

Die Roundup Ready – Sojabohne von Monsanto

Ammann K. 2000
Direktor des Botanischen Gartens der Universität Bern
Altenbergrain 21, CH - 3013 Bern, Schweiz
email: klaus.ammann@ips.unibe.ch

Reduzierter Einsatz von biologisch abbaubaren Herbiziden,
keine Rückstandprobleme mit langsam abbaubaren Herbiziden,
Auskreuzungsrate (Genfluss) in den USA und Europa null,
Schonung des Bodens dank Reduktion des Umbruchs
Höherer Ertrag und auch gerechtere Preise für die Bauern

Herkunft der Sojabohne

Die Sojabohne ist eine in Ostasien beheimatete Nahrungspflanze, die seit ca. 1000 v.Chr. in China kultiviert wird. Die Abstammungsverhältnisse sind (wie bei vielen Weltwirtschaftskulturpflanzen, nicht sicher bekannt. Das neuzeitliche Domestikationsgebiet hat sich von Asien nach Nordamerika verlagert. Dort erst erlangte die Sojabohne die Bedeutung einer Weltwirtschaftspflanze. Gerade die Züchtung von standortgerechten Formen für den tropischen Kurztag als auch für die längeren Tage der gemässigten Zonen haben grosse Anbau-Ausdehnungen erlaubt. Die auf dem Weltmarkt erfolgreichen Sorten sind in ihren Erbanlagen bereits weit entfernt von ihren wilden Verwandten. In den grossen Anbaugebieten von Nordamerika fehlen die näheren wilden Verwandten der Sojabohne zudem vollständig, womit sich auch die Erörterung von Risiken, die aus einem eventuellen Genfluss (durch Pollenübertragung) ergeben könnten, erübrigen. Die Möglichkeit eines unerwünschten Genflusses ist zwar in asiatischen Ursprungsländern und z.B. auch in Australien gegeben, sollte aber angesichts der hochgezüchteten Sojasorten, die dort zum Einsatz kommen könnten, nicht überschätzt werden. Bisher war der Genfluss in diesen Ländern offenbar kein Problem. Dennoch scheint es sinnvoll, gerade in diesen Gebieten diesem Phänomen in Zukunft grosse Beachtung zu schenken. Die moderne Sojabohne ist entstanden aus einem polyploiden Komplex der wilden Verwandten *Glycine tabacina*, die nach den Untersuchungen von Doyle et

al. 1999 eine sehr hohe genetische Diversität aufweist, sie ist nach diesen Autoren auch zu mehreren Malen aus diploiden Stammeltern entstanden.

Der Aufschwung der Sojabohnen-Zucht in den letzten Jahrzehnten

Die Sojabohne ist gerade in den letzten Jahrzehnten ein Agrarprodukt mit grosser Bedeutung geworden. Die Sojabohne dient heute als Grundstoff für eine reiche Palette von Bio-Nahrungsmitteln, als Fleischersatz und – ganz wichtig – auch als Zusatz zu zahlreichen Fertigprodukten unter den Nahrungsmitteln, hier sei nur gerade die Schokolade erwähnt, die ohne die geschmacksverbessernden gereinigten Soja-Zusätze nicht annähernd so gut schmecken würde. Die Sojabohne hat nicht zuletzt deshalb einen solchen Erfolg, weil der Nährwert ihrer Eiweisse ein sehr hoher ist, er kommt nahe an jenen der Kuh-Milch heran. Die Sojabohne ist deshalb aus dem vegetarischen Speisezettel nicht mehr wegzudenken und wird deshalb in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen. In Nordamerika hat sich mit dem rasch zunehmenden Weltmarktvolumen eine veritable Sojabohnen-Industrie entwickelt, von der Zehntausende von Bauern profitieren. Auf möglichst rationelle Weise wird auf riesigen Ackerflächen in den auch früher baumlosen Präriegebieten die Sojabohne produziert, seit einiger Zeit nun auch in Fruchtfolge mit Weizen und Mais. Um den in manchen Jahren fast aussichtslosen Kampf mit den ertragsmindernden Unkräutern noch gewinnen zu können, musste rasch über neue, biologischere Anbau-Methoden nachgedacht werden.

Es war dies auch höchste Zeit, denn in den letzten Jahren wurde die Sojabohne in den riesigen nordamerikanischen Anbaugebieten in strenger Monokultur, allerdings in Fruchtfolge mit Mais und Weizen angebaut. Problematisch war die Anwendung einer ganzen Serie von nur langsam sich im Boden abbauenden Herbiziden, um der Unkräuter Herr zu werden. Dass sie auch Rückstand-Probleme in den Feldfrüchten verursachten.

Es ist auch heute noch so, dass im Anbau der nicht-transgenen Soyasorten mehrere Herbizide zum Einsatz kommen, die problematisch sind. Besonders problematisch wird der Einsatz von klassischen Herbiziden in den Soya-Anbaugebieten deshalb, weil wesentlich später im Jahr noch gesprüht werden muss, dies oft bei hohen Temperaturen, bei denen die Soyapflanzen wesentlich empfindlicher sind, die Resultate der Herbizidsprühungen deshalb fragwürdiger werden. Viele dieser gängigen Herbizide wie Banvel, Clarity, Distinct und 2,4-D verursachen auch Rückstandsprobleme im Acker und auf den Pflanzen, die sogar die nächstjährigen Anbaupflanzen im Rotationssystem betreffen können. Auch sind Fälle belegt, wo eine Verdriftung von Dicamba, einem Herbizid, das vor allem in Maisfeldern verwendet wird, bei Soyapflanzen erhebliche Blattschäden anrichten können.

Die Lösung: Eine Kulturpflanze, die gegen ein organisches, rasch abbaubares Herbizid widerstandsfähig gemacht wird.

Einen ersten Schritt zu einer etwas ökologischeren Anbauweise hat nun die Firma Monsanto unternommen, indem es ihr gelungen ist, ein biologisch einwandfrei abbaubares Herbizid zur Anwendung zu bringen, das zwar eigentlich alle Pflanzen in Mitleidenschaft zieht, nicht jedoch die mit Hilfe von Gentechnik veränderten Sorten, die dagegen tolerant (aber nicht vollständig immun) geworden sind. Es ist damit gelungen, den Herbizideinsatz biologischer zu gestalten und auch mengenmässig zu reduzieren. Man kann dadurch in den grossen nordamerikanischen Anbaugebieten auf eine ganze Reihe von Herbiziden verzichten, die wegen ihrer Rückstandprobleme in Boden und Pflanze fragwürdig sind in ihrem massiven Einsatz. Auch lässt sich der Roundup-Einsatz meist einmalig und genau im richtigen Augenblick durchführen, es wird Arbeit und Energie gespart. Die ersten Erfahrungen haben gezeigt, dass der Boden auch dadurch geschont werden kann, indem nicht mehr gepflügt werden muss für eine zusätzliche Bekämpfung von Unkraut.

Das Roundup Ready Sojabohnen-System

Die neue transgene Sojabohne ist zu einem grossen Erfolg in den USA geworden. In den ersten Jahren hat man, wie immer bei neuen Sorten, noch einiges dazugelernt. Im Jahre 1999 wurden insgesamt auf 57 % der Fläche die RR – Sojabohnen angepflanzt, die optimistischen Schätzungen für das Jahr 2000 gehen von 65 % der Gesamtanbaufläche aus, realistischere Schätzungen jedoch vermuten einen etwas weniger hohen Zuwachs als in anderen Jahren. Wenn wir davon ausgehen, dass auch die US-Farmer und die mit ihnen zusammenarbeitenden Vermarktungs-Organisationen die negativen Entwicklungen in Europa mitbekommen haben, zeugt dies von beträchtlicher Entschlossenheit, an dem für die US – Farmer sehr vorteilhaften System der RR-Soyabohnen festzuhalten.

1. Die Vorteile des RR-Soyabohnen-Anbausystems:

1.1. Unkrautbekämpfung mit Roundup Ready generell sinnvoller

Der Gebrauch des Roundup Ready Herbizides ermöglicht eine vernünftigeren Unkrautbekämpfung. Es wird im zukünftigen Ackerbau Systeme geben (Mais und Weizen werden sicher dazugehören), wo man biologischer vorgehen kann und eine gemässigte Koexistenz der Kulturpflanze unter relativ geringem Ernteverlust mit ihren Unkräutern planen kann. Es ist kaum anzunehmen, dass die relativ niedrig und grossblättrig wachsenden

Soyabohnen je dazugehören werden, hier heisst es wohl noch lange Zeit, die direkt in Lichtgenuss konkurrenzierenden Unkräuter auszuschalten. Das RR – System macht deshalb gerade bei den Sojabohnen, übrigens auch bei der Baumwolle und der Kartoffel mehr Sinn als bei anderen Kulturpflanzen.

Letzten Endes wird es auch hier darum gehen, schrittweise wegzukommen von steinharten Monokulturen, dazu braucht es aber noch Jahrzehnte geduldiger agrarwissenschaftlicher Forschung – und dies darf nicht auf Kosten grosser Ertragseinbussen gehen. Fruchtwechsel ist eine der Methoden, von den jahrelangen Monokulturen wegzukommen, das gelingt am besten, wenn Bekämpfungsmittel (gegen Unkräuter und Schadinsekten) eingesetzt werden, die nicht noch im nächsten Jahr Probleme mit anderen Kulturpflanzen durch Persistenz verursachen, und da liegt Roundup Ready generell gut im Rennen, baut es sich doch relativ rasch ab – im Gegensatz zu vielen anderen Herbiziden.

1.2. Roundup Ready – führt zu reduziertem Herbizideinsatz

Auch wenn es ökologisch gesehen wenig sinnvoll ist, diese Zahlen sehr wichtig zu nehmen, sollen sie hier doch kommentiert werden, denn immer wieder wird von Gentech-Gegnern angezweifelt, dass die Herbizidmengen tatsächlich reduziert werden können (vgl. dazu Fig. 2 und 3)

Hier seien kurz die Gründe zusammengefasst, weshalb die Einsparungen trotz einmaligem Gebrauch des Roundup Ready in 70% der Anwendungsfälle, doch nicht so gross waren, wie dies eigentlich zu erwarten wäre:

1. Viele Farmer sprühen RR nur dort, wo sie besondere Probleme mit hohen Unkraut-Dichten oder mit besonders widerstandsfähigen Arten haben, die sich durch konventionelle Mittel nicht oder nur ungenügend bekämpfen lassen.
2. Es gab immerhin ca. ein Fünftel der Farmer, die ihre Felder zweimal mit RR spritzten, ein Prozent sogar 2-4mal.

Die Zahlen schwanken sehr nach Gebiet, die Zahlen der Einsparungen lassen sich für die Grossregionen wie folgt zusammenfassen:

39% im Southwest, 9% East Central, West Central 16%, Mid-South 31%.

Dieses sehr variable Bild ist auch durch die neueren Untersuchungen bestätigt worden, dazu kommen noch erhebliche Jahresschwankungen. Zitate von Einzelfällen sind somit mit grosser Vorsicht zu geniessen.

1.3. Reduktion der generellen Produktionskosten

- Der Verzicht auf das regelmässige Umpflügen reduziert die Produktionskosten normalerweise um 10 bis 20% (Mitchell 1997, technischer Bericht). Aus dem Bericht der USDA (ERS, Economic Research Service) geht hervor, dass die Jahresschwankungen der Produktionsbedingungen insgesamt in den USA so gross sind, dass aus den einzelnen Jahresergebnissen nicht allzuviel geschlossen werden sollte (Das Jahr 1998 war z.B. besonders ungünstig, und die Aussichten auf eine Verbesserung der generellen Resultate für 1999 sind auch nicht besonders rosig).
- Die USDA macht zu Recht geltend, dass verlässliche Zahlen erst in ca. 10 Jahren geduldiger Erhebung vorliegen werden. Wer einzelne negative Ergebnisse herauspickt, übersieht geflissentlich die generell günstigen Resultate. Dies ist auch der Grund, weshalb die Bauernorganisationen der USA trotz weniger günstiger Marktaussichten auch im Jahre 2000 an den transgenen Kulturpflanzen festhalten wollen. Allerdings sind sie vielerorts auch bereit, auf den günstigeren Markt für klassische Sojabohnen zu reagieren, können dies aber nur gegen einen signifikanten Aufpreis tun.

1.4. Reduktion der Arbeitskosten, des Energie-Inputs und der CO₂-Produktion

- Pflugloses bewirtschaften der Ackerflächen bedingt eine ungefähre Reduktion des Diesel-Verbrauchs von 37 Litern pro Hektare (CTIC 1997, Siemens et al 1986, Frye 1995). Diese Zahlen sind beachtlich, auch wenn man sehen muss, dass z.B. mit Präzisions-Landwirtschaft (satellitengesteuertes Ackerbausystem, bei dem jedes Jahr auf den Quadratmeter genau der Input wichtiger Grössen wie Dünger, Wasser usw. gemessen werden kann) noch einiges mehr an Energie-Einsparung dazukommen kann, dies unabhängig vom Einsatz transgener oder nicht-transgener Kulturpflanzen. Es soll auch nicht unerwähnt bleiben, dass es ein Irrtum wäre zu glauben, dass die Biolandwirtschaft hier mit weniger Energieeinsatz auskommen würde, die Vervielfachung der Bearbeitungsphasen, die einen Verzicht auf Pestizide und Herbizide notwendig macht. Damit fällt die Energiebilanz für die Biolandwirtschaft ungünstig aus, abgesehen von der grösseren Abhängigkeit von ungünstig verlaufenden Pflanzperioden.
- Logischerweise werden in dieser Situation auch weniger CO₂ – Gase bei der Verbrennung dieser Treibstoffe an die Atmosphäre abgegeben. (Kern und Johnson 1993). Multipliziert man die heutigen Einsparungen pro Hektare mit der gesamten Anbaufläche von 8.7 Millionen Hektaren, so ergibt sich nach Frye 1984 eine potentielle Gesamteinsparung von sage und schreibe fast 380'000 Tonnen Kohlenwasserstoff, der in Form von CO₂ weniger in die

Atmosphäre entlassen wird. In der heutigen Situation, in der wir als verantwortungsvolle Planer davon ausgehen müssen, dass das Global Warming durch den Menschen, und insgesamt durch das CO₂ verursacht wird, sollten wir solche Zahlen ernst nehmen. Gerade die amerikanische Landwirtschaft hat allen Grund, ihren Energie-Input in Form von Dünger, Treibstoff usw. herunterzuschrauben.

- Die Arbeits-Ersparnis bei no-tillage farming ist signifikant und geht ins Geld: Nach Mitchell 1997 lassen sich so mehr als 100 Arbeitsstunden auf einer typischen 100-Hektaren-Farm einsparen. Auch auf der niedrigen Vergleichsbasis von 6 US\$ pro Stunde Entschädigung lassen sich so ungefähr die Arbeitskosten um einen Fünftel senken.
- Pro Hektare lassen sich so auch ca. 12\$ Maschinenkosten einsparen (CTIC 1997).

1.5. Signifikante Bodenverbesserungen möglich

- Durch das no-tillage (1997 immerhin schon fast 50% der RR-Anbaufläche) lässt sich die Bodenerosion sehr signifikant reduzieren: Da Wind und Meteorwasser keine grossen Angriffsflächen mehr haben, reduziert sich die messbare Bodenerosion um stolze Werte von bis zu 90% gegenüber regelmässig gepflügten Böden (CTIC 1997, Baker 1990, Baker et al. 1978, Baker und Laflen 1979). Solche Zahlen sind eigentlich schon lange bekannt und werden in unserer Landwirtschaft noch viel zu wenig ernst genommen (der Bio-Landbau sei hier ausgenommen).
- Der Gehalt an organischen Stoffen nimmt zu, die Bodenstruktur wird deutlich verbessert, gemessen wurden z.B. eine Zunahme von organischen Stoffen von 2'240 Kg. Pro Hektare pro Jahr (Reicosky et al. 1995, Campbell und Janzen 1995). Dies wird sicher auch mitverursacht durch das Liegenlassen der Sojabohnen-Pflanzen nach der Ernte. Wenn wir aufrechnen bis ins Jahr 2020, so ergibt sich eine gewonnene Menge von organischen Stoffen von sage und schreibe 37 Millionen Tonnen, verglichen mit den gepflügten Ackerbau-Flächen.
- Durch das Nicht-Pflügen erhöht sich der Bestand der Regenwürmer um ca. das zwei- bis dreifache (Griffith et al. 1986, Scardena 1996). Dadurch verbessert sich die Bodenstruktur ganz signifikant.
- Das Porenvolumen wird auch erhöht durch die reduzierte Anzahl von Fahrten mit schweren Landwirtschaftsmaschinen, denn meist genügt eine einzige Sprühung mit Roundup Ready im richtigen Augenblick.
- Als weitere Folge der obig beschriebenen Vorgänge erhöht sich auch die Wasserkapazität des Bodens signifikant (2-15-fach). Dies ist eine wichtige Kenngrösse für die Bodenfruchtbarkeit. Insgesamt lässt sich abschätzen, dass die Wasserverluste in Trockenperioden sich um die Hälfte reduzieren (Reicosky et al. 1995). Messungen haben ergeben, dass der Meteorwasser-Abfluss um ca. 30% reduziert (Blevins et al. 1983, Karlen und Sharpley 1994).

- Diese erhöhte Wasserkapazität hat wiederum zur Folge, dass Nährstoffe im Boden weniger stark ausgeschwemmt werden, der Nährstoffgehalt ist so signifikant höher in no-tillage-Böden (Blevins et al. 1983, Karlen und Sharpley 1994, Karlen 1995).
- Dies wiederum hat die Wirkung, dass sich die Wasserqualität in der Umgebung solcher no-tillage-Felder verbessert, denn die Ausschwemmung von Nitraten geht merklich zurück, die Grundwasserqualität nimmt messbar zu (Wheatley et al. 1995).

1.6. Der Druck auf die Biodiversität wird zurückgenommen

Der Rückgang des Umpflügens hat eine ganze Reihe von positiven Wirkungen auf die gesamte Biodiversität: Von den Boden-Mikrolebewesen über Wirbellose Tiere bis hin zur Vogelwelt und den Säugetieren gibt es Beispiele:

- Die deutlich weniger grosse Störung der Bodenschichten hat insgesamt eine positive Wirkung auf viele nützliche Bodeninsekten, was dann zur Folge hat, dass sich mit der positiven Entwicklung der Nahrungskette auch wieder nützliche Raubinsekten einstellen und die Pflanzenfresser unter den Insekten zurückgebunden werden. (Warburton und Klimstra 1984, Steffy 1995). Beide Arbeiten gehen zwar nur generell mit Untersuchungen an anderen Feldfrüchten auf den Vergleich von nicht gepflügten und gepflügten Böden ein, dürften allerdings mit Sicherheit auch in vielen anderen Systemen gelten, denn auch für die Wirkung von Roundup Ready auf die Bodenfauna und -Flora gibt es Zahlen, die zeigen, dass das rasch abbaubare Roundup Ready eine günstige, die Biodiversität fördernde Wirkung hat. Da der Boden für das gesamte Ackerbausystem eine wichtige Ausgangsgrösse ist, haben diese Wirkungen und Zahlen eine hohe Signifikanz in der Beurteilung der Nachhaltigkeit der RR-Soja-Bohnen in den USA.
- Es werden Restriktionen in der Fruchtfolge aufgehoben, da es keine Rückstandsprobleme mehr gibt, die sich negativ auf die nächsten Kulturen auswirken könnten. Denn gerade die konventionellen Herbizide sind für ihre Rückstandsprobleme im Acker nach intensiver Anwendung berüchtigt.
- Dies zeigt sich z.B. in den signifikant dichteren Vogelpopulationen in Gebieten ohne umgepflügte Böden. (Castrale 1985, Best 1985, Basore et al. 1985). Wiederum zeigen diese Arbeiten, dass es grundsätzlich richtig ist, moderne Anbaumethoden auf das sogenannte no-tillage (nicht-pflügen) auszurichten.
- Auch die Kleinsäuger profitieren von den verminderten Störungen und das höhere Nahrungsangebot (Young 1984, Best 1995, Basore et al. 1986).
- Barton und Farmer haben 1997 sogar herausgefunden, dass in neben solchen nichtgepflügten Feldern die Wirbellosen-Fauna der Flussbette im Südwesten von Ontario sich merklich erholte.
- Insgesamt schneidet das RR-Herbizid gegenüber den meisten anderen solchen Mitteln sehr günstig ab: Es zeigte sich bisher keine ungünstige Wirkung auf die Boden-Mikrofauna und –

Flora, dazu gibt es eine ganze Reihe von Arbeiten (Biederbeck et al. 1997, Grossbard 1985, Rostycky 1982, Wardle und Parkinson 1990). Dies wird im übrigen in vielen Lehrbüchern zum Herbizideinsatz wird bestätigt; der weltweite Gebrauch dieses Herbizides hat bisher zu keinen signifikanten Problemen geführt. Es wird, wie ich mich im Westen Australiens und anderwärts überzeugen konnte, sogar für die Bekämpfung von hartnäckig sich behauptenden exotischen und invasiven Pflanzenarten eingesetzt, denn nur so kann man ein Zurückbinden solcher schwieriger Arten erreiche, ohne dazu auch die Bodenschichten und damit das ganze Biotop so zu stören, dass invasive Arten nachher umso leichter wieder zurückkehren können. Die US-Behörde Environmental Protection Agency hat in einer Studie 1996 bestätigt, dass Roundup Ready nur eine minimale Toxizität gegenüber Säugern, Fischen und Wirbellosen hat (U.S. EPA 1996).

- In Überleitung zum nächsten Kapitel sei noch erwähnt, dass die RR-Sojabohnen messbar weniger Fremdrückstände aller Art aufweisen als die klassischen Bohnen – auch wenn die Mengen gering erscheinen, für die industriellen Prozesse sind sie von einer gewissen Bedeutung: Während die klassischen Sojabohnen ca. 0.85% Fremdmaterial aufweisen, sind es bei den RR-Bohnen nur ca. 0.57%.
- Ein weiterer Vorteil für den Farmer ist darin zu erkennen, dass die RR-Bohnen dank dem Fehlen von mechanischer Unkrautbekämpfung die Verletzungen an den Pflanzen signifikant zurückgegangen sind, dadurch sind sicherlich auch die Infektionswege für allerlei Pilzkrankheiten reduziert worden.
- Die Erntedaten sind bisher immer zufriedenstellend gewesen, dies vor allem im Vergleich mit den klassischen Bohnen: Die Zahlen von 1997 lassen davon ausgehen, dass die Erträge pro Hektare ca. 130kg höher liegen, dadurch erhöht sich der Ernteerlös der US-Farmer um ca. 3'000\$ pro Durchschnittsfarm von ca. 100 Hektaren.

2. Der Sojabohnen-Import

Kommerziell ergeben die ersten Bilanzen einen leichten Vorteil zugunsten der transgenen Sojabohnen. Die Farmer in den amerikanischen Soja-Anbaugebieten, die noch immer viel freies Unternehmertum bewahrt haben, haben deshalb vermehrt transgene Sorten angebaut, ihre Preise in Europa waren konkurrenzlos, die Qualität überzeugend. Dies ermöglichte den raschen Aufbau eines Europäischen Marktes. Das Tempo der Zunahme war so gross, dass beim Import der gentechnisch veränderten Sojabohnen nach Europa Probleme entstanden: Die ersten Lieferungen, noch zu 1-3 % untergemischt, trafen die Europäischen Händler und Konsumenten fast unvorbereitet. Dadurch entstand eine grosse Unsicherheit und das Gefühl, zu etwas gezwungen zu werden, was noch ungeprüft sei. Dies hat der Akzeptanz der Gentechnologie in Europa einigen Schaden zugefügt. Die Firma Monsanto und auch die assoziierten Importfirmen haben sich aber unter dem Zwang des grösser werdenden Widerstandes zu einer etwas

konzilianteren Vorgehensweise entschlossen. Sie gaben ihren anfänglichen Widerstand gegen getrennte Warenflüsse allmählich auf. In den letzten beiden Jahren hat sich - nach einer Übergangszeit - ein wesentlicher Markt für nicht-transgene Sorten etabliert, die getrennte Einfuhr stellt kein unbewältigbares Problem mehr dar, auch wenn, losgelöst von jeglichem transatlantischen Groll, selbst die noch rational denkenden Europäer zugeben mussten, dass das riesige Exportsystem mit zehntausenden von Einzel-Lieferanten und wenigen riesigen Sammel-Silos nicht von heute auf morgen umgestellt werden konnte.

Die anfänglich noch kursierende Entschuldigung, man werde mit den Staubresten in den Silos und Schiffen immer sog. "Kontaminationen" einhandeln, hat sich wenigstens in den Silos der Basler Hafenanlagen nicht bestätigt. Sie können mit normalem Aufwand genügend gereinigt werden, das haben ausführliche Untersuchungen der Basler Kantonschemie ergeben. Erste Versuche der American Soybean Association mit der Einfuhr von zertifiziert gentechfreien Sojabohnen sind allerdings zuerst an ihren eigenen Tests gescheitert, nun hat sich aber ein Chain-Management etabliert, das Gentech-Freiheit ermöglicht. Beim Mais ist dies noch nicht erreicht, was aber vermutlich nicht mit den gemischten Lieferungen, sondern mit dem vertikalen Genfluss über den Pollenflug zu tun hat, eine Erscheinung, die man bei den Sojabohnen vergessen kann.

3. Die Sojabohne als Nahrungsmittel

Die Roundup Ready-Sojabohne: Ein gründlich geprüftes Agrarprodukt

Es wurden zahlreiche Tests durchgeführt, um herauszufinden, ob die neue Sojabohne in ihrer Zusammensetzung von der klassischen abweicht, aber ohne Resultat: Sie lässt sich – ausser bei der Analyse der Gene und ihrer in verschwindend kleiner Menge vorliegenden Produkte – nicht von der klassischen Bohnen unterscheiden. Auch löst sie keine neuen Allergien aus, denn das neue Gen und seine in winzigen Mengen vorhandenen Produkte bauen sich sehr schnell im Magen ab und können deshalb auch keine neuen Nahrungsmittel-Allergien auslösen. Es sei hier allerdings nicht verschwiegen, dass die klassische Bohne ohne das neue Gen einige allergie-auslösende Stoffe enthält, die auch bei der Europäischen Bevölkerung selten Probleme auslösen können. Das hält sich aber in normalen Grenzen. Schliesslich müssen wir bedenken, dass jede neu eingeführte exotische Frucht hunderte bis Tausende von neuen Eiweissstoffen enthält, die dann bei der Europäischen Bevölkerung neue Allergien auslösen können, meist sind dies aber seltene Vorkommnisse, so wie z.B. bei der Kiwi-Frucht.

Der in der letzten Zeit oft gehörte Einwand, mit dem Einsatz von Roundup würden vermehrt hormonwirksame Stoffe von der Sojabohne produziert, hat sich in gründlichen Untersuchungen

widerlegen lassen, insbesondere liess sich auch zeigen, dass die transgenen Sojabohnen sich diesbezüglich gleich verhielten wie die klassisch gezüchteten.

Auch wurde noch vor kurzer Zeit behauptet, dass Kühe, die gentechnisch veränderte Sojabohnen zu fressen bekamen, auch unerklärlicherweise mehr Milchfett gaben. Bei genauer Prüfung der Daten jedoch entpuppte sich das Ganze als ein eklatanter Interpretationsfehler: Diese Kühe hatten nämlich schlicht und einfach auch etwas mehr gefressen. Ob ihnen nun die neuen Bohnen besser geschmeckt haben, bleibe dahingestellt...

Die Bilanz: Mit traditioneller Zucht erzeugte neue Agrarsorten werden zwar auch genügend auf ihre Sicherheit als Nahrungsmittel geprüft, die neuen gentechnisch gezüchteten Sorten hingegen werden sehr viel detaillierter unter die Lupe genommen, sie haben zahlreiche Tests hinter sich, wenn sie auf den Markt kommen. Für die Roundup Ready Sojabohne existieren ganze Bände von Prüfberichten, Einiges davon ist auch in sehr guten wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert. Die Produkte dieser neuen Bohne werden in Europa auch klar gekennzeichnet, auch wenn momentan einige Einzelheiten des Vollzuges noch nicht definitiv geregelt sind. Jedenfalls sind sich alle Nahrungsmittel-Hersteller einig, dass eine klare Kennzeichnung notwendig ist. Sie hat schliesslich eine von Konsumenten zu Recht geforderte Wahlfreiheit zu garantieren, die nur allerdings nur gewährleistet werden kann, wenn auf der anderen Seite kein Verbot von gentechnisch veränderten Produkten ausgesprochen wird.

Die Sojabohne ist eines der am besten untersuchten Nahrungsmittel überhaupt. Gemäss der amerikanischen Lebensmittel-Gesetzgebung, die sich im Publikum eines grossen Vertrauens erfreut, Diese Gesetzgebung geht steinhart von einer eigentlichen und wissenschaftlich dokumentierten Gefährdung der Konsumenten aus. In den USA sind keine Fälle von Dioxin-Verunreinigungen von Lebensmitteln bekannt geworden, ebenso hat man keinen Rinderwahnsinn zu verzeichnen, die Behörden garantieren den Konsumenten, dass alle bekannten Gefährdungen von Kunden mindestens zu strenger Kennzeichnung führen. So ist z.B. die Sojabohne deklariert, weil sie bei einer kleinen Minderheit Allergien auslöst, die Erdnusskomponenten müssen ebenfalls streng deklariert werden, leider ist dem nicht so in Europa (sicherlich nicht in der Schweiz). Da jedoch die US-Behörden von dem Prinzip der substanziellen Aequivalenz ausgehen, bei dem geringste, fast homöopatische Mengen eines Genproduktes nicht deklariert werden müssen, weil es sich nach strenger Prüfung als nicht gesundheitsgefährdend herausgestellt hat, besteht hier eine gewaltige Diskrepanz zur Europäischen Auffassung. Auch der Autor dieser Studie ist der Meinung, dass prinzipiell die Wahlfreiheit der Europäischen Kunden gewährleistet sein muss, sie kann mit einer vernünftigen Etikettierungspraxis erreicht werden (Grenzwerte, Nachweisbarkeit).

Momentan stehen wir jedoch vor der Situation, dass die Gentech-Gegner die Etikettierungsfrage als ein Vehikel für ein generelles Verbot von gentechnisch veränderter Nahrung missbrauchen.

Es werde dabei in fleissigem "Issue Engineering" ständig die Medien auf Trab gehalten, mit immer neuen Gefahrenmeldungen ohne jede wissenschaftliche Qualität, um nur ja keine echte Wahlmöglichkeit aufkommen zu lassen – the campaign must go on....

In der letzten Zeit ist das Prinzip der Substantziellen Aequivalenz unter Beschuss geraten (Millstone et al.), es hat sich jedoch in einer Debatte in der renommierten Zeitschrift Nature herausgestellt, dass Millstone von falschen Voraussetzungen ausging und auch die Ausgangslage völlig falsch einschätzte. Dem geneigten Leser sei eine Entgegnung zur Lektüre empfohlen, sie zeigt, dass sich die Vorwürfe diesem System gegenüber in Nichts auflösen (MacKenzie, Deborah 1999) . Unpalatable truths. New Scientist 17. April <http://www.newscientist.com/ns/19990417/newsstory9.html>. Auch wenn man die dort zitierten OECD-Arbeiten und Studien kennt, so stellt man fest, dass neben dem Prinzip der Substantziellen Aequivalenz eine ganze Palette von Prüfungsmethoden zur Verfügung steht und auch benutzt wird. Im Anhang sei eine Zusammenstellung dieser Argumentation gegeben, mit weiteren Weblinks und zahlreichen zitierten wissenschaftlichen Arbeiten.

Der neueste Stand der Debatte ist zusammengefasst auf der folgenden Website:

<Http://www.oac.uoguelph.ca/riskcomm/plant-ag/se-response.htm>

Dort ist auch der Originalartikel erhältlich und die zahlreichen publizierten Entgegnungen. Man muss es hart formulieren: Wenn heute jemand die OECD-Vorgehensweise in Sachen Nahrungsmittel-Sicherheitsprüfung anzweifelt, kennt die Details nicht oder hat eine klar negative Agenda punkto Gentechnologie, die Frage nach der Substantziellen Aequivalenz ist sozusagen der Testfall der Gentech-Debatte von heute.

4. Schlussbemerkungen

4.1. Ökologisches Potential der gentechnisch veränderten Nutzpflanzen: Ein Blick in die Zukunft

Die Gentechnologie ermöglicht es in Zukunft auch, noch konsequenter wegzukommen von der bisherigen Monokultur-Strategie, bei der sehr viele Pestizide und Herbizide in einem komplizierten Spritzkalender verabreicht werden müssen. Die bisherige klassische Zucht von Kulturpflanzen ganz allgemein ist gewissermassen in eine Sackgasse geraten, an deren Ende

die aus ökologischer Sicht unerwünschten extremen Monokulturen mit ihren gravierenden Bodenproblemen und Schädlings-Invasionen abzusehen sind. Die Tretmühle zwischen neuem Abwehrmittel und der sich daraus ergebenden Schädlingsresistenzen kann mit der Zeit kaum mehr bewältigt werden. Trotz bereits jahrzehntelangem Roundup-Einsatz haben sich bisher keine resistenten Unkräuter gebildet, wie dies bei den klassischen Herbiziden oft der Fall war.

Wollen wir in den nächsten Jahrzehnten von dieser Tretmühle wegkommen, müssen wir in der Zucht neue Wege beschreiten. Es gilt, die Gentechnologie vermehrt einzuspannen in das Erreichen der Ziele einer ökologischeren und biologisch sinnvolleren Anbauweise. Ansätze dazu sind sichtbar in der Forschungsliteratur: Trocken- und Kälteresistenz sind in Griffnähe, die natürlichen Abwehrkräfte der Pflanzen können bald einmal genetisch oder chemisch mit naturnahen Stoffen positiv beeinflusst werden. Auch ist unverkennbar, dass eine klare Verbesserung der Qualität der Nahrungsmittel erreicht werden kann.

4.2. Klassische Kreuzungsexperimente mit undurchschaubarer Gendurchmischung

Mit der klassischen Zucht weiss man oft nicht, wie die Gene neu durchmischt sind, es muss in mühsamen Ausleseexperimenten versucht werden, die besten Kreuzungsergebnisse zu finden. Mit der neuen Präzision der Genübertragung kann die Transparenz wesentlich erhöht werden. Es können ökologisch sinnvolle Zuchtergebnisse (Schädlingsresistenzen, Anregen natürlicher Resistenz-Systeme, Trockenheits-Toleranz usw.) viel schneller erreicht werden. Das neue Risiko der Übertragung von Genen über alle Artschranken hinweg lässt sich bei sorgfältiger Planung und Herstellung transgener Nutzpflanzen in Grenzen halten. Bereits sind beim Raps Sorten in Prüfung, deren neue Gene nicht weitergegeben werden können. Auch bei den meisten übrigen wichtigen Kulturpflanzen sind solche Einschränkungen der Genübertragungen bereits gelungen: Die neuen Gene sitzen nicht im Zellkern, der dann beim Auskreuzen mit dem Kern der Wildart verschmilzt, sondern ausserhalb des Kerns in der Zelle selbst. Solche Kreuzungen haben sich auch als viel weniger konkurrenzfähig erwiesen. Die Gefahr der Bildung von sogenannten Super-Unkräutern kann so stark eingeschränkt werden.

4.3. Das grösste Gentexperiment der Menschheit: Landwirtschaft und Verstädterung, seit Jahrhunderten im Gang: Ein Plädoyer für die Risikobalance

Ein Vergleich mit dem grossen "Gendurchmischungsexperiment", das die Menschheit durch die moderne Landwirtschaft, Verstädterung und den rasant zunehmenden Verkehr verursacht, lohnt sich allemal, auch wenn er genau genommen etwas hinkt. Immerhin lässt sich aus dieser schnell zunehmenden künstlichen Artendurchmischung das folgende lernen: Die künstlichen Hybridpflanzen, die es in der Natur nie gab, und all die Fremdlinge werden bisher, ausser in Extremfällen alter Insellanden, von den Ökosystemen verkraftet, auch wenn sie vorübergehend

Invasionen verursachen können. Sogenannte Super-Unkräuter gibt es also schon lange, in Europa schätzt man, dass pro Jahrzehnt gleich mehrere neue entstanden sind. Wären sie wirklich ein gravierendes und lange andauerndes Problem, hätte die Menschheit kaum bis jetzt überleben können.

4.4. Mutanten-Nahrung versus Gentech-Nahrung

Auch von der Nahrungsmittel-Sicherheit her müssen wir für eine Risiko-Balance plädieren: Im Prinzip essen wir seit Jahrhunderten Mutanten-Nahrung mit schwerstens abgeänderten Erbanlagen, der Mais ist eine echte Monstrosität, die in der Natur keine auch nur entfernte Verwandte hat. Bei den meisten dieser bekannten Kulturpflanzen wie Weizen usw., aber auch für die Bierhefe wurde die Zucht neuer Mutanten auch mit massiver Bestrahlung gefördert, sodass wir bis heute eigentlich nur sehr vage wissen, wie wir diese Erbanlagen abgeändert haben. Somit wäre man versucht, in bekanntem "issue engineering", nach neuen unbekanntem Gefahren zu rufen, vor allem bei den neuesten Mutanten, die langfristig noch gar nicht getestet sind, man hat sie schlichtweg ohne besondere Prüfverfahren auf die Menschheit losgelassen. Hier soll auch angehängt werden, dass es heute einige Publikationen gibt, die auf besondere Risiken bei der Bionahrung hinweisen: Häufigere Insekten-Frassspuren lassen mehr Pilzinfektionen zu, damit hat sich beim Bt-Mais z.B. auch schon messbar der Pegel an hoch krebserregenden Pilzgiften gezeigt – aber wir wissen ja, das grosse Publikum ist fest entschlossen, die Bionahrung als gesünder zu betrachten.

Es ist deshalb durchaus angebracht, von einer neuen Risiko-Balance zu sprechen. In den letzten Jahren ist es leider Mode geworden, einseitig von den Risiken der Gentechnologie zu sprechen, auch einige Forscher verfallen diesem Irrweg, indem sie genauestens die Giftwirkung gewisser neuer Gene und ihrer Produkte auf Nutzinsekten studieren und dabei ganz vergessen, dass die grössten Nutzinsekten-Massaker durch die Pestizide geschehen – ganz zu schweigen von jenen, die durch Pflügen oder durch Fruchtwechsel verursacht werden. Auch bei der oft zitierten Gefahr der Genübertragung auf die wilden Verwandten gewisser Kulturpflanzen wird geflissentlich übersehen, dass diese Übertragung schon seit Jahrtausenden stattfindet. Klar, die neuen Gene müssen gesondert betrachtet werden in der Risikoabschätzung und es ist für die bisher übertragbaren Transgene immer die Frage zu stellen, ob sie denn bei einer allfälligen massiven Übertragung (die man landwirtschaftlich meist vermeiden kann) auch wirklich Schäden entstehen.

Es wird deshalb sicherlich wichtig sein, eine Art landwirtschaftliches Risikomanagement für den allfälligen Genfluss einzurichten (Abstand-Haltung, Fruchtfolge, biologische Formen der Kreuzungsvermeidung, letztlich auch physischer Einschluss). Dadurch verliert die Gentechnologie in der Landwirtschaft viel von ihrer Bedrohlichkeit. Abschliessend ist es noch wichtig zu realisieren, dass die Gentechnologie eine Marker-Technologie ist, die uns noch viel

Einblick in die wahren Verhältnisse und die Dynamik der Prozesse auch der klassischen Landwirtschaft gewährt wird: da gibt es ebenfalls das Phänomen des Genflusses, also der Übertragung von Genen auf andere verwandte Arten durch Kreuzung. Genfluss - das ist die Einsicht der modernen Evolutionsbiologie - ist geradezu unabdingbar für die Entstehung neuer Arten und ist ein natürliches Phänomen.

In der Abrechnung schneiden deshalb die neuen Gentech-Kulturpflanzen auch ökologisch meist besser ab als ihre klassischen Entsprechungen. Würde man diesen Vergleich auf die biologische Landwirtschaft ausdehnen, sähe die Risikobalance in mancherlei Hinsicht anders aus – es muss aber auch gesagt werden, dass die biologische Anbauweise als Strategie einer grossflächigen Mainstream-Landwirtschaft nicht geeignet wäre. Kompromisse sind angesagt, und dort hat auch die jetzt geradezu fundamentalistische, leider auch gesetzlich abgestützte Ablehnung der Gentechnologie im Biolandbau keinen Platz.

Dr. Klaus Ammann, Direktor des Botanischen Gartens der Universität Bern
Altenbergrain 21, CH - 3013 Bern, Schweiz
Tel. +41 31 631 49 37, Fax +41 31 631 49 93,

email: klaus.ammann@sgi.unibe.ch

Auf dem Internet ist eine ca. 70-seitige Sicherheitsstudie zu transgenen Nutzpflanzen in Englisch abrufbar, in der auch eine Grafik wiedergegeben ist, die ein differenziertes Bild zum potentiellen Genfluss zukünftiger transgener Nutzpflanzen zu ihren wilden Verwandten zeigt.

<http://www.bats.ch/data/english/k3titel.htm>

Literatur

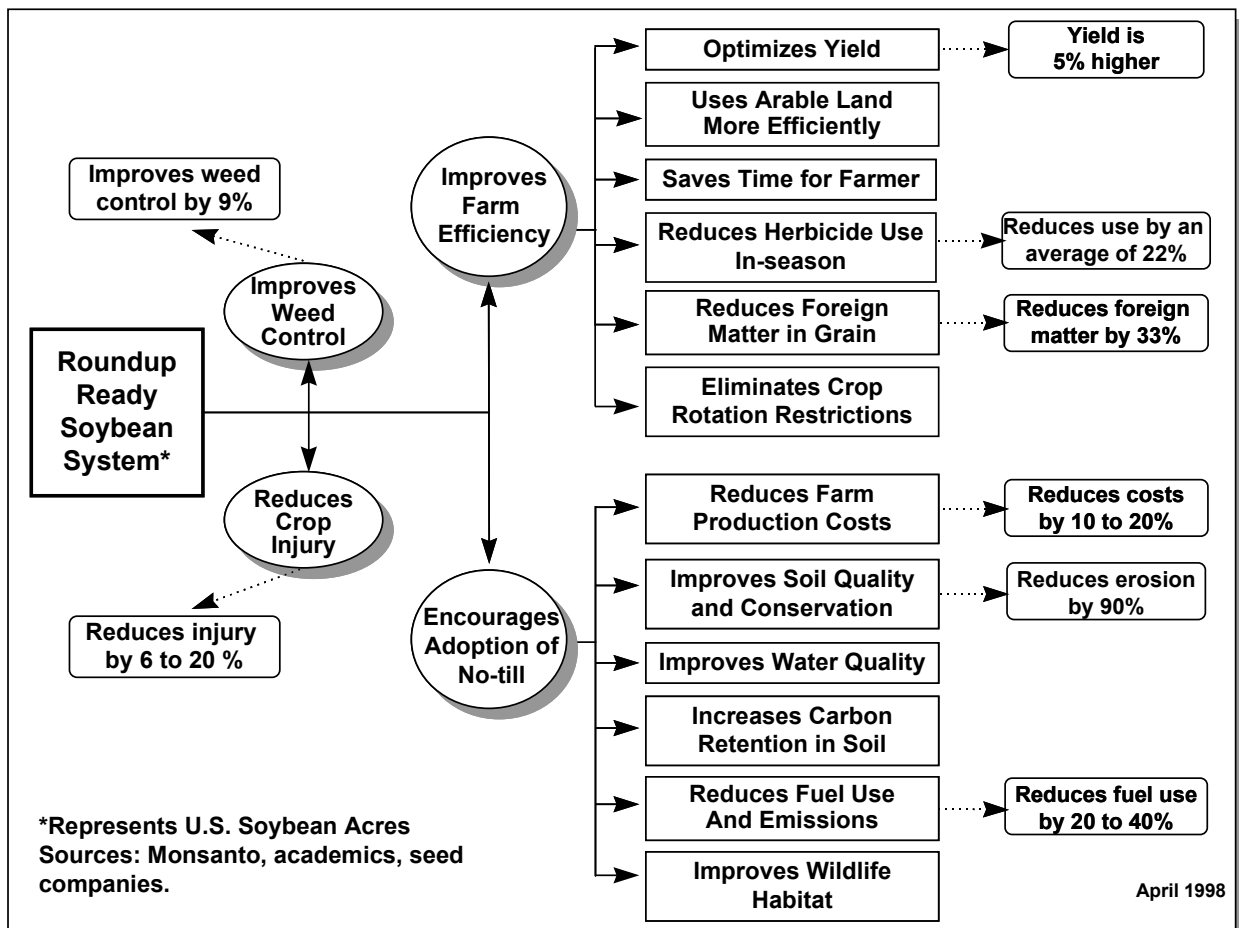
Anderson, J.R., Jr. 1997. Bringing back the Bobwhite Quail. *Quail Unlimited Magazine*.

- Baker, D.B. 1990. Herbicide concentrations in Ohio's drinking water supplies: A quantitative assessment. In D.L. Weigmann (ed.) *Pesticides in the Next Decade: The Challenges Ahead*. Virginia Water Resources Center and VPI. Blacksburg, VA.
- Baker, J. L. and H. P. Johnson. 1979. The Effect of Tillage System on Pesticides in Runoff from Small Watersheds. *Transactions, American Society of Agricultural Engineers* 22: 554-559.
- Baker, J.L. and J.M. Laflen. 1979. Runoff losses of surface-applied herbicides as affected by wheel tracks and incorporation. *Journal of Environmental Quality* 8: 602-607.
- Baker, J.L., J.M. Laflen and H.P. Johnson. 1978. Effect of tillage systems on runoff losses of pesticides: A rainfall simulation study. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 25: 340-343.
- Basore, N. S., L. B. Best and J. B. Wooley, Jr. 1986. Bird Nesting in Iowa No-tillage and Tilled Cropland. *Journal of Wildlife Management* 50: 19-28.
- Barton, D. R. and M. E. D. Farmer. 1997. The Effects of Conservation Tillage Practices on Benthic Invertebrate Communities in Headwater Streams in Southwestern Ontario, Canada. *Environmental Pollution* 96(2): 207-215.
- Best, L. B. 1995. Impacts of Tillage Practices on Wildlife Habitat and Populations. In *Farming for a Better Environment*. Soil and Water Conservation Society. Ankeny, Iowa.
- Biederbeck, V.O., C.A. Campbell, and J.H. Hunter. 1997. Tillage effects on soil microbial and biochemical characteristics in a fallow-wheat rotation in a Dark Brown soil. *Can. J. Soil Sci.* 77:309-316.
- Blevins, R.L., G.W. Thomas, M.S. Smith, W.W. Frye, and P.L. Cornelius. 1983. Changes in soil properties after 10 years of continuous no-tilled and conventionally tilled corn. *Soil and Tillage Research* 3: 135-146.
- Campbell, C.A. and H.H. Janzen. 1995. Effects of tillage on soil organic matter. In *Farming for a Better Environment*. Soil and Water Conservation Society. Ankeny, IA.
- Castrale, J. S. 1985. Responses of Wildlife to Various Tillage Conditions. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference* 50: 142-156.
- Conservation Technology Information Center (CTIC). 1997. *14 Benefits for U.S. Farmers and the environment through conservation tillage*. West Lafayette, IN.
- Conservation Technology Information Center (CTIC). 1998. Personal communication.

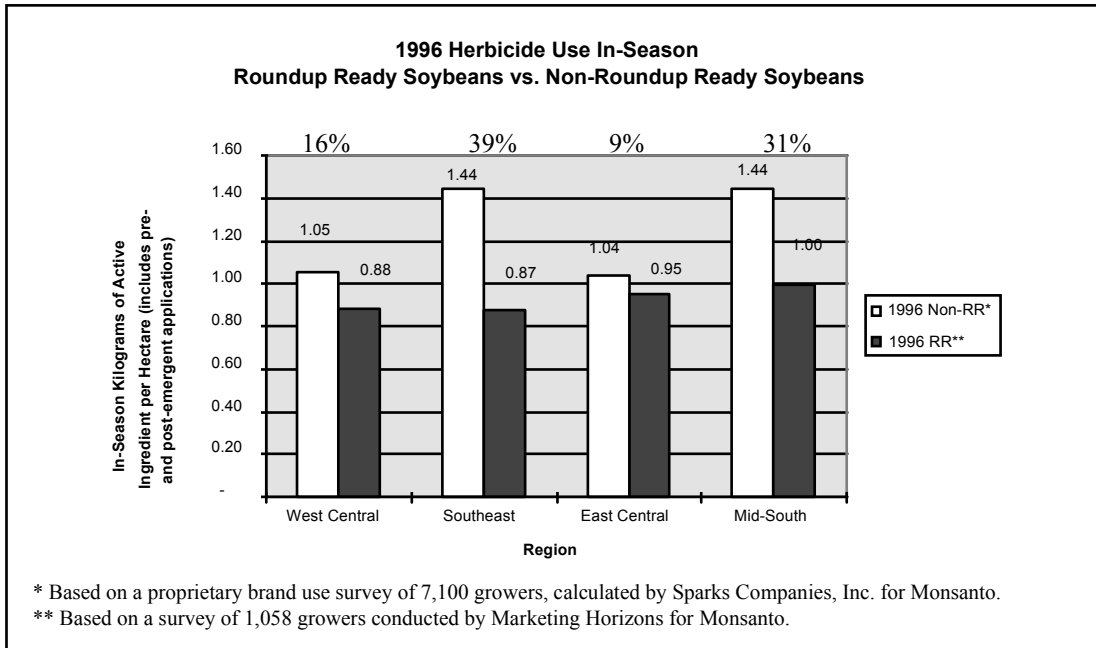
- Cowan, W.F. 1982. Waterfowl production in zero tillage farms. *Wildlife Society Bulletin* 10(4): 305-308.
- Doyle J.J., J.L. Doyle and A.H.D. Brown 1999 Origins, colonization, and lineage recombination in a widespread perennial soybean polyploid complex. *Evolution*: 95,19, 10741-10745, September 14
- Fawcett, R. S. 1995. Agricultural tillage systems: Impact of Conservation tillage on pesticide runoff and leaching. In *Farming for a Better Environment*. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.
- Frye, W. W. 1995. Energy Use in Conservation Tillage. In *Farming for a Better Environment*. Soil and Water Conservation Society. Ankeny, Iowa.
- Frye, W. W. 1984. Energy Requirement in No-Tillage. In R. E. Phillips and S. H. Phillips (eds.), *No-Tillage Agriculture: Principles and Practices*. New York: Von Nostrand Reinhold Co.
- Griffith, D. R., J. V. Mannering and J. E. Box. 1986. Soil Moisture Management in Reduced Tillage. In *No-Tillage and Surface Tillage Agriculture*. M. A. Sprague and G. B. Triplett (eds.), New York: John Wiley.
- Grossbard, E. 1985. Effects of glyphosate on the microflora, with reference to the decomposition of treated vegetation and interaction with some plant pathogens. In E. Grossbard and D. Atchinson (ed.) *The Herbicide Glyphosate*. Butterworth & Co., London, UK: 159-185.
- Karlen, D.L. 1995. Tillage effects on soil fertility. In *Farming for a Better Environment*. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA.
- Karlen, D.L. and A.N. Sharpley. 1994. Management strategies for sustainable soil fertility. In J.L. Hatfield and D.L. Karlen (eds.) *Sustainable agricultural systems*. Lewis Publishing: Boca Raton, FL.
- Kern, J.S. and M.G. Johnson. 1993. Conservation Tillage Impacts on National Soil and Atmospheric Carbon Levels. *Soil Science Society of America Journal* 57:200-210.
- Marketing Horizons. 1997a. Roundup Ready soybeans yield and satisfaction study.
August 1997.
- Marketing Horizons. 1997b. Roundup Ready soybeans yield and satisfaction study.
December 1997.

- Mitchell, P.D. 1997. *Cost of production system budgets*. Center for agricultural and rural development. Iowa State University. Technical Report 97-TR 37. June.
- MacKenzie, D. 1999 Unpalatable truths. *New Scientist* 17. April
<http://www.newscientist.com/ns/19990417/newsstory9.html>
- Reicosky, D. C., W. D. Kemper, G. W. Langdale, C. L. Douglas, Jr. and P. E. Rasmussen. 1995. Soil Organic Matter Changes Resulting from Tillage and Biomass Production. *Journal of Soil and Water Conservation* 50:3 (May-June): 253-261.
- Roslycky, E.B. 1982. Glyphosate and the response of soil microbiota. *Soil Biol. Biochem* 14: 87-92.
- Scardena, D. (ed.). 1996. *Profitable Midwest No-Till Soyabean Production*. Ohio State University Extension. North Central Region Extension Publication No. 580. January.
- Siemens, J. C., D. R. Griffith and S. D. Parsons. 1986. Energy Requirements for Corn Tillage-Planting Systems. In *National Corn Handbook* NCH-24. Cooperative Extension Service. Iowa State University.
- Steffy, K.L. 1995. Impacts of various tillage practices on insects and insecticides. In *Farming for a Better Environment*. Soil and Water Conservation Society. Ankeny, Iowa: 26-27.
- USDA – ERS 1999. Benefits of Genetically Engineered Crops for Pest Management
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1986. Pesticide Fact Sheet: Glyphosate. No. 173. EPA 540/FS-88-124. Office of Pesticide Programs. Washington D.C.
- Warburton, D. B. and W. D. Klimstra. 1984. Wildlife Use of No-Till and Conventionally Tilled Corn Fields. *Journal of Soil and Water Conservation* 39: 327-330.
- Wardle, D.A. and D. Parkinson. 1990. Influence of the herbicide glyphosate on soil microbial community structure. *Plant Soil*: 122:29-37.
- Wheatley, D. M., D. A. Macleod and R. S. Jessop. 1995. Influence of Tillage Treatments on N₂ Fixation of Soyabean. *Soil Biology Biochemistry* 27(4/5): 571-574.
- Young, R. E. 1984. *Response of Small Mammals to No-Till Agriculture in Southwestern Iowa*. M.S. Thesis. Iowa State University.

Figur 1: Resultate der Nachhaltigkeits-Studie von Monsanto



Figur 2: 1996 Vergleich Herbizid-Verbrauch RR-Sojabohne gegen nicht-RR-Sojabohnen



Figur 3: 1997 Vergleich Herbizid-Verbrauch RR-Sojabohne gegen nicht-RR-Sojabohnen

