

# Princíp predbežnej opatrnosti a GMO: vedecký prístup k posudzovaniu rizika

**G**eneticky modifikované organizmy (GMO) vznikajú prenesením génov jedného organizmu (obyčajne nepríbuzného druhu) do iného organizmu. GMO môže byť napríklad poľnohospodárska plodina, zvieratá chované pre mäso alebo mikroorganizmus odbúravajúci toxický odpad. Vo všetkých uvedených prípadoch môžu byť GMO uvoľnené do prostredia, kde môžu rásť a rozmnožovať sa, pričom cudzorodé gény môžu byť z nich prenesené do divoko žijúcich príbuzných druhov. Nedá sa tiež vylúčiť, že sa GMO začnú správať nepredvídateľne, vymknú sa spod kontroly a poškodia ekosystém. Je pritom pravdepodobné, že všetky takto spôsobené zmeny budú nezvratné. Naše vedomosti o tom, ako a kedy môžu vzniknúť vážne škody, sú obmedzené a pravdepodobne nás v tomto smere čakajú ešte veľké prekvapenia.

Tvárou v tvár takýmto možnostiam vyvstáva otázka, na základe čoho by sme sa mali rozhodovať o tom, či by GMO mali byť vôbec produkované, aký spôsob by tu bol únosný a ako by takto vzniknuté organizmy mali byť využívané. Očividným prístupom je uplatnenie princípu predbežnej opatrnosti. Tento princíp vznikol ako následok skúseností s chemickým a inými formami znečistenia, s úmyslom zabrániť vzniku podobných škôd v budúcnosti. Princíp predbežnej opatrnosti predstavuje všeobecné pravidlo pre situácie, kedy by mohlo dôjsť k závažnému alebo nenávratnému ohrozeniu zdravia a životného prostredia. Princíp požaduje, aby boli podniknuté kroky zabraňujúce takémuto ohrozeniu aj v prípade, keď ešte neexistujú definitívne dôkazy o škodlivosti. Aplikácia princípu týmto zabraňuje, aby sa nedostatok vedeckej istoty stal dôvodom na odďaľovanie preventívnej

akcie<sup>1,2,3</sup>. Tradičné hodnotenia rizík zlyhali vo viacerých prípadoch, počnúc kontamináciou azbestom, cez polychlórované bifenyly (PCB) a ozónovú dieru, až po chorobu šialených krávk. Všetky tieto prípady ukázali, že príliš dlhé vyčkávanie na definitívny dôkaz o škodlivosti pred podniknutím nevyhnutných krokov v zmysle rigorózneho preventívneho prístupu sú už dávno prekonané<sup>4</sup>.

Princíp predbežnej opatrnosti je napriek tomu niekedy kritizovaný ako nevedecký a brániaci pokroku. Tento brífing sumarizuje dôvody, prečo je princíp predbežnej opatrnosti v súvislosti s GMO nevyhnutný, v čom vyžaduje rigoróznejší postoj k vede a ako prináša viac demokracie do rozhodovania o tom, či podstúpiť riziko alebo nie. Bude tu tiež vysvetlené, že tento princíp nepredstavuje žiadnu prekážku pre pokrok. Namiesto predpokladu, že prioritou je zisk priemyslu, sa pri predbežne opatrnom prístupe dostáva k slovu životné prostredie, jednotlivci a spoločenstvá, ktoré by boli ako prvé ohrozené v prípade, ak by sa veci vymkli spod kontroly.

## **GMO a ich potenciál zapríčiniť závažné nenávratné poškodenie**

Pri genetickom inžinierstve je do organizmu vložený súbor génov, ktorý obsahuje gény pre spustenie expresie (prepisu) vlastného cieľového génu „stojaceho v centre záujmu“ (ktorý napríklad spôsobuje, že určitá plodina produkuje insekticíd alebo je odolná voči chemickým herbicídum). V prenesenom súbore génov sa okrem toho nachádzajú gény, ktoré expresii cieľového génu naopak zabraňujú. Keďže procesy genetického inžinierstva sú málo účinné a iba malá časť buniek prijme cudzorodú DNA, nachádza sa

tu aj markerový gén, ktorý spôsobuje identifikovateľnú zmenu, ako napríklad rezistenciu voči antibiotikám alebo fluorescenciu. Všetky uvedené gény môžu pochádzať z rôznych druhov, pričom sa bežne používajú gény baktérií a vírusov.

Zástancovia genetického inžinierstva argumentujú, že tento proces je omnoho precíznejší ako tradičné šľachtenie a kríženie, pretože je presne známe, aké gény boli do organizmu vnesené a teda je možné predvídať ich následky. No proces genetického inžinierstva nie je kontrolovateľný a nové výskumy poukazujú na fakt, že funkcia génov je omnoho komplexnejšia, ako sa pôvodne predpokladalo:

- **gény sa do genómu včleňujú náhodne** – môže dojsť k prerušeniu iných génov a k zmene ich pôvodnej funkcie;
- **môže dôjsť k začleneniu viacerých kópií cieľového génu, k vloženiu ďalších fragmentov, k preskupeniu alebo odstráneniu génových sekvencií<sup>5,6,7</sup>** – čo môže vyústiť do straty funkčnosti génov, do ich nestability alebo interferencie s funkciou iných génov;
- **jeden gén nekóduje iba jednu funkciu** – zistenia zo štúdií ako napríklad projekt ľudského genómu poukázali na to, že vyššie organizmy majú omnoho menej génov ako sa predpokladalo – u človeka je to iba 30- 40.000 a nie pôvodne očakávaných 120-140.000<sup>8</sup>. Znamená to, že gény alebo časti génov sa môžu podieľať na rôznych funkciách v závislosti od toho, ako sú čítané a aké ďalšie gény sú do danej funkcie zapojené. Toto spochybňuje predpoklad, že pridanie génu s jedinou známou funkciou automaticky znamená, že sa v praxi bude prejavovať iba týmto očakávaným spôsobom<sup>9</sup>. V skutočnosti ešte celkom presne nerozumieme fungovaniu DNA. Vedecké teórie a naše chápanie toho, akým spôsobom gény fungujú, sa stále ešte vyvíjajú a stále len prenikáme do zložitosti funkcie génov<sup>10</sup>;
- **pre vloženie daného súboru génov neexistuje evolučný precedens** – vložené gény pochádzajú z kombinácie druhov, ktoré nikdy predtým neboli skombinované. Nie je známe, ako sa tento súbor génov bude správať a

navzájom pôsobiť v komplexnom genóme počas dlhších časových období.

V dôsledku takejto komplexnosti tu je vysoká pravdepodobnosť nepredvídateľných následkov. Ak je už raz organizmus uvoľnený do prostredia, začína sa sám reprodukovat', takže už nie je možné „stiahnuť ho z obehu“. Keďže živé organizmy sa autonómne replikujú, všetky dopady sú zrejme nevrátne. Ak sa GMO krížia s prírodnými divokými rastúcimi druhmi, genetická zmena sa môže začleniť do prirodzeného genofondu a pozmeniť smer evolúcie.

Dôsledky, ktoré môžu nastať, sú okrem iného nasledovné:

- geneticky modifikované (GM) plodiny sa stanú inváznymi, začnú sa rozširovať ako burina a budú ťažko zvládnuteľné;
- divoké rastliny preberú určité gény a následne sa zmenia ich vlastnosti, čím sa pozmení celý ekosystém. Ak napríklad divoké rastliny získajú gén zodpovedný za produkciu proteínu toxického pre rôzne druhy hmyzu alebo iné organizmy, môžu prežívať lepšie ako ostatné druhy rastlín;
- následkom interferencie s prirodzenými funkciami génov alebo následkom neočakávaných interakcií medzi produktmi rôznych génov môžu vzniknúť nové toxíny alebo alergény.

Existujú dôkazy, že pri GMO sa nepriaznivé dopady naozaj pravidelne objavujú:

- Experimenty, ktoré boli vykonávané s cieľom vyvinúť paradajky rezistentné voči hmyzu za použitia génu kódujúceho lektín viedli k zníženiu hladiny prirodzených obranných látok voči hmyzu - glykoalkaloidov. Ukázalo sa, že je to neplánovaný následok procesu génového inžinierstva, pretože rovnaký efekt malo aj pridanie iného génu zabezpečujúceho rezistenciu voči hmyzu<sup>11</sup>.
- Kvasinky, ktoré boli geneticky modifikované s cieľom skvalitnenia fermentácie alkoholu, mali v porovnaní s kontrolným nemodifikovaným kmeňom až 30 násobne vyššiu koncentráciu vysoko toxického zlúčeniny metylglyoxálu<sup>12</sup>.
- Výskumníci v spoločnosti Monsanto, ktorí sa pokúšali zvýšiť obsah karotenoidov (chemické látky, ktoré sa využívajú v tele

pri tvorbe vitamínu A) u repky olejnej, zistili, že hladiny vitamínu E a chlorofylu v semenách sa dramaticky a nevysvetliteľne znížili<sup>13</sup>.

- Iní výskumníci, ktorí sa pokúšali geneticky upraviť dráhu syntézy karotenoidov v rajčinách, zistili nadmernú expresiu génu, ktorá neočakávané spôsobila zakrpatenosť rastlín<sup>14</sup>.
- Geneticky modifikovaná Roundup Ready sója firmy Monsanto bola postihnutá neočakávanou stratou úrody počas horúceho a suchého počasia kvôli popraskaniu stoniek, ktoré bolo pravdepodobne spôsobené zvýšeným obsahom lignínu<sup>15</sup>. Taktiež hladina sójového fytoestrogénu bola v porovnaní s tradičnou sójou znížená o 12-14%. To znamená, že sójové produkty, vyrábané zo sóje Roundup Ready, budú menej vhodné zdroje fytoestrogénov, ktoré sú považované za veľmi prospešnú zložku stravy u dospelých<sup>16</sup>.

Keďže neexistuje žiaden komplexný nezávislý monitoring GM plodín rastúcich po celom svete, nie je možné ani včasné varovanie, týkajúce sa prípadných neočakávaných následkov.

Je tiež čoraz zrejmejšie, do akej miery je ťažké kontrolovať možné riziká GM plodín. Divoko, ako burina rastúca repka olejná, odolná voči trom herbicídum (Liberty, Roundup a Clearfield), bola v Kanade po prvý krát objavená v roku 1998, teda len tri roky po vysadení GM repky olejnej, odolnej voči herbicídum<sup>17,18</sup>. Tento problém vznikol vďaka tomu, že pri zbere úrody prichádza k rozptýleniu časti semien, ktoré potom zostali v zemi a vyklíčili v nasledujúcich rokoch. Keď sa však tieto rastliny objavujú pri pestovaní ďalšej plodiny iného druhu, stávajú sa neželanou burinou, ktorú farmár potrebuje odstrániť. Rezistencia voči viac ako jednému herbicídu sa nazýva „hromadenie génov“ (gene stacking) a vzniká pri opeľovaní jednej odrody, odolnej voči herbicídum, inou odrodou. Výskyt takejto „superburiny“ viedol v Kanade k zvýšenému používaniu iných, toxickjších preparátov. Na kontrolu rastu divoko rastúcej repky olejnej, odolnej voči herbicídum, odporúčali vládne agentúry používať toxickjšie 2,4-D a paraquat (grammoxone)<sup>19</sup>.

Genetické inžinierstvo teda môže nielen spôsobiť nepredvídateľné zmeny, ale aj riešenie takto vzniknutých problémov bude spojené s ťažkosťami, pričom GMO sú schopné množiť sa a rásť – to všetko znamená, že GMO v plnej miere spadajú do pôsobnosti princípu predbežnej opatrnosti. Je veľmi nepravdepodobné, že tradičné hodnotenie rizík, ktoré je ovplyvnené záujmami biotechnologického priemyslu (pozri Rámček 1), bude schopné poskytnúť potrebný stupeň ochrany.

#### Ako hodnotenie rizík zlyháva v prípade životného prostredia a ľudského zdravia

Pri hodnotení rizík uvoľňovania GMO do prostredia, môže byť riziko vyjadrené zdanlivo jednoduchou rovnicou:

$$\text{Nebezpečenstvo} \times \text{pravdepodobnosť} = \text{riziko}$$

Nebezpečenstvo predstavuje druh poškodenia, ktoré by mohlo nastať, napríklad rakovina alebo smrť zvieratá.

Pravdepodobnosť určuje, aká je šanca, že k tomuto poškodeniu príde, pričom táto pravdepodobnosť sa môže pohybovať v rozmedzí od hodnoty veľmi malej – jedna ku miliónu, po veľmi vysokú – jedna ku desiatim. Pravdepodobnosť, rovnako ako nebezpečenstvo, je veľmi komplexná problematika, zahŕňajúca celý rad faktorov. Napríklad pri prenose génov medzi dvomi rastlinnými druhmi sa zohľadňuje stupeň ich príbuznosti, či kvitnú v ten istý čas, ako ďaleko od seba rastú, či sú opeľované hmyzom alebo vetrom, ako aj prevládajúce počasie v sledovanej lokalite. Pri hodnotení chemických rizík sa tento proces niekedy nazýva expozícia.

Hodnotenie rizík býva často vykresľované ako priamočiary proces – stačí jednoducho identifikovať všetky možné nebezpečenstvá, odhadnúť pravdepodobnosť ich výskytu, zhodnotiť celkové riziko, rozhodnúť sa, či je prijateľné a ako ho riadiť. Znie to veľmi vedecky a nestranné, ale v skutočnosti tomu tak nie je. Postup pre hodnotenie rizík bol pôvodne vyvinutý ako nástroj na vyrovnávanie sa so zlyhaniami strojov, no v prípade GMO vystupuje do popredia zložitosť prírodného prostredia. Pretože tento systém je základom celosvetovej kontroly

GMO, často tu dochádza k porušovaniu princípov ochrany životného prostredia a ľudského zdravia.

V súčasnosti existuje opodstatnená kritika tradičného hodnotenia rizík, ktorá poukazuje na to, že tento proces je ovplyvňovaný vedeckými, sociálnymi, politickými a ekonomickými postojmi, ktoré nie sú na prvý pohľad zjavné<sup>20</sup>. Tieto postoje sa prejavujú v napr. nasledovných oblastiach:

- **aké nebezpečenstvá sa pri rozhodovaní zohľadňujú** – niekto musí rozhodnúť, čo bude do posudzovania rizík zahrnuté a čo vylúčené. V prípade GMO je hodnotenie rizík zamerané na vlastnú genetickú zmenu a vo všeobecnosti sa neberú do úvahy nepriame dôsledky a sekundárne následky na organizmy v potravinovom reťazci, dopady na ekologických poľnohospodárov a farmárov nevyužívajúcich geneticky modifikované plodiny. Práve takéto obmedzenie hodnotenia rizík je pre závery určujúce a odráža záujmy tých, ktorí určujú charakter hodnotenia;
- **odhad pravdepodobnosti uvažovaných nebezpečenstiev** – vždy existuje istá dávka vedeckej neistoty, pritom však rozhodnutie musí byť urobené. V prípade GMO sa pravdepodobnosť, že sa niečo stane, nikdy nedá určiť s absolútnou istotou, pretože táto pravdepodobnosť súvisí s množstvom rôznych environmentálnych a ekologických faktorov. Taktiež závisí od toho, či ľudia dodržia stanovené pravidlá, čo nie vždy býva pravdou;
- **čo je prijateľné riziko** – rozhodnutie, či je potenciálny dopad závažný alebo nie, je záležitosťou spoločenského alebo dokonca osobného postoja, a závisí od sociálnych, ekonomických a kultúrnych faktorov. Hodnotenie rizík tento faktor zatláča do úzadia a prezentuje riziko ako niečo, čo je kvantitatívne merateľné vedcami a čo sú experti schopní udržať na „prijateľnej“ úrovni. Problém genetickej kontaminácie pôvodných druhov kukurice v Mexiku je inak vnímaný Mexičanmi, ktorí tieto riziká znášajú, a inak Američanmi, ktorých korporácie profitujú z GM kukurice;
- **vyrovnávanie sa s nevedomosťou a prekvapeniami** – pokiaľ sú dôkazy

nekompletné alebo dokonca chýbajú, rozhodnutie o tom, či sa môže vyskytnúť problém alebo nie, závisí od kvalifikovanej predpovede. Pri kvalifikovanej predpovedi by sa malo vychádzať z dostupných informácií a zohľadňovať predchádzajúce skúsenosti, a tak dospieť k odôvodnenému avšak obozretnému rozhodnutiu. Pri hodnotení rizík sa však tento problém berie na ľahkú váhu, keďže sa predpokladá, že pre odhad rizík sú vedomosti a poznatky dostatočné, alebo sa stanú dostatočnými, keď prebehne ďalší výskum.

Ďalším obmedzením procesu hodnotenia rizík je skutočnosť, že do úvahy sa obvykle berú iba tie nebezpečenstvá, ktoré sú merateľné. Dlhodobé a jemné odchýlky v správaní alebo v plodnosti sa dajú zohľadniť iba s problémami. Zmeny, ktoré sa môžu nakoniec ukázať ako najzásadnejšie, nemusia byť do hodnotenia vôbec zahrnuté.

Podstatou hodnotenia rizík GM plodín je domnienka, že zabezpečujú priaznivý rozvoj poľnohospodárstva<sup>21</sup>. Aj keď sa to pri hodnotení rizík zriedka priznáva, táto chyba ovplyvňuje spôsob hodnotenia GMO. Šance sa zvyšujú v prospech priemyslu a v neprospech životného prostredia a ľudského zdravia.

### Čo znamená princíp predbežnej opatrnosti v praxi?

Princíp predbežnej opatrnosti bol prvýkrát oficiálne použitý v nemeckom právnom systéme v polovici sedemdesiatych rokov. Odvtedy bol postupne začleňovaný do mnohých národných, regionálnych a medzinárodných právnych systémov ako prístup zabezpečujúci ochranu životného prostredia a ľudského zdravia. Z princípu predbežnej opatrnosti vychádza Cartagenský protokol o cezhraničnom pohybe GMO a tento princíp bol akceptovaný aj Európskou Komisiou. Čo však znamená jeho aplikácia v praxi? Princíp predbežnej opatrnosti je príliš často zamieňaný za tradičné hodnotenie rizík, ako sa stalo napríklad v európskych smerniciach o zámernom uvoľňovaní GMO<sup>22</sup>, v ktorej ostala zachovaná preferencia záujmov biotechnologického priemyslu (viď Rámček 1).

„Princíp predbežnej opatrnosti“ je založený na rade jasných a všeobecne uznávaných predpokladov<sup>23, 24</sup>:

- „prevencia je výhodnejšia ako odstraňovanie škôd“;
- „znečisťovateľ by mal platiť“;
- je potrebné hľadať alternatívy, ktoré „neolútujeme“;
- je potrebné uvedomovať si skutočnú hodnotu ľudského života, ako aj iných živých organizmov;
- *komplexnosť* a *variabilnosť* reálneho sveta obmedzuje možnosť predpovedí na základe vedeckých poznatkov;
- mali by sme si uvedomiť *zraniteľnosť* prírodného prostredia;
- *práva* tých, ktorí budú znášať dôsledky nejakej činnosti, musia byť nadradené právam tých, ktorí z nej budú profitovať;
- je nevyhnutné podrobné preskúmanie všetkých dostupných *alternatív* a posúdenie *oprávnenosti* a *výhod*, rovnako ako rizík a nákladov;
- pri ochrane životného prostredia sú nevyhnutné *dlhodobé*, *holistické* a *komplexné* perspektívy.

Boli vyvinuté nové metódy, ktoré umožňujú zavedenie týchto myšlienok do praxe. Techniky poradenstva, multi-kritériové hodnotenia a ďalšie prístupy poskytujú nové možnosti pre hodnotenie technológií a mali by sa stať súčasťou hodnotenia GMO. Čo je obzvlášť dôležité, princíp predbežnej opatrnosti vzhľadom k svojmu omnoho širšiemu záberu, berie explicitne do úvahy neistotu a nedostatok informácií a hodnotí jednotlivé alternatívy. Politickí analytici prišli k záveru, že princíp predbežnej opatrnosti je vedeckejší ako tradičné hodnotenie rizík<sup>25, 23</sup>.

### **Predbežná opatrnosť a GMO: prinášanie vedy do popredia**

Genetické inžinierstvo môže zmeniť živé organizmy ďalekosiahlym a nepredvídateľným spôsobom. Pri posudzovaní ich dopadu a prijateľnosti je nevyhnutné brať do úvahy zložitosť ekosystému, obmedzenosť vedeckého poznania ( „neznáme neznámo“) a neurčitosť. Tradičné hodnotenie rizík popiera možnosť prekvapení a zužuje rozsah odhadovaných

škôd na obmedzený počet faktorov. Tradičné hodnotenie je často záležitosťou obmedzenej skupiny špecialistov, ktorých obmedzené skúsenosti sú v rozpore s potrebou vyčerpávajúceho a komplexného prístupu. Zatiaľ čo pri samotnom hodnotení je využívaná veda, vylúčenie širších kritérií, ako napríklad nepriamych dopadov na poľnohospodárstvo a biodiverzitu a nedostatočné zohľadňovanie neurčitosti sa rozhodne nedá zdôvodniť vedecky.

Prístup zdôrazňujúci predbežnú opatrnosť (pozri Rámček 2) nebráni pokroku, ale naopak môže v omnoho väčšej miere podporovať inovatívnosť tým, že podnecuje hľadanie alternatív a oceňuje diverzitu. Naproti tomu striktné vyžadovanie dôkazov o škodlivosti pred realizáciou opatrení môže viesť k „paralýze analýzou“<sup>4</sup>, pričom zaužívané postupy sú obraňované až kým situácia nie je neudržateľná.

Z tohto pohľadu zavádza predbežne opatrný prístup vedecky presnejšiu analýzu, so širším rozsahom a zapojením väčšieho počtu expertov. V oblastiach, kde aktivity môžu viesť k závažným škodlivým následkom, je predbežná opatrnosť obsiahnutá v každom kroku rozhodovacieho procesu - od bežnej vedeckej a výskumnej agendy až po sféru kontroly a riadenia. Pretože hrozba genetického inžinierstva je taká rozsiahla a škodlivé následky môžu byť veľmi závažné a ireverzibilné, princíp predbežnej opatrnosti tu musí byť aplikovaný nekompromisne.

#### Kontakt:

Mrg. Martin Hojsík  
Greenpeace  
Mlynské Nivy 37  
PO Box 58  
814 99 Bratislava  
tel/fax: 02-55 42 42 55  
email: info@greenpeace.sk

#### Literatúra:

<sup>1</sup> Raffensberger, C. and J. Tickner (1999): *Protecting Public Health and the Environment: implementing the Precautionary Principle*. Washington: Island Press.

<sup>2</sup> Fisher, E. and R. Harding (1999): *Perspectives on the Precautionary Principle*, Sydney: Federation Press.

- <sup>3</sup> O’Riordan, T and J. Cameron (1994): *Interpreting the Precautionary Principle*, London: Earthscan.
- <sup>4</sup> Harremoës, P., Gee, D., MacGarvin, M., Stirling, A., Keys, J., Wynne, B., and Guedes Vaz, S. (editors) 2002: *The Precautionary Principle in the 20<sup>th</sup> Century: late lessons from early warnings*. London: Earthscan.
- <sup>5</sup> Labra, M., Savini, C., Bracale, M., Pelucchi, N., Colombo, L., Bardini, M. & Sala, F. (2001): Genomic changes in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) plants produced by infecting calli with *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Cell Reports* 20: 325-330.
- <sup>6</sup> Shunhong Dai, Ping Zheng, Philippe Marmey, Shiping Zhang, Wenzhong Tian, Shouyi Chen, Roger N. Beachy & Claude Fauquet (2001): Comparative analysis of transgenic rice plants obtained by *Agrobacterium*-mediated transformation and particle bombardment. *Molecular Breeding* 7: 25–33.
- <sup>7</sup> Windels, P., Taverniers, I., Depicker, A., Van Bockstaele, E. & De Loose, M. (2001): Characterisation of the Roundup Ready soybean. *European Food Research Technology* 213: 107-112.
- <sup>8</sup> International Human Genome Sequencing Consortium (2001): Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature* 409: 860-921.
- <sup>9</sup> Commoner, B. (2002): Unravelling the DNA myth. The spurious foundation of genetic engineering. *Harper’s Magazine*, February. Available on [www.mindfully.org/GE/GE4/DNA-Myth-CommonerFeb02.htm](http://www.mindfully.org/GE/GE4/DNA-Myth-CommonerFeb02.htm).
- <sup>10</sup> e.g. Dennis, C. (2002): The brave new world of RNA. *Nature* 418: 1222-124 and related articles in *Nature Insight –RNA*, 11<sup>th</sup> July 2002.
- <sup>11</sup> Birch, A.N.E., GMOghagan, I.E., Griffiths, D.W. & McNicol, J.W. (2002): The effect of genetic transformations for pest resistance on foliar solanidine-based glycoalkaloids of potato (*Solanum tuberosum*). *Ann. Appl. Biol* 140:143-149.
- <sup>12</sup> Inose, T. & Murata, K. (1995): Enhanced accumulation of toxic compound in yeast cells having high glycolytic activity: a case study on the safety of genetically engineered yeast. *International Journal of Food Science and Technology* 30: 141-146.
- <sup>13</sup> Shewmaker, C.K., Sheehy, J.A., Daley, M., Colburn, S. & Yang Ke, D. (1999): Seed-specific overexpression of phytoene synthase: increase in carotenoids and other metabolic effects. *The Plant Journal* 20: 401-412.
- <sup>14</sup> Fray, R.G., Wallace, A., Fraser, P.D., Valero, D., Hedden, P., Bramley, P.M. & Grierson, D. (1995): Constitutive expression of a fruit phytoene synthase gene in transgenic tomatoes causes dwarfism by redirecting metabolites from the gibberellin pathway. *The Plant Journal* 8: 693-701.
- <sup>15</sup> Coghlan, A. (1999): Splitting headache – Monsanto's modified soybeans are cracking up in the heat. *New Scientist*, 20th November, p.25.
- <sup>16</sup> Lappé, M.A., Bailey, E.B., Childress, C.C. & Setchell, K.D.R. (1998/1999): Alterations in Clinically Important Phytoestrogens in Genetically Modified, Herbicide-Tolerant Soybeans. *Journal of Medicinal Food* 1: 241-245.
- <sup>17</sup> Downey, R.K. (1999): Gene flow and rape – the Canadian experience. 1999 BCPC Symposium Proceedings No. 72: Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops. British Crop Protection Council: Farnham.
- <sup>18</sup> Hall, L., Topinka, K., Huffman, J., Davis, L. & Good, A. (2000): Pollen flow between herbicide-resistant *Brassica napus* is the cause of multiple-resistant *B. napus* volunteers. *Weed Science* 48: 688-694.
- <sup>19</sup> Alberta Agriculture, Food and Rural Development (2002): Outcrossing Between Canola Varieties – A Volunteer Canola Control Issue. <http://www.agric.gov.ab.ca/crops/canola/outcrossing.html>
- <sup>20</sup> Stirling, A (1998): Risk at a turning point? *Journal of Risk Research* 1: 97-110.
- <sup>21</sup> Levidow, L. (1994): Biotechnology regulation as symbolic normalisation. *Technology Analysis and Strategic Management* 6(3): 273-288.
- <sup>22</sup> Mayer, S. & Stirling, A. (2002): Finding a precautionary approach to technological developments – lessons for the evaluation of GM crops. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 15: 57-71.
- <sup>23</sup> Stirling, A (1999): Science and precaution in the management of technological risk. Report for the European Commission – JRC Institute of Prospective Technological Studies, Seville. <http://www.jrc.es/pub/EURdoc/eur190561en.pdf>
- <sup>24</sup> Stirling, A. (1999): Science and precaution in the management of technological risk. Volume II Case Studies. Report for the European Commission – JRC Institute of Prospective Technological Studies, Seville. <http://www.jrc.es/pub/EURdoc/eur190561en.pdf>
- <sup>25</sup> European Commission (2000): *Communication on the Precautionary Principle*, COM(2000)1, Brussels: European Commission.