-Resistenz (GR):

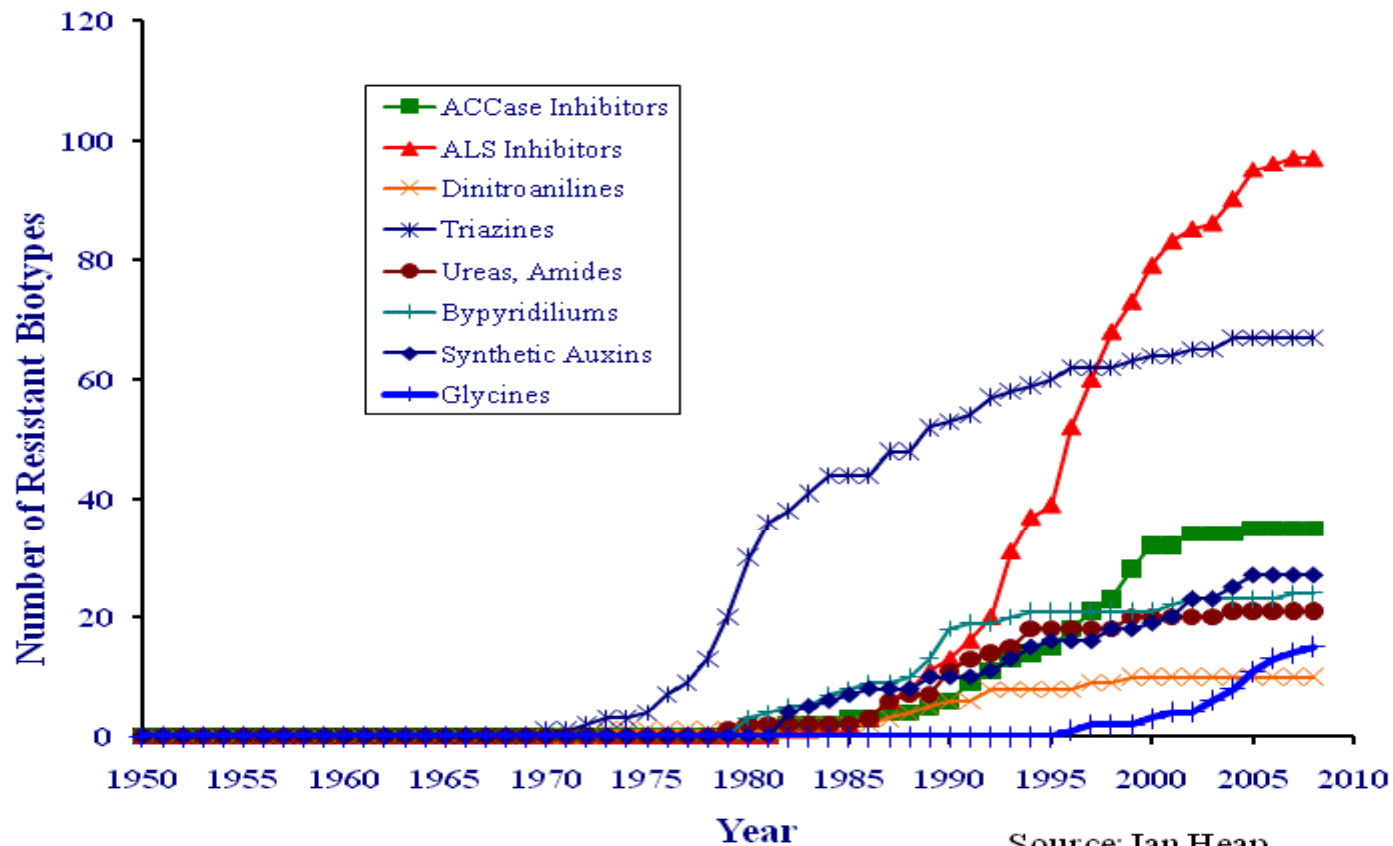
- >21 Glyphosat-resistente Beikrautarten (weedsience.org)
- >100 Subpopulationen
- auf Millionen von Hektar in 14 Ländern
- (HR global: 365 Biotypen, 200 Arten, >450 000 Felder)

- GR v. a. in USA (11), Brasilien (5), Spanien (5), Argentinien(3), Südafrika (3), Australien (3)

- darunter sind viele Problemarten
- ein Teil der GR-Beikrautbiotypen trägt Mehrfachresistenzen

- Veränderung der Begleitflora hin zu toleranten Arten

Zahl resistenter Biotypen



Source: Ian Heap
<http://WeedScience.com>

Starke Erhöhung des Herbizidverbrauchs

USA:

- 174 000 t mehr Herbizide im Zeitraum 1996 - 2008
- 2006: 19x mehr Glyphosat als 1994

Argentinien:

- 35x mehr RR-Sojaflächen,
 - 55x mehr Glyphosat (1996/97 - 2003/04),
 - ~200 Mill. Liter Glyphosat-Herbizide/Jahr
-
- Höhere Glyphosat-Dosen, Mehrfach-Applikationen
 - 3 - 4 fach erhöhte Kosten für Unkrautkontrolle
 - Rückkehr zum Pflug wird propagiert!

Maßnahmen gegen GR-Beikräuter?

- Hoffnung der Farmer, Industrie werde Lösungen finden
- Einsatz von Tankmischungen
- „Performance Plus“ (Monsanto) 2011: Rabatt auf RR-Baumwollsaatgut, wenn weitere persistente Herbizide eingesetzt werden

Neuer Trend:

- mehrfachresistente GVO, z.B. Smart Stax: RR + LL,
- GVO mit Resistenz gegen weitere Herbizide: ALS-Inhibitoren, ACCase-Inhibitoren, synthetische Auxine

Aber: viele Beikräuter sind bereits resistent - gegen ALS-Inhibitoren (112), ACCase-Inhibitoren (41), synthetische Auxine (28)

Wissenschaftler fordern Vielfalt auf dem Acker!

Vielfalt auf dem Acker?



RoundupReady-Pflanzen – Effekte auf die Biodiversität

Farm Scale Evaluations in UK (Squire et al. 2003):

- Vergleich HR-Pflanzen mit konventionellem Anbau
- > 200 Felder, Anbau über mehrere Jahre
- Weniger Wildpflanzen und Tiere in bzw. neben HR-Flächen
-
- HR-Raps- Feldränder:
 - - 44 % Blütenpflanzen,
 - - 24 % Schmetterlinge



RoundupReady-Pflanzen – Effekte auf die Biodiversität

- Vergleichbare Effekte bei RR-Zuckerrübe beobachtet
- Wildpflanzen-Samenbank im Boden stark reduziert
- Negative Wirkungen auf die Nahrungskette: Bodenfauna, Insekten, Spinnen, Vögel, Kleinsäuger

Rückwirkungen auf Bodenleben durch

- direkte (toxische) Glyphosat-Effekte
- indirekte Effekte infolge (rascher) Veränderung von Bodenbedeckung, Biomasse, Artenvielfalt

RR-Soja nachhaltig und verantwortungsbewusst?

RR-Sojaboom in Südamerika: (Antoniou et al. 2010)

- Verlust der Bodenfruchtbarkeit
- Abholzung von Wäldern
- „Grüne Wüsten“ – Verlust der Biodiversität
- Rückgang der Bienenvölker (Honigimporte in EU auf der Kippe?)
- Gefährdung der menschlichen Gesundheit
- Gravierende Sozioökonomische Effekte wie Verdrängung von Kleinbauern, Landflucht etc.

Round Table on Responsible Soy

- Beteiligung des WWF (neben Agrar-/Gentech-Industrie, Handel etc.)
 - Hans-Peter Fricker, GF WWF Schweiz:
„Wenn man in der Welt etwas verbessern will, muss man sich auch mit den Sündern einlassen, und schauen, was man dort verbessern kann“
 - Durch die RTRS-Teilnahme könne der WWF erreichen, dass auch beim Gensoja erste ökologische Kriterien erfüllt würden, zum Beispiel im Bereich der Bodenerosion, beim Wasserverbrauch oder beim Einsatz von Pestiziden.
 - **RTRS-Kriterien schließen GVO-Einsatz nicht aus!**
 - **Erste RTRS-Produkte im Frühling 2011 in EU angelandet**
-

Antwort der BR auf kleine Anfrage von Bündnis90/Die Grünen (27.09.2011)

Antwort Frage 24 (Forschungsbedarf):

- *Insgesamt unterstreichen die neueren Forschungsergebnisse, dass unter bestimmten Randbedingungen negative Auswirkungen durch Glyphosatanwendung auftreten können.*
 - *Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund der Zunahme der Glyphosat-anwendungen zu berücksichtigen.*
 - *Weitere Forschungsaktivitäten werden für notwendig erachtet, um langfristig eine sichere Anwendung von glyphosathaltigen Herbiziden zu gewährleisten.*
 - *Insbesondere ist zu klären, unter welchen Anwendungsbedingungen mit Auswirkungen auf Kulturpflanzen und den Boden zu rechnen ist.*
-

Im Internet verfügbare Studien

- Antoniou et al. 2010. GV Soja. Nachhaltig? Verantwortungsbewusst?
http://www.gmwatch.eu/images/pdf/gmsoy_sust_respons_full_ger_v2.pdf,
 - Antoniou et al. 2011. Roundup and birth defects.
<http://www.scribd.com/doc/57277946/RoundupandBirthDefectsv5>.
 - Greenpeace 2011. Herbicide tolerance and GM crops.
<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/agriculture/2011/363%20-%20GlyphoReportDEF-LR.pdf>
 - Mertens 2011. Glyphosat und Agrogentechnik.
http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/gentechnik/studien/nabu-glyphosat-agrogentechnik_fin.pdf.
 - Schütte & Mertens 2009. Potential effects of the introduction of a sugar beet variety resistant to glyphosate on agricultural practise and on the environment.
<http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript%20277.pdf>.
-
- Then 2011. Vorsicht „Giftmischer“: Gentechnisch veränderte Pflanzen in Futter- und Lebensmitteln. www.testbiotech.org.

Quellen

- Benachour & Seralini 2009, Chem Res Toxicol 22: 97-105.
- Benbrook 2009, http://www.organic-center.org/science.pest.php?action=view&report_id=159
- Bott et al. 2011, Plant Soil 342: 249-263.
- Coupe et al. 2011, Pest Manag Sci, DOI 10.1002/ps.2212.
- Gasnier et al. 2009, Toxicology 262: 184-191.
- George et al. 2010, J. of Proteomics 73: 951-964.
- Johal & Huber 2009, Europ J. Agron 31: 144-152.
- Jones et al. 2011, Env Toxicol Chem 30: 446-454.
- Kelly et al. 2010. J. of Appl. Ecology 47: 498-504.
- Kremer & Means 2009, Europ J. Agron 31: 153-161.
- Paganelli et al. 2010. Chem. Res. Toxicol. doi 10.1021/tx1001749.
- Relyea 2005a,b, Ecological Appl 15: 618-627 und 1118-1124.
- Squire et al. 2003, Phil Trans R. Soc Lond B 358: 1801-1818.
- Zobiole et al. 2010a, J. Agric. Food Chem 58: 4517-4522.
- Zobiole et al. 2010b, Plant Soil 336: 251-265.
- <http://wssa.net/LessonModules/herbicide-resistant-weeds/>