

# GENETICKÉ MANIPULACE před soudem

Svědectví vědců předložená soudu na obhajobu  
28 dobrovolníků organizace Greenpeace, kteří nenásilným  
způsobem sklídili úrodu geneticky manipulované (GM) kukuřice.

Přeloženo z anglického originálu GM on trial  
vydaného Greenpeace UK v roce 2000  
Redigovali Dr. Čestmír Hrdinka a Ing. Zuzana Píknová  
Vydalo Greenpeace ČR  
Praha 2002  
Grafická úprava Studio Vavřinec  
Tištěno na recyklovaném papíře

# OBSAH

<b>ÚVOD</b>	<b>4</b>
Dr. Douglas Parr, hlavní vědecký poradce, Greenpeace Velká Británie	
<b>OPYLOVÁNÍ VĚTREM</b>	<b>8</b>
Profesor Jean Emberlin	
<b>OPYLOVÁNÍ VČELAMI</b>	<b>16</b>
Geoffrey Hopkinson	
<b>NEBEZPEČÍ PRO EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ</b>	<b>22</b>
Richard Young	
<b>NEDOSTATKY KONCEPCE PODSTATNÉ SHODY</b>	<b>34</b>
Dr. Erik Millstone	
<b>RIZIKO PRO POTRAVINY A KRMIVO</b>	<b>40</b>
Dr. C. V. Howard MB. ChB. PhD. FRCPath	
<b>HORIZONTÁLNÍ TRANSFER GENŮ</b>	<b>48</b>
Profesor Terje Traavik	
<b>DOPADY NA PŮDU</b>	<b>66</b>
Dr. Max A. Turner a Dr. A. Neil Macgregor	
<b>DŮSLEDKY POUŽÍVÁNÍ PESTICIDŮ</b>	<b>72</b>
Peter Beaumont	
<b>POKUSY NA ÚROVNI ZEMĚDĚLSKÝCH PROVOZŮ A BEZPEČNOST ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ</b>	<b>80</b>
Dr. Susan Mayer	
<b>CITOVANÁ LITERATURA</b>	<b>88</b>

# ÚVOD

Dr. Douglas Parr, hlavní vědecký poradce  
Greenpeace Velká Británie

Dne 26. července 1999 bylo v Lyngu v Norfolku zadrženo 28 dobrovolníků organizace Greenpeace za to, že sklídili a odvezli část úrody geneticky manipulované (GM) kukuřice, která byla majetkem firmy AgrEvo. Dobrovolníci Greenpeace byli zadrženi a obžalováni z trestného činu krádeže a případ byl předložen soudu v Norwichi. Soudní jednání začalo 3. dubna 2000. V souvislosti s tím byla napsána i tato kniha.

Důvodem přímé nenásilné akce těchto lidí byla bezprostřední hrozba, že kukuřice vykvete a dojde k rozptýlení pylu. Krátce před uspořádáním akce totiž vyšlo najevo, že švýcarské úřady pěstování stejného druhu geneticky manipulované kukuřice (známé jako kukuřice T25) zakázaly, a to kvůli obavám z křížové kontaminace a rozšíření geneticky manipulovaného organismu (GMO).

Pěstování geneticky manipulované kukuřice bylo součástí programu pokusů s geneticky manipulovanými plodinami odolnými vůči herbicidům. Tyto zkoušky byly organizovány Ministerstvem životního prostředí, dopravy a regionů ve Velké Británii. Cílem pokusů bylo nalézt odpovědi na některé z řady otázek ohledně změn v zemědělství, které vyplývají z používání plodin odolných vůči herbicidům, zejména jejich vlivem na životní prostředí. Greenpeace se staví proti těmto pokusům z důvodu jejich omezené vypovídací schopnosti – nevyřešena zde zůstává celá řada politických, vědeckých a etických záležitostí, týkajících se technologie genetické manipulace. Pokusy na úrovni zemědělských provozů mohou v nejlepším případě objasnit jen velmi malou část těchto problémů.

Další otázky, kvůli kterým mnoho lidí odmítá geneticky manipulované potraviny v supermarketech (*ESRC, 1999*):

- Je to nezbytné?
- Neexistují lepší způsoby, jakými dosáhnout stejných výsledků?
- Zvážíli jsme vše důležité?
- Jsme dostatečně opatrní ve věcech, které nejsou jasné?
- Existuje cesta zpět, pokud to nebude fungovat tak, jak předpokládáme?

Na pokusech v zemědělských provozech Greenpeace kritizuje především to, čím se tyto pokusy nezabývají:

- Zda jsou geneticky manipulované plodiny bezpečnou stravou pro lidi a hospodářská zvířata,
- jaký je vliv GM plodin na životní prostředí ve srovnání s trvale udržitelnými zemědělskými systémy jako je např. ekologické zemědělství,
- kolik je druhů, na něž herbicidy Liberty a RoundUp působí toxicky,
- co způsobí opakované pěstování jedné geneticky manipulované plodiny, jako například kukuřice, na stejném pozemku,
- co způsobí střídavý osevní postup (rotace) různých geneticky manipulovaných plodin,
- jaké důsledky na životní prostředí přinese interakce těchto geneticky manipulovaných plodin s ostatními GMO,
- jaký bude společenský a ekonomický dopad zemědělství s GM plodinami?

Co se týče povahy genetických manipulací, panuje mezi lidmi obecně rozšířené znepokojení. Na to však nelze pohlížet pouze jako na přirozeně konzervativní postoj veřejnosti k zavádění nových technologií. Metoda genetických manipulací totiž vyžaduje přehodnocení našeho vztahu k přírodě mnohem zásadnějším způsobem, než u jakýchkoli předešlých inovací. Všeobecné obavy jsou opodstatněné a není proto možné je z jakýchkoliv důvodů ignorovat.

Přímá akce ze strany dobrovolníků Greenpeace a jejich obhajoba založená na „řádném ospravedlnění“ – že měli právo na své jednání, neboť věřili, že životnímu prostředí hrozí bezprostřední nebezpečí – vyvolaly potřebu sestavit odborný vědecký posudek. Ten měl ukázat, že obžalovaní nabyli přesvědčení o správnosti svého činu na základě pádných argumentů. Cílem této knihy není vyjmenovávat právní argumenty, na nichž případ stojí. Nicméně vyjádření odborných kapacit, jež byla shromážděna v průběhu přípravy případu, a která byla předložena soudu během přípravy obhajoby, se zdála být opravdu velmi důležitá. Proto se Greenpeace rozhodlo vydat je v této knize. Hned ze začátku procesu vyšlo najevo, že žalující strana nebyla schopna nebo ochotna popřít přirozeně rozumné přesvědčení obžalovaných – a to, že nebezpečí vyplývající z rozptylu pylu geneticky manipulované kukuřice a rozšíření rostlinného materiálu může mít vážné následky, a tudíž vyžaduje okamžitý zásah. Takže nakonec žádný z těchto materiálů nebyl u soudu prezentován.

Tato vyjádření nejsou definitivní analýzou vědeckých postojů, protože taková vyjádření nemohou být ani v současné, ani v dohledné době k dispozici. Také nejsou vyčerpávajícím posudkem vědeckého případu „proti geneticky manipulovaným plodinám“. Z právních důvodů se tato vyjádření zaměřují na to, co bylo obecně známo a veřejně přístupno do července 1999. Od té doby vyšly najevo nové skutečnosti. Existuje velké množství problémů, které tato odborná vyjádření nezohledňují, neboť se zaměřovaly pouze na kukuřici T25, jež je tématem tohoto soudního případu.

Ostatní GM plodiny představují odlišné problémy. Pěstování cukrové a krmné řepy nebo řepky olejné ve Velké Británii s sebou přináší další otázky. Ty se mohou dotýkat problematiky přenosu genů do společenství planě rostoucích rostlin, výskytu odolných jedinců mezi plodinami, volně se vyskytujících populací i ohledně etiky „genetického znečištění“ přirozeně rostoucích rostlinných druhů a prognostických schopností ekologie. Jiné metody genetického inženýrství (například včlenění genů rezistentních vůči škůdcům nebo virům) nastolují další problémy, které se týkají povahy našich zemědělských systémů a různých potenciálních rizik.

Publikovaná vyjádření vědců se pouze dotýkají značně rozsáhlé oblasti, zahrnující neočekávané výsledky během výzkumu. To představuje celou řadu odlišných konotací, nejsou-li experimenty prováděny v laboratorních podmínkách. A samozřejmě žádný z posudků se hlouběji nezabývá politickými otázkami trvale udržitelné světové potravinové bezpečnosti, unifikací zásobování zemědělskými produkty v celosvětovém měřítku, omezením volného toku informací kvůli právům duševního vlastnictví (patentů), cíli a orientaci jak soukromých, tak veřejně založených výzkumných programů a ani tím, jaký výzkum se skutečně provádí (*UNESCO, 1999*).

Definitivní stanovisko ke všem otázkám, které vyvstávají v souvislosti s genetickou manipulací, stále ještě nebylo zaujmuto. Výpovědi shromážděné v této knize představují jádro vědeckých poznatků a dokazují, že diskuse v médiích je často mylně postavena jako „věda versus emoce“. Jak dokazují následující řádky, je toto pojetí nesmyslné.

#### **Výpovědi obsažené v této knize:**

**Jean Emberlin** podává zprávu o rozptylu kukuřičného pylu větrem, jak daleko se může takový pyl dostat, včetně vyjimečných případů, kdy byl pyl přenesen na vzdálenost větší než 100 kilometrů, přičemž si zachoval oplovač schopnost.

**Geoff Hopkinson** popisuje, jak mohou včely sloužit jako přenašečky kukuřičného pylu na mnoho kilometrů, dále se zmiňuje o obavách chovatelů včel z kontaminace pylu a produktů obsahujících pyl (včetně medu).

**Richard Young** vysvětluje obavy z křížové kontaminace plodin, pěstovaných podle zásad ekologického zemědělství, jako následek přenosu pylu, a řady jiných způsobů kontaminace. A proč se Půdní asociace rozhodla přijmout standard pro ekologicky pěstované plodiny, který nepřípouští žádnou kontaminaci geneticky manipulovaným materiálem.



**Erik Millstone** podává zprávu o problematickém pojmu „podstatná shoda“ (látková ekvivalence), o němž se opírá většina metod orgánů odpovědných za stanovení bezpečnosti potravin na celém světě, a jak může tento pojem vlastně bránit výzkumu skutečných účinků genetické manipulace na potraviny.

**Vyvyan Howard** vyjmenovává některá z rizik, jež vyvstávají v souvislosti s geneticky manipulovanými potravinami, jako jsou například toxicita malých dávek. Dále odhaluje obtížnost provedení odhadu rizik ve srovnání s identifikací nebezpečí.

**Terje Traavik** podává zprávu o nepředvídatelnosti genetické manipulace a o možném opakovaném ohrožení souvisejícím s horizontálním transferem genů, kdy některé organismy (zejména mikrobi) jsou schopny zachytit a využít DNA z okolí nebo z jiných organismů.

**Max Turner a Neil McGregor** odhalují možné dopady genetických změn na fungování půdy, potenciální vliv na koloběh živin a úrodnost půdy a změny v používání agrochemikálií.

**Peter Beaumont** podává zprávu o případných změnách v používání herbicidů, plynoucích z použití geneticky manipulovaných plodin tolerantních vůči herbicidům a poukazuje na nedostatky regulačních opatření, které se týkají geneticky manipulovaných plodin odolných vůči herbicidům.

**Sue Mayer** poukazuje na omezené možnosti polních pokusů v zemědělských provozech; jakých výsledků bude možno dosáhnout, jaké otázky zůstanou nezodpovězeny, ať už bude navržený výzkumný program jakkoli úspěšný a jaká je schopnost vědeckých experimentů vyrovnat se s výsledky neočekávanými.

Další prohlášení, předložené soudu Peterem Lundem, bylo vynecháno. Autor měl pocit, že je zprávu nutno ještě dopracovat, než bude zveřejněna. Oblast nepředvídatelnosti, kterou se tato zpráva zabývala, je částečně podchycena ve zprávě Terje Traavika.

Rád bych poděkoval všem těmto lidem za jejich čas, který věnovali přípravě případu obžalovaných dobrovolníků Greenpeace. Za pomoc s touto knihou chci ještě poděkovat Michelle Allsopp za editaci a Johnu Sauvenovi za zajištění produkce.

Závěrem bych rád uvedl, že tyto zprávy představují základní informace o rizicích genetických manipulací. Posudky ukazují, že zastánci těchto plodin a potravin mají ještě mnohé, co zodpovědět. Kdo pouze zaslechl debatu na toto téma v médiích, by měl vědět, že existují solidní vědecké argumenty, o něž se opírají kritici „výhod“ genetických manipulací. Vzhledem k naivnímu způsobu, jakým jsou výhody GM plodin (jestli vůbec nějaké existují) předkládány k diskusi, bychom se měli ptát, zda s pěstováním GM plodin vůbec pokračovat.

# OPYLOVÁNÍ VĚTREM

Profesor Jean Emberlin

## ODBORNÉ ZNALOSTI

Jsem ředitelem Národního svazu pro výzkum pylu, prezidentem Britské federace pro aerobiologii, ředitelem instituce Evropské pylové informace a člen rady Mezinárodní asociace pro aerobiologii. Mám více než dvanáctiletou praxi v oboru v rozptylu pylu za pomoci větru a předpovídání pylových koncentrací vzhledem k faktorům počasí. Pro Půdní asociaci jsem vydal zprávu o rozptylu kukuřičného pylu (*leden 1999*), která je přímo relevantní pro tento případ a která také monitorovala rozptyl řepkového pylu z místa pokusů s geneticky manipulovanou řepkou olejnou. Tématem mé disertační práce byl velkoplošný rozptyl znečišťujících látek ve vzduchu v topograficky složitém terénu. Studium tohoto tématu mi poskytlo potřebné znalosti o rozptylu pylových zrn v atmosféře. Vydal jsem množství vědeckých zpráv o aspektech aerobiologie a svou práci pravidelně prezentuji na mezinárodních konferencích v oborech aerobiologie a alergologie.

## OTÁZKA PRO SVĚDKA

Byl jsem požádán, abych na základě známých a veřejně přístupných informací z července 1999 podal zprávu ohledně vzdáleností, které může pyl z geneticky manipulovaných plodin urazit pomocí větru a tím způsobit potenciální kontaminaci.



## SOUHRN

Tato zpráva se zabývá potencionálním nebezpečím kontaminace pylem z geneticky manipulované kukuřice pěstované na farmě Walnut Tree, Lyng v Norfolku. Začátek květu plodiny byl očekáván na 7 až 10tý den po ukončení akce.

- Možné aspekty kontaminace geneticky manipulovaným pylem zahrnují: cizosprašení s ostatními druhy kukuřic, sběr pylu včelami a jeho následný obsah v medu, ulpívání na povrchu, např. listech stromů, kde si hmyz hledá potravu. Tento druh kukuřice se nekříží s žádnou příbuznou či divoce rostoucí plodinou ve Velké Británii. Procento zkřížení s ostatními druhy kukuřice pěstovanými v nejbližším okolí (do 800 m) závisí mimo jiné na rozdělení prostoru a různých bariérách bránících opylení – např. ploty a dřevěná přehrazení, v případě střední a delší vzdálenosti (nad 800 m) ve směru větru je toto procento závislé i na povaze počasí a topografii terénu.
- Organické farmy se nacházejí ve vzdálenosti 7,2; 10,4 a 11,2 km od místa zkoumané kukuřice a v okruhu 3 km leží dalších 9 či 10 tradičních farem. Zatím není možné přesně určit nebezpečí kontaminace v okruhu 7 až 11 km od místa pěstování geneticky manipulované kukuřice. Důvodem je nedostatečný výzkum rozptylu na střední až dlouhé vzdálenosti s cílem předpovědět, s dostatečnou mírou spolehlivosti, skutečné koncentrace, které lze očekávat ve vzdálenostech přesahujících 500 m ve směru větru. Je nutno podotknout, že rozptylové modely velkou měrou závisí na povětrnostních podmínkách v okamžiku uvolnění pylu. Nicméně je možné stanovit obecné tendence šíření kukuřičného pylu.
- Výsledky předchozího výzkumu můžeme brát jako základ pro celkové procentuální odhady koncentrace kukuřičného pylu šířeného vzduchem ve směru větru nízkou až střední rychlostí větru ve výšce 1 m nad zemí: zhruba 2 % je koncentrace v 60 m, 1,1 % ve vzdálenosti 200 m a koncentrace mezi 0,5 % a 0,75 % ve vzdálenosti 500 m. Ačkoli tato zpráva bere v potaz předchozí hodnoty možného cizosprašení, je zde nutno zdůraznit, že tato čísla jsou pouze orientační a pomocná. Rozdíly rozptylu mohou být také způsobeny klimatickými podmínkami a místním reliéfem krajiny. Větší pravděpodobnost přenosu pylu na dlouhé vzdálenosti pomocí větru se dá předpokládat v těchto povětrnostních situacích: vzlaku a horizontálního pohybu konvekčního proudění, vzlaku a přenosu během frontální bouřky. V normálních povětrnostních podmínkách je životnost kukuřičného pylu asi 24 hodin, tudíž opylení může nastat i ve vzdálených oblastech od místa zdroje pylu (až 180 km). V bezprostřední blízkosti je rozptyl pylu také způsoben přenosem včelami, neboť ty jsou schopny nasbírat poměrně velké množství pylu a pokud nastanou vhodné povětrnostní podmínky, je pyl tímto způsobem přenášen až několik mil.
- Je relevantní poznamenat, že tyto problémy se netýkají pouze kukuřičného pylu. Pylová zrna řepky olejné rozšířená po směru větru z GM řepkového pole byla nalezena ve vzdálenosti 35 - 475 m od kraje pole s rostoucí plodinou (*National Pollen Research Unit, 1999*).

Možné aspekty kontaminace geneticky manipulovaným pylem zahrnují cizosprašení s ostatními druhy kukuřicí, sběr pylu včelami ... a ulpívání na povrchu - např. listech stromů, kde si hmyz hledá potravu

## VYJÁDRĚNÍ SVĚDKA

### Vlastnosti kukuřičného pylu

Kukuřice je vysoce variabilní, přirozeně cizosprašná plodina, přičemž všechny variety se volně kříží (*Purseglove, 1972*). K opylení dochází většinou za pomoci větru, gravitace nebo včel (*Percival, 1950*). Pylová zrna kukuřice patří k největším z čeledi trav *Gramineae*. Rozměry pylového zrna se pohybují mezi 90 až 125 x 85 mikronů (*Erdtman, 1952; Smith, 1990*), dosahují objemu  $700 \times 10^9 \text{ cm}^3$  a hmotnosti kolem  $247 \times 10^9 \text{ g}$  (*Goss, 1968*). Udává se, že za přirozených podmínek se životaschopnost kukuřičného pylu pohybuje mezi 24 hodinami až několika dny. Pyl se uvolňuje během dvou až čtrnáctidenního období, přičemž u většiny rostlin tato doba činí pět až osm dní. Ke kulminaci dochází třetí den (*Purseglove, 1972*). Uvolňování pylu a výskyt vláken na jedné rostlině se obvykle překrývá, ale za normálních podmínek je na poli nejméně 95 % vajíček oplodněno pylem z jiných rostlin. Kukuřičného pylu je produkováno nesmírné množství. Odhaduje se, že rostlina průměrné velikosti vyprodukuje 14 až 50 milionů pylových zrn, z nichž je přibližně 1000 kukuřičných zrn jedné rostliny oplozeno (*Evans, 1975*). To znamená, že na každé vlákno připadá 20 až 30 tisíc pylových zrn (*Purseglove, 1972*). Obvykle se pěstuje přibližně 20 tisíc kukuřičných rostlin na jeden akr (přes 8 tisíc na 1 ha), což představuje zhruba 70 kg pylu z jednoho akru.

### Rozptyl kukuřičného pylu způsobený větrem

Je obecně známo, že výsledkem rozptylu kukuřičného pylu, typického pro proudění vzduchu o nízkých až středních rychlostech, je relativně strmý gradient ukládání. To je způsobeno velkými rozměry pylových zrn a vysokou rychlostí usazování. Publikované výsledky měření gradientů ukládání se značně různí. Jedno hledisko srovnání je měření vzdálenosti, při které se koncentrace pylu o polovinu sníží. Předpokladem tohoto měření je, že dochází ke konstantnímu snižování koncentrace v závislosti na rostoucí vzdálenosti od zdroje. Některé studie uvádí krátké poloviční vzdálenosti, například 8,25 m, kdežto jiní autoři jako třeba Jones a Newell (*1948*) uvádějí poloviční vzdálenosti 47,47 m. Tyto výsledky naznačují, že k cizosprašení může dojít na vzdálenost větší než několik set metrů. Vychází-li se z údajů Jonese a Newella (*1948*), odhaduje se, že koncentrace pylu ve vzdálenosti 500 metrů činí 0,05 % koncentrace zjištěné ve vzdálenosti 1 metru od rostliny. Také McCartney (*1994*) užívá poloviční vzdálenost kukuřičného pylu 47 metrů v záporném exponenciálním vztahu s podobnými výsledky.

Většina odhadů rozptylu kukuřičného pylu se odvozuje od jeho míry ukládání, avšak tyto hodnoty vždy neodpovídají koncentracím pylu přenášeného větrem. Zkreslení těchto hodnot je způsobeno rozředěním a rozptylem během proudění vzduchu. Faktory, jako například frikční turbulence a tepelné proudění, které mohou způsobit strmé gradienty ukládání, mohou odnést značné množství pylových zrn do velkých výšek, odkud jsou zrna rozptýlena do velkých vzdáleností. Raynor, Ogden a Hayes (1972) zjistili, že ve vzdálenosti 60 metrů od zdroje se nacházelo ve vzduchu 5 % kukuřičného pylu z množství vyskytujícího se ve vzdálenosti 1 metru od zdroje a že ve stejné vzdálenosti bylo na jednotku plochy uloženo pouze 0,2 % množství pylu v blízkosti zdroje. Při těchto pokusech dosahovalo zředění větrem přenášených pylových zrn kukuřice mezi zdrojem a vzdáleností 60 metrů 50:1, zatímco u depozice byl poměr 2500:1. Tato mnohem výraznější depozice v blízkosti zdroje je způsobena faktem, že některá zrna nikdy nebyla schopna efektivního pohybu vzduchem. Toto vysvětlení je relevantní, pokud bereme v úvahu údaje vycházející z dat o depozici. Je-li považována koncentrace ve vzdálenosti jednoho metru za 100 %, výsledky z patnácti vzorků vykázaly průměrnou koncentraci 1,3 % v 54,9 m (SD 3,30) a 1,1 % v 59,5 m (SD 2,1).

Oproti tomu výsledky Jonese a Newella (1948) ukazují, že ve vzdálenosti 427 m byla zjištěna ještě 1 % koncentrace pylu. Jones a Brooks (1950) uvádějí koncentraci 0,75 % ve vzdálenosti 503 m. Je pravděpodobné, že tyto méně strmé křivky depozice jsou následkem větší rozlohy zdroje a vyšší rychlosti větru v době jejich výzkumu. Rychlejší vítr způsobuje rozptýlení na větší vzdálenosti, ale také zvýšenou depozici pylu srážkami (McCartney, 1990). Ve většině údajů empirických studií, týkajících se rozptylu kukuřičného pylu, poukazují klesající koncentrace pylu ve vzduchu ve srovnání s jeho ukládáním jednotně na nadhodnocený odhad depozice nebo podhodnocený odhad koncentrace ve vzduchu (Monteith, 1975).

Důvěryhodnější informace o možném šíření pylu pocházejí z pozorování, kdy se sledovala cizosprašnost, tzn. vzdálené křížení (křížové opylení). Například Jones a Brooks (1950) zjišťovali účinnost vzdálenosti a použití hraničních řad při předcházení vzdáleného křížení u kukuřice. V jednom ze tří let způsobilo křížové opylení překročení povoleného množství příměsí podle mezinárodních standardů platných pro izolační vzdálenost 300 m. Ve vzdálenosti 400 m od pole - zdroje znečištění, bylo průměrné procentuální zastoupení křížového opylení 0,42 % a ve vzdálenosti 500 m byla tato hodnota 0,32 %. Další hodnoty úrovně křížení kukuřice v závislosti na různých vzdálenostech lze nalézt u Jonese a Newella (1948). Ti udávají 7,2 % ve vzdálenosti 250 m. Jones a Brooks (1950) uvádí 2,47 % ve vzdálenosti 200 m a Salamov (1940) 0,21 % ve vzdálenosti 805 m. Stojí za povšimnutí, že podle studií Jonese a Brookse i Salamova dochází ve vzdálenosti 500 m, resp. ve vzdálenosti 800 m, ke křížovému opylení ve velmi podobné míře, přestože u druhé z těchto dvou studií nebyl přítomen vítr, který by mohl míru opylení zvýšit. Toto je případ typické leptokurtické distribuce pylu, což může naznačovat, že v době rozptylu pylu se v okolí pole může vyskytnout nízká hladina pylu pozadí. Jones a Newell (1948) uvádějí, že tyto relativně nízké hodnoty procentuálního zastoupení celkového množství pylu zachyceného ve vzdálenosti 300 m

představují ve skutečnosti poměrně velké množství pylových zm. Z tohoto důvodu je nutné, aby byly při pěstování na polích brány v úvahu koncentrace pylu na pozadí jako všudypřítomný zdroj kontaminace .

Koncentraci kukuřičného pylu v rozdílných vzdálenostech od zdroje lze zobecnit s ohledem na omezená data, která jsou k dispozici. Jedná se o pyl unášený větrem o nízké až střední rychlosti, za suchého počasí. Vyjádřeno v procentech vzhledem ke koncentraci pylu 1 m od zdroje, Qd:

- 60 m od okraje pozemku přibližně 2 %
- 200 m po větru od zdroje přibližně 1,1 %
- 500 m od zdroje 0,75 % až 0,5 %

Tyto relativně nízké procentuální hodnoty mohou přesto zapříčinit značně velké koncentrace pylu na receptorském pozemku, a to díky velkému množství pylu uvolňovaného z kukuřice. Za předpokladu, že na receptorském pozemku nebyl uvolněn žádný konkurenční pyl, může mít toto množství za následek vysoké procento křížového opylení. Odhaduje se, že množství pylových zrn, které vyprodukuje jedna rostlina, se pohybuje řádově kolem 25 milionů. V době květu se množství pylu vyprodukovaného jednou rostlinou může rovnat množství pylu, který je k dispozici k opylení kukuřice na donorském stanovišti. Obvykle však toto množství nebývá u všech rostlin na pozemku shodné, neboť dochází k depozici a filtrování uvnitř stanoviště. Abychom reálně odhadli stupeň křížového opylení, ke kterému může dojít na základě těchto údajů, musíme vzít v úvahu další aspekty jako například: synchronizaci zrání květů (jak samčích tak samičích), relativní množství koncentrace pylu produkovaného na donorském pozemku a na pozemku receptorském při vrcholu opylování (může dojít k časovému překryvu produkce pylu na 2 stanovištích, takže může dojít ke konkurenci v opylení mezi pyly ze dvou zdrojů) a hodnoty samosterility nebo křížové sterility určité odrůdy.

Za předpokladu, že dojde k časovému překryvu uvolňování pylu ze dvou kukuřičných polí, dojde při opylení ke konkurenci. Vydátnost dárcovského zdroje (Qd) je třeba brát v úvahu ve vztahu k vydátnosti receptorského zdroje (Qr). Pokud kvetení probíhá ve stejné době a obě stanoviště produkují stejné množství pylu, pak může být zohledněna relativní koncentrace pylu z dárcovského pozemku a z pozemku receptorského. Například pro vzdálenost 60 m udává vzorec  $Qd \times 2 \% / Qr$  odhadovanou pravděpodobnost opylení. Vezmeme-li v úvahu výše uvedené hodnoty, bude proměnná Qd pro běžnou koncentraci pylu na okraji receptorského pozemku ve vzdálenosti 60 m 2 %, ve vzdálenosti 200 m 1,08 % a v 500 m 0,74 až 0,49 %. Při těchto poměrech koncentrací by byly hodnoty křížového opylení ve vzdálenosti 500 m řádově 1 zrno na každých 135 až 204 vajíček. Tyto odhady by však měly být chápány pouze jako přibližné vodítko. Tyto hodnoty se totiž mění v závislosti na působení různých faktorů jako jsou např. klimatické podmínky, které ovlivňují přenos pylu, a nebo množství včel a ostatního hmyzu v okolí, což míru transferu pylu pravděpodobně zvyšuje.

O transportu pylu na delší vzdálenosti toho víme velice málo. Z dále uvedených údajů však vyplývá, že pyl se zachovalou schopností opylení může z místa s geneticky manipulovanými plodinami putovat na vzdálenost až 12 km. Pokud nastanou vhodné povětrnostní podmínky, může dojít k opylení kukuřice pěstované na ekologicky obdělávaných nebo na běžných hospodářských pozemcích v této oblasti.

## Rozptyl na delší vzdálenosti

Za určitých povětrnostních podmínek mohou částice, včetně pylových zrn, putovat s pomocí větru na značné vzdálenosti. Rozptyl kukuřičného pylu na velké vzdálenosti je třeba brát v úvahu v období jeho schopnosti opylit (*za normálních povětrnostních podmínek v rámci 24 hodin, Purseglove, 1972*).

K vertikálnímu transportu pylu dochází pomocí různých mechanismů. Za teplých dnů, při slabém proudění vzduchu se vzestupné teplé proudy, vznikající ohřevem zemského povrchu od slunce, dostanou do hraniční vrstvy. Tato činnost má značný vliv na částice, které jsou během dne laterálně rozptylovány konvekčními proudy a klesají, když proudění ustane (*Oke, 1978*).

Většina větrosprašného pylu je uvolněna za suchého a teplého počasí a během dne. V těchto dnech dochází zejména k vzestupnému proudění teplého vzduchu, stoupajícímu turbulentně, což příznivě ovlivňuje transport pylových zrn vzhůru do vyšších vrstev. Vrchní okraj konvekčního proudění se vyznačuje termální inverzí, jejímž častým projevem je přítomnost mraků typu cumulus. Konvekční proudy obvykle dosahují 1-3 km v průměru, 1-2000 m na výšku a každý z nich má životnost 20-30 minut. Během této doby se mohou pohybovat po směru větru. Jednotlivé proudy mohou tvořit proudy složené, které dosahují velikosti 5-10 km napříč a jejich životnost se pohybuje v rozmezí několika hodin. Vzestupná rychlost na horním okraji proudů dosahuje hodnoty 0,5-1,5 m/s a horizontální expanze činí 0,5-1,0 m/s (*Hardy and Ottersen, 1968*). Některá pylová zrna dosáhla inverzní vrstvy poté, co proud ustal. Potom mohou být v závislosti na povětrnostních podmínkách horizontálně přenesena na značné vzdálenosti. Během večerních a nočních hodin proudění ustává a pyl má tendenci klesat zpátky k zemi, což však může být ztíženo inverzí v nízkých vrstvách. Pyl zachycený prouděním vzduchu má obvykle možnost cestovat po dobu maximálně jednoho dne. To přibližně odpovídá vzdálenosti 50-180 km. Je však známo, že za příznivých meteorologických podmínek dochází příležitostně k transportům na mnohem delší vzdálenosti (*Faegri et Iversen, 1989*).

Ve dnech se slabším slunečním zářením a vyššími rychlostmi větru může být pyl vertikálně rozptýlen pomocí turbulence způsobené buďto nestabilitou při náhlém snížení rychlosti větru nebo nepravidelnostmi povrchu jako například nerovným terénem. Biologické částice v detekovatelných koncentracích, vynesené do hraniční vrstvy, byly objeveny ve vzdálenostech až několika stovek kilometrů po větru (*např. Hjelmroos, 1991*). K výraznému transportu do velkých výšek může dojít vzestupným prouděním vzduchu způsobeným silnými

konvekčními bouřemi. Při těchto bouřích jsou obrovské masy vzduchu, původně ležící při zemském povrchu, během několika desítek minut přemístěny do výšek řádově 8 až 12 km nad zemí. V takové výšce jsou ve středních zeměpisných šířkách velmi často silné větry, dosahující rychlosti 25 až 50 m/s, takže se pyl během několika hodin může dostat do velkých vzdáleností (*Mandrioli et al., 1984*).

Hirst et al. (1967) odebrali vzorky pylu a výtrusů ze vzduchu nad Severním mořem. Popisují případ, kdy byl mrak vzniklý nad Velkou Británií později nalezen s určitou koncentrací pylu nad Severním mořem. Pyl uvolněný v průběhu jednoho dne byl následujícího dne nalezen 300-400 km od pobřeží. K přenosu došlo nad mořem, kde mohou být odlišné rozptylové podmínky než nad pevninou, a to v závislosti na počasí. Následkem turbulence tak může být například přenos pylu nad pevninou umocněn zvýšeným prouděním a nebo naopak potlačen jeho větší depozicí. Tyldesley (1973) nalezl znatelné množství pylu ze stromů (až 30 zrn v m<sup>3</sup>) ve vzduchu na Shetlandech, kde žádné stromy nejsou, 250-380 km daleko od nejbližších lesů, což umožňují vhodné meteorologické podmínky, např. cyklóny.

Frontální bouřka je během velmi krátké doby schopna zvednout vzdušné masy do výše několika kilometrů a tak odnést pylová zrna během dne a noci do značných výšek (*Faegri et Iversen, 1989*). Když už se pyl jednou dostane do horní vrstvy atmosféry, může pomoci větru cestovat několik stovek kilometrů, než se nakonec usadí nebo je zachycen kapkami vody a se srážkami se společně vrátí na zemský povrch (*Mandrioli, 1984*). Neefektivněji dochází k transportu pylu na velké vzdálenosti za suchého počasí s omezeným turbulentním prouděním a při mírných až vysokých rychlostech větru.

Vyskytují-li se za letních dnů horizontální větry o střední rychlosti 2 m/s a dojde-li ke konvekčnímu proudění, které je schopno udržovat pylová zrna ve vzduchu, kukuřičný pyl je schopen putovat rychlostí 1 km za 4,16 minuty nebo-li 7,2 km/hod (teoreticky 172,8 km/den). Při rychlostech větru 10 m/s by tedy některá pylová zrna, než se usadí, urazila po směru větru větší vzdálenost, než při nižších rychlostech větru. Větry s rychlostí 10 m/s zvyšují turbulentní podmínky v hraniční vrstvě a tak drží některá pylová zrna ve vzduchu déle než při neturbulentním proudění vzduchu. Pokud pyl vydrží ve vzduchu, může urazit 36 km za hodinu, tj. téměř 864 km za den.

## **Přenos kukuřičného pylu včelami a dalším hmyzem**

Kukuřičný pyl je většinou rozptýlen větrem, ale je také sbírán včelami (*Percival, 1947, 1955; Nowakowski a Morse, 1982; Vaissiere a Vinson, 1994*) a může být přenášen i mouchami. Kukuřičný pyl může být obsažen v medu, ale ne jako dominantní druh pylu. Často je v medu obsaženo 90 % základního typu pylu a 10 % směsi pylu mnoha různých druhů, mezi nimiž jsou také některé větrosnubné druhy jako např. trávy a kukuřice (*Hodges, 1984*). Odhady vzdáleností, které včely urazí při cestě za pylem nebo nektarem, se liší. Hooper (1976) uvádí vzdálenost přibližně 1,5 míle (1 míle = 1,6 km). Morse (1972) s tímto údajem ve většině případů souhlasí, ale upozorňuje i na skutečnost, že včela je schopna urazit i 8 až 9 míle,

pokud je to nezbytně nutné. V poslední době se všeobecně uznává, že včely pravidelně létají do vzdálenosti 3 míle od úlu, ale pokud je někde blíže dobrý zdroj pylu, tak daleko se nevydávají. Co se týče přenosu genů, je pozorování včel sbírajících pyl z vláken kukuřice pravděpodobně důležité, neboť se kukuřice řadí mezi rostliny jednosubnné. Tím, že jsou kukuřičná vlákna zcela oddělena od samičích květů neobsahujících nektar, nezůstane nic, co by včely a ostatní hmyz lákalo k jejich návštěvě. Bateman (1947a) uvádí, že včely často navštěvují kukuřičná vlákna samičích květů, aby na nich sbíraly pyl, ale samičí vlákna nenavštěvují. Ve srovnání s dvousubnnými plodinami jsou možnosti opylení prostřednictvím hmyzu pravděpodobně více omezené. Nicméně pyl nasbíraný včelami se může dostat do medu, a způsobit tím problémy ekologicky hospodařícím chovatelům včel, jejichž včely shání pyl na geneticky manipulovaných plodinách. Kromě toho je pravděpodobné, že při náhodných střetech včel s ostatními druhy hmyzu může dojít k přenosu kukuřičného pylu na sousední pole.

## Závěr

Je zřejmé, že se kukuřičný pyl šíří na mnohem větší vzdálenosti než je 200 m, což se v mnoha zprávách uvádí jako dostatečná oddělovací vzdálenost k zabránění křížového opylení. Při malých až středních rychlostech větru by se mohl kukuřičný pyl, uvolňovaný z plodiny v nízké koncentraci na pozadí, rozšířit do vzdálenosti 12 i více kilometrů. Dopad na opylení by závisel na síle zdroje a relativním stadiu zrání květu. Za určitých povětrnostních podmínek, zvláště takových, které mají za následek vzestupné proudění, se malé procento kukuřičného pylu dostane pomocí větru mnohem dále. Množství tohoto pylu není možno s dostatečnou přesností určit. Je pravděpodobné, že geneticky manipulovaná kukuřice bude včelami opylována v okruhu několika kilometrů a že se tak stane součástí jejich medu.

Problémy rozptylu pylu z geneticky manipulovaných plodin se netýkají jen kukuřice. Při pokusech sledujících pyl řepky olejné ve vzdálenostech mezi 35 a 475 m od geneticky manipulované plodiny (*National Pollen Research Unit, 1999*) byla zaznamenána maximální koncentrace 146,77 zrn v m<sup>3</sup>. Ta byla naměřena ve vzdálenosti 425 m od okraje pole, očividně mnohem dále než je ochranná vzdálenost. U pylu sebraného ve vzdálenosti 465 a 475 m od okraje pole byla analýza DNA na přítomnost GMO pozitivní. Navíc byly geneticky manipulované komponenty nalezeny u všech šesti vzorků pylu, který včely sebraly v blízkosti plodiny. Celkově tyto výsledky ukázaly, že pyl řepky olejné může být prouděním vzduchu dopraven do vzdálenosti minimálně 425 m od okraje úrody a to v nezanedbatelných koncentracích a že ho včely také přenašejí.

Je zřejmé, že se kukuřičný pyl šíří na mnohem větší vzdálenosti než je 200 m, což se v mnoha zprávách uvádí jako dostatečná oddělovací vzdálenost

# OPYLOVÁNÍ VČELAMI

Geoffrey Hopkinson

## ODBOBNÉ ZNALOSTI

Včely chovám již od roku 1949 celkem v pěti okresech. Kromě toho mám dlouhodobou zkušenost se studiem změn flóry venkova a vlivu těchto změn na chov včel. Vlastním Certifikát chovatele včel Britské asociace chovatelů včel a Národní diplom za chov včel; jsem předsedou zkušební komise. Dále působím jako výkonný člen Rady pro environmentální výchovu a jsem členem její strany nazývající se Biodiversity Education Working Party. Píši a přednáším na téma včelařství. Specializuji se na venkovské vztahy, opylování a floru. Byl jsem redaktorem časopisu „Learning From The Land“, který vydává Vzdělávací služba pro potravinářství a zemědělství.

## OTÁZKA PRO SVĚDKA

Byl jsem požádán, abych se na základě známých a veřejně přístupných informací z července 1999 vyjádřil k otázce sběru kukuřičného pylu medonosnými včelami.



## SOUHRN

Tato zpráva zkoumá vzájemné vztahy kukuřice (*Zea mays*) a včely medonosné (*Apis mellifera*).

- Včely medonosné sbírají kukuřičný pyl v období, kdy je počet včel v koloniích nejvyšší. Majitelé včelstev si tohoto přirozeného chování včel medonosných všimli poté, co byla v posledních letech zvýšena osevní plocha kukuřice. Včely jsou schopny odnést tento pyl do vzdálenosti několik mil, přičemž je možné, že část pylu je zanesena do velké vzdálenosti od úlu při průzkumných letech ostatních včel. Kukuřičný pyl může být, v závislosti na oblasti, nalezen v medu, a je ho možno najít i v pylu sbíraném pro produkty zdravé výživy.
- Pokud je geneticky manipulovaná plodina pěstována v okruhu do 3 mil od včelího úlu nebo od kolonií divokých včel, je nutno počítat s tím, že část pylu může být přenesena na geneticky nemanipulovanou kukuřici v rámci této oblasti.
- Ze stejného důvodu se pyl z geneticky manipulované kukuřice pravděpodobně dostane do eventuální sklizně medu, i když v různé koncentraci. Bude také patrně součástí pylu prodávaného v obchodech se zdravou výživou.
- V současné atmosféře odporu vůči genetickým manipulacím by tato skutečnost měla jednoznačně škodlivý vliv na malovýrobce. Ještě je zapotřebí zhodnotit, do jaké míry.

## VYJÁDRĚNÍ SVĚDKA

### Úvod

Je známo, že kukuřice *Zea mays* je větrosná rostlina náležející do čeledi trav *Gramineae*. Samčí květy jsou soustředěny na vrcholu rostliny v květenství lata, přesněji ve shloučené latě, zatímco samičí květenství nebo-li ouška jsou umístěna níže. Ta jsou uzavřena v pochvách, z kterých vyrůstají dlouhé svěšené blizny nazývané vlákna. Rostlina, která kvete často až dva týdny, zachycuje na vláknech pyl, který je rozptylován větrem (*Procter a Yeo, 1979*).

### Kukuřice jako zdroj pylu pro včely

O tom, že včely medonosné sbírají pyl, existují nezvratné důkazy. Co se týká kukuřice, F. N. Howes roku 1945 zaznamenal, že „samčí tyčinky poskytují na shloučené latě velké množství pylu, který je včelami někdy sbírán“ (*Howes, 1947*). Roku 1982 podal Nowakowski zprávu: „Je spočítáno, že mnoho odrůd cukrové kukuřice v USA produkuje více než 170 kg pylu/ha. Suchý pyl se uvolňuje v ranních hodinách, a poté je sbírán včelami. Sbírá se jim nejlépe, pokud byl předtím zvlhčen deštěm“ (*Nowakowski, 1982*). Podle zpráv z Rumunska je kukuřičný pyl sklizen odvlákněním a výnos 50 kg/ha je skladován pro krmení včel v době, kdy je pylu nedostatek. Roku 1998 Clive de Bruyn (*de Bruyn, 1998*) potvrdil výsledky pozorování F. N. Howese a zahrnul kukuřici do svého seznamu 47 hlavních rostlin, jejichž pyl slouží včelám jako zdroj potravy. Nicméně na stupnici významnosti (od dvou do devíti) je jí přiřazena

hodnota 3. Rex Walker v publikaci „Pollen Identification for Beekeepers“ („Určování pylu pro včelaře“), což je uznávaný text v kruzích britských chovatelů včel, označuje kukuřičný pyl jako dosti velký (90  $\mu\text{m}$  nebo-li 0,09 mm) oproti čeledím *Ericaceae* (30-50  $\mu\text{m}$ ) a *Malus* (35  $\mu\text{m}$ ).

Kukuřice je hlavní africkou plodinou. J. Amoako (1997), zabývající se chovem včel v Ghaně, považuje kukuřici za nejdůležitější zdroj pylu. Atallah, Aly a Eshbah (1988) provedli obdobná pozorování při své práci v Egyptě.

### **Kukuřice ve Velké Británii**

I když je kukuřice pěstována v nížinných oblastech jižně od Ayr a v oblastech kolem Newcastleu, převážná část se pěstuje jižně od Mersey až k Humberu v nadmořské výšce nižší než 170 m. Nesmíme zapomenout ani na Lancashire a Yorkshire, kde však již hraje roli výběr stanoviště. Toto zeměpisné rozšíření řadí celkovou rozlohu pěstované kukuřice do letového pásma několika tisíců včelích rojů. Na vrcholu sezóny v době květu čítá každý z těchto rojů přibližně 50 000 včel. Pěstování kukuřice s sebou přináší tolik výhod, že od doby, kdy byla zlepšena pevnost stonku a urychleno zrání, postupně rozloha kukuřice pěstované na siláž narůstá. V souvislosti s touto skutečností přichází do styku s touto zemědělskou plodinou stále více chovatelů včel.

### **Akční rádius včel a sběr pylu**

Vzdálenost, kterou včela dělnice urazí při cestě za pylem, závisí na povětrnostních podmínkách v různých ročních obdobích a na dosažitelnosti potravy. Včely vyhledávají nektar (uhlohydráty), pyl (proteiny), vodu a propolis (sbíraný jako pryskyřice ze stromů a používaný k utěsnění hnízda).

Vzdálenosti, které včely při hledání výše zmíněných surovin uletí, jsou různé. Americký vědec Eckert ve své studii uvádí, že během abnormálních podmínek v aridních oblastech Wyomingu zaznamenal příjem pylu rostlinami vzdálených 7 mil od zavlažovaných plodin (Eckert, 1933). Jiný americký badatel, Thomas Seeley, zaznamenal, že převážná část pylu byla nasbírána v okruhu 1 km, nicméně nezanedbatelné množství se nacházelo i v okruhu až do 4 km (Seeley, 1985). Podle praktických zkušeností britských chovatelů včel se za aktivní hranici doletu považují 3 míle, přičemž platí, že čím kratší je vzdálenost mezi úlem a zdrojem potravy, tím více je návratů. Má se za to, že k tvorbě medu přispívají s největší pravděpodobností plodiny v okruhu půl míle.

Výskyt včelích úlů v blízkosti míst, kde probíhají pokusy s geneticky manipulovanými plodinami, představuje pouze část problému. Na území Britských ostrovů, kde se včely chovají, žijí i divoké včely, jejichž roje přebývají v dutých stromech, pod rozpadlými střechami nebo ve skalních dutinách. Některé žijí krátce, zatímco jiné se dožívají i několika let. Často je můžeme zahlédnout jen ve vrcholu sezóny nebo v době rojení, ale přesto přispívají svým dílem při sběru potravy včelstvy v určité oblasti. Rojení včel, které vylétají z úlu a hledají nová

sídla v dutých stromech nebo pod rozpadlými střechami, dosahuje vrcholu v květnu nebo v červnu, což je ve stejné době, kdy kukuřice kvete.

Ve snaze stanovit spolehlivé parametry pro sběr pylu a jeho následné zužitkování je potřeba zohlednit i další věc. Některá pylová zrna přilnou k chloupkům na těle včely. Ta pak s nimi letí v opačném směru od původního zdroje pylu. Jinými slovy účinný akční rádius pro přenos pylu může být v některých případech i dvojnásobný.

## **Pyl**

Pro metabolismus roje je pyl vedle zdroje lipidů (tuků) a určitých uhlohydrátů zdrojem esenciálních rostlinných bílkovin. Potřeba roje se pohybuje okolo 20 kg pylu za sezónu, což představuje asi 200 000 včelích doletů s pylem.

Obsah bílkovin v pylu se může pohybovat mezi 7 % až 30 %. I když se kukuřice nachází na spodním okraji tohoto rozpětí, v dobách nouze včely sbírají pyl ze všech možných zdrojů. Nedostatek pylu je nejčastější v oblastech, kde je intenzivně obdělávána orná půda. Tyto oblasti trpí absencí přirozeně se vyskytujících plevelů, stromů a křovin. To má často zhoubný vliv na roje, které jsou od těchto přirozeně se vyskytujících zdrojů izolovány a zpracovávají pyl řepky olejné nebo bobovitých plodin. Hodně takových případů najdeme v bažinatých oblastech jižního Lincolnshiru.

## **Pyl v medu a v produktech zdravé výživy**

Po přenesení pylu do úlu, je pylový náklad určený k uskladnění, přepraven do blízkosti matečnicku. I když je tento pyl určen hlavně pro výživu potomstva, rozměry i těch největších zrn jsou tak malé, že se určité procento dostane do uskladněného medu. Určité množství pylu může následně zůstat i v odstředěném medu. Tento fakt je důležitý hlavně proto, že izolace pylových zrn ze vzorků medu slouží jako základní analytická metoda při určování, z jakého květu nebo alespoň přibližně z jaké oblasti med pochází.

Pyl lze v jakémkoli množství odstranit tlakovou filtrací, což je nákladný postup získávání čistšího, průzračnějšího produktu, který je z tohoto důvodu lákavý pro majitele stáčíren dovážejících med. Takový postup však v rámci možností malovýrobců, kteří jsou páteří chovu včel ve Velké Británii, nelze uplatňovat. Med obsahující pylová zrna, je velice často vyhledáván a oblíben spotřebiteli.

**Pyl v jakémkoli množství lze odstranit tlakovou filtrací ... tento postup však není v rámci možností malovýrobců**

Množství pylu v jakémkoli vzorku medu je proměnlivé v závislosti na rostlině jako zdroji a metodě extrakce. „Některé vzorky medu mohou obsahovat pouze několik tisíc zrn v 10 gms, zatímco u jiných vzorků může tato hodnota dosáhnout až 160 000. Normální med by měl obsahovat 2500 až 6000 pylových zrn v 10 gms.“ (*Seeley, 1985*).

I když existuje určité optimální množství pylu, potřebného pro efektivní metabolismus kolonie, a i když může být pylu nedostatek, ve většině oblastí včely sbírají a skladují o něco více pylu, než opravdu potřebují. Tak vzniká situace, v níž tento starý, nepoužitý pyl vysychá a je včelami vyřazen.

V rámci trhu se zdravou výživou existuje trh s pylem. Uznávanou technikou sběru pylu je instalace speciálního pylového lapače u vchodu do úlu. Včely musí proletět sítí s oky takové velikosti, že je část nákladu setřena z pylových košíčků nebo chmýří na zadních nohou včely dělnice. Pyl je poté sklizen ze sběracího tácu a použit buď pro případný prodej nebo následujícího jara pro podpůrnou výživu včel. Pro některé malovýrobce, zabývající se chovem včel, je prodej pylu klíčový k udržení ekonomické životaschopnosti. Uvádí se, že na severu Anglie jeden prodejce s homeopatickými přípravky prodá na trhu se zdravou výživou každý rok 12 tun pylu.

Tento sušený, čistý pyl je používán jako potravinový doplněk. Například při každé snídani se může přidávat jedna čajová lžička až jedna polévková lžice pylu k cereáliím. Další trh pro nasbíraný pyl představuje příprava propolisových léčiv, kde může být používán jako plnidlo. (Propolis je pryskyřice sbíraná včelami na utěsnění hnízda a často je vyhledávanou surovinou na trhu s homeopatiky kvůli svým antiseptickým vlastnostem).



# NEBEZPEČÍ PRO EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ

Richard Young

## ODBORNÉ ZNALOSTI

V současné době jsem vládním poradcem Půdní asociace. Od roku 1974 pěstuji plodiny a chovám zemědělská zvířata podle zásad ekologického zemědělství stanovených Půdní asociací na zhruba 400 akrech. Další aktivity: od roku 1985 do současnosti jsem členem Výboru pro zemědělské standardy Půdní asociace; od roku 1987 do roku 1991 jsem nesl odpovědnost za vývoj inspekce a certifikačního programu pro ekologické zemědělství jako čestný předseda komise s názvem „Symbol Committee“ při Půdní asociaci; ve stejné době jsem také zastával následující čestné funkce – člen Rady Půdní asociace, předseda Komise pro zásady chovu zemědělských zvířat, člen poradního výboru při Radě UKROFS a následující placené funkce: zástupce ředitele Britských ekologických zemědělců, vydavatel časopisu „New Farmer and Grower“. Zabýval jsem se výzkumem otázek týkajících se zemědělství a témat spojených s potravinami a o této problematice jsem také psal. Jsem autorem a spoluautorem řady zpráv Půdní asociace.

## OTÁZKA PRO SVĚDKA

Byl jsem požádán, abych se na základě známých a veřejně přístupných informací z července 1999 vyjádřil k otázce rizik, která představují geneticky manipulované plodiny pro ekologické zemědělství.

## SOUHRN

- Již mnoho desetiletí se vyvíjí ekologické zemědělství jako systémově založená alternativa k zemědělství konvenčnímu, které používá umělá hnojiva a pesticidy. Mnohé z těchto chemických prostředků mají škodlivý vliv na životní prostředí a je zapotřebí obrovského množství energie při jejich získávání, výrobě, transportu a aplikaci.
- V současné době se ekologické zemědělství ve Velké Británii rozvíjí rychleji než kdykoli předtím. Roční nárůst činí 25 %, poptávka po jeho produktech však roste o 40 %. Následkem toho jsou produkty ekologického zemědělství (tzv. biopotraviny) cenově zvýhodněny. Zatímco ceny u konvenčního zemědělství ve většině případů klesají, ekologickému zemědělství, které je sice zatím realizováno v malé míře (jen 1,3 % obdělávané půdy), je předpovídána světlá budoucnost. Vláda nedávno vyčlenila 140 milionů liber na pomoc zemědělcům, kteří se rozhodli způsob výroby změnit a přejít z konvenčního na ekologické zemědělství.
- Organizace podporující ekologické zemědělství ve Velké Británii, EU i po celém světě tvoří opozici proti používání genetického inženýrství při šlechtění plodin. Tyto organizace zakázaly pěstování plodin vyvinutých genetickou manipulací na půdě obdělávané ekologickým způsobem a používání geneticky manipulovaných příměsí při zpracování biopotravin.
- Tato opozice vychází z nejistot a nepředvídatelnosti technologií genového inženýrství, neboť:
  - představují nepřijatelnou hrozbu pro lidské zdraví,
  - využívají postupy odporující zásadám trvale udržitelného zemědělství, jak byly definovány organizacemi ekologického zemědělství,
  - pravděpodobně způsobí nevratné poškození životního prostředí,
  - pravděpodobně způsobí narušení biodiverzity druhů,
  - jejich následkem bude vypuštění organismů, které z prostředí nelze stáhnout zpět,
  - geneticky manipulované organismy kontaminují ostatní hospodářství,
  - zbavují zemědělce i spotřebitele práva volby,
  - porušují základní vlastnická práva zemědělců a ohrožují jejich ekonomickou nezávislost.
- Pěstování plodin vyvinutých genetickou manipulací na konvenčních hospodářstvích, zvláště v tak malé zemi jako je Velká Británie, představuje riziko kontaminace bioplodin řadou způsobů. Odpovědné orgány, zabývající se ekologickým zemědělstvím, se tento problém snaží řešit, jak je to jen možné, a to tím, že se snaží pozměnit standardy pro ekologické zemědělství. Standardy jsou právně závazná pravidla, která určují způsoby produkce, zpracování a prodeje výrobků ekologického zemědělství. Nicméně ekologická a konvenční výroba spolu často souvisí. V ekologickém zemědělství je povoleno používat některé konvenčně vyrobené suroviny (hlavně osivo, krmivo a chlévskou mrvu). Z tohoto důvodu vede Půdní asociace, vrcholný orgán ekologického zemědělství ve Velké Británii, kampaň, aby bylo zabráněno pokračujícímu pěstování geneticky manipulovaných plodin

ve Velké Británii, i kdyby to bylo jen za účelem pokusů. Hlavním důvodem je nekontrolovatelný a nepředvídatelný způsob šíření těchto plodin. Kontaminace plodin pěstovaných ekologickým způsobem by vedla ke ztrátě statutu ekologického zemědělství a ke značným pokutám.

Ekologičtí zemědělci Velké Británie, EU a celého světa bojují proti využití genetických manipulací ve vývoji nových zemědělských plodin ... z důvodu nepřesnosti a nepředvídatelných vlastností technologie genového inženýrství

## VÝPOVĚĚ SVĚDKA

Od března 1998 jsem měl možnost sledovat specifický přístup Půdní asociace ke genovému inženýrství. V této zprávě předkládám svoje názory, jsou však těsně spjaty s postoji Půdní asociace, které v podstatě zohledňují.

### **Podklady – geneticky manipulované plodiny - postoj Půdní asociace**

Před sedmi lety věděla Půdní asociace o genetických manipulacích jen velmi málo. Tehdy se rozhodla na úrovni rady zhodnotit podstatu jednotlivých případů z hlediska jejich přijatelnosti v rámci systémů ekologického zemědělství. Avšak během následujících dvou let obdržela organizace od řady členů, výrobců, spotřebitelů a vědců informace o potenciálních nebezpečích genetických manipulací. Následkem toho se organizace začala o tuto problematiku více zajímat. Brzy se ukázalo, že mnoho závažných otázek, týkajících se dlouhodobé bezpečnosti geneticky manipulovaných potravin, zůstalo nezodpovězeno.

Zdále se nejedná o tak neškodnou technologii, jak se všeobecně tvrdilo. Půdní asociace si uvědomila často nepřesný charakter technologií genového inženýrství a obrovskou rychlost, jakou se vyvíjejí. Použití této technologie s sebou přináší jistou pravděpodobnost toho, že uvedení geneticky manipulovaných plodin do zemědělství může:

- způsobit závažnou ekologickou nerovnováhu a urychlit snižování biodiverzity druhů,
- vést k nepředvídatelným vlivům na lidské zdraví.

Půdní asociace také projevila obavy z toho, že používání geneticky manipulovaných bakterií a virů (jako vektorů v technologii rekombinace DNA) by mohlo vést ke vzniku nových a možná neléčitelných bakteriálních infekcí a virových onemocnění.

Původně organizace reagovala na zavedení geneticky manipulovaných potravin doporučením dalšího výzkumu. Jak se ale objevovaly další a další možné problémy, Půdní asociace pocítila jako svou povinnost vůči svým členům i spotřebitelům nakupujícím biopotraviny, přijmout bezpečnostní opatření a zakázat používání těchto technologií při výrobě biopotravin.



Postupně bylo Půdní asociaci jasné, že i když byla genetická manipulace propagována jako způsob „trvale udržitelného“ zemědělství, pojem „trvale udržitelné“ měl jen málo společného s názorem organizace na to, co trvalá udržitelnost ve skutečnosti znamená.

Půdní asociace se domnívá, že ve světě vyčerpávajících se zdrojů, je jediný trvalý způsob, jak provozovat „trvale udržitelné“ zemědělství, tzv. systémový přístup. To znamená dbát na dlouhodobou kvalitu půdy vyloučením toxických chemikálií a vybalancováním fází exploatačního pěstování s fázemi zvyšování úrodnosti. Souběžně s tím nahlížet na zemědělství jako na celek, který vytváří a recykluje takové množství svých zdrojů, kolik je jenom možné. Tento zásadní, společně sdílený názor tvoří základ pro vývoj ekologického zemědělství nejen ve Velké Británii, ale i po celém světě již více než 50 let. Půdní asociace v první řadě považuje za nepřipustné, aby se v důsledku technologie genetických manipulací závislost zemědělců na kupovaných a konečných zásobách neustále zvyšovala a aby celý proces vedl k dalšímu nárůstu ‚industrializace‘ výroby potravin a následné degradaci půd. Oba trendy se organizace snaží po celou dobu svého působení změnit.

### **Zásady ekologického zemědělství a genetické manipulace – SOUHRN**

Zásady ekologického zemědělství jsou právně závazná pravidla a regulace řídicí produkci, uskladnění, zpracování a prodej všech potravin uváděných a prodávaných jako tzv. biopotraviny. V EU se ekologické zemědělství řídí nařízením Rady EU č. 2092/91 (V České republice pak zákonem č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství, pozn. překladatele). Členské státy mají možnost jakkoli zvyšovat standardy, pokud je navrhnou kompetentní orgány pro ekologické zemědělství, např. Půdní asociace ve Velké Británii. Jednotlivé členské státy nebo jejich odpovědné orgány mohou prosadit specifické rysy svých vlastních norem a odlišit je vlastním certifikačním logem, ale nemohou zakázat prodej produktu, který je označen jako biopotravina, jestliže vyhovuje legislativě EU.

Na základě úvah o genetických manipulacích přijala Půdní asociace rozhodnutí, že zásadně nesouhlasí s genetickou manipulací plodin a vydala zákaz používat tyto plodiny v ekologickém zemědělství, a to na základě přesných standardů produkce, které organizace stanovuje a kontroluje.

Poněvadž se ve Velké Británii řídí pravidly Půdní asociace jen 70 % výrobců biopotravin, považovala asociace za nutné předložit záležitost geneticky manipulovaných plodin Britskému registru pro standardy biopotravin (UKROFS). UKROFS je národní orgán, který má dohlížet na implementaci legislativy EU ohledně ekologického zemědělství a zajistit zachování minimálních národních standardů ekologického zemědělství a výroby biopotravin. Členové rady a certifikační komise UKROFSu jsou jmenováni ministry tak, aby reprezentovali široký okruh zájmů kolem výroby a zpracování biopotravin ve Velké Británii. Po řadě setkání a po určité době, kdy jednotliví členové rady a komise projednávali problémy se zastupovanými organizacemi, zaujala rada UKROFS stejný postoj jako rada Půdní asociace. To vyústilo v dohodu o podrobných a publikovaných změnách podle jejich vlastních zásad.

Obsah této dohody byl poté UKROFSem a Půdní asociací předložen na úrovni EU, kde k ní byly připojeny podobné podněty z celého evropského hnutí ekologického zemědělství. Dalším důsledkem této dohody bylo, že po dvou letech byly přijaty dodatky k nařízení EU ohledně výroby biopotravin, které zakazují používání geneticky manipulovaných plodin při výrobě biopotravin v celé EU. Tyto dodatky byly přijaty 19. července 1999 jako součást nařízení Rady (EC No 1804/1999) a vešly v platnost 24. srpna 1999.

Mezi zástupci ekologického zemědělství na mezinárodní úrovni panuje jednomyslný odpor vůči genovému inženýrství při výrobě potravin. Tento postoj byl potvrzen deklarací z 22. listopadu 1998, přijatou na 12. vědecké konferenci „Mezinárodní federace hnutí organického zemědělství“ (IFOAM) v Argentině, kde delegáti více než 60 zemí, zastupující hlavní světové organizace ekologického zemědělství, vydali následující prohlášení:

„IFOAM vyzývá vlády a kontrolní úřady na celém světě, aby okamžitě zakázaly používání genetických manipulací v zemědělství a při výrobě potravin, neboť představují:

- nepřijatelnou hrozbu pro lidské zdraví,
- negativní a nevratný vliv na životní prostředí,
- vypuštění organismů s nevratným vlivem na životní prostředí,
- ztrátu práva volby jak pro spotřebitele tak pro zemědělce,
- porušení základního práva zemědělce (práva na soukromé vlastnictví) a ohrožení jejich ekonomické nezávislosti,
- používání postupů, které se neslučují se zásadami trvale udržitelného zemědělství, jak je definovala IFOAM.“

### **Kampaň Půdní asociace proti geneticky manipulovaným potravinám**

Půdní asociace je registrovaná nezisková instituce a členové její Rady jsou demokraticky voleni těmi členy organizace, kteří přispívají na její provoz. Její program inspekce pro ekologické zemědělství a certifikace je řízen soukromou společností s ručením omezeným SA Cert, ale zásady jsou stanovovány Radou pro podporu spotřebitelů, která zabezpečuje spravedlivý obchod mezi jednotlivými členy.

Postoj Půdní asociace ke genetickým manipulacím vznikl na základě názorů jejích členů. Detaily vyvíjejícího se postoje ke geneticky manipulovaným potravinám byly členům Půdní asociace sdělovány prostřednictvím dvou členských časopisů – Living Earth (Živá Země) a Organic Farming (Ekologické zemědělství) – a řady informačních bulletinů včetně Organic Focus a Certification News. Stanoviska Půdní asociace jsou podporována též rozsáhlou příchozí korespondencí na toto téma.

Půdní asociace se zavázala svým členům a všem spotřebitelům potravin certifikovaných jejím logem, že nedovolí žádné geneticky manipulované přísady při výrobě biopotravin. Aby potvrdila tento závazek, vyvinula strategii, která zahrnuje:

- změny uveřejněných zásad a postupů inspekce,
- zavedení dozoru dohlížejícího na kontaminaci, kde je uznáno za vhodné,

- odebrání statutu ekologického zemědělství, kde to bude nutné,
- podporu pokračující kampaně proti pěstování jakýchkoli geneticky manipulovaných plodin ve Velké Británii. Účelem je snížení a pokud možno vyloučení rizika kontaminace ekologicky pěstovaných plodin, půdy a konvenčně vyráběných surovin, které jsou v současné době podle zásad ekologického zemědělství povoleny.

## Zásady

Během několika posledních let byly zásady několikrát pozměněny podle toho, jak vyvstávaly další a další otázky ohledně geneticky manipulovaných plodin. Revize standardů je nikdy nekončící proces. Pro Půdní asociaci pracuje řada komisí zodpovědných za plnění norem v jednotlivých oblastech. Tyto komise podstupují své obavy a doporučení Radě, aby je zohlednila nebo ratifikovala. Rada UKROFS neustále přezkoumává pravidla genového inženýrství a pro tento účel stanovila pracovní skupinu, která má zajistit:

„aby konečně zásady UKROFSu odpovídajícím způsobem odrážely požadavky nařízení EC 1804/1999 tak, aby geneticky manipulované organismy nebo jejich produkty nebyly používány při výrobě biopotravin. Předkládat Radě UKROFS jakékoli pozměňovací návrhy nebo dodatky, které považují za nezbytné“ (UKROFS, 1999).

Dvě základní zásady Půdní asociace stanoví, že:

2.4.4. „Bioprodukty nesmí být kontaminovány geneticky manipulovanými organismy ani jejich produkty. Proto musí pracovníci přijmout veškerá nutná opatření, aby zabránili jakékoli takové kontaminaci bioproduktů během výroby, zpracování, uskladnění a transportu.“

2.4.5. „Certifikát ekologického hospodaření bude odňat půdě, plodinám nebo produktům, kde bude na základě hodnocení a analýzy Komise pro udělování certifikátů shledáno, že půda, plodina či produkt jsou kontaminovány geneticky manipulovanými organismy nebo jejich deriváty. Dále v tom případě, že existuje specifické riziko, že by kontaminovány být mohly. Doba, po kterou bude produkt stažen, se bude posuzovat případ od případu“ (Půdní asociace, červen 1999).

Tyto zásady jsou rozšířeny detailními pravidly, specifickými pro každou rizikovou oblast.

## Předcházení kontaminaci ekologicky obdělávané půdy a ekologicky pěstovaných plodin

### 1) Kontaminace šířením pylu z geneticky manipulovaných plodin

Výzkum „National Pollen Research Unit“ zadaný Půdní asociací a zveřejněný v lednu 1999 (Emberlin et al., 1999) ukázal, že kukuřičný pyl může za určitých podmínek putovat mnoho mil. Tento názor byl dále potvrzen zprávou (Treu and Emberlin, 2000), která uvádí důkazy, že ke křížovému opylení může dojít i u jiných důležitých zemědělských plodin a to na značné vzdálenosti. Pěstování geneticky manipulovaných plodin na zemědělské půdě ve Velké Británii, ať už při pokusech v malém měřítku, pokusech na polích nebo při komerčním pěstování představuje nebezpečí pro certifikaci bioproduktů podobných plodin na ekologicky

hospodařících farmách. Zde může dojít ke křížovému opylení příbuzným druhem plodiny, příbuzným plevem nebo jiným mechanismem přenosu pylu přes vzdálenosti, které jsou doposud doporučovány jako izolační. Vzdálenost, při které hrozí křížové opylení, se liší podle druhů. V případě obilovin je tato vzdálenost relativně malá, kdežto u čeledi *Brassica* dochází k opylení na značné vzdálenosti.

## 2) Šíření rekombinované DNA jinými způsoby

Pokud by se manipulovaná DNA mohla přenést na další plodiny ještě jinými způsoby, představovala by tato situace pro ekologický způsob hospodaření mnohem dlouhodobější hrozbu. Klasickým příkladem je přenos rekombinované DNA prostřednictvím zemědělské techniky, kterou používá více hospodářství. Z tohoto důvodu byla přijata doplňující pravidla, která problém postihují. Nicméně existují další méně zřejmé způsoby, jimiž by mohlo dojít k přenosu genetického materiálu. Půdní asociace si je vědoma, že výzkum v této oblasti je neúplný a že ani ona sama si není jista výkladem předložených důkazů. Je však extrémně opatrná při ochraně ekologického zemědělství před jakýmkoli znečištěním, které by těmito způsoby mohlo vzniknout. A to jednoduše z toho důvodu, že dosud není známo, jaké mohou být dlouhodobé důsledky možného přenosu DNA geneticky manipulovaných plodin pro budoucí certifikaci bioproduktů, pudy a celých zemědělských provozů.

Půdní asociaci ještě například není jasné, zda jsou DNA z pylu nebo jiný rostlinný materiál z geneticky manipulovaných plodin schopny vstoupit do půdního ekosystému, kde opylení neprobíhá. Také není jasné, jestli se tato DNA může dostat z jednoho pole či hospodářství na druhé prostřednictvím půdních organismů nebo mikroorganismů.

Hoffman et al. (1994) prokázali, že se geny z geneticky pozměněných rostlin dostaly do půdních hub a Schluter et al. (1995) pozorovali obdobný efekt u půdních bakterií. Je dobře známo, že půdní houby, jako například u mykorrhizy, hrají podstatnou roli v příjmu živin rostlinami. Zda tento jev může způsobit přenos genetického materiálu z půdních organismů na následné plodiny, není Půdní asociaci dosud známo a ani si není vědoma žádné zmínky na toto téma ve vědecké literatuře. Kdyby byl takový přenos možný, mohla by být ohrožena certifikace bioplodin všude tam, kde k tomuto přenosu dochází, což by mělo značné finanční důsledky.

Od Watanabeových pozorování z roku 1959 (Watanabe, 1963) byla pečlivě zkoumána a zdokumentována schopnost bakterií přenášet rezistenci na antibiotika prostřednictvím extra-chromozomálních genů. O možné hrozbě při používání značkových genů (markerů) rezistentních na antibiotika v některých geneticky manipulovaných plodinách vyšla již řada publikací. Zdá se, že uvedené názory vedly ve Velké Británii k přednostnímu používání odrůd, v nichž byly takovéto geny inaktivovány. Nicméně Půdní asociace stále není přesvědčena, zda tento postup vyloučí riziko přenosu všech genů rezistentních vůči antibiotikům do půdních bakterií a přes ně eventuelně do hospodářských zvířat. Antibiotika, vůči nimž jsou používány geny rezistentní, patří často do skupiny aminoglykosidů. Je známo, že mnozí představitelé

této významné skupiny antibiotik jsou křížově rezistentní, např. gentamycin a apramycin. To je důležité zjištění, neboť dříve používání zástupci této skupiny antibiotik, jako např. streptomycin, se znovu používají při léčení určitých kmenů tuberkulózy, které jsou vůči jiným druhům antibiotik rezistentní (*Young et al., 1999*). Rezistence vůči aminoglykosidům může být vložena do plasmidů, rezistentním vůči několika léčivům zároveň. Tak se může vyskytnout rezistence až vůči osmi různým druhům antibiotik včetně glykopeptidů, které se používají jako poslední možnost při léčení infekcí vůči většině antibiotik rezistentních. K léčení infekcí hospodářských zvířat jsou v ekologických provozech antibiotika povolena. Jakýkoli další faktor, který zvýší možnost vzniku rezistence vůči aminoglykosidům, může mít vážné dopady na zdraví zvířat a kvalitu péče o ně.

Půdní asociace se obává, že pokud DNA z genetiky manipulovaných plodin přejde do půdních organismů, mohl by horizontální transfer genetického materiálu rychle pokračovat. Zatímco se předpokládá, že migrace prostřednictvím mikroorganismů je relativně pomalá, vyvstává zde obava, že pokud genetický materiál vstoupí do bezobratlých živočichů a následně do dalších tvorů, jako např. hmyzu, ptáků a savců, může se podstatně zvýšit rychlost a rozsah šíření. Jak rychle mohou nové organismy osídlit rozsáhlé oblasti, ukazuje rozšíření náhodně zavlečeného novozélandského hlísta v částech Skotska a Severního Irska (*Alston, 1991*).

### **Předcházení kontaminaci konvenčně vyráběných surovin povolených v ekologickém zemědělství**

V současné době jsou v ekologickém zemědělství povoleny rozličné druhy konvenčně vyráběných surovin. Podíl organicky obdělávané půdy totiž ještě nedosáhl takové plochy, aby mohl uspokojit plný rozsah potřeb všech organických farem. Zvláště některá hospodářství jsou omezena geografickými a klimatickými podmínkami. Potenciální kontaminace konvenčně pěstovaných plodin a obhospodařované půdy představuje pro Půdní asociaci i jednotlivé ekologické zemědělce závažný problém.

Suroviny obsahující genetiky manipulované příměsi jsou z principu zakázány, neboť technologie genového inženýrství je považována za pravý opak ekologického přístupu k produkci potravin. Pro každou surovinu zvlášť existují specifická rizika

Mimo jiné i proto, že záruky poskytované na základě ekologických zásad nejsou na většinu (nebo snad na žádné) z konvenčně řízených hospodářství aplikovatelné. Kontaminace plodin v těchto provozech může rychle znemožnit použití konvenčně vyráběných surovin na organických statcích.

Suroviny obsahující geneticky manipulované příměsi jsou z principu zakázány, neboť technologie genového inženýrství je považována za pravý opak ekologického přístupu k produkci potravin. Jak uvádějí následující příklady, existují specifická rizika u každé suroviny zvlášť:

### 1) Osivo

Od používání konvenčně vypěstovaného osiva se při ekologickém způsobu hospodaření postupně upouští. Nicméně mnohé druhy a odrůdy nejsou v současné době dostupné v biokvalitě nebo jich není dostatek k uspokojení poptávky. V tomto případě je povoleno konvenčně pěstované osivo. Kontaminace konvenčně pěstovaného, anebo pro tento případ ekologickým způsobem vypěstovaného osiva, příměsí geneticky manipulovaného osiva by v ekologickém zemědělství určitě nebyla akceptovatelná. Umožnila by totiž přímou a rychlou cestu pro vstup geneticky manipulované DNA do systémů ekologického zemědělství. Rozšíření pylu z geneticky manipulovaných plodin na sousedící konvenční farmy může mít tedy vážné důsledky pro ekologicky hospodařící zemědělce, pro něž může být v budoucnu obtížné získat přiměřeně čisté osivo. Pokud by kontaminace nebyla zjištěna před zasetím, mohly by výsledné plodiny přijít o certifikát produktu ekologického zemědělství.

### 2) Kupované krmivo

Chovatelům hospodářských zvířat, hospodařícím podle zásad ekologického zemědělství, je v určité míře povoleno kupovat konvenčně vyráběné krmivo. Procentuální zastoupení je počítáno na denní dávku sušiny a bylo v nedávné době ve všech kategoriích sníženo. V současnosti jsou povoleny následující podíly konvenčního krmiva v sušině denní krmné dávky:

Skot a ovce	10 %
Mléčný skot	15 %
Prasata a drůbež	20 %

Zatímco škála geneticky manipulovaných plodin, pěstovaných dosud ve Velké Británii, je relativně omezená, bylo by dobré podotknout, že například ekologičtí výrobci mléka mají povoleno nakupovat siláž z krmné kukuřice vypěstované na konvenčních statcích. Tato kukuřice je však za určitých podmínek náchylná ke křížovému opylení geneticky manipulovanou kukuřicí.

Kromě toho je povoleno používat vedlejší produkty z plodin jako podestýlku (například slámu). Jakékoli krmivo či podestýlkový materiál kontaminované geneticky manipulovanou příměsí jsou jako surovina v ekologickém zemědělství zakázány. Kontaminace značného množství konvenčně pěstovaných plodin ve Velké Británii by tudíž představovala vážnou hrozbu pro budoucí životaschopnost ekologického chovu hospodářských zvířat, neboť by se tím snížilo celkové množství vhodného konvenčně vyráběného krmiva. Následkem toho by v některých ekologicky hospodařících lokalitách mohl být akutní nedostatek krmiva.

Půdní asociace chce používání krmiva obsahujícího geneticky manipulované složky zabránit, neboť se domnívá, že neexistuje dostatek vědeckých důkazů, které by zaručily, že rekombinovaná DNA je ve střevě zcela odbourána. Ve skutečnosti však výzkum provedený ve Výzkumném ústavu pro výživu a potraviny v Zeistu v Holandsku ukazuje opak.

Rekombinovaná DNA může neporušená přežít dostatečně dlouho na to, aby geny přešly do běžných střevních mikroorganismů (*MacKenzie, 1999*). Z tohoto důvodu může být chlévská mrva kontaminována nejen geneticky manipulovanými plodinami, ale ještě geneticky manipulovanými bakteriemi živočišného původu.

### 3) Konvenčně vyráběná chlévská mrva

Ekologicky hospodařícím zemědělcům je také dovoleno kupovat chlévskou mrvu z některých konvenčně vedených provozů s živočišnou výrobou. Vhodné systémy chovu jsou definovány v současných zásadách ekologického zemědělství, ale obecně můžeme říci, že jsou to ty, které jsou více extenzivní. Zásada 2.4.9. praví:

„S účinností od 1. července 1999, je zakázáno používat hnojiva, kompost, chlévskou mrvu a další živiny obsahující geneticky manipulované organismy nebo jejich produkty s výjimkou chlévské mrvy hospodářských zvířat, živených krmivem obsahující geneticky manipulované organismy nebo jejich produkty. S účinností od 1. ledna 2000 je též zakázáno používání chlévské mrvy od zvířat kmených těmito krmivy během posledních tří měsíců“.

Tento specifický zájem o chlévskou mrvu zvířat krměných geneticky manipulovanými plodinami nebo plodinami s geneticky manipulovanými složkami vychází z rizika, že geneticky manipulovaný materiál může projít zaživacím ústrojím živočicha nedotčený jako nestrávené krmivo nebo může dojít k předání DNA pomocí jiných organismů, jako např. bakterií. Každý z těchto případů může způsobit kontaminaci půdních organismů na ekologickém statku.

### 4) Konvenčně obdělávaná půda

Konvenčně obdělávaná půda může získat statut ekologického zemědělství po třiletém období konverze. Na místech, kde se pěstovaly geneticky manipulované plodiny, však byla tato doba prodloužena na pět let a může být prodloužena ještě více, pokud se prokáže, že kontaminace půdy trvá déle. Avšak pětileté období konverze sníží finanční atraktivitu zmíněné půdy. Půdní asociace se snaží předcházet pěstování geneticky manipulovaných plodin na konvenční půdě tím, že v budoucnosti možnosti konverze půdy ještě sníží.

## Současný stav ekologického zemědělství ve Velké Británii

Ekologické zemědělství zažívá po mnoha letech ignorování a zesměšňování dramatickou změnu postavení. Poptávka roste tempem 40 % za rok, zatímco nabídka pouhými 25 % za rok. Díky tomu se biopotraviny stávají výhodným obchodním artiklem. Kromě toho mohou výrobci požádat o granty poskytované organizací „Organic Aid Scheme“ („Plánovaná pomoc

ekologickému zemědělství“) a využít obecně nižších nákladů na výrobu díky vyloučení umělých hnojiv a pesticidů. V kontrastu i s obecně stlačenými cenami v konvenční zemědělské výrobě, čeká ekologické zemědělství po finanční stránce světlá budoucnost.

Zájem konvenčně hospodařících zemědělců, kteří chtějí přejít na hospodaření podle principů ekologického zemědělství, se za posledních pět let každým rokem zdvojnásobuje. V dubnu roku 1998 činila v Británii rozloha půdy obdělávané podle zásad ekologického zemědělství nebo půdy v období konverze na tento typ hospodaření 240 000 hektarů (tj. 1,3 % celkové rozlohy obdělávané půdy). Rychlé tempo expanze z poslední doby potvrzuje i fakt, že ve fázi konverze se nacházela 3 x větší plocha půdy, než na které se ekologickým způsobem již hospodařilo.

## **Závěr**

Půdní asociace si je vědoma, že ekologické zemědělství musí být životaschopné po ekonomické stránce. Půdní asociace sehrála klíčovou roli ve vývoji různých způsobů, jak toho dosáhnout, a které se v současné době používají.

Pro podporu přeměny konvenčních metod na metody ekologického zemědělství hovoří dlouhotrvající názor, že mnoho aspektů výrobních systémů, které spoléhají na syntetické a často toxické chemikálie, způsobuje vážné a v některých případech i nevratné poškození životního prostředí, biodiverzity, biosféry, lidského zdraví a společnosti jako celku. Půdní asociace si přeje, aby na ekologické zemědělství přestoupilo co nejvíce farmářů. Pokud by se pěstovaly geneticky manipulované plodiny nebo by došlo ke genetické kontaminaci, byl by tento proces vážně ohrožen.

Probrat všechny konkrétní okolnosti a podrobné argumenty dotýkající se aktuálních i potenciálních rizik, které jsou spojeny s různými aspekty genového inženýrství používaného v rostlinné výrobě, není v této zprávě možné. Na závěr je však možno říci, že Půdní asociace považuje používání genového inženýrství v potravinářské výrobě za nebezpečné a nesprávně koncipované. Jedná se o základní odklon od tradičních technologií pěstování, což nejen ohrožuje budoucí životaschopnost ekologického zemědělství, ale zároveň představuje hrozbu obrovských rozměrů pro budoucí přežití mnoha druhů na této planetě včetně lidské rasy.

To vysvětluje, proč se Půdní asociace angažuje v kampani proti uvedení geneticky manipulovaných plodin do zemědělství ve Velké Británii, proč požaduje zákaz všech pokusů s geneticky manipulovanými plodinami a proč volá po ochranné, minimálně šestimílové zóně, kolem každého ekologického hospodářství, což zůstává prozatím bez povšimnutí.





Půdní asociace považuje používání genového inženýrství v potravinářské výrobě za nebezpečné a nesprávně koncipované. Jedná se o základní odklon od tradičních technologií pěstování, což nejen ohrožuje budoucí životaschopnost ekologického zemědělství, ale zároveň představuje hrozbu obrovských rozměrů pro budoucí přežití mnoha druhů na této planetě včetně lidské rasy

# NEDOSTATKY KONCEPCE PODSTATNÉ SHODY

Dr. Erik Millstone

## ODBORNÉ ZNALOSTI

Přednáším vědeckou metodiku na Univerzitě v Sussexu. Od roku 1974 provádím výzkum zabývající se zdravím lidí a kvalitou životního prostředí a aspekty bezpečnosti technologických změn v sektorech potravinářství a zemědělství. Ve Velké Británii jsem jedním z hlavních akademických poradců ve svém oboru. Dosáhl jsem prvního postgraduálního stupně ve fyzice a třetího postgraduálního stupně ve filosofii, včetně doktorátu.

## OTÁZKA PRO SVĚDKA

Byl jsem požádán, abych na základě známých a veřejně přístupných informací z července 1999 podal zprávu ohledně předpokládané podstatné shody geneticky manipulovaných potravin s jejich geneticky nemanipulovanými protějšky.

## SOUHRN

- Koncepte podstatné shody (koncepte, na jejímž základě byly do současné doby všechny GM potraviny schvalovány) je pseudovědecká koncepte. Jedná se o obchodní a politické hodnocení, které se tváří, jako by bylo vědecké.
- Koncepte je navíc inherentně antivědecká, neboť poskytuje omluvu pro to, že nejsou požadovány biochemické či toxikologické testy. To je překážka, která brání možnému informativnímu vědeckému výzkumu.
- Mimo to byl tento princip zneužit a to v souladu s pravidly, které byly při formulaci této koncepte během regulačního procesu stanoveny.
- Jestliže mají zákonodárci zaručit spotřebitelům adekvátní ochranu, potom bude muset být koncepte podstatné shody nahrazena praktickým přístupem. Ten by aktivně zkoumal bezpečnost a toxicitu geneticky manipulovaných potravin, místo toho, aby bral tuto koncepti za samozřejmost, a který by zároveň náležitým způsobem bral v úvahu principy veřejného zdraví stejně jako zájmy průmyslu.

## VYJÁDŘENÍ SVĚDKA

### Úvod

Kdykoli byl, ať už v Evropě nebo v USA, vydán oficiální souhlas k uvedení geneticky manipulovaných potravin na trh, odpovědné regulační komise se odvolávaly na koncepti podstatné shody. Z toho vyplývá, že pokud může být geneticky manipulovaná strava charakterizována jako „v podstatě shodná“ se svými přirozenými protějšky, je možno předpokládat, že nepředstavuje žádná nová zdravotní rizika, a proto může být použita ke komerčním účelům. Na první pohled působí toto pojetí věrohodně a lákavě, ale jedná se o zavádějící přístup, od kterého by se mělo upustit ve prospěch spolehlivějšího. Ten by měl zahrnovat biologické, toxikologické a imunologické testy a ne pouze testy chemické.

Termín podstatná shoda nebyl nikdy pořádně definován. Nikde není definováno, jak velký musí být rozdíl mezi přirozenou a geneticky manipulovanou potravinou, aby už nebyla považována za „v podstatě shodnou“. Neexistuje ani přesná definice schválená zákonodárci. Díky této vágnosti se koncepte podstatné shody hodí průmyslu, ale je nepřijatelná pro spotřebitele. Dalšímu výzkumu možných rizik spojených s konzumací geneticky manipulované stravy navíc zabraňuje to, že politici se na koncepti podstatné shody spoléhají.

### Přijatelný denní příjem

Pojem podstatná shoda se objevil jako reakce na změny, kterým musely čelit regulační orgány na počátku 90. let. Biotechnologické firmy vyvinuly různé geneticky manipulované potraviny a aby uklidnily zákazníky, žádaly oficiální souhlas s uvedením těchto potravin na trh. Ale zákony a ani další legislativní opatření se geneticky manipulovanými potravinami nezabývaly

a nestanovovaly odpovědný orgán, který by měl tyto novinky regulovat. Legislativa mohla být pozměněna, ale nedotkla by se jádra problému – jakým způsobem provést odhad rizika. V té době se zákonodárcům nabízelo zacházet s geneticky manipulovanými potravinami stejně jako s novými chemickými sloučeninami, jako jsou farmaceutika, pesticidy a potravinové přísady a požadovat po firmách, aby prováděly toxikologické testování. Výsledky těchto testů by pak mohly být použity ke stanovení přijatelné denní dávky (ADIs). Tato zavedená pravidla by pak zaručovala, že přijatelný denní příjem není překračován.

Avšak z hlediska biotechnologického průmyslu by toto opatření mělo dvě hlavní nevýhody. Za prvé, společnosti by nechtěly provádět toxikologické testy, kvůli nimž by se doba uvedení na trh prodloužila minimálně o pět let, a které by znamenaly vydat dalších přibližně 25 miliónů dolarů na konečný produkt. Za druhé, použití ADIs by samozřejmě odsunulo používání geneticky manipulovaných potravin na okrajové místo ve stravě. Přijatelná denní dávka je zpravidla definována jako jedna setina nejvyšší dávky, která je neškodná pro laboratorní zvířata. Tudíž i v tom případě, kdy laboratorní zvířata nevykážou nepříznivé účinky vyvolané stravou složenou jen z testovaného materiálu, by příjem člověka byl stejně omezen na 1 % jeho stravy. Biotechnologické společnosti chtějí uvést na trh geneticky manipulované produkty (obiloviny, fazole nebo brambory), z nichž každá může činit až 10 % lidské stravy a dohromady mohou představovat až polovinu potravinového příjmu člověka denně.

Přijetí koncepce podstatné shody vládami rozvinutých zemí bylo signálem pro průmysl používající geneticky manipulované potraviny, že dokud se společnosti nepokusí prodávat GM potraviny očividně odlišného chemického složení od potravin na trhu, budou tyto nové, geneticky manipulované potraviny patrně povoleny bez jakýchkoli bezpečnostních nebo toxikologických testů. Pojem podstatná shoda měl také uklidnit spotřebitele. Není však jasné, jestli se to podařilo nebo může podařit. I když jsou toxikologické a biochemické testy a jejich interpretace, jak známo problematické a diskutabilní, pomalé a také nákladné, mohou poskytovat nezbytné informace k ochraně spotřebitelů (*European Commission, 1980*).

### **Hledání výhod na obou stranách**

Již v roce 1990 na mezinárodním setkání Organizace pro potraviny a zemědělství Spojených národů (FAO) a Světové zdravotnické organizace (WHO) čelili zástupci těchto organizací a průmyslu výzvě (nebyli zde bohužel zástupci spotřebitelů), jak se zachovat v případě rizik konzumace GM potravin (*WHO, 1991*). Zpráva z jednání FAO a WHO je zajímavým čtením, neboť to, o čem se opomněla zmínit, je zrovna tak důležité jako to, o čem hovoří. Není zde použit termín podstatná shoda a ani se nezmiňuje o ADIs. Připouští, že geneticky manipulované potraviny jsou v určitém významném ohledu nové, ale následně uvádí argumenty, že ve skutečnosti vůbec nové nejsou, že se jedná pouze o nevýznamné rozšíření tradičních technik. Těmto nesrovnalostem nelze zabránit a to z potřeby dvojího argumentu průmyslu. Jednak, že geneticky manipulované potraviny jsou nové a tudíž vyžadují novou legislativu a zevrubné prošetření pravidel, podle nichž se řídí intelektuální vlastnická práva,

aby mohly být patentovány. Ale na druhou stranu však neopomenou zmínit, že GM potraviny nejsou nové natolik, aby představovaly nová rizika pro zdraví člověka a životní prostředí.

Cílem biotechnologických společností je, aby jim vládní úředníci pomohli přesvědčit spotřebitele o kvalitě jejich produktů, zároveň ale potřebují mít co nejmenší legislativní překážky. Vlády chtěly zaujmout ke geneticky manipulovaným potravinám takový postoj, na kterém by se dohodly na mezinárodní úrovni a který by nebránil v rozvoji jejich domácích biotechnologických společností. Komise FAO/WHO tedy doporučila, aby bylo s geneticky manipulovanými potravinami nakládáno stejně jako s jejich nemanipulovanými protějšky. To znamená, aby byly primárně ohodnoceny srovnáním jejich složení se složením jejich přirozených protějšků tak, aby mohly být uznány za stejně přijatelné. Jen v případě, že by se objevily nápadné a významné rozdíly v chemickém složení, by se mohly požadovat další testy a posuzovat případ od případu.

Vědci bohužel ještě nedokážou z chemického složení geneticky manipulovaných potravin spolehlivě odhadnout jejich biochemické nebo toxické účinky. Například nedávná genetická studie komerčních odrůd hroznového vína ukazuje, že dosud vědci nepřišli na souvislost mezi genetickým založením a chutí hroznů, přestože detaily chemického složení a chuti hroznového vína i vína jako nápoje jsou známy již mnoho století, (*Bowers et al., 1999*). Zrovna tak není znám vztah mezi genetikou, chemickým složením a možným toxikologickým rizikem. Spoléhat se na koncepci podstatné shody je tedy jen zbožné přání. Je to stejné jako předstírat, že existují odpovídající podklady k posouzení bezpečnosti výrobků.

Výsledky pokusů Arpada Pusztai s geneticky manipulovanými bramborami a jejich interpretace zůstávají předmětem sporu (*viz. Nature, 1999*). Jeho počáteční hypotéza byla, že geneticky manipulované brambory jsou v podstatě shodné s bramborami nemanipulovanými. Vyhodnocení Pusztaiho výsledků přineslo důkazy o nepříznivých biochemických a imunologických účincích, které nebylo možno odhadnout jen z jejich chemického složení (*Ewan a Pusztai, 1999*). Typy experimentů, které byly pod vedením Pusztaiho prováděny, nejsou ze zákona požadovány a tím pádem nejsou před uvedením geneticky manipulovaných potravin do potravinového řetězce běžné.

### **Chyby při hodnocení koncepce podstatné shody**

Koncepce podstatné shody byla poprvé použita roku 1993 organizací OECD (*OECD, 1993*) a následně podpořena FAO a WHO v roce 1996, čímž tento termín získal na vážnosti, která se po něm požadovala. Stojí za povšimnutí, jak nejasně definovaný tento termín zůstává a jak málo pozornosti to vzbuzuje.

Koncepce podstatné shody je pseudovědecká koncepce, neboť je to obchodní a politické hodnocení, které se maskuje jako vědecké

Listina OECD uvádí:

„U potravin a potravinových složek, vyrobených z organismů vyvinutých aplikací moderní biotechnologie, je při rozhodování nepraktičtější přístup posoudit, zda-li jsou v podstatě shodné s analogickými potravinovými produkty, pokud takové existují ... Koncepce podstatné shody vyjadřuje myšlenku, že existující organismy používané jako potraviny nebo jako zdroj potravy, mohou být použity jako základ při srovnávání, kdy zjišťujeme, zda je bezpečná konzumace té potraviny nebo potravinové složky, která byla manipulována nebo je nová.“

Tato definice má nejbliže k oficiální definici podstatné shody, ale je příliš neurčitá na to, aby mohla sloužit jako základ pro politiku ochrany veřejného zdraví.

Geneticky manipulované sójové boby tolerantní vůči glyfosátům (GTSB) ilustrují, jak byla tato koncepce užita v praxi. Chemické složení GTSB je samozřejmě odlišné od všech předchozích odrůd, jinak by nebyly patentovatelné a neodolávaly by působení glyfosátů. V laboratorních podmínkách je poměrně jednoduché rozlišit určité biochemické charakteristiky, kterými se odlišují. Přesto byly GTSB považovány za v podstatě shodné s nemanipulovanými sójovými boby, neboť se vycházelo z předpokladu, že známé genetické a biochemické odlišnosti jsou toxikologicky nevýznamné a výzkum se soustředil na vymezený soubor kompozičních proměnných jako je například množství proteinů, uhlohydrátů, vitamínů a minerálů, aminokyselin, mastných kyselin, vlákniny, popelovin, izoflavonů a lecitinů. GTSB jsou považovány za podstatně shodné, neboť se našlo dostatečné množství podobností u těchto vybraných proměnných.

Toto hodnocení je však nespolehlivé. I když již deset let víme, že po aplikaci glyfosátů na sójové boby dojde k významné změně jejich chemického složení (např. změna hladiny fenolických složek jako izoflavonů) (*Lydon and Duke, 1989*) – GTSB, které byly použity k testování, se pěstovaly bez aplikace glyfosátů (*Padgett et al., 1996*). A stalo se tak přesto, že komerční plodiny GTSB jsou vždy ošetřovány glyfosáty ke zničení okolního plevelu. Pokud by GTSB byly ošetřeny glyfosáty ještě před analýzou jejich složení, bylo by obhajování nároku na podstatnou shodu složitější. V současné době vědci diskutují o tom, zda jsou takové změny chemického složení žádoucí či nežádoucí. Tato otázka však zůstává stále nevyřešená a je odmítána těmi, kteří považují GTSB a nemanipulované sójové boby v podstatě za shodné.

### **Přiznaná omezení**

Pouze jedna oficiální organizace uznala, že koncepce podstatné shody má svá omezení. Holandská vláda připustila, že „analýza složení... jako testovací metoda pro určení nežádoucích účinků... genetické manipulace má svá omezení ... zvláště co se týká neznámých antinutričních faktorů a přírodních toxinů“, čímž se stala dobrým příkladem snah o hledání jiné alternativy (*Kuiper et al., 1998*). Holandský tým uznává, že srovnání relativně hrubých údajů o složení poskytuje velmi nedokonalou ochranu proti novým genetickým, biochemickým, imunologickým či toxikologickým rizikům. Navrhli proto přesnější

screeningové testy k určení rozdílů u některých relevantních biologických proměnných, jako například u analýzy DNA, otisku mediátorové RNA, otisku proteinů, profilování sekundárního metabolitu, testování toxicity in vitro. Pokud by tyto přesnější testy prokázaly, že geneticky manipulované potraviny vykazují relevantní odlišnosti, potom by další výzkumy musely být mnohem náročnější. Návazné studie by mohly využít těchto informací pro orientaci, jakým směrem další výzkum co nejučelněji zaměřit.

## **Závěr**

Koncepce podstatné shody je pseudovědecká, neboť se jedná o obchodní a politické hodnocení, které se jen tváří, jako by bylo vědecké. Kromě toho je i antivědecká, neboť omlouvá absenci biochemických či toxikologických testů. Tato překážka brání možnému informativnímu vědeckému výzkumu.

Případ GTSB ukazuje, že termín podstatná shoda je zneužíván ve své vlastní podstatě, během regulačního procesu. Pokud tedy mají zákonodárci poskytnout spotřebitelům adekvátní ochranu a opravdu je uklidnit, potom bude potřeba od koncepce podstatné shody spíše upustit, než ji jen pozměnit. Měla by být nahrazena praktickým přístupem, který by aktivně zkoumal bezpečnost a toxicitu geneticky manipulovaných potravin a nebral je za samozřejmé a který by mohl patřičně zohlednit zásady veřejného zdraví stejně jako zájmy průmyslu.

# RIZIKO PRO POTRAVINY A KRMIVO

Dr. C. V. Howard MB. ChB. PhD. FRCPATH.

## ODBORNÉ ZNALOSTI

Jsem toxikopatolog, specializující se na subakutní toxické efekty nízkých dávek na plod a kojence. Během posledních deseti let jsem se společně se svými spolupracovníky zabývala efekty retardace nitroděložního růstu na plod a dokázala, že tato retardace může mít trvalý vliv na vývoj ledvin (*Hinchliff et al., 1992*), plic (*Beech, 1997*) a nervového systému (*Howard et al., 1995*).

## OTÁZKA PRO SVĚDKA

Byla jsem požádána, abych se na základě známých a veřejně přístupných informací z července 1999 vyjádřila k otázce geneticky manipulovaných plodin ve vztahu k toxikologii a lidskému zdraví.



## SOUHRN

- Přestože některé rizikové oblasti spojené s technologiemi genetických manipulací mohou být identifikovány kvalitativně, není možné je přesně vyjádřit kvantitativně. Například není známa pravděpodobnost výskytu deformací patogenních organismů odolných vůči antibiotikům následkem genetické manipulace potravin. Za okolností, kdy není možné vyčíslit rizika, se z odhadu rizik stává „názor“. Současné testování geneticky manipulovaných potravin porovnáváním jejich podrobné chemické analýzy v rámci celých skupin kultivarů, nebo-li koncepce podstatně shody, podle mého názoru nezachytí jemné změny imunitního a nervového systému a žláz s vnitřní sekrecí, které jsou u zárodku a plodu během období imprintingu citlivé.
- K posouzení úrovně testování geneticky manipulovaných plodin existuje, s ohledem na výše zmíněná rizika, jen velice málo veřejně dostupných důkazů. Údaje, které jsou k dispozici, je těžké získat a navíc neobsahují dostatek detailních informací pro kompletní interpretaci, jak je nastíněno v odstavci o účincích dlouhodobě podávaných malých dávek. Dostupné důkazy svědčí o tom, že nebylo zohledněno mnoho možných rizik spojených s používáním geneticky manipulovaných plodin při výrobě potravin a krmiv.
- Opatření, která by zlepšila veřejné mínění o geneticky manipulovaných potravinách a plodinách, by měla zahrnovat důkladné pokusy zabývající se určením toxicity a alergenity. Tyto pokusy, včetně potravinových studií na dobrovolnících, by měly provádět odpovědné orgány zároveň poskytující i povolení.

## VYJÁDŘENÍ SVĚDKA

### Úvod

V této zprávě bych se chtěla zabývat otázkou informovanosti veřejnosti v červenci 1999 ohledně geneticky manipulovaných potravin. Nejprve se budu zabývat rozdílem mezi odhadem rizika a náhody, což dle mého názoru v tomto případě hraje klíčovou roli. Poté bych se ráda zastavila u každé z těchto oblastí s ohledem na míru informací o možných nebezpečích, které jsou veřejně známy. V oblasti geneticky manipulovaných plodin se zajímám o potenciální rizika spojená s jemnými změnami složení potravinového řetězce během dlouhých časových období, například zvýšení hladiny antinutričních faktorů. U hlavních produktů lidské výživy, by se mohlo jednat o celoživotní ohrožení, počínaje nitroděložním obdobím.

Vzhledem k novosti technologie genetických manipulací by tato potenciální rizika měla být zasazena do kontextu předběžné opatrnosti a uplatňována jako při rigorózním testování nových farmaceutických prostředků. Odhaduje se, že vyrobit nový lék stojí 400 000 000 USD, neboť po prvotních toxikologických testech následují v laboratoři tři fáze klinických testů na lidských dobrovolnících. To platí pro látky, které lidé přijímají dobrovolně v rámci lékařské péče a které jsou přijímány zpravidla po krátkou dobu a v gramových množstvích. Na druhou

stranu v otázce stravování nemáme možnost volby. Konzumujeme kilogramy potravin denně, což reprezentuje mnoho tun za celý život. Existují pádné argumenty, aby se k této nové technologii, které ještě ne zcela rozumíme, přistupovalo alespoň s takovou opatrností, jako se přistupuje k novým farmaceutickým látkám, jak se zmiňuje časopis Nature (*Howard and Saunders, 1999*). Avšak v současnosti tomu tak není.

## Riziko versus náhoda

Při zavádění geneticky manipulovaných plodin je důležitý pojem odhadu rizika a náhody.

- Ke stanovení míry náhody je zapotřebí přímo stanovit parametr relevance. K tomu je nutná dobrá identifikace ohrožení, neboť stanovení rizik nemůže zohlednit ohrožení, které nebylo rozpoznáno. Z toho vyplývá, že je nutný vědecký výzkum, který bude velmi náročný na investice do pracovních zdrojů i materiálu. Jako příklad by mohly posloužit testy účinků nové potravy v potravinových studiích na pokusných zvířatech a/nebo lidech. V každém případě by tyto studie měly zachytit i ty nejjemnější identifikovatelné náznaky škodlivosti. Například k výzkumu účinku antinutričních faktorů by mělo větší smysl používat zvířata, která jsou ve vývinu, neboť ta jsou citlivější než dospělá.
- Na základě odhadu rizika vyjadřujeme pravděpodobnost výskytu náhody. Odhad rizika je tedy jen interpretací stanovení náhody. Může být založen na spektru vstupních dat pohybujících se mezi 100 % experimentálních důkazů na jedné straně a 100 % spekulací (předpokladů vyvozených z modelu) na straně druhé. Data získaná z experimentů mohou být více či méně relevantní zvažovanému riziku, což závisí na metodice pokusů. Odhad rizik založený spíše na domněnkách než na měřeních nemá valné ceny. Nerealistické domněnky nebo irelevantní experimenty nemají smysl (*Johnston et al., 1998*). Výsledný odhad rizik může být kvalitativní (např. „Všeobecně se považuje za nepravděpodobné, že ...“) nebo kvantitativní (např. „Pravděpodobnost rizika výskytu rakoviny v průběhu života se odhaduje na < 1 v milionu“).

## Mělo by se s novými geneticky manipulovanými kultivary zacházet stejně jako s tradičně produkovanými kultivary?

Na toto téma se odvíjela vášnivá debata v případě soudního sporu Aliance pro biointegritu versus Donna Shalala ve státě Kolumbie v USA. Žalující strana předložila dokumentaci na podporu návrhu okamžitého rozhodnutí (*Docket No. 98.1330(CKK)*), se kterým žalovaná strana nesouhlasila. Součástí dokumentace bylo i množství úředních záznamů adresovaných vládními úředníky Dr. Jamesi Maryanskimu z Amerického federálního úřadu pro zemědělství (US FDA) (obdoba českého Ministerstva zemědělství - pozn. překladatele). Jednalo se o vyjádření k „Prohlášení vlády: Potraviny z geneticky manipulovaných rostlin“. Případ je názorným příkladem toho, jak rozdílné názory mají vědci pracující na stanovení pravidel o používání těchto nových potravin.

**Dr. Linda Kahl, PhD, z US FDA, Správní odbor, uvedla:**

„Postupy genového inženýrství a postupy tradičního šlechtitelství jsou odlišné a podle odborníků v úřadě, představují odlišná rizika. Údaje o relativitě závažnosti těchto rizik neexistují, pouze víme, že rizika mohou být nižší u geneticky manipulovaných potravin než u potravin pěstovaných tradičně. Protože je snaha držet se doktríny, podle níž se posuzuje produkt a ne proces, zapomíná se na to, že rizika jsou odlišná.“

**Dr. Louis J. Pribyl, PhD, FDA, Ústav mikrobiologie, uvedl:**

„Zpráva je nedůsledná, neboť uvádí, že se tradiční a rekombinantní šlechtění neliší. Přitom se ale konzultace a povolení k pokusnému pěstování provádějí, i když dříve nebyly tyto postupy pěstování pro potraviny použity. FDA tyto dva způsoby pěstování rozlišuje, tak proč předstírat něco jiného?“

„Nežádoucí účinky nemohou být jednoduše odepsány pouhým konstatováním, že k těmto účinkům dochází u tradičního pěstování také. Mezi neočekávanými jevy u tradičního pěstování nebo u genového inženýrství je značný rozdíl, což je v dokumentu zmíněno jen letmo. Tím není myšleno, že by byly nebezpečnější – jsou jen zásadně odlišné a tato odlišnost by měla být a není zohledněna.“

**Dr. Mitchell J. Smith, PhD, FDA, Úřad mikrobiologie, uvedl:**

„Došel jsem k hlavnímu závěru, že tato záležitost staví na hlavu tradiční pojetí potravinových doplňků. Působí dojmem, že veřejnost nepotřebuje vědět, kdy je vystavena „novým potravinovým doplňkům“, a to z toho důvodu, že chybí lepší vysvětlení.“

„Prohlášení, že „organismy manipulované moderními molekulárními a buněčnými metodami se chovají podle stejných fyzikálních a biologických zákonů jako organismy vyvinuté klasickými metodami“, je poněkud nepřesné, neboť původní přirozené překážky šlechtění byly nabourány.“

**Dr. Gerald B. Guest, DVM, ředitel Centra pro veterinární medicínu FDA, uvedl:**

„Jak uvádíte v Notice, nové metody genetické manipulace dovolují vstup genů z širšího spektra zdrojů, než je možné při tradičním pěstování. FDA bude konfrontováno s novými složkami rostlin, které mohou být toxikologicky nebo environmentálně významné. Notice dále popisuje nežádoucí nebo pleiotropické účinky, které představují neznámé bezpečnostní obavy. Vždy jsme zaujímali postoj, že sponzor potřebuje vytvoření vhodných vědeckých informací k tomu, aby mohl předvést produkt, který je bezpečný jak pro lidi, tak pro zvířata a životní prostředí.“

**Dr. Guest pokračuje:**

„Na rozdíl od lidské stravy, může u zvířat jeden rostlinný produkt tvořit značnou část celkového příjmu potravy. Například strava většiny hospodářských zvířat je z 50 až 75 % tvořena kukuřicí. Z toho vyplývá, že změny ve složení nutričních nebo toxických složek, které jsou u člověka považovány za nevýznamné, mohou být velmi podstatné pro stravu zvířat.“

Potenciální rizika úzce související s GM technologiemi mohou být identifikována kvalitativním způsobem, ale není možné je řádně kvantifikovat

V situaci, kdy zhodnocení rizika není kvantifikováno, se z něho stává „názor“

„Pro nezávadnost lidské stravy mohou být problematické rezidua rostlinných složek nebo toxických látek v mase a mléčných produktech. Například zvýšená hladina glukosinolatů nebo kyseliny erukové v semenech řepky může zapříčinit problém s rezidui v poživatinách“.

Výše uvedené komentáře pocházejí od starších vědců, kteří mají zkušenosti s předpisy týkající se regulace používání potravin a léčiv. Uvážíme-li, jaké znepokojení a jak rozdílné názory panují mezi vědci, o to silněji vyvstává potřeba, abychom byli při zavádění této technologie extrémně opatrní a prováděli důkladné toxikologické testy.

Jedná se o závažnou situaci, neboť podstatná část vědeckých názorů popírá tvrzení, že rizika představovaná geneticky manipulovanými potravinami jsou kvalitativně odlišná od rizik, která představují potraviny pocházející z konvenčního způsobu šlechtění. Představují tedy nová anebo již známá rizika, u nichž jen nejsou k dispozici kvantitativní informace. Příkladem je používání značkovacích genů rezistentních vůči antibiotikům v geneticky manipulovaných plodinách. Je známo riziko přenesení těchto genů na patogenní bakterie, ale pravděpodobnost výskytu tohoto jevu nelze zjistit z experimentálních údajů, kde je odhad rizik spíše otázkou názoru než přesného stanovení.

## **Potenciální zdroje nebezpečí hrozícího u geneticky manipulovaných plodin, se zvláštním zřetelem na kukuřici T25 tolerantní vůči glufosinátům**

### **Akutní toxicita**

Akutní toxicita je obecně uznávána jako riziko nízkého řádu a jejím testováním se zabývají krmné pokusy se zvířaty. Navzdory omezenému množství informací se zdá, že krmný pokus trvající 14 dní, provedený pro AgrEvo a zaznamenaný ve zprávě: ‚Kukuřice T25-EC90/200 odolná vůči glufosinátům‘ (část C, strana 46-47), se tímto aspektem zabývá v dostatečné míře.

### **Chronická toxicita způsobená nízkými dávkami**

Tato část se zabývá otázkou „*Jaké jsou pravděpodobné účinky všeobecně rozšířených a nevrátných drobných změn ve složení lidského potravního řetězce?*“ Podle mého názoru jsou riziku poškození působením toxicity nízkých dávek z geneticky manipulovaných potravin nejvíce vystaveny lidský plod a dětský organismus, protože jsou stále ve vývinu.

Nemáme žádné informace o tom, že by byly prováděny studie k určení vývojové toxicity u kukuřice AgrEvo, ať už generické či specifické. Například výše zmíněná studie ‚Kukuřice T25-EC90/200 odolná vůči glufosinátům‘ (část C, str. 46-47), nepodává informace o stáří a váze sledovaných zvířat. Navíc tento pokus trval jen čtrnáct dní. Je nepravděpodobné, že byla použita nedospělá zvířata, což by bylo jistě zdůrazněno. Z výsledků se dále dozvíme, že „hmotnosti zvířat se během pokusu nezměnily“, a to napovídá, že se jednalo o dospělá zvířata. Proto si myslím, že tato studie se netýká vývojové toxicity a nemůže být považována za relevantní pro dlouhodobou chronickou toxicitu způsobenou nízkými dávkami.

Do současné doby byl zveřejněn výsledek jediného výzkumu zabývající se vývojovou toxicitou. Pokus se zvířaty, kde bylo použito GM krmiva, provedla skupina Dr. Arpada Pusztai PhD v Rowettově institutu v Aberdeenu, které se podařilo vyhrát celoevropský soutěžní tender v konkurenci dalších 26 uchazečů, a tím získat od instituce Scottish Office 1,6 miliónu liber. Tyto peníze byly vyčleněny na vyvinutí důkladných protokolů k určení rizik u nových geneticky manipulovaných potravin, a to pomocí testování toxicity na zvířatech. Do července 1999 nebyla tato práce publikována ve vědeckém časopise, ale vzbudila značný zájem veřejnosti. Některé aspekty týkající se neočekávaných histologických změn v gastro-intestinálním traktu, byly pochopitelně předloženy k přezkoumání. Tato zpráva byla následně publikována v časopise Lancet (Ewan a Pusztai, 1999).

Výše zmíněná skupina vědců sledovala účinky brambor obsahujících gen pro expresi sněženkového lektinu (GNA) zavedeného za účelem zvýšení jejich rezistence vůči napadení hlísty. Dr. Pusztai, který je uznávaným vedoucím odborníkem na chemii lektinových proteinů, studoval lektin GNA více než sedm let. GNA lektin byl vybrán proto, poněvadž je známý nízkými toxickými účinky na savce. Výzkumný tým Dr. Pusztai zjistil, že u krys krmených transgenními bramborami, došlo ke snížení hmotnosti orgánů a ke snížení schopnosti jejich lymfocytů reagovat, kdežto u kontrolních zvířat krmených původními standardními bramborami s denní dávkou GNA lektinu nenastaly žádné významné změny. Takové výsledky byly neočekávané a jejich příčina není známa, takže by měla být předmětem dalšího výzkumu. Uvedený případ ukazuje, jak nezodpovědné je nezabývat se takovými účinky. Jediná další veřejnosti známá zpráva ohledně potravinových studií s geneticky manipulovanými potravinami uvádí, že byly použity dospělé krysy, které již měly ukončenou výstavbu svalů a které byly krmeny vysoce proteinovou potravou.

## Alergie

Žádný biochemicky efektivní zvířecí model (*in vitro* ani *in vivo*) pro zjištění alergie u lidí neexistuje. Než bude povoleno hromadné využívání geneticky manipulovaných plodin v potravním řetězci, je dle mého názoru nutné účinně testovat alergie u lidí, abychom se pokusili minimalizovat škodlivé účinky, které by byly pravděpodobně nevrátelné. AgrEvo se na tento toxikologický aspekt zaměřila (ve zprávě ‚Kukuřice T25-EC 90/200 tolerantní vůči glufosinátům‘ (část C, str. 46)), a proto hledala příčiny glykosylace ve fosfinitricin acetyl

transferázové (PAT) proteinové sekvenci. Žádné nebyly nalezeny, a proto se usoudilo, že vzhledem k tomu, že některé alergeny jsou glykosylovány ... [a] ... je velmi nepravděpodobné, že by protein PAT byl v rostlinách glykosylován'. Vypadá to, že žádné přímé testování na alergie nebylo provedeno.

### **Krmivo**

O rizicích krmení zvířat geneticky manipulovanými plodinami toho víme velice málo. Podle mého nejlepšího vědomí, nebyla odhalena žádná specifická rizika pro lidské zdraví způsobená krměním hospodářských zvířat geneticky manipulovanými plodinami s výjimkou použití značkovacích genů rezistentních vůči antibiotikům. Sporná kukuřice T25 obsahuje gen pIJC18 z bakterie *E. coli* rezistentní vůči ampicilinu ampR. Tento gen kóduje tvorbu  $\beta$ -laktamázy v bakterii. V dokumentaci, kterou jsem viděla, nejsou rizika horizontálního genového transferu z této části konstruktů zmíněna (*Ho et al., 1998*) a budou záležitostí jiného svědka. Existují další důvody, proč se obávat používání geneticky manipulovaných plodin, a to nejen ku prospěchu zvířat a k ochraně lidského zdraví, jak je výše uvedeno v prohlášení Dr. Guesta z US FDA. Jednotlivé rostlinné zdroje mohou tvořit mnohem větší podíl zvířecí stravy než je tomu u stravy lidské. Zvířata též mohou konzumovat části rostlin a rostlinné produkty, které lidmi konzumovány nejsou.



# HORIZONTALNÍ TRANSFER GENŮ

Profesor Terje Traavik

## ODBORNÉ ZNALOSTI

Jsem profesorem a vedoucím oddělení virologie na Lékařské fakultě Univerzity v Tromso v Norsku, dále vědeckým vedoucím na Norském institutu ekologie genů v Tromso. Posledních 27 let vedu a zároveň se podílím na výzkumu v oblasti virové ekologie (arboviry), virové karcinogeneze a ekologie genů. Posledních 17 let využiji vám při mém výzkumu metod genového inženýrství. Během těchto let jsem přispěl k mezinárodnímu výzkumu asi 170 vědeckými články a jsem autorem různých kapitol v knihách.

## OTÁZKA PRO SVĚDKA

Byl jsem požádán, abych se na základě známých a veřejně dostupných informací z července 1999 vyjádřil k horizontálnímu transferu genů.



## SOUHRN

- Horizontální transfer genů z geneticky manipulovaných organismů je opravdu možný. Pokud k něčemu takovému opravdu dojde, mohou vzniknout značně nepředvídatelné problémy se zdravím, životním prostředím a problémy socioekonomické. Za určitých podmínek mohou být následky katastrofální.
- Současný stav našich znalostí ohledně horizontálního transferu genů není na takové úrovni, aby bylo možno rizika spolehlivě stanovit. To se týká jak geneticky manipulovaných organismů obecně, tak i jakéhokoli konkrétního geneticky manipulovaného organismu.
- Současně dostupné metody detekce a monitorování horizontálního transferu genů z geneticky manipulovaných organismů jsou nedostačující.
- Neexistují způsoby, jak zasáhnout, když už byla kaskáda horizontálního transferu genů zahájena. Často dokonce trvá velmi dlouho, než si vůbec člověk všimne, že k tomu došlo.

## VYJÁDRĚNÍ SVĚDKA

Mé názory se zakládají na detailních vědeckých poznatcích, obsažených v následující zprávě o horizontálním transferu genů v přírodních podmínkách: nepředvídatelnost a nedostatek informací při uvádění geneticky manipulovaných organismů do prostředí vyžaduje respektování principu předběžné opatrnosti.

### Rizikové faktory a ohrožení

K uskutečnění genetické manipulace musí být vytvořen rekombinantní vektor. Vektor má bezpečně přenést klonovaný gen do vybraného organismu a usměrnit jej tak, aby došlo k jeho expresi, t.j. aby produkoval protein, který je tímto genem kódován.

Kromě vybraného genu je vektor složen z mnoha dalších elementů DNA. Většinou je k expresi genu zapotřebí kontrolních úseků (promotor/enhancer) a dále je zapotřebí dalšího genu kódujícího rezistenci vůči antibiotikům nebo jiným cytotoxickým látkám. Alternativou velmi kontroverzních genů propůjčujících rezistenci vůči antibiotikům, které se používají u genetické manipulace rostlin, je gen rezistentní vůči herbicidu chlorsulfonu (gen *csr-1*) (Bergelson *et al.*, 1998).

Molekuly vektoru DNA jsou transferovány přes buněčné membrány tzv. biolistickou metodou („genová puška“), chemickou cestou nebo vystavením buněk elektrickému poli. Potom jsou tyto vektorové molekuly transportovány do buněčného jádra, aby se integrovaly do chromozomu(-ů) buněčného příjemce. K integraci dochází v chromozomech na místech, která nelze předem určit.

## **Genetická manipulace je odlišná od tradičního pěstování a šlechtění**

Často se tvrdí, že genetická manipulace představuje preciznější, ale ne fundamentálně odlišný způsob šlechtění a kultivace. S tím nelze souhlasit, neboť:

- Jsou vytvářeny nepřirozené rekombinace. Genetický materiál je rekombinován mezi druhy, u nichž není žádná nebo velice nízká pravděpodobnost přirozeného potomstva.
- Nové, exotické geny nebo sekvence DNA jsou vkládány do chromozomů na místa, která nelze předem určit. Konvenční pěstování představuje výměnu odchylných verzí (alel) jednoho a téhož genu. Tyto alely jsou v chromozomech umístěny na pozici dané evolucí. Genová technologie vytváří nové exotické geny. Jejich umístění v DNA recipientní buňky je nepředvídatelné a není možné je naplánovat. To může vést k nepředvídatelným účinkům na metabolismus, fyziologii a biochemii recipientního transgenního organismu – účinky, které není možné odhalit pomocí tradičních kontrolních metod. Pokud jde o přesnost, je dokonce sporné, zda si postupy genetické manipulace buněk a organismů zaslouhují označení technologie, neboť toto slovo je spojované s předpověditelností, kontrolou a možností reprodukce.
- Používané vektory jsou účinní genetičtí parazité. Jedná se o genové konstrukty, vyvinuté tak, aby řídily genovou expresi a přitom překonávaly druhové a ekologické bariéry.
- Vektory jsou mozaiky genetických elementů a sekvencí odvozených od nejúčinnějších genetických parazitů (viry, plasmidy, mobilní elementy). Většina z nich je schopná integrovat svou DNA do chromozomů buněk jakéhokoli druhu a s možností následného genetického či metabolického poškození.
- Vektory jsou vytvářeny speciálně tak, aby dokázaly narušit hranice mezi druhy. Na cestě mohou sebrat a přenést geny nových hostitelských organismů nebo jejich parazitů. Takto nově vzniklé genetické mozaiky mohou být potom přeneseny do nových druhů nebo se mohou mezi sebou rekombinovat a vytvořit tak patogenní viry, které jsou schopny infikovat původně odolné hostitele atd. Během takovýchto přenosů mohou v jakoukoli chvíli vznikat genetická přeskupení a mutace, které mohou mít nedozírné následky.
- Vektory jsou nosiče genů pro rezistence, které samy o sobě mohou představovat nové nebo prohloubit existující problémy pro zdraví veřejnosti a životního prostředí (např. rezistence patogenních bakterií vůči antibiotikům nebo „superplevele“ tolerantní vůči herbicidům).

### **Změny v geneticky manipulovaných organismech nebo jejich produktech**

Nejzávažnější vědecky podložené argumenty proti komerčnímu využití první generace geneticky manipulovaných organismů se zakládají na nepředvídatelnosti toho, kam bude v chromozomu recipientní buňky vložena vektorová DNA. Důsledky se mohou značně měnit v závislosti na přesném místě vložení (*Doerfler et al., 1997*). To, co nejvíce vzbuzuje nejistotu, je fakt, že recipientní organismus přijme nové regulační sekvence (promotor). Tyto elementy

řídí úroveň exprese odpovídajícího transgenů, ale po vložení mohou také změnit genovou expresi a charakter methylace v recipientním chromozomu na velké vzdálenosti od místa vložení. Promotory fungují tak, že reagují na signály z vnitřního nebo vnějšího prostředí organismu. U geneticky manipulovaných organismů to má za následek nepředvídatelnost, týkající se:

- Úrovně exprese vloženého cizího genu (genů).
- Expresí nekonečného množství vlastních genů organismu.
- Vliv na geografické, klimatické, chemické (např. xenobiotické) a ekologické změny v prostředí.
- Transfer vektorových sekvencí uvnitř chromozomů organismu a vertikální a/ nebo horizontální transfer genů na jiné organismy.

### **Změny v ekosystému a životním prostředí v širších souvislostech**

Možnost genetického znečištění způsobeného geneticky manipulovanými organismy je reálná. Toto znečištění může být způsobeno křížovým opylením, neplánovaným pěstováním a horizontálním transferem genů. Následkem těchto jevů mohou být rozsáhlé a nepředvídatelné problémy se zdravím a životním prostředím nebo mohou představovat socioekonomické problémy.

### **Riziko a jeho stanovení**

Termín „riziko“ je velmi často zaměňován s „pravděpodobností“, a proto je chybně používán. Riziko je definováno jako pravděpodobnost, že určitý jev nastane, znásobená následky tohoto jevu. Dobrým příkladem pro pochopení obsahu termínu „riziko“ je atomová bomba. Pokud jde o vývoj a komercializaci geneticky manipulovaných organismů, nejsme často schopni definovat ani pravděpodobnost nežádoucích jevů ani jejich následky. Proto současná atmosféra nevědomosti znemožňuje stanovení vědecky podloženého odhadu rizik. Tato situace požaduje zavedení „principu předběžné opatrnosti“.

### **Dokumentovaná nebezpečí a rizika**

Během krátké doby, po kterou jsou geneticky manipulované organismy (většinou rostliny) používány, se již objevilo množství varovných signálů.

#### **1) Změny v geneticky manipulovaných organismech nebo jejich produktech:**

- Po dlouhou dobu byl geneticky vytvořený bovinní růstový hormon (BGH), který byl naočkován kravám za účelem zvýšení produkce mléka, považován za identický se svým přirozeným protějškem. Nicméně nezávislý výzkum později ukázal, že ve vytvořeném hormonu byl lysin nahrazen epsilon-N-acetyllysinem (*Violand et al., 1994*). Takové substituce aminokyselin mohou mít následky pro strukturu a funkci proteinů. Nedávno byly zveřejněny údaje, z nichž vyplývá, že mléko od krav, kterým byl dodáván BGH, může přispívat ke zvýšení rizika výskytu rakoviny prsu, neboť koncentrace IGF-1 je v mléku zvýšena. (*Outwater et al., 1997; Hawkinson et al., 1998; Gebauer et al., 1998*).

Možnost genetického znečištění způsobeného geneticky manipulovanými organismy je reálná. Může být způsobeno křížovým opylením, neplánovaným křížením a horizontálním transferem genů. Následkem těchto jevů mohou být rozsáhlé a nepředvídatelné problémy se zdravím, životním prostředím a problémy socioekonomické

Během krátké doby, po kterou jsou geneticky manipulované organismy (většinou rostliny) používány, se již objevilo množství varovných signálů

- Rostliny tabáku byly geneticky manipulovány tak, aby produkovaly gama – linolenovou kyselinu. Rostliny místo toho produkovaly toxický produkt oktadekatetraenovou kyselinu. Nemanipulované tabákové rostliny tuto látku neobsahují (*Reddy and Thomas, 1996*).
- Při genetické manipulaci kvasinek za účelem zvýšení fermentace bylo neočekávaně zjištěno, že se metabolit methylglyoxal akumuluje v toxických a mutagenních koncentracích (*Inose and Murata, 1995*).
- Po vložení genu paraořechu do rostliny sojového bobu byly zaznamenány alergické reakce u lidí na ořech alergických, kteří ale nikdy problémy se sojovými produkty neměli. Vložený gen nekódoval žádný známý alergen. (*Nordlee et al., 1996*).
- Bakterie *Bacillus amyloliquefaciens* byla geneticky manipulována tak, aby produkovala zvýšené hladiny aminokyseliny L–tryptofan, která má široké použití v tabletách jako nutriční přísada. V tabletách bylo identifikováno malé množství toxicky působících molekul látky příbuzné tryptofanu (*Sidransky et al., 1996*). Zda tato látka byla příčinou EMS (easinophilia – myalgia syndrom), na jehož následky zemřelo 37 lidí a vyskytlo se 1500 případů chronických neurologických a autoimunních symptomů, nebylo zatím zjištěno. A to především z toho důvodu, že geneticky manipulovaný materiál bakterie nebyl dán k dispozici pro výzkum (*Australian Gen Ethics Network, 1994*).

## 2) Vliv na životní prostředí

Nedávno vyšlo najevo, že samosprašné geneticky manipulované rostliny mohou mít výrazně zvětšenou schopnost křížově opylovat jiné rostliny, následkem čehož dochází k transferu vložených transgenů (*Bergelson et al., 1998*). Fakt, že příbuzné identické rostliny – geneticky manipulované v rámci separátních experimentů, měly rozdílnou schopnost křížově opylit jiné rostliny, dokazuje nepředvídatelnost okolností tohoto jevu. Ačkoliv byly experimenty prováděny na jednom rostlinném druhu, *Arabidopsis thaliana*, mají tyto výsledky všeobecný význam; také z toho důvodu, že vložený gen (csr-1) byl vložen do různých rostlinných druhů

jako alternativní selekční marker, který má nahradit geny způsobující rezistenci vůči antibiotikům.

Geneticky manipulované rostliny bavlníku s vloženými geny, nesoucími informace o toleranci vůči herbicidům, vykazovaly dva typy špatného fungování (malfunkci). V některých případech rostliny shazovaly chomáčky bavlny. V jiných případech nedošlo k dostatečné expresi genů nesoucích informaci o toleranci, takže rostliny byly působením herbicidů zničeny (Fox, 1997). Výrobci přikládali vinu extrémním klimatickým podmínkám, čímž nepřímo potvrdili výtky týkající se nepředvídatelnosti geneticky manipulovaného materiálu.

## Přetrvávání obnažených nukleových kyselin v přírodě

### Volná DNA v přírodě

Jde o klíčový problém při předběžném stanovování škodlivého vlivu a týká se nejen všeobecné odolnosti nukleových kyselin, ale také délky fragmentů, které mohou přetrvat různě dlouhou dobu v různých podmínkách (*přehledný článek viz Nielsen et al., 1998*).

Nová odvětví vědy, molekulární paleontologie a molekulární archeologie, zcela jasně ukazují, že relativně dlouhé řetězce chromozómové DNA mohou za určitých podmínek dlouho přežít. Podle důkazů mohou přežít i více než několik tisíc let (*Pääbo et al., 1988*). Kontrolované biochemické studie týkající se rozpadu DNA v roztoku za „normálních“ podmínek naznačují, že DNA bude vážně degradována, pokud se naprosto nerozpadne, po 40-50 000 letech (*Morell, 1993*).

Výzkum tak významné oblasti, jakou je přežívání DNA za přirozených podmínek, byl celkově malý. Kromě toho pro většinu prezentovaných testů byl jako příjemce DNA použit čistý homogenní jíl a písek. Tento recipient má však naprosto odlišné vlastnosti než mnohem různorodější složitě půdy, vyskytující se přirozeně. Nedávno publikovaná studie (*Ogram et al., 1994*) dokládá, jak dramaticky se liší stupeň absorpce různě dlouhých fragmentů DNA v jednotlivých typech půdy (od asi 2 do 23 kilobází, kbp). Tato práce také velmi přesvědčivě demonstruje, jak závažné důsledky může mít pro přežití DNA adsorpce na pevném povrchu, neboť různé typy půdních částic poskytují odlišný stupeň ochrany před štěpením DNázami. I po několika týdnech se za vhodných podmínek podařilo izolovat neporušené dlouhé fragmenty DNA. Také Romanowski et al. (1992, 1993a, b) ukázali, že typ půdy je důležitý a demonstrovali stálou přítomnost funkčních plazmidů ještě 60 dní po uložení do půdy. Widmer et al. (1997) objevili, že v případě transgenních rostlin tabáku a brambor přetrvával markerový gen nptII v půdě 77 až 137 dní.

Volná DNA byla nalezena ve všech doposud zkoumaných ekosystémech (mořská voda, čerstvá voda, sedimenty) (*Lorenz et Wackernagel, 1994*), a to i když jsou DNázy běžně rozšířené.

Existuje mnoho metod extrakce pro analýzu koncentrace DNA v prostředí (*viz. např. Torsvik et Goksoyr, 1978; Steffan et al., 1988*). Celkem je přímo z půdy extrahováno větší množství DNA, než by bylo možno získat extrakcí z buněk v půdě (*Steffan et al., 1988*), což

svědčí jako přímý důkaz výskytu volné DNA. Existují výzkumy, které ukazují, že obnažené molekuly DNA v půdě pocházejí z mikroorganismů, které se v dané lokalitě již nevyskytují (*Spring et al., 1992*). Je to další známka toho, že v ekologickém kontextu představují termíny mrtvých fenotypově a mrtvých geneticky dvě rozdílné skutečnosti.

### **Ochrana obnažené DNA v přírodě**

Částečky vyskytující se v půdě a sedimentech, jako například v křemenných, živcových a jílovitých minerálech, stejně jako suspendované v čisté vodě, jsou schopny vázat organický i anorganický materiál. Pokud je DNA navázána na některý z těchto typů částeček, je chráněna před rozkladem a musíme na ni tedy nahlížet jako na zdroj pro transfer genetické informace (*Lorenz et Wackemagel, 1994; Nielsen et al., 1998*).

### **Absorpce nukleových kyselin v těle savců**

V mnoha biologických systémech bylo dokázáno, že buňky savců mohou přijímat cizí DNA takovým způsobem, že je zachována její biologická aktivita. Na tom je založena transfekce v buněčných kulturách, u geneticky manipulovaných rostlin a živočichů, genová terapie a DNA vakcinace. Představují epithelové buňky střevní stěny nebo v dýchacím traktu savců nepropustné bariéry pro absorpci cizí DNA anebo může tato DNA penetrovat do organismu přes rozsáhlé epiteliální povrchy v jejich těle?

Tyto otázky byly nedávno přezkoumány (*Schubbert et al., 1994*). Myši byly krmeny pomocí pipety cirkulární nebo lineární dvouřetězcovou DNA bakteriofága M13 nebo se tato DNA přidávala do potravinových tablet. Pomocí metod senzitivní hybridizace a PCR byly potom sekvence fága M13 ve výkalech a krvi identifikovány.

Výsledky ukázaly, že 2-4 % z podávané M13 DNA mohly být identifikovány ve výkalech a 0,01-0,1 % v krvi, kde DNA byla nalezena jak v séru, tak v buněčné frakci. Až 7 hodin po absorpci byly objeveny oddělené fragmenty dosahující velikosti až 1692 bp z celkových 7250 bp genomu fága M13. Žádný rozdíl mezi cirkulární a lineární DNA nebyl objeven.

Na základě novějšího výzkumu téhož výzkumného týmu bylo dokázáno, že za určitých podmínek může být přijatá DNA absorbována ze střev myši, vložena do chromozomů a vertikálně přenesena na potomstvo (*Doerfler et al., 1997; Schubbert et al., 1997; Doerfler et al., 1998*).

Autoři předpokládají, že jiné typy DNA by se chovaly stejně, ale dodávají, že je nutný experimentální výzkum. Na základě těchto pozorování vyvstávají nové otázky:

Do jaké míry může být DNA absorbována ze střev přijata buňkami v různých orgánech? Je možné, aby cizorodá DNA v krevní krvi těhotné samice prošla přes placentu do plodu (*Doerfler et al., 1998*)? Může cizí DNA, která je absorbována ze střev, přispět k mutagenезi nebo onkogenезi?

Genomy polyoma virů (SV-40, BK virus, myši polyomavirus, atd.) jsou malé (cca 5 kbp), cirkulární, dvojvláknové molekuly DNA, které jsou schopny fungovat jako expresní vektory

v buněčných kulturách savců. Transfekce buněčných kultur obnaženou genomovou DNA polyomaviru způsobuje infekci a produkci virových částic. Během řady pokusů s virovými infekcemi prováděných na Oddělení virologie na Univerzitě v Tromso, byla při jedné z kontrol obnažená virová genomová DNA intravenózně aplikována králíkům a myším. Na základě toho, co bylo známo z literatury a podle tzv. konvenčních obecných znalostí se předpokládalo, že za takových okolností bude DNA rychle rozložena nukleázami a tím i zbavena biologické aktivity. Skutečnost, že u zvířat byla opravdu spuštěna virová genová exprese i úplná virová infekce, byla pro nás překvapivá a zároveň velmi poučná (*Rekvig et al., 1992; Fredriksen, 1993; Fredriksen et al., 1994*).

Skutečnost, že nukleové kyseliny jsou absorbovány a vykazují biologickou aktivitu, není zjevně obecný jev. Během dějin evoluce přijímají zvířata a lidé cizí DNA od ostatních zvířat a rostlin příjmem potravy a dýcháním vzduchu. Problém však je, že přece jen víme, že v několika málo případech, bude nukleová kyselina při kombinaci s rozmanitými okolnostmi schopna absorpce ze sliznice. Nevíme však nic o sekvencích, strukturách nebo faktorech životního prostředí, které by mohly k takové stabilitě přispívat. A zrovna tak nemůžeme v současné době předpovědět, jaký typ DNA se vyhne rychlému rozkladu v organismu a které faktory životního prostředí by k tomu mohly přispívat.

### **Horizontální transfer nukleových kyselin a genetické informace**

Pro žádný daný genový konstrukt nebo geneticky manipulovaný organismus, který je vypuštěn nebo unikne do přírody, nejsme na základě svých současných znalostí schopni předběžně odhadnout pravděpodobnost ani důsledky horizontálního transferu genů. Tudíž s ohledem na definici rizika je v tuto chvíli jeho stanovení nemožné. Tuto situaci může změnit jen podrobný výzkum mechanismů horizontálního transferu genů a vzájemných vztahů v ekosystému.

Horizontální (laterální) transfer genů je definován jako nepohlavní přenos genetické informace mezi genomy (*Kidwell, 1993*). Termín je obecně používán pro transfer mezi jadernými geny u různých druhů, ale může být také aplikovatelný na genetický transfer mezi různými orgány v rámci jednoho nebo více biologických druhů. Může sem být také zahrnut transfer na hostitelské druhy prostřednictvím parazitů nebo symbiontů (*Timmis et Scott, 1984*).

Horizontální transfer je tak odlišný od běžné formy genového transferu, který probíhá vertikálně z rodiče na potomstvo. V současné době jsou k dispozici přesvědčivé důkazy o tom, že horizontální transfer probíhá jak u genomických (obvykle nemobilních) sekvencí, tak u sekvencí odvozených od transpozonů nebo mobilních intronů.

Horizontální transfer genů je v současnosti nepopíratelným faktem a nejdůležitější otázkou zůstává, zda rychlost, kterou tento transfer probíhá, významně ovlivní evoluci

Horizontální transfer genů je v současnosti nepopíratelným faktem a nejdůležitější otázkou zůstává, zda rychlost, kterou tento transfer probíhá, významně ovlivňuje evoluci.

Hovoří se hlavně o horizontálním přenosu celých genů, ale bylo zjištěno, že u druhů *E. coli*, *Streptococcus* a *Neisseria* jsou bezpečně přenášeny mnohem kratší elementy a že mohou dát vzniknout mozaikovým genům (přehled viz Lorenz et Wackernagel, 1994). Existují silné indicie, že k tomuto jevu dochází také u eukaryotních organismů. Příkladem může být přítomnost genu pro cytochrom c v rostlinách a nebo genů pro betaglobiny u savců (Syvänen, 1994). Aniž o tom víme, jsou kratší sekvence DNA teoreticky schopny obsahovat kontrolní elementy pro expresi genů (např. promotory nebo enhancery). Tyto regulační sekvence mohou změnit množství produkovaných proteinů v recipientním organismu, možná se značnými biologickými důsledky.

### **Překážky horizontálního transferu**

Má-li dojít k horizontálnímu transferu genů, musí genetický materiál překonat nejméně dva typy hypotetických překážek (Heinemann, 1991). Překážky během vstupu do organismu a překážky spojené s udržení se v organismu. Tyto bariéry mají ztížit kontakt mezi genetickým dárce a příjemcem, degradovat genetický materiál, vyloučit z procesů replikace a/nebo segregace cizí materiál a zabránit expresi genů, kterých je zapotřebí pro dědění přenesených molekul DNA. Je zřejmé, že úvodní překážky jsou často překonány a že tak existuje určitá síť pro genetickou výměnu mezi organismy.

Kromě toho víme, že překážky spojené s udržení cizorodé DNA v organismu mohou být také překonány, ale neznáme mechanismus a tudíž nemůžeme vysoce nežádoucím jevům zabránit.

### **Obecné mechanismy horizontálního přenosu genů**

Výskyt a mechanismy horizontálního (laterálního) přenosu genů byly pozoruhodně málo studovány, zvláště u eukaryotních buněk a organismů. Nicméně existuje několik krátkých a užitečných přehledných článků na toto téma (Heinemann, 1991; Landman, 1991; Bogosian et Kane, 1991; Powers et al., 1991; Thakur et al., 1991; Kidwell, 1993; Lambowitz et Belfort, 1993; Dreiseikelmann, 1994; Capy et al., 1994; Lorenz et Wackernagel, 1994; Harding, 1996; Wöstemayer et al., 1997; Nielsen et al., 1998).

Obvykle se rozlišují následující obecné mechanismy:

- Transdukcce: Cizí genetický materiál, který byl součástí virového genomu, může být přenesen do nové buňky, která je tímto virem infikována, například bakterie bakteriofágem (přehled viz Dreiseikelmann, 1994) nebo buňka savců retrovirem.



- Konjugace: Genetický materiál na bakteriálních plasmidech, které zároveň řídí samotný transfer. K tomu je zapotřebí těsného fyzického kontaktu mezi dvěma bakteriálními buňkami. Jak *E. coli* tak i rostlinný patogen *Agrobacterium tumefaciens* mohou přenést DNA do eukaryotních druhů (*přehled viz Heinemann, 1991*). Konjugace je částečně zodpovědná za vývoj bakterií rezistentních vůči antibiotikům.
- Transformace: Často nazývaná transfekce, pokud se týká savčích buněk. Volná DNA je absorbována do buněk.
- Transpozice: Genetická informace je přemístěna do jiných částí genomu, do plasmidů nebo do jiných genomů pomocí transpozónů nebo-li mobilních elementů. Různé formy těchto elementů byly objeveny prakticky u všech druhů ze tří zkoumaných říší (archebakterie, prokaryonta, eukaryonta).

### Horizontální transfer genů u prokaryotních mikroorganismů

Horizontální transfer genů mezi několika vzdáleně příbuznými prokaryotními organismy je velmi přesvědčivě zdokumentován (*Levy et Miller, 1989; Sprague, 1991; Mazodier et Davies, 1991; Maynard Smith et al., 1991; Dreiseikelmann, 1994; Lorenz et Wackernagel, 1994; Nielsen et al., 1998*).

#### 1) Relativní důležitost mechanismů absorpce DNA

Horizontální přenos přídatných elementů DNA je považován za jeden z nejdůležitějších faktorů pro adaptaci mikrobiálního společenství na prostředí a pro vznik nových metabolických cest uvnitř společenství. Plasmidy jsou elementy, u nichž se předpokládá, že tvoří důležité části horizontálního genového proudu. Plasmidové geny často kódují produkty, které poskytují selektivní výhody v náročných stresových nebo nepřátelských prostředích (*Trevors et al., 1997*). Plasmidy jsou schopny podstoupit autonomní replikaci a zprostředkovat svůj vlastní přenos do jiného mikroorganismu. S pomocí jednoduché konjugace vznikly v průběhu mnoha pokusů bakterie s novými biodegradačními vlastnostmi (*viz např. Latorre et al., 1984; Smets et al., 1993*).

Transdukcce je další potenciálně důležitý mechanismus rozptylu genů v prostředí. V mnoha studiích (*Ogunseitán et al., 1992; Zhou et al., 1993; Dreiseikelmann, 1994*) bylo dokázáno, že pomocí tohoto mechanismu je možný transfer jak chromozomálních genů tak genů umístěných na plasmidech mezi bakteriálními populacemi na povrchu listů nebo ve vodním prostředí, ale případným rizikům nebyl přisuzován žádný význam.

Biotechnologická řešení problémů v zemědělství mají často za následek vypuštění a rozšíření geneticky manipulovaných organismů na povrch plodin a jiných rostlin. Nedávné studie prokázaly nejen genetickou výměnu transdukcí mezi bakteriálními populacemi na jedné rostlině, ale i transfer na jiné rostliny, pokud jsou vytvořeny podmínky tím, že jsou rostliny pěstovány blízko sebe (*Kidambi et al., 1994*).

Výskyt genů rezistence vůči antibiotikům, dokonce i ve zdánlivě nekontaminovaných biotopech a ekosystémech, překvapivě ilustruje účinnost horizontálního transferu genů mezi mikroby (viz Davies, 1994; Kruse, 1994; Anderson et Sandaa, 1994; Kruse et Sörum, 1994; Kruse and Jansson, 1997). Nedávno Nikolich et al. (1994) popsali přirozeně se vyskytující transfer genů rezistence vůči tetracyklinu mezi střevními bakteriemi (*Bacteriodes* spp. a *Prevotella* spp.) u hospodářských zvířat (prasat, skotu, ovcí) a u člověka.

Transformace znamená, že volná DNA je přímo absorbována bakterií a termín přirozená genetická transformace se používá, aby se odlišila absorpce za přirozených podmínek od umělých procedur prováděných v laboratořích. Přirozenou genetickou transformaci můžeme považovat za nejrozšířenější mechanismus přenosu, neboť ostatní známé mechanismy jsou řízeny geny umístěnými na plasmidech nebo na transposonech (konjugace) nebo na bakteriofázích (transdukce).

Ukázalo se, že extracelulární DNA je přítomna v přirozených prostředích a že tato DNA může být absorbována bakteriemi. Simulační pokusy ukázaly, že mnoho bakterií může být schopno absorbovat DNA za podmínek, které mohou nastat v přirozeném prostředí. (Kompetence se definuje jako schopnost absorbovat volnou DNA z okolního prostředí). Tato pozorování jsou kompatibilní s bakteriálním transferem genů, který probíhá u volné DNA ve významném rozsahu (Lorenz et Wackernagel, 1994).

## 2) Genetická transformace za přirozených podmínek

Má-li k ní dojít, musí v prostředí (na stanovišti) existovat příslušné bakteriální buňky a musí být k tomu splněn určitý počet specifických podmínek:

- i) bakterie musí přijít do kontaktu s DNA
- ii) DNA musí mít minimální délku
- iii) musí být v optimálním množství přítomny specifické kationty
- iv) DNA musí projít biologicky funkční cestou internalizace, tj. aniž by byla degradována

Tato pravidla platí pro chromozomální DNA, výzkum volné plasmidové DNA nebyl zaznamenán. Nicméně modelové studie ukazují, že plasmidová DNA je uvolněna z bakterie společně s chromozomální DNA (Lorenz et al., 1991). Tyto uvolněné plasmidy udržují svou transformační aktivitu v půdě (Romanowski et al, 1992, 1993).

### • Transformace v mikrokosmu

Bylo provedeno mnoho experimentálních studií, zabývajících se genetickou transformací v mikrokosmu, při kterých byly použity vzorky nabrané z přirozeného prostředí jako například půdy a vody. Většina studií se zabývá schopností transformace v bakteriálních kmenech (liniích) uvnitř mikrokosmu. Zřejmým a hlavním závěrem těchto studií, které probíhaly mnoho let, je zjištění, že neexistují specifické modelové organismy, které by byly reprezentativní pro ostatní přirozeně transformovatelné bakterie v daném prostředí (Lorenz et Wackernagel, 1994). Přirozeně se vyskytující genetická transformace byla prokázána u všech druhů prostředí, avšak výsledky jsou často velmi protikladné. To pravděpodobně jen odráží

nemožnost generalizovat výsledky dosažené u kmenu daného druhu bakterie (*Leff et al., 1992*).

- Transformace na pevném povrchu

Bylo prokázáno, že mnoho bakterií přijímá DNA, která je vázána na částice písku a jílu (*přehled viz Lorenz et Wackernagel, 1994*). U některých druhů je transformace efektivnější než s odpovídající koncentrací DNA v roztoku, u jiných je méně efektivní.

- Komplexita ekosystémů

Většina studií týkajících se mikrokosmu se zabývala proměnlivostí ve volné půdě (*Nielsen et al., 1998*). Skutečné ekosystémy jsou však značně komplexní, liší se složením půdy, chemickým znečištěním a organismy. K horizontálnímu transferu genů bude také pravděpodobně docházet uvnitř zaživacího systému prvoků, hlístů, larev hmyzu, půdních červů a ostatních makroorganismů žijících v půdě (*Adamo et Gealt, 1996; Daane et al., 1996; Schlimme et al., 1997*).

- Transfer chromozomální DNA napříč druhy

Mnoho studií dokazuje, že chromozomální geny mohou být přeneseny transformací napříč druhy a dokonce mohou překročit i vyšší taxonomické hranice (*Lorenz et Wackernagel, 1994*).

- Transformace plasmidů napříč druhy

K transferu plasmidů mezi buňkami různých druhů je zapotřebí, aby plasmid mohl iniciovat svoji replikaci v mnoha rozdílných hostitelích. Plasmid je přijat v jádře recipienta jako jednovláknové fragmenty. K rekonstituci molekul cirkulární dvojitě vázované plasmidové DNA není zapotřebí sekvence homologní s příjemcovou DNA, ale naopak kompatibilních rekombinačních a reparačních enzymů.

I když jsou v různých druzích vymezeny různé podmínky, a jsou přítomny různé restriční enzymy, plasmidy a transposony, mohou být přenášeny mezi všemi rozdílnými částmi prokaryontního světa (*Lorenz et Wackernagel, 1994*). U rekombinantních binárních (shuttle) vektorů, které jsou konstruovány tak, aby fungovaly jak v prokaryontních tak v eukaryontních hostitelích, bude obraz zřejmě mnohem komplikovanější a nepředvídatelnější.

- Přirozeně se vyskytující bakterie schopné transformace

Naprostou první pokus transformace, který byl popsán (*Griffith, 1928*), stále ilustruje ekologicky důležité aspekty. Mrtvé patogenní bakterie (tvaru S) mohou po naočkování myším přenést své patogenní vlastnosti do nepatogenní bakterie (tvar R).

Přirozeně se vyskytující genetická transformace byla prokázána ve všech typech přirozených prostředí, výsledky jsou ale často velmi protikladné. To pravděpodobně jen odráží skutečnost, že výsledky je nemožné generalizovat.

To ilustruje rozdíl mezi fenotypovou a genetickou smrtí a poukazuje na to, jak dramatické ekologické důsledky může mít genetický život v případě transformace nebo jiného způsobu genetického transferu.

Existuje mnoho typů přirozených stanovišť, která mají vysoký potenciál pro výměnu genů transformací. Jedním z nich jsou například hlízy, které obsahují velké množství rhizobakterií. Ty jsou schopny vyvinout přirozenou kompetenci a dopravit volnou DNA do své cytoplasmy. Ostatní příklady míst s vysokou koncentrací bakterií, které mohou podpořit transformaci volné DNA nebo transfer genů pomocí buněčného kontaktu, jsou střeva obratlovců a bezobratlých, prvoci a povrchový, mezofilní a intracelulární prostor v rostlinách (*Lorenz et Wackernagel, 1994*).

### 3) Odhady četnosti transformací v prostředí

Srovnání četnosti transformací v experimentech zaměřených na mikrokosmos, které simulují přirozené prostředí a transformací dosažených za optimalizovaných laboratorních podmínek odhalují menší i větší rozdíly. Rozdíly mezi četností transformací zaznamenané při experimentech v mikrokosmu a těmi skutečně se vyskytujícími v přírodě by mohly být přinejmenším stejně velké. Důvodem je, že odchylky jak u parametrů prostředí jako je například teplota, pH, zásobování živinami, minerály, složení částecek, kontaminace, celkový počet mikroorganismů a složení populací, tak také bariéry transformace se nemohou v mikrokosmu simulovat. Množství údajů, které byly shromážděny v minulých letech, však rozhodně naznačuje, že v některých přirozených prostředích může docházet k vysoké četnosti transformací (*Lorenz et Wackernagel, 1994; Nielsen et al., 1998*).

### 4) Překážky transformace

Fyziologické, genetické studie a studie v rámci mikrokosmu ukázaly, že četnost transformací se mění jak uvnitř druhů, tak mezi druhy (*Lorenz et Wackernagel, 1994; Nielsen et al., 1998*). Uvnitř buněk a v okolním prostředí existují některé proměnlivé faktory a mechanismy, které mohou omezit efektivitu transformace v přirozených bakteriálních ekosystémech a tak vytvořit překážky pro transformaci. Sem spadají účinky restriktivních enzymů v bakteriích, výskyt a míra kompetence, která se nachází v přírodě a různé environmentální faktory. Nicméně mnohé důležité otázky zůstávají zcela nezodpovězené.

- Jaké faktory rozhodují o četnosti transformací v daném prostředí?
- Co rozhoduje o aktuální koncentraci transformujících DNA v daném prostředí?

- Jaký je rozdíl mezi transformující a netransformující DNA? Je tento rozdíl obecný nebo závisí na jednom či více specifických recipientech?
- Je přístup k živinám rozhodující?

## 5) Důležitost a rozsah horizontálního transferu genů mezi mikroorganismy

Horizontální transfer genů hraje pozitivní roli tím, že dodává genetickou flexibilitu a adaptabilitu v měnícím se prostředí a také poskytuje sexuální izolaci základ pro vytváření druhů. Environmentálně adaptované geny nabízí při horizontálním transferu mezi druhy možnost šíření genů na větší množství druhů uvnitř daného prostředí.

Rozsah horizontálního transferu genů může být mnohem větší než se klasickým studiím podařilo odhalit (*Lorenz et Wackernagel, 1994; Nielsen et al., 1998*), neboť se tyto studie soustředily na demonstraci již známých rozdílů fenotypových znaků během krátkých časových intervalů jako důkazu, že k transferu došlo. To jen odhaluje změny, které jsou vyhledávány, ale ne změny způsobené možným horizontálním transferem genů, ke kterému dochází jen za určitých podmínek. Nicméně změny fenotypu u jednotlivých populací způsobené tímto transferem mohou mít za určitý čas obrovský ekologický dopad, neboť rovnováha ekosystému je narušena.

### Horizontální transfer genů u eukaryont

Po mnoho let byl pozorován určitý počet konfliktních vztahů mezi druhy, aniž bylo nalezeno jejich uspokojivé vysvětlení, neboť dostupné analytické metody byly příliš nepřesné k rozlišení případných vysvětlení. Tato situace se nyní změnila s příchodem moderních sekvenčních metod a PCR. V nadcházejících letech poskytne přístup k sekvenčním údajům z mnoha různých organismů spolehlivější odhady četnosti horizontálního genového transferu (*Kidwell, 1993; Nielsen et al., 1998*).

### 1) Genomické sekvence

Nedávno bylo detailně přezkoumáno několik původně podezřelých horizontálních transferů genů mezi prokaryonty a eukaryonty (*Smith et al., 1992*). V pěti případech byl transfer posouzen jako pravděpodobný, a to v různé míře, jeden byl uznán za nemožný a zbývající byly charakterizovány jako nepravděpodobné. Transfery, které jsou považovány za pravděpodobné, probíhají z prokaryont na eukaryonta, mezi eukaryonty a z eukaryont na prokaryonta. Transfer z eukaryont na prokaryonta zahrnuje transfer z rostlin na bakterie (*Smith et Doolittle, 1992; přehled viz Nielsen et al., 1998*) a ze savčího viru na *E. coli* (*Doolittle et al., 1989*). U jednoho z těchto případů existují silné známky toho, že došlo k horizontálnímu transferu v průběhu několika stádií, nejdříve ze zvířete na bakterii, odtud dále mezi několika druhy bakterií. To se týká domény fibronectinu III. třídy (Fn 3), která se běžně vyskytuje mezi živočišnými proteiny, ale ne u rostlin a hub, a obvykle ani u bakterií (*Bork et Doolittle, 1992*).

Jak je zmíněno výše, bylo zaznamenáno několik případů horizontálního transferu z prokaryont na eukaryonta (*Smith et al., 1992; Nielsen et al., 1998*), zatímco mezi eukaryonty

existuje málo věrohodných případů takového transferu genomických nemobilních sekvencí. Ty, které jsou zaznamenány a které jsou velmi pravděpodobné, se týkají virů, pseudogenů a multigenních rodin (*Kidwell, 1993*).

Je velmi pravděpodobné, že k horizontálnímu transferu genů dochází u eukaryotních organismů napříč hranicemi druhů, čeledí a říší. Tento vztah je opravdu důležité prozkoumat, neboť i mimořádně vzácné případy mohou mít dalekosáhlé, nepředvídatelné a vážné ekologické následky.

Existuje však nejméně jeden dobře zdokumentovaný případ, poměrně „nedávný“ transfer retrovirových sekvencí z opic na jednoho z blízkých předků kočky domácí. Je také dobře zdokumentován případ transferu mezi kurovitým ptákem a krysou (*Kidwell, 1993*).

## 2) Mobilní elementy a introny

Eukaryotní transposony (TE-transposable elements) mohou být na základě mechanismu přenosu rozděleny do dvou tříd: třída I a třída II (*Kidwell, 1993*).

## 3) Biologické vektory horizontálního transferu genů

U bakterií probíhá genový transfer pravidelně napříč hranicemi druhů, je založený na transformaci, konjugaci, transdukcii a transpozici (*Mazodier et Davies, 1991*). Ve srovnání s prokaryoty se předpokládá, že u eukaryotů jsou genovému transferu kladeny větší překážky (*Kidwell, 1993*). Nicméně je velmi pravděpodobné, že k horizontálnímu transferu genů dochází u eukaryotů napříč hranicemi druhů, čeledí a říší (*Stachel et Zambryski, 1989*).

Je opravdu velice důležité tento vztah prozkoumat, neboť i mimořádně vzácné případy mohou mít dalekosáhlé, nepředvídatelné a vážné ekologické následky (*Syvänen 1984, 1985, 1987a, b, 1994*).

V některých situacích, jako například v případě blízkého symbiotického vztahu, může fyzická blízkost mezi donorem a recipientem umožnit horizontální transfer (*Zambryski et al., 1989*). Nápadným příkladem je zde distribuce příbuzné skupiny I jaderných intronů i mezi nižšími eukaryotními organismy s vysloveně symbiotickým a fagocytickým způsobem života (*Vader et al., 1994; Brul et Stumm, 1994*). Ve většině situací je však k dosažení horizontálního transferu zapotřebí genetického vektoru.

Tim se genová technologie samozřejmě zabývá a na tom závisí – shuttle vektory potřebné k transportu sekvencí DNA mezi druhy, které – pokud jde o reprodukci – jsou naprosto izolovány jeden od druhého (*Kidwell, 1993*). Určitě by nemělo být přílišným překvapením, pokud by byly odpovídající mechanismy za přirozených podmínek aktivní.

Seznam možných přirozeně se vyskytujících vektorů by měl zahrnovat:

- Transposony (TE)
- Plasmidy
- Extrachromozomální jadernou ribozomální DNA
- Viry
- Chlamydie
- Mykoplasmy
- Spiroplasmy
- Rickettsie
- Bakterie
- Prvky
- Hlísty
- Houby
- Parazitní členovce

Je jednoduché si představit genetický element, který je předáván jako štafetový kolík od jednoho typu vektoru k dalšímu a během závodu je zachycen a zaveden do hostitelského organismu příslušného vektoru. Tyto „štafetové kolíky“ jsou zřejmě zvláště ve spojení s přenosnými elementy (TE) (Finnegan, 1989).

Příklad nedávné invaze elementů TE existuje ve spojení s elementem P octomilky *Drosophila melanogaster*. Tato invaze začala na laboratorních kmenech v USA v 50. letech a od té doby se rozšířila na populace octomilky po celém světě (Capy et al., 1994). Má se za to, že organismy podobné Rickettsiím se jako genetické vektory tohoto horizontálního transferu transposonů mezi různými druhy *Drosophila* účastní. Bylo prokázáno, že dochází k horizontálnímu šíření přenosných elementů mezi tak vzdáleně příbuznými organismy jako jsou octomilky, hlísti a houby, ale nejsou známy mechanismy, jež jsou základem tohoto transferu (Capy et al., 1994).

Přenosné elementy rodiny Tc1/mariner byly nalezeny u mnoha druhů živočišné říše včetně u člověka. Jak se zdá, rozšíření této rodiny transposonů je důsledkem horizontálního transferu genů mezi velkým množstvím druhů. Mariner transposony snadno překonávají hranice druhů a říší. Mohou se například dostat z ryb do myši a do lidských buněk (Luo et al., 1998; Ivics et al., 1997) a z hlístů do lidských buněk (Schouten et al., 1998).

Některé viry, například viry v rámci ekologické skupiny arbovirů lehce překračují hranice druhů. Některé arboviry mohou dokonce cestovat mezi obratlovci a krev sajícími členovci, což je esenciální součást jejich životního cyklu (Anderson, 1970; Traavik, 1979; Syvänen, 1987). Je dokázáno, že retroviry jsou schopny fungovat jako vektory transferu mezi různými druhy savců (Duesberg, 1983) a že mRNA hostitelské buňky může být přenesena z jednoho vektoru na druhý (Ikawa et al., 1974). Retroviry mohou značně přispívat k transdukcii genetického materiálu mezi savčími buňkami a jednotlivci (Coffin, 1990; Milot et al., 1994; Stevens a Griffith, 1994).

Je velmi pravděpodobné, že baculoviry, jejichž rekombinantní verze je nyní používána jako laboratorní nástroj a k boji proti škodlivému hmyzu, rozšířily mobilní elementy mezi různými druhy hostitelského hmyzu (*Miller et Miller, 1982; Friesen et Nissen, 1990; Jehle et al., 1995*). Bylo prokázáno, že některé druhy baculovirů obsahují transposony svých hostitelů. Transposony mohou samozřejmě nasbírat cizí geny, například z geneticky manipulovaných organismů nebo z plasmidu, který se nacházel v tom určitém hostitelském druhu (*Capy et al., 1994*). V souvislosti s tím stojí za zmínku, že bylo nyní dokázáno, že baculoviry, o kterých se tvrdilo, že se týkají pouze hmyzu, jsou schopny infikovat lidské buněčné kultury.

Před nedávnem dokončené sekvenování genomu *Chlamydia trachomatis* vážně naznačuje, že tento nitrobuňkový parazit nasbíral u eukaryotních hostitelských organismů velké množství genetických elementů (*Stephens et al., 1998*).

Rozsah horizontálního transferu genů může být mnohem větší, než se podařilo odhalit klasickým studiím. Ty se soustřeďovaly na dokázání známých odlišností ve fenotypových rysech během krátkých časových intervalů. To však odhaluje změny, po kterých se pátrá a ne změny z možného horizontálního genového transferu, patrně jen za určitých specifických podmínek. Fenotypové změny z takového transferu v jednotlivých populacích však mohou časem způsobit velké ekologické změny, protože rovnováha v ekosystémech je narušena

### **Ovlivňuje znečištění a ostatní změny v životním prostředí horizontální transfer nebo jiné negativní dopady obnažené DNA?**

Zřejmě bylo velice málo pozornosti věnováno tomu, jak mohou xenobiotika, za přirozených podmínek, či v mikrokosmu a při jiných typech kontrolovaných experimentů, interferovat s horizontálním transferem genů.

Xenobiotika jsou doslova cizorodé sloučeniny v biosféře. Mohou být definována jako sloučeniny, které jsou lidmi do přírody vypouštěny v koncentracích, jež mají nežádoucí účinky. Mezi xenobiotika patří mnohé pesticidy, těžké kovy a organické chemikálie.

Vlastnosti a biologická aktivita různých xenobiotik nám umožňují představit si nejméně dva druhy možných účinků na osud obnažené DNA v ekosystému:

- Některá xenobiotika se mohou chovat jako mutageny (to se týká radioaktivních látek, znečišťujících průmyslových chemikálií a prostředků na ochranu rostlin). Mutageny mohou způsobit, že unikne nebo se uvolní obnažená DNA s pozměněnou sekvencí nebo strukturou. Následkem toho jsou ovlivněny možnosti absorpce DNA v buňkách a organismech, horizontální transfer a dlouhodobá introdukce do ekosystémů, a to





způsobem, který naprosto nemůžeme předvídat. Kipling et Kearsey (1990) uvádějí příklady menších změn v sekvenci DNA pozměňující hostitelské spektrum přenositelného genetického elementu.

- Některá xenobiotika mohou ovlivnit buněčnou membránu a/nebo nitrobuněčné funkce způsobu, jež mohou velmi pravděpodobně ovlivnit schopnost buněk absorbovat a horizontálně transferovat obnaženou DNA. To se týká struktury buněčné membrány a obsahu jak povrchových receptorů tak i transportních kanálů, a také změny nitrobuněčných signálů a genové exprese. Například xenobiotika, která napodobují hormony nebo ovlivňují lokální podmínky v orgánech savců (např. v dýchacích cestách) mohou změnit možnost jak absorpce tak i introdukce cizích nukleových kyselin u zvířat a lidí.

# DOPADY NA PŮDU

Dr. Max A. Turner a Dr. A. Neil Macgregor

## ODBORNÉ ZNALOSTI

Jmenuji se Max A. Turner. Pracuji jako půdní znalec na katedře zabývající se výzkumem půdy na univerzitě v Massey v severním Palmerstonu na Novém Zélandě. V Roce 1965 jsem dosáhl akademické hodnosti M.Agr.Sc (1. třída) na univerzitě v Massey a roku 1969 mi byl udělen titul PhD na univerzitě v Minnesotě. Na univerzitě v Massey pracuji od roku 1970 jako přednášející a vědecký pracovník. Jsem kvalifikován v oborech úrodnost půdy, vztahy mezi půdními rostlinami a používání umělých průmyslových hnojiv v zemědělství a zahradnictví. Jsem konzultantem v otázkách půdního hospodaření a rostlinné výživy pro Nový Zéland a přilehlých vodních oblastí.

Jmenuji se A. Neil Macgregor. Jsem půdní mikrobiolog na katedře zabývající se výzkumem půdy na univerzitě v Massey v severním Palmerstonu na Novém Zélandu. Roku 1961 jsem na univerzitě v Otagu na Novém Zélandu dosáhl akademické hodnosti M.Sc a roku 1968 mi byl udělen titul PhD na Cornellově univerzitě v Ithace, ve státě New York. Jako učitel a vědecký pracovník jsem působil především na univerzitách v USA a na Novém Zélandu (Univerzita v Massey) v oborech půdní biologie, biochemie a mikrobiální ekologie.

## OTÁZKA POLOŽENÁ SVĚDKŮM

Byli jsme požádáni, abychom se na základě známých a veřejně dostupných informací z července 1999 vyjádřili k technologii spojené s používáním Liberty (™) a jejím vlivům na půdu, zvláště k pokusnému pěstování kukuřice na farmě ve Walnut Tree v Lyngu, Easthaugh, v Norwichi.

## SOUHRN

- Při pokusech s plodinami na hospodářství Walnut Tree nebylo zohledněno mnoho důležitých problémů v oblasti půdoznalství.
- Zanedbání patričního půdního výzkumu v tomto případě znemožňuje identifikaci a uznání možných rizik pro integritu ekosystému, vyplývajících z technologie spojené s používáním „Liberty (™) –tolerantních plodin“
- Zabýváme se tímto případem, abychom podali informaci o nových rostlinných genech a o vlivu glufosinátu (fosfotricinu) na biologické procesy v půdě.
- Existující literatura týkající se genetické manipulace plodin svědčí o tom, že je zde opravdu nutné se vedlejšími účinky jejich používání na přirozené procesy v půdě zabývat.

## VYJÁDRĚNÍ SVĚDKŮ

### Úvod

Naše svědectví se vztahuje k technologii, která se může nazývat jako tzv. technologie Liberty (™). Tímto pojmem rozumíme postup, při němž se při pěstování kukuřice tolerantní vůči glufosinátům (v tomto konkrétním případě na pokusném místě, v komerčním statku) může ke kontrole růstu všech nežádoucích rostlin (plevelé) používat herbicid fosfotricin (*The Merck Index 12.edice, vstup 7945*).

Víme, že jedním z hlavních důvodů provádění těchto pokusů, je výzkum nejen růstu a výnosu plodiny, ale také výzkum všech zásadních vlivů a/nebo vedlejších účinků na životní prostředí, které mohou nastat při pěstování plodin tímto nekonvenčním způsobem. V tomto ohledu se jedná o technologii novou a relativně neprozkoumanou, při níž se může během i po ukončení pěstování plodiny vyskytnout mnoho potenciálních problémů.

K obhájení této metody se musí prokázat, že může produkovat tytéž nebo lepší výnosy vysoce kvalitních produktů, než se vyrábí pomocí konvenčních metod; dále že používá menší množství herbicidů a pesticidů a že minimálním způsobem narušuje ostatní složky ekosystému (v některé publikované literatuře nazývané též volně jako „životní prostředí“). Domníváme se, že v tomto typu pokusů však není zohledněno mnoho sporných otázek půdoznalství a uvádíme okolnosti, proč je vynechání takového výzkumu potenciálně nebezpečné pro integritu ekosystému vůbec.

Podle našeho názoru existují dvě hlavní hrozby pro širší okolí týkající se rizika při používání technologie genetického inženýrství u plodin. Ohroženy jsou zvláště půdní zdroje a zejména organismy žijící v půdě. První z rizik se týká samotných plodin a druhé herbicidů, které jsou používány jako součást této technologie. Oběma riziky se zabýváme, ale jednotlivé problémy se snažíme od sebe odlišit. Jsme si také vědomi nevratnosti jakéhokoli dopadu takové nové technologie, jakou je genetická manipulace plodin, na půdu. Jestliže technologie genetické manipulace ovlivní půdu jakýmkoliv zásadnějším způsobem, bude to

pravděpodobně spojeno se samovolným množením GMO (self-replication), eventuálně s pomnožením (amplification) s jinými druhy a tento proces bude s velkou pravděpodobností nevratný.

## **Genetický materiál**

V této části uvádíme faktické a spekulativní informace ohledně známých i neznámých účinků na půdu, půdní organismy a půdní děje při pěstování geneticky manipulovaných plodin jako je kukuřice. K podložení svých tvrzení uvádíme, pokud je to možné, dostupnou literaturu.

### **Půda NENÍ inertní – její součástí jsou živé i neživé organismy**

Část organického materiálu pochází z kořenů, část z nadzemních částí rostlin a část z organismů, které v půdě žijí, rozmnožují se a umírají a stávají se tak konečnou součástí její „organické hmoty“. Organická hmota je to, co odlišuje půdu od nepůdních materiálů. Je to nejspoležitější známý materiál na Zemi a je velmi obtížné jej přesně charakterizovat, izolovat či změnit.

### **Součástí půdy je genetický materiál**

Tento genetický materiál (DNA) se vyskytuje uvnitř a vně žijících buněk, jak volný tak různým způsobem vázaný na půdní složky.

### **Zbytky plodin (včetně stonků, kořenů a nesklizených horních částí rostlin) přispívají k půdní zásobě genetického materiálu**

Děje se to v době, kdy plodina roste, ale také v období po sklizni, kdy jsou zbytky rostlin přirozeně zpracovávány a rozkládány půdními organismy. Materiál DNA nemusí být nutně degradován, nýbrž se může stát stálou, reziduální a stabilní složkou půdy (*Lorenz, 1998*).

### **Organická půdní hmota má proměnlivý poločas rozpadu v rozmezí několika týdnů až roků, někdy i déle**

Má se za to, že absorpce DNA půdní organickou hmotou umožňuje mnohem delší „přetrvávání“ nebo reziduální účinky genetického materiálu v půdě. Mnohem delší než jen po dobu, kdy plodina roste (pěstování až sklizeň). Pokud je genetický materiál vázán na půdu, doba perzistence je delší než když zůstane nenasvázaný. Předem by bylo těžké odhadnout přesný poločas rozpadu, ale může být značně delší než u materiálu „volného“ v téže matečné půdě (*Wolf et al., 1994*).

### **Během experimentů s geneticky manipulovanými plodinami je málokdy sledována půda (a život v půdě)**

Je nutné nahlédnout do protokolů pokusů s geneticky manipulovanými plodinami, které jsou podkladem pro hodnocení účinků jejich pěstování na život rostlin a živočichů v půdě (mikro- a makroorganismy) a půdní biodiverzitu.

Jakýkoli dlouhodobý nepříznivý a nečekaný vliv na půdní organismy nebo jejich činnost se podle našich názorů může jevit jako obrovské nebezpečí pro životní prostředí a může sloužit jako odstrašující příklad pro další používání GM rostlin jako životaschopného a ekonomického přínosu. Pokud to nebude v protokolech o pokusech s genetickou manipulací zahrnuto, je to velmi závažné opomenutí.

### **Genetické „mutace“ způsobené biologickou absorpcí nového genetického materiálu by mohly ovlivnit úrodnost půdy a výnosy plodin**

Je známo, že faktory ovlivňující normální fungování půdních mikroorganismů mohou mít velice škodlivý dopad na koloběh živin (*Seidler, 1994*). Podle našeho názoru jsou specifickými oblastmi zájmu nitrifikace, fixace dusíku, tvorba organické hmoty a tlení, fungování mykorhizy (houby) a množství dalších mikroorganismů, které v půdě plní nepostradatelnou úlohu. Dokonce samy organismy zodpovídající za detoxifikaci herbicidů mohou být genetickou manipulací ovlivněny.

### **Genetické „mutace“ způsobené absorpcí nového genetického materiálu by mohly ovlivnit složení rizosféry půdních rostlin (jak kvantitativně tak kvalitativně)**

Rizosféra je zóna, kde dochází ke kontaktu rostlinného kořenu s půdou. Je to zóna intenzivní mikrobiální aktivity. Je možné, že genetické změny organismů v rizosféře ovlivní normální chování rostlin, náchylnost k nemocím a výnosy plodin pěstovaných na kontaminované půdě (*Giovani et al., 1999*).

### **Geneticky znečištěnou půdu je téměř nemožné asanovat**

Nejsou známy techniky nebo procedury, pomocí nichž by bylo možné vyjmout z půdy genetickou informaci poté, co byla již jednou do půdy zanesena a stala se její nedílnou součástí. Domníváme se, že pokoušet se o něco takového, by znamenalo zničení matečné půdy a vedlo by prakticky k její sterilitě.

### **Glufosinát**

V této části uvádíme informace a publikované názory týkající se možných účinků glufosinátu na půdní organismy a jeho důsledky pro fungování půdy a vztahů mezi půdou a rostlinami. Zdůrazňujeme, že k problému vlivu glufosinátu na půdu není v současné době v publikované vědecké literatuře k dispozici mnoho příspěvků. To pravděpodobně pramení z faktu, že používání glufosinátu bylo v USA registrováno roku 1993 a prozatímně odsouhlaseno ve Velké Británii roku 1991 (*Glufosinate Ammonium Fact Sheet, vydaný firmou AgrEvo, která je jeho výrobcem*). Domníváme se proto, že to je ještě mnohem závažnější důvod pro zahrnutí takových studií do současného experimentu v Norfolku.

Stručně řečeno, podle Amerického úřadu pro životní prostředí (US EPA) je glufosinát perzistentní a mobilní. Je degradován půdními organismy s poločasem rozpadu pohybujícím

se mezi 3-70 dny. Nižší hodnoty poločasu rozpadu nastávají u půd s vysokým podílem jílu a organické hmoty. O schopnostech desorpce poté, co došlo k adsorpci půdou, nejsou však v literatuře žádné údaje. Podle výsledků jednoho z pokusů byly zjištěny pozůstatky glufosinátu v pletivu rostlin 120 dní po aplikaci herbicidu na půdu. Také v písčných půdách, kde herbicid rychle nedegraduje, může dojít k delšímu přetrvávání. Pohyb směrem k rezervoárům vody a ke zdrojům pitné vody by mohl být u některých půd pravděpodobně velmi problematický. Přehled základních informací vydaných firmou AgrEvo se také zmiňuje o toxicitě smáčedla, které se používá při výrobě a aplikaci herbicidu, pro zvířata (včetně člověka).

Další informace o glufosinátu jsou shrnuty v následujících bodech:

- Zprávy o účincích fosfintoricinu na půdní bakterie jsou protichůdné, což pravděpodobně pramení z nesourodosti metod používaných ve studiích, které si navzájem odporují. O účincích glufosinátu sice existuje málo publikací, jedna zpráva však podle našeho názoru vyniká. Je to práce doktorů Ahmada a Mallocha z univerzity v Torontě, v Ontariu v Kanadě (*Ahmad and Malloch, 1995*). Experiment, který provedli, byl navržen za účelem stanovení účinků fosfintoricinu (aktivní součást herbicidu Liberty) na půdní mikroby. Poznamenali, že znalost účinků fosfintoricinu na půdní mikroflóru je „výrazně omezená“. Dále zaznamenali, že není známo, jak inhibitor enzymů, původně izolovaný z půdních druhů *Streptomyces*, ovlivňuje ostatní půdní mikroorganismy.
- Závěrem výzkumu Ahmada a Mallocha (*1995*) bylo, že fosfintoricin je inhibitorem půdních hub při aplikaci běžných dávek této chemické látky na pole. Fosfintoricin měl ještě jeden mnohem překvapivější účinek na půdní bakterie, zvláště na půdní bakterie zemědělských půd ve srovnání s půdními bakteriemi půd lesních. Fosfintoricin naprosto potlačil aktivitu u 40 % půdních bakterií a u 20 % půdních hub u zemědělských půd.

Následující text je přímo citován z práce Ahmada a Mallocha.

„Rozdílnosti v citlivosti půdních mikrobů na současný obsah fosfintoricinu svědčí o tom, že změny ve složení půdní mikroflóry mohou být jedním z nevyhnutelných důsledků používání fosfintoricinu k chemické regulaci plevele. Změna složení půdních mikroorganismů může vést v polních podmínkách k silné inhibici rostlinného růstu. Selektce půdních mikrobů způsobená fosfintoricinem tedy musí mít vážné následky pro úrodnost zemědělských půd.“

„To, že fosfintoricin může potenciálně pozměnit složení půdních ekosystémů má významné důsledky pro úrodnost půdy s ohledem na rovnováhu mezi saprofytickou, parazitickou a patogenní aktivitou půdy.“

„Za předpokladu, že degradace organické hmoty v půdním ekosystému zahrnuje množství vzájemně se ovlivňujících mikrobiálních aktivit, zaznamenaná variace, která byla pozorována u rezistence saprofytické plísně na fosfintoricin, svědčí o ničivém vlivu

fosfinitricinu na mikrobiální koloběh živin. Nižší tolerance u mykoparazitické Trichodermy a vysoká rezistence rostlinného patogenu *V.albo-atrum* jsou navíc důkazem negativního účinku fosfinitricinu na pufrací potenciál půd.“

a závěrem,

„Naše údaje ukazují na schopnost selekce půdních mikrobů fosfinitricinem. Ukazuje se, že velká skupina půdních bakterií a mnohé houby jsou citlivé na hladinu fosfinitricinu, která se v současné době aplikuje na pole. Dopad těchto vlivů na úrodnost půdy a mikrobiální diverzitu může být zásadní, avšak těžko předpověditelný na základě studií in vitro. Tyto úvahy mohou být užitečnou částí současného hodnocení fosfinitricinu a příbuzných bioherbicidů.“

Dekker a Duke (1995) a Marshall (1998) uvádějí glufosinát jako „šetrný“ herbicid, který v přírodě nepřetrvává. Avšak v informačním materiálu vydaném britským Ministerstvem pro životní prostředí, dopravu a regiony (Environmentální rizika řepky olejné tolerantní na herbicidy: zpráva o hybridu řepky olejné PGS) se uvádí, že:

„I když bezpečnost a účinnost glufosinátu (vlastně všech herbicidů) byla plně zhodnocena (poradními komisemi PSD a MAFF), hlavní obavou zůstává, zda zvýšené používání širokospektrálních herbicidů (které zabíjejí většinu rostlin) bude mít zhoubný vliv na diverzitu zemědělské půdy“.

Prohlašujeme, že zváží-li se všechno, informace o efektech glufosinátu na půdní mikrobiotu a koloběh živin v půdě jsou extrémně roztržité a z toho důvodu nepříliš dobře pochopené. Jakékoli polní pokusy, které jsou prováděny za účelem zhodnocení účinků glufosinátu na životní prostředí, by tedy měly přinejmenším posoudit půdní faktory, půdní mikrobiologické změny a děje koloběhu živin, aby stanovily opravdové účinky opatření na kontrolu plevelů na systém a jeho kontinuální integritu.

Informace o efektech glufosinátu na půdní mikrobiotu a koloběh živin v půdě jsou extrémně roztržité a z toho důvodu nepříliš dobře pochopené. Jakékoli polní pokusy, které jsou prováděny za účelem zhodnocení účinků glufosinátu na životní prostředí, by tedy měly při nejmenším posoudit půdní faktory, půdní mikrobiologické změny a děje koloběhu živin

# DŮSLEDKY POUŽÍVÁNÍ PESTICIDŮ

Peter Beaumont

## ODBORNÉ ZNALOSTI

Jsem kvalifikovaný právní poradce. Byl jsem ředitelem v malé firmě právních poradců. Roku 1987 jsem se tohoto místa vzdal, abych pomohl založit organizaci Pesticides Trust, nyní známou jako Pesticide Action Network UK (PAN UK). Jsem zaměstnán jako ředitel rozvoje PAN UK, vědecky orientované neziskové instituce, zabývající se důsledky používání pesticidů pro zdraví a životní prostředí. Do mé odpovědnosti patří otázky týkající se metod při používání pesticidů ve Velké Británii a v Evropě. Napsal jsem knihu „Pesticides, Policies and People: A Guide to the Issues“ (*Pesticides Trust, 1992*), dále jsem napsal mnoho článků a hovořil na téma týkající se pesticidů; psal jsem příspěvky na řadu konferencí a seminářů a přispívám do mezinárodního časopisu PAN UK Pesticide News. Zastávám několik reprezentativních funkcí v zájmu PAN UK, včetně členství v britském vládním Výboru pro rezidua pesticidů a Pesticidním fóru.

## OTÁZKA PRO SVĚDKA

Byl jsem požádán, abych se na základě známých a veřejně dostupných informací z července 1999 vyjádřil k otázce, jaké důsledky mohou mít geneticky manipulované plodiny na používání herbicidů.



## SOUHRN

- Geneticky manipulované plodiny představují ve srovnání s tradičně pěstovanými rostlinami zásadně nové problémy.
- GM plodiny budou mít nepříznivý dopad na vývoj rezistence na pesticidy a na životní prostředí. Existuje znepokojení kvůli genovému transferu, dopad na určité další plodiny a popření práva volby spotřebitele.
- Regulační postupy a odhad rizik dosud nebyly adekvátně formulovány. Otázkám odpovědnosti, monitoringu a odhadu se ještě nevěnovala patřičná pozornost. Kontrola duševního vlastnictví (patentování, pozn. překladatele) a dopad na lokální genové bohatství představuje problém, zejména v rozvojových zemích.
- Zdá se, že v současné době korporace v zájmu svých potřeb násilně urychlují řešení těchto záležitostí dříve, než budou dokončena regulační opatření, připraveny postupy a než budou akceptovány veřejností.

## VYJÁDŘENÍ SVĚDKA

Následující část pojednává o problémech spojených s geneticky manipulovanými plodinami, včetně otázek týkajících se rezistence vůči škůdcům, dopadů na životní prostředí, problémů genového transferu a dalších dopadů na výrobu potravin, včetně residuí, volby spotřebitele a levnější potravy.

### Problémy rezistence

Používání stejného herbicidu nebo herbicidu se stejným účinkem ustavičně na jednom obdělávaném pozemku se při regulaci plevelů obecně považuje za chybný postup. Zvýšené používání na velké ploše by mohlo vést ke vzniku rezistentních populací plevelu. Panují obavy z výskytu rezistentních populací plevelů a z důsledků používání rostlin rezistentních vůči herbicidům na regulaci plevelu. Herbicidy, u nichž je vysoké riziko, že vyvolají rezistenci plevelů vlivem selekčního tlaku, budou:

- mít jednoduchost použití,
- výkonné a účinné při ničení mnoha druhů plevelů (širokospektrální),
- zanechávat dlouhodobě rezidua v půdě, zajistí regulaci klíčících plevelů po dobu jedné sezóny nebo se budou aplikovat mnohokrát do roka,
- se často používat po několik vegetačních období bez střídání, změny či kombinace s jinými typy herbicidů.

Většina herbicidů, na něž si rostliny vytvořily toleranci, vykazují většinu těchto znaků a glufosinát amonium je jedním z nich. Zdá se pravděpodobné, že jestliže se rozšíří plodiny rezistentní vůči herbicidům, potom se z rezistence po několika sezónách stane problém. Zemědělci budou stále vázáni na používání herbicidu, aby zvládli nové a narůstající problémy s plevelem.

Používání stejného herbicidu ... soustavně na stejném obdělávaném pozemku se při regulaci plevelů obecně považuje za chybný postup. Zvýšené používání na velké ploše by mohlo vést ke vzniku rezistentních populací plevelu.

## **Dopad na životní prostředí**

### **Dopad širokospektrálních pesticidů na biodiverzitu**

Zdá se, že většina herbicidů, vůči nimž se plodiny staly tolerantními, jsou širokospektrální produkty – působí na řadu plevelů. Vyrůstá-li množství používaných širokospektrálních produktů, bude to zvyšovat i negativní dopad – a to v době, kdy znalosti agrochemie doporučují používání cílenějších selektivních prostředků zaměřených na minimalizaci nepříznivých efektů.

Zvýšené používání širokospektrálních produktů nepříznivě ovlivní biodiverzitu obecně a pravděpodobně se stane specifickým problémem pro okraje polí, křoviny a strouhy, které poskytují přirozené útočiště a potravu pro další faunu. V nedávno zveřejněných zprávách byly vyjádřeny značné obavy z nepřímého dopadu pesticidů na populace ptáků. Pesticidy mohou zdecimovat bezobratlé, kteří jsou součástí potravy ptáků a/nebo zničit jejich přirozená prostředí a útočiště. Dopad na ptáky má vedle pesticidů i mnoho jiných zemědělských praktik, ale pesticidy zůstávají jednou z hlavních příčin znepokojení.

### **Obecné obavy z genetiky manipulovaných organismů (GMO)**

Problémem je, že svůj podíl nese jak nárůst pěstování plodin tolerantních vůči herbicidům, tak konvenční používání pesticidů na nemanipulované rostliny. Je velmi obtížné monitorovat dopad pesticidů na širší aspekty životního prostředí jako například na necilové druhy a na biodiverzitu. Rozšíření zavádění genetiky manipulovaných plodin však tuto situaci ještě ztěžuje. Za prvé – genetiky manipulované organismy již jednou uvolněné nelze z přírody vrátit zpět; za druhé – je pravděpodobné, že se takové organismy budou rozmnožovat. Organizace English Nature and Friends of the Earth upozornili na nutné aspekty, kterými by se měl zabývat výzkum, a na otázky, které je potřeba řešit prioritně.

### **Specifická znepokojení ohledně glufosinátu amonia**

Hlavní obavou ze zvýšeného používání glufosinátu amonia je ohrožení vody v přírodě. Tato sloučenina je velmi mobilní, a proto je při jejím používání stanoveno mnoho omezení, aby se rizika znečištění vody minimalizovala. Obecně není povoleno používat glufosinát amonia od konce září do začátku března, aby se riziko spláchnutí z vegetací nechráněné půdy do vody snížilo.

Nedávno byly zveřejněny prozatímní výsledky konkrétního výzkumného projektu zabývajícího se spoluprací vlády a průmyslu (BRIGHT – the Botanical and Rotational

Implications of Genetically Modified Herbicide Tolerance). Na různých místech se metodou střídavého osevního postupu pěstuje určitý počet geneticky manipulovaných i geneticky nemanipulovaných plodin. Ukázalo se, že na některých plodinách tolerantních vůči glufosinátu amonia, byla ze speciálních experimentálních důvodů povolena aplikace v říjnu a listopadu, což představuje zvýšené ohrožení vodních zdrojů.

## **Genový transfer**

Jedním z uznávaných důsledků vnesení rezistence vůči herbicidům do rostlin je možnost transferu rezistentního genu na jiné planě rostoucí rostliny či na plevy. V zemědělské terminologii to znamená, že se vytrvalé, na herbicidy rezistentní rostliny vzešlé ze semen nebo-li „bolters“, vyskytnou v plodinách v následujících letech nebo v jiných neobdělávaných oblastech, jako například na přilehlých polních mezích a u okrajů silnic. Tento problém se týká řady hojně pěstovaných plodin.

Pravděpodobnost takových problémů závisí částečně na vlastním střídání plodin v osevním postupu zemědělce a pokud jsou používány herbicidy, na plodině, aby se pokud možno předešlo vzniku rezistentních jedinců. Je také pravděpodobné, že může docházet k transferu různých genů, což způsobí hromadění nebo přítomnost více než jednoho genu v populaci planých rostlin. Každá z těchto situací snižuje možnost zemědělce regulovat plevel a bude pravděpodobně představovat nové problémy s plevelem.

## **Dopad na ostatní plodiny**

Šíření herbicidů větrem a vodou mimo území, na něž se aplikovaly, vzbuzuje obavy při jakémkoli užívání herbicidů. Tyto obavy ale pravděpodobně porostou, zvýší-li se pěstování plodin tolerantních vůči širokospektrálním herbicidům. Mezi problémy, které lze předvídat, patří přenos na sousedící velkoplošně pěstované plodiny citlivé na širokospektrální herbicidy; nebo na vysoce užitkové plodiny včetně zeleniny nebo plodiny geneticky nemanipulované; nebo samozřejmě na bioplodiny navíc s eventualitou, že zemědělec přijde o statut ekologického zemědělství.

## **Dopad na potraviny**

Zdá se pravděpodobné, že používání plodin tolerantních na herbicidy bude mít za následek zvýšené používání určitého herbicidu či herbicidů, vůči kterým je plodina tolerantní. Ještě je zapotřebí prokázat, zda povaha reziduí v plodině je toxikologicky ekvivalentní s reziduí herbicidů u nemanipulovaných rodičů, zda rezidua v plodině mohou být například méně či více toxická než původní sloučenina a zda budou přijatelné hladiny reziduí samotných.

Dalším problémem, pokud jde o výrobu potravin, je právo volby spotřebitele. Uvedení geneticky manipulované sóji na trh se setkalo s obrovským odporem spotřebitelů a dokonce s hněvem, neboť nebylo respektováno právo spotřebitele na volbu geneticky nemanipulovaného výrobku.

Co se týče širšího problému, a to zda plodiny tolerantní vůči herbicidům zaručí více levnější potraviny, je to příliš komplikovaná otázka, než aby na ni existovala jednoduchá odpověď. Bezprostřední dopad na úrovni zemědělských provozů závisí primárně na ceně geneticky manipulovaného osiva a srovnatelných nákladech na herbicidy a na tom, jak se geneticky manipulovaná plodina osvědčí v terénních podmínkách. Avšak osivo a pesticidy jsou jen část nákladů zemědělce a jejich důležitost se liší v závislosti na ekonomické stránce té určité pěstované plodiny. Mnohem důležitější jsou škůdci, sezónní podmínky a faktory jako jsou intervenční ceny, dotace a ostatní pevné náklady. Evropská unie podala návrhy na reformu Společné zemědělské politiky; důvodem je snížit zemědělský rozpočet, vyrovnat se s rozšiřováním členské základny EU, aby se zahrnuly velké zemědělské ekonomiky východní Evropy, a redukovat podpory v souladu s požadavky Světové obchodní organizace. Za této situace se očekává, že v zemědělství dojde k mnoha změnám, a je příliš obtížné určit možné dopady plodin tolerantních vůči herbicidům.

### **Regulační opatření**

Tato část se zabývá některými z problémů, které pro regulační orgány vyplývají z používání zejména plodin tolerantních vůči herbicidům. V současné době neexistuje širší politická dohoda, která by se takových plodin týkala a která by zahrnovala specifické oblasti spojované s obavami, mezi něž patří stanovení rizika, odpovědnost, duševní vlastnictví a vymahatelnost.

### **Nedostatky metodiky**

Regulace používání pesticidů je prováděna na základě metodiky, legislativy, zkušeností z praxe a politických dohod. Primárním problémem u geneticky manipulovaných plodin, ať už plodin tolerantních vůči herbicidům nebo rostlin produkujících insekticidy, je politické vakuum. Používání pesticidů se řídí minimalizační politikou pro pesticidy, která vešla v platnost zákonem z roku 1985 (Food and Environment Protection Act 1985 (FEPA)) a pozdější následnou legislativou, množstvím ustanovených kodexů správné praxe a fóra zúčastněných stran. To zatím neplatí pro geneticky manipulované organismy.

I když je k dispozici legislativa odvozená od směrnic EU, existují na ní velice rozdílné názory. Některé členské státy EU z různých důvodů zakázaly pěstování určitých druhů geneticky manipulovaných plodin. Po prvotním zamítnutí diskuse o moratoriu, a to i přesto, že ho doporučil vlastní statutární poradce organice English Nature, vyhlásila v roce 1998 vláda Velké Británie jednoroční moratorium na komerční výsev plodin tolerantních vůči herbicidům. Moratorium bylo následně prodlouženo.

Zdá se, že vláda Velké Británie uznala nedostatek politického vedení a ustanovila ministerskou Komisi pro biotechnologii a genetické manipulace, aby se tímto problémem zabývala. Proto také biotechnologická komise pro zemědělství a životní prostředí (AEBC) oznámila, že bude kontrolovat používání biotechnologie v zemědělství a její dopady na životní prostředí. Členy budou ekologové, zemědělci i laici a bude se vyžadovat pravidelná konzultace s veřejností. Komise se bude zabývat strategickou analýzou, poskytovat rady ohledně směrnic,

zabývat se širšími problémy týkajícími se přijatelnosti genetické manipulace a odhalováním mezer v systému regulace a poradenství.

Také Poradní komise pro uvolňování do životního prostředí (ACRE) byla nedávno zmocněna ustanovit podskupinu pro širší témata biodiverzity.

### **Odhad rizik a důsledky používání GMO**

ACRE je oddělení Poradní komise pro životní prostředí, dopravu a regiony (DETR) ustanovenou k poskytování rad příslušným ministerstvům a vládě ohledně rizik, která by mohla nastat v souvislosti s uvolněním geneticky manipulovaných organismů do prostředí. Určitou dobu panovaly obavy ohledně mezer v regulaci mezi ACRE a ostatními orgány odpovědnými za regulaci běžných pesticidů: Ministerstvem pro zemědělství, rybářství a potraviny (MAFF) a Poradní komisí pro pesticidy (ACP). ACP je nezávislá komise, která poskytuje ministrům pokyny v otázkách týkajících se pesticidů. Celková odpovědnost za dopady geneticky manipulovaných organismů na zemědělství nebo životní prostředí byla mimo působnost ACRE, ale také MAFF a ACP odmítly poskytnout směrnice, vycházející z názoru, že věc se týká jen trhu a nikoli vlády.

Tím, že neexistuje shoda ohledně toho, kdo ponese zodpovědnost za stanovení nepřímých a kumulativních dopadů geneticky manipulovaných organismů na zemědělství a životní prostředí, znamenalo, že není jasné, zda a jak na tyto faktory bude brán ohled při odhadu rizik. Částečně jako projev uznání těchto obav dosáhla vláda dohody s průmyslem, že nedá povolení ke komerčnímu pěstování geneticky manipulovaných plodin, dokud pokusy na úrovni zemědělských provozů nevykážou uspokojivé výsledky, které vyloučí všechna závažná nebo trvalá poškození životního prostředí.

V otázkách odhadu rizik a kritérií, jež mají být zahrnuta do pozměněného nařízení, se na evropské úrovni ještě nedosáhlo dohody. Na mezinárodní úrovni vznikla ve Spojených národech Úmluva o biologické rozmanitosti, zaměřená na ochranu biodiverzity. Úmluva podporující bezpečné užívání geneticky manipulovaných plodin a genetických zdrojů obecně, však stále ještě nebyla schválena. Při nedávné schůzce členů Úmluvy (zúčastnily se i Spojené státy americké, významný producent biotechnologie, který však není členem Úmluvy) se nepodařilo proces posunout vpřed. (Protokol o biologické bezpečnosti, který je součástí Úmluvy o biologické rozmanitosti a který se zabývá GMO již byl podepsán a v ČR probíhá ratifikační proces, pozn. překladatele).

### **Odpovědnost**

S nedostatkem kontroly a se zmatky kolem stanovení rizik chybí také dohoda o režimu odpovědnosti za geneticky manipulované organismy. Teprve v roce 1985 byly všechny pesticidy regulovány legislativou FEPA. Mnozí z těch, kteří připomínají legislativu, navrhli, aby se kvůli obecnému znepokojení ohledně geneticky manipulovaných organismů a jejich dopadů na stravu, životní prostředí a ekonomiku (včetně biozemědělců) stanovil režim odpovědnosti. Měl by být určen nejspíš pro ty, kdo předloží k diskusi otázku bezpečnosti GMO

a převzetí zodpovědnosti v případě chyby nebo omylu. Pokud nehrozí bezpečnostní riziko, nehrozí ani riziko ohledně odpovědnosti.

Ujištění o bezpečnosti jsou však nepřesvědčivá, pokud ti, kteří tato ujištění poskytují ... mají zájem jen o zisky z rozvoje a vyžadují, aby finanční záruku poskytla veřejná pokladna.

V současnosti jsou však ujištění ohledně bezpečnosti nepřesvědčivá, pokud ti, kteří tato ujištění poskytují – obvykle biotechnologické společnosti – mají zájem jen o zisky z rozvoje a vyžadují, aby finanční záruku poskytla veřejná pokladna.

Jednou uvolněné GMO nelze povolat zpět; proto je zapotřebí další diskuse a ujasňování, co je podstatou poškození, vyhodnocení nepřímých škod a jejich kvantifikace. Evropská komise pracuje na návrhu režimu odpovědnosti pro chemikálie a geneticky manipulované organismy a tato její iniciativa je podporována Evropským parlamentem při novelizaci legislativy o GMO. Je prospěšné, že vláda nedávno vyzvala k úvahám o uskutečnitelnosti a možných kritériích pro režim odpovědnosti, který by měl regulovat uvolňování GMO do životního prostředí a jejich prodej.

### **Kontrola a vymahatelnost**

Zkušenost také ukázala, že problémy s pesticidy se všeobecně objeví až tehdy, kdy chemikálie prošly povolovacím řízením a odhalí se nedostatky během kontroly po uvedení na trh nebo při jiných příležitostech. Vyšlo také najevo, že výsledky polních pokusů se často značně liší od výsledků laboratorních. Budou-li problémy nastolené plodinami tolerantními vůči herbicidům kvalitativně odlišné, pak je nezbytně nutné zajistit účinný monitoring a režim zacházení s plodinami. To v současné době neexistuje.

Průmysl navrhl pro geneticky manipulované plodiny systém seberegulace pod názvem Supply Chain Initiative on Modified Agricultural Crops (SCIMAC) Code of Practice. Tento praktický kodex má pro četná odvětví průmyslu zajistit přístup k zásobě informací týkajících se GMO ... a stanovit praktické směrnice pro zacházení se specifickými aspekty geneticky manipulovaných plodin. Odpovědné chování a monitoring vlastními prostředky průmyslu jsou vždy prospěšné. Avšak tato schémata samořízení průmyslu nebyla až dosud úspěšná – zvláště, co se týká managementu podniků, které i k těmto iniciativám zůstaly v opozici – pokud neexistovala zákonná opora a vymahatelnost. SCIMAC předpokládá, že zemědělci budou dostatečně školeni k využívání nejlepších metod. Ve skutečnosti tomu tak ale pravděpodobně nebude. O sankcích či vymahatelnosti se SCIMAC nezmiňuje.

Směrnice organizace SCIMAC pro pěstování nově vyvinutých plodin tolerantních vůči herbicidům znovu formulují „správnou zemědělskou praxi“ a vyzývají pěstitele k dodržování požadavků stanovených zákonem, o ničem dalším se však téměř nezmiňují. Požaduje se, aby byli hlášeni sousedící a hraniční vlastníci, ne však ekologičtí zemědělci nebo manažeři



blízkých pozemků zvláštního vědeckého významu či zájmů nebo další zvláště zranitelná či charakteristická prostředí.

Za zákonné provádění předpisů platných v současné době je zodpovědná organizace Health and Safety Executive (HSE). Za dodržování kompletního režimu používání pesticidů v současnosti zodpovídá přibližně 80 inspektorů HSE. Inspektoři HSE provádějí inspekce na základě cílených programů nebo na základě stížností. To znamená, že průměrný zemědělec projde inspekci přibližně jednou za deset let. Má se za to, že možná jen přibližně dvěma inspektorům byla přiznána zodpovědnost za sledování pozemků s geneticky manipulovanými plodinami. Vzhledem k rozloze GM plodin, které se začnou komerčně pěstovat, je nepravděpodobné, že by HSE měla zvláštní zdroje adekvátně sledovat současné pokusy s geneticky manipulovanými plodinami, nehledě na nedávné soudní stíhání.

### **Duševní vlastnictví**

Plodiny tolerantní vůči herbicidům jsou patentovány. Zemědělec přistupuje na striktní smlouvu, podle níž je povinen zaplatit za osivo a umožnit společnosti kdykoli vstup na svůj pozemek za účelem kontroly, zda osivo z minulé úrody není skladováno. Právo zemědělců ponechat si osivo je tedy zrušeno. To bude pravděpodobně znamenat velký problém v rozvojových zemích, kde se zemědělci stávají vězni systému zemědělské výroby, která je stále závislejší na vstupech prodávaných agrochemickými a osivářskými společnostmi. Místní odrůdy plodin se přestanou používat a genová banka se vyčerpá. Následkem toho může dojít ke zmenšování počtu odrůd plodin a následně ke zvýšení rizika zániku plodiny v budoucnu. Dalším problémem, týkajícím se také spíše rozvojových zemí, je to, že agrochemické a osivářské společnosti si patentují domácí genetické zdroje a potom je prodávají zpátky místním zemědělcům.

# POKUSY NA ÚROVNI ZEMĚDĚLSKÝCH PROVOZŮ A BEZPEČNOST ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Dr. Susan Mayer

## ODBORNÉ ZNALOSTI

Dosáhla jsem prvního stupně akademické hodnosti ve farmakologii, akademické hodnosti ve veterinární vědě a PhD ve veterinární buněčné biologii a imunologii.

V současné době jsem výkonnou ředitelkou instituce Gene Watch UK a působím jako čestný člen výzkumného týmu na univerzitě v Lancasteru. Již deset let se zabývám studiem, výzkumem a regulací geneticky manipulovaných potravin a plodin.

## OTÁZKA PRO SVĚDKA

Byla jsem požádána, abych se na základě známých a veřejně dostupných informací z července 1999 vyjádřila k tématu pokusů prováděných na úrovni zemědělských provozů a k tomu, do jaké míry budou tyto pokusy moci zodpovědět otázku bezpečnosti geneticky manipulovaných plodin tolerantních vůči herbicidům pro životní prostředí.



## SOUHRN

- Pokusy v zemědělských provozech s geneticky manipulovanou kukuřicí tolerantní vůči herbicidům se mají soustředit na problémy možného dopadu pěstování plodin rezistentních vůči herbicidům na zemědělský ekosystém a život v přírodě. Tyto pokusy jsou z velké části odpovědí na kritiku ze strany organizace English Nature i dalších, že proces povolování geneticky manipulovaných plodin nebere v úvahu možnost sekundárního dopadu na biodiverzitu.
- Kukuřice tolerantní vůči glufosinátům testovaná během těchto pokusů v Lyngu v Norfolku byla v Evropě schválena ke kultivaci na základě směrnice o GMO (Deliberate Release Directive 90/220/EEC) v dubnu 1998 (*EEC, 1998a*). Prodávát tuto kukuřici zemědělcům bude možné teprve až získá povolení jako nová odrůda, na což se stále čeká. Také chybí povolení k používání glufosinátu na geneticky manipulované plodiny tolerantní vůči glufosinátu.
- K pokusům se však přistoupilo ještě před tím, než byla k dispozici důkladná vědecká zpráva s informacemi nutnými pro stanovení dopadu geneticky manipulovaných plodin na přirozenou biodiverzitu, a před tím, než byly dohodnuty přípustné hladiny kontaminace křížovým opylením bioplodin a geneticky nemanipulovaných plodin.
- Metodika a provádění pokusů naznačuje, že i po ukončení pokusů přetrvá značná nejistota ohledně dlouhodobé bezpečnosti.
- Nehledě na tuto nejistotu, jsou pokusy vládou i zainteresovanými vědci prezentovány zavádějícím způsobem, a to přikládáním nadměrné váhy možnostem předvídat na základě informací ze zemědělských pokusů.

## VYJÁDRĚNÍ SVĚDKA

### Nedostatečnost metodiky pokusů s GMO

Následně po schválení kukuřice podle směrnice EU o GMO (90/220/EEC) bylo zjištěno, že v systému stanovení rizik pro životní prostředí jsou nedostatky a směrnice se novelizuje (EEC, 1998b) (směrnice již byla novelizována naposledy dne 12. 3. 2001 Směrnicí 2001/18/EC, poznámka překladatele) Kukuřice byla posouzena podle staré směrnice, a proto se nelze spolehnout na odhad rizik pro životní prostředí. Fakt, že se tyto pokusy vůbec konají, je jasným přiznáním skutečnosti, že neexistuje dostatek informací pro zajištění bezpečnosti.

Ministerstvo životního prostředí, dopravy a regionů uznalo, že dokument „The Commercial Use of GM crops into the UK: potential wider impact on farmland wildlife“ („O dopadech pěstování GM plodin pro životní prostředí“) užívaný v minulosti na hodnocení GM plodin, vydaný v roce 1999 Poradní komisí pro uvolňování do životního prostředí (ACRE) (*ACRE, 1999*), je nedostačující. Odhaluje zejména nedostatek pozornosti věnované možným dopadům na biodiverzitu. Subkomise následně zřízená organizací ACRE, se má zabývat

zpřesněním údajů nutných ke zjištění důkladnějšího stanovení rizik u plodin včetně sekundárních dopadů na biodiverzitu a na obvyklé metody používané v zemědělství. Tato komise však musí zprávu ještě vypracovat. Neexistuje tedy záruka, že pokusy v zemědělských provozech budou vyhovovat potřebným požadavkům. Odbornějším přístupem by bylo počkat na výsledky výzkumu subkomise ACRE a pokusy navrhovat na jejich základě.

Ze způsobu řízení pokusů je zjevné, že jsou prováděny ve spěchu. Navzdory viditelnému záměru využít první rok konání pokusů ke stanovení vědecké metodiky pro následující roky, o místu a způsobu prvních pokusů se rozhodlo ještě před ustavením vědeckého řídicího týmu, což mohlo ovlivnit kvalitu informací získaných roku 1999 a v následujících letech.

K pečlivému prověření nesrovnalostí v současně dostupných údajích a k systematickému stanovení nezbytných znalostí ještě nedošlo. Kromě toho ostatní výzkumy, které by měly udat směr pokusům v zemědělských provozech, ještě nebyly dokončeny. Zejména se jedná o projekt známý jako BRIGHT (Botanical and Rotational Implication of Genetically Modified Herbicide Tolerance), jenž byl zahájen v dubnu 1999, má být dokončen v roce 2003 a sponzoruje jej ministerstvo MAFF. Záměrem je posoudit diverzitu plevelů a „poskytnout zemědělcům praktické rady jak správně zacházet s plodinami tolerantními vůči herbicidům“ (MAFF, 1998). Tyto informace by měly být k dispozici dříve, než zemědělci začnou provádět experimenty.

### **Neuvažované potenciální dopady pokusů s GMO na životní prostředí**

Před zahájením pokusů se jejich dopad, možný transport genů, genetické znečištění bioplodin a geneticky nemanipulovaných plodin neřešil. Podle zásad ekologického zemědělství není přípustný žádný druh kontaminace bioplodin, ale nebyly stanoveny žádné hodnoty pro přípustnou hladinu křížové kontaminace u konvenčních geneticky nemanipulovaných plodin.

(Poznámka: Tento problém je v současné době součástí diskuse na téma revize směrnice o GMO “Deliberate Release Directive”). Není tedy možné určit, zda bude přípustná vůbec nějaká hladina kontaminace, případně jaká. Než to bude známo, nelze hrozbu představovanou těmito pokusy vyčíslit. Ekologičtí zemědělci a ekologická sdružení je zastupující nebyli zapojeni do vytváření pravidel o zacházení s geneticky manipulovanými plodinami.

U kukuřice může dojít k přenosu pylu na velké vzdálenosti (Emberlin and Tidmarsh, 1999). Pěstování kukuřice ve Velké Británii postupně narůstá a přestože se tu nevyskytují žádné volně rostoucí příbuzné druhy, které by mohly být opyleny, je genetická kontaminace geneticky nemanipulované kukuřice velmi pravděpodobná. Protože je část této kukuřice pěstována podle zásad ekologického zemědělství, které specificky geneticky manipulované plodiny vylučují, dochází zde ke střetu zájmů. Ten je nutné vyřešit ještě před zahájením pokusů v zemědělských provozech a ne až po jejich skončení.

Nevyhnutelnost křížového opylení byla potvrzena ve zprávě od instituce John Innes Centre (*Moyes and Dale, 1999*). Dělicí vzdálenosti 50-200 metrů, dodržované při pokusech v zemědělských provozech jako doporučené ve směrnících od SCIMAC (*SCIMAC, 1999*), budou při předcházení křížovému opylení naprosto neefektivní.

Pokusy v zemědělských provozech byly tedy zahájeny před tím, než byly k dispozici kompletní vědecké údaje potřebné pro vyčerpávající zhodnocení dopadu geneticky manipulovaných plodin na biodiverzitu a před tím, než byly odsouhlaseny hladiny přijatelné křížové kontaminace bioplodin a geneticky nemanipulovaných plodin.

V návrzích pokusů v zemědělských provozech jsou také nedostatky. Prověřila jsem informace přístupné veřejnosti a navštívila jsem brífink organizace DETR (konaný 23. července 1999 v Londýně), abych příslušným protokolům porozuměla. I když jsem uvedená fakta vzala v úvahu, hlavní pochybnosti zůstává, zda poskytnou spolehlivé údaje o možnosti dlouhodobého kumulativního poškození biodiverzity jako důsledku pěstování plodin rezistentních vůči herbicidům ve Velké Británii. Je možné, že na konci výzkumného programu zůstane stejné množství nezodpovězených otázek, jako je nyní.

### **Nedostatky pokusů s genetickými manipulacemi v zemědělských provozech**

Mezi nedostatky pokusů v zemědělských provozech patří:

- Nebyl dostatečně vzat v úvahu střídavý osevní postup. Geneticky manipulovaná plodina se na každém poli pěstuje vždy po dobu jednoho roku. Malé změny v jakémkoli parametru tedy nemusí být (s ohledem na statistickou průkaznost) během jedné sezóny považovány za statisticky významné, ale mohou být po určité době součástí signifikantního trendu jako důsledku opakovaného používání plodin tolerantních vůči herbicidům. Vzhledem k tomu, že všechny základní jednoleté plodiny jsou navrženy tak, aby byly rezistentní vůči herbicidům, mohly by se za několik let při střídavém osevním postupu používat plodiny rezistentní vůči herbicidům ve dvou nebo dokonce ve třech letech z každých čtyř let. V nejhorším případě mohou být tyto plodiny na základě pokusů označeny za „bezpečné“, ale po nějaké době se mohou objevit vážné kumulativní dopady na biodiverzitu;
- jak spolehlivě rozpoznat co možná nejmenší, ale potenciálně signifikantní rozdíly, když se metody hospodaření s těmito plodinami mění a jsou mimo kontrolu vědců;
- jak odhadnout dopady na život v přírodě jako celku, když v životě rostlin a hmyzu jsou rozdíly. Zatím plně nechápeme vztahy mezi mnoha druhy hmyzu a plevele, druhy, kterých se to týká, a ostatními součástmi potravinového řetězce. Dále se vybraná kritéria biodiverzity mohou v dlouhém časovém období prokázat jako irelevantní a jsou částečně řízena spíše tím, co je prakticky proveditelné než empirickými důkazy jejich významnosti. Jak se vyjádřili vědci provádějící studii:

Pokusy v zemědělských provozech byly zahájeny před tím, než bylo k dispozici kompletní vědecké stanovení údajů potřebných pro úplné zhodnocení dopadu geneticky manipulovaných plodin na biodiverzitu a před tím, než byly odsouhlaseny hladiny přijatelné křížové kontaminace bioplodin a geneticky nemanipulovaných plodin.

Nehledě na zmíněné nedostatky pokusů v zemědělských provozech se o těchto pokusech nesprávně uvádí, že poskytují jednoznačnou odpověď na otázku, zda je používání geneticky manipulované kukuřice bezpečné či nebezpečné

„Není praktické zaznamenávat reakce jednotlivých populací všech druhů v systému jednoletých plodin. Používáme indikátory biodiverzity, které by pravděpodobně mohly být citlivé na zacházení a odrážet procesy, jež by mohly vést k významným ekologickým změnám, které nelze přímo rozpoznat s ohledem na časovou a prostorovou stupnici, která je pro studii k dispozici“ (*Firbank et al., 1999*).

- Některé druhy jako například ptáci, savci a půdní mikroorganismy se při pokusech v zemědělských provozech naprosto vylučují z přímých studií. V případě ptáků a savců doufáme, že se dělají správná opatření, aby měli k dispozici dostupné zdroje; není to však jisté. Přestože mikroorganismy jsou důležitou součástí biodiverzity zemědělské půdy, jejího zdraví a úrodnosti, jsou naprosto nevysvětlitelně vyřazeny z pokusů;
- nejistota, která po skončení pokusů nevyhnutelně zůstane, neboť i předložené informace z velkoplošných pokusů, budou omezené;
- že zemědělcům provádějícím experimenty je nařízeno, aby se při pěstování geneticky manipulovaných plodin řídili určitými pravidly, která jsou však v praktických situacích v běžném provozu odsouzena k porušování; na přezkoumání důsledků této předvídatelné odchylky v lidském chování není však vynaloženo žádné úsilí. Dokonce u přísně kontrolovaných experimentálních pokusů byla porušena nařízení, jako je například ochranná vzdálenost;
- že systém geneticky manipulovaných plodin je srovnáván pouze s konvenčním systémem zemědělství a ne třeba s ekologickým zemědělstvím nebo se zemědělskou výrobou s nízkými vstupy. Výzkum, který jsem vedla společně s Dr. Andym Stirlingem z university v Sussexu, ukazuje, že s konvenčními systémy vládne velká nespokojenost (také mezi specialisty a průmyslem) (*Stirling and Mayer, 1999*). Pokud jde o ochranu životního prostředí, srovnání prováděná na základě pokusů v zemědělských provozech tedy pravděpodobně nezbuzují důvěru.

Přestože se pokusy v zemědělských provozech mohou zdát reprezentativnější než pokusy v malém měřítku, nelze se na ně spoléhat, chceme-li zjistit, jaké by v budoucnu mohly být ekologické důsledky používání genetiky manipulované kukuřice tolerantní vůči herbicidům. A to pomůžeme ostatní dopady pěstování GM kukuřice.

### **Nevhodné vyhodnocení pokusů s GMO**

Nehledě na nedostatky pokusů prováděných v zemědělských provozech, se o těchto pokusech nesprávně uvádí, že poskytují jednoznačnou odpověď na otázku, zda používání genetiky manipulované kukuřice je bezpečné či nebezpečné. Například Ministerstvo životního prostředí se v informačním materiálu, který hodnotí pokusy v zemědělských provozech, vyjádřilo že:

„Výsledky těchto hodnocení v zemědělských provozech opravdu zajistí, aby kontrolovaný vývoj genetiky manipulovaných plodin ve Velké Británii byl bezpečný.“ (*DETR, 1999a*)

Ministr životního prostředí pan Meacher se vyjádřil obdobně:

„Zhodnocení genetiky manipulovaných plodin v zemědělských provozech je nesmírně důležitý výzkum, který opravdu zajistí, že kontrolovaný vývoj genetiky manipulovaných plodin bude bezpečný.“ (*DETR, 1999b*)

Dále se vědci zastupující konsorcium pověřené provedením výzkumu, vyjádřili, že:

„Výzkum se zabývá znepokojením, že měníci se management genetiky manipulovaných plodin tolerantních vůči herbicidům (GMHT) může způsobit redukci populací plevelů a bezobratlých, na nichž jsou závislí ptáci žijící na zemědělské půdě a ostatní živočišné žijící ve volné přírodě“ (*Firbank et al., 1999*).

V těchto prezentacích není žádný náznak, ať už implicitní či explicitní, že se tyto experimenty zabývají jen jednou stránkou problému, nebo že by mohly zůstat nějaké pochybnosti. Myslím si, že je to velmi znepokojující situace. A když přičteme ještě to, s jakým spěchem byly pokusy zahájeny, poukazuje to spíše na nějaké jiné motivy než vědecké. V nejhorším případě by mohlo být komerční použití genetiky manipulované kukuřice na základě těchto pokusů schváleno, což může mít ničivý dopad.

Zvážíme-li závažnost a nevratnost jakéhokoli dopadu, který může nastat při velkoplošném používání genetiky manipulovaných plodin, není v žádném případě možné spěch při experimentech s genetiky manipulovanými plodinami ve velkém na velkých plochách ospravedlnit.

Dále postoj, který je zastáván v souvislosti se zaváděním genetiky manipulovaných plodin a použitím vědeckých poznatků, odráží mnohem obecnější závěry učiněné odborníky v oblasti sociologie vědy a stanovení rizika. Tato zjištění odhalují systematická selhání v regulaci rizik v minulosti, což se, jak se zdá, v tomto případě znovu opakuje. Zveřejněný výzkum, který jsem nechala prověřit odborníky, jako například profesorem Brianem Wynnem z university v Lancasteru, dokazuje, že:

- vědci obory typicky záměrně podceňují nejistoty a omezení svých vlastních znalostí (*viz. např. Freudenberg, 1992*). Mimoto byla prezentace výsledků v tomto případě jednoznačná, nezmiňovala se o tom, že mnoho otázek zůstává nezodpovězených nebo že existuje možnost, že rizika jsou podceňována;
- pokud dojde k následkům technických zásahů, bude to naprostým překvapením pro existující vědecké poznatky. Zatím se tomu přikládá význam velice zřídka. Bylo například dokázáno, že určité chemikálie ovlivňují reprodukci u některých zástupců bezobratlých a ryb. Nepředpokládalo se, že v oblasti genetické manipulace se objeví fenomén transgenní neplodnosti;
- neprobíhají demokratické debaty o správnosti sociálních a ekologických experimentů. V tomto případě nedošlo k diskusi na téma, zda je geneticky manipulovaná tolerance vůči herbicidům považována za pozitivní využití technologie a zda budou výrobky přijatelné pro spotřebitele.



# CITOVANÁ LITERATURA

## ÚVOD

**ESRC Global Environmental Change Programme** (1999). *The Politics of GE Food*, Special Briefing No 5, University of Sussex. See also [www.gecko.ac.uk](http://www.gecko.ac.uk)

**UNESCO World Conference on Science in Budapest**, June 1999. A speaker to the conference pithily described this issue by pointing out that “companies will not do research that benefits campaigner”.

## OPYLOVÁNÍ VĚTREM

**Bateman A.J.** (1947). Contamination of seed crops. II. Wind pollination. *Heredity* 1: 235-46

**Erdtman G.** (1952). *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*. Angiosperms. Almqvist and Wiksells, Sweden.

**Evans L.T.** (1975). *Crop Physiology*. Cambridge.

**Faegri K. and Iversen J.** (1989). *Textbook of Pollen Analysis* (4<sup>th</sup> Ed.) John Wiley and Sons Ltd.

**Goss J.A.** (1968). Development, physiology and bio-chemistry of corn and wheat pollen. *Bot. Rev.* 34: 333-358

**Hardy K.R and Ottersten H.** (1968). Two scales of convection in the clear atmosphere. *Proc. Int. Conf. Cloud phys.* Toronto: 534-538 (*Am. Meteorol. Soc.*)

**Hirst J.M., Stedman O.J. and Hurst G.W.** (1967). Long Distance of Spore Transport: Vertical Sections of Spore Clouds over the Sea. *J. Gen. Microbiology.* 48: 357-377

**Hjelmroos M.** (1991). Evidence of long-distance transport of *Betula* pollen. *Grana*, 30: 215-228.

**Hodges D.** (1984). *The pollen loads of the honey bee*. International Bee Research Association, London.

**Jones M.D. and Brooks J.S.** (1950). Effectiveness of distance and border rows in preventing outcrossing in corn. *Oklahoma Agricultural Experimental Station - Technical bulletin* No 38.

**Jones M.D and Newell L.C.** (1948). Longevity of pollen and stigmas of grasses: *Buffalograss*, *Buchloe dactyloedeas* (NUTT) Engelm., and corn, *Zea mays* L. *Journal of the American Society of Agronomy*, 40 (3): 195-204.

**Mandrioli P., Negrini M.G., Cesari G. and Morgan G.** (1984). Evidence for long range transport of biological and anthropogenic aerosol particles in the atmosphere. *Grana*. 23: 43-53.

**McCartney H.A.** (1990). *Dispersal Mechanism through the Air in: Dispersal in Agricultural Habitats* (Eds. Bunce and Howard) pp 133-158. Belhaven Press, London.

**McCartney H.A.** (1994). Dispersal of spores and pollen from crops. *Grana*, 33: 76-80.

**Monteith J.L.** (1975). *Vegetation and the Atmosphere*. Academic Press.

**Morse R.A.** (1972). *The Complete Guide to Beekeeping*. Pelham Books.

**National Pollen Research Unit.** (1999). Pollen concentrations up to 475m downwind from a field of seed rape at model farm, near Watlington, Oxfordshire. June/July 1999. Report for Friends of the Earth.

**Nowakowski J. and Morse R.** (1982). The behaviour of honey bees in sweet corn fields in New York state. *American Bee Journal*, January: 13-16.



**Oke T.R.** (1978). *Boundary layer climates*. Methuen, London.

**Percival M.S.** (1947). *Pollen collection by Apis mellifera*. *New Phyto*. 46: 142-165

**Percival M.S.** (1955). *Pollen presentation and pollen collection*. *New Phyto*. 49: 40-63

**Percival M.S.** (1955). *The presentation of pollen in certain angiosperms and its collection by Apis mellifera*. *New Phyto*. 54: 353-368.

**Purseglove J.W.** (1972). *Tropical Crops. Monocotyledons 1*. Longman Group, London

**Raynor G.S., Ogden E.C., and Hayes J.V.** (1972). *Dispersion and Deposition of Corn Pollen from Experimental Sources* *Agronomy Journal*, 64: 420-427.

**Salamov A.B.** (1940). *About isolation in corn. Sel.i.Sem., 3.* (Russian translation by Michael Atanasiev in 1949).

**Smith EG.** (1990). *Sampling and identifying allergenic pollens and molds*. Blewstone Press, Texas.

**Tyldesley J.B.** (1973). *Long-range transmission of tree pollen to Shetland. III*. *New Phytologist*. 72: 175-190, 691-697.

**Vaissiere B. and Vinson S.B.** (1994). *Pollen morphology and its effect on pollen collection by honey bees, Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae), with special reference to upland cotton, Gossypium hirsutum L. (Malvaceae)*. *Grana*. 33: 128-138.

## OPYLOVÁNÍ VČELAMI

**Amoako J.** (1997). *Apiculture in Ghana: School of Pure and Applied Biology University of Wales*.

**Atallah M.A., Aly F.K. and Eshbah H.M.** (1998). *Pollen Gathering Activity of worker honey bees*. *Tropical Apiculture Conference*. Cairo 1988.

**De Bruyn C.** (1998). *Practical Beekeeping*. The Crawwood Press.

**Howes F.N.** (1947). *Plants & Beekeeping*. pub. Faber & Faber.

**Proctor M. and Yeo P.** (1979). *Pollination of Flowers*, Collins New Naturalist Series. pub. Collins.

**Seeley T.** (1985). *Honey Bee Ecology*. Princeton University Press.

**Pollen Identification for Beekeepers**. University College, Cardiff Press.

**The flight range of the honey bee**. *Journal of Agricultural Research No. 47*.

**The behaviour of honey bees in sweetcorn fields**. *American Bee Journal No.122*.

## NEBEZPEČÍ PRO EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ

**Alston R.** (1991). *Living with the New Zealand flatworm*, *New Farmer and Grower*, 33: 22. *British Organic Farmers and Organic Growers Society: Bristol*.

**EEC** (1991). *Council Regulation (EEC No. 2092/91 of 24 June 1991) on Organic Production of Agricultural Products and Indications referring thereto on Agricultural Products and Foodstuffs*.

**EC** (1999). *Council Regulation (EC No. 1804/1999 of 19 July 1999) supplementing Regulation EC No. 2092/91*.

**Emberlin J., Adams-Groom B. and Tidmarsh J.** (1999). *The dispersal of maize pollen (Zea mays) - A report based on evidence available from publications and internet sites*. *National Pollen Research Unit: Worcester, January 1999*.

**Hoffman T., Golz C., and Schneider O.** (1994). *Foreign DNA sequences are received by a wild-type strain of Aspergillus niger after co-culture with transgenic higher plants*, *Current Genetics* 27: 70-76.

**MacKenzie D.** (1999). *Gut reaction*. *New Scientist*, 30 January, p.4

**MAFF** (1998). *Code of good agricultural practice for the protection of air (The air code)*. (MAFF publication no. PB0618).

**Moyes, C.L. and Dale, P.J.** (1999). *Organic Farming and Gene Transfer from Genetically Modified Crops*, May 1999. John Innes Centre: Norwich.

**Schluter K., Futterer J., Potrykus I.** (1995). *Horizontal gene-transfer from a transgenic potato line to a bacterial pathogen (Erwinina-*

chrysanthem) occurs, if at all, at an extremely low frequency. *Bio Technology* 13: 1094-1098.

**Soil Association** (1998). *Soil Association Standards for Organic Food and Farming*, January 1998.

**Soil Association** (1998). *Soil Association Standards for Organic Food and Farming (Genetic Engineering)*, June 1999.

**Soil Association** (1999). *Genetic Engineering Guidance Notes*, Soil Association, September 1999.

**Soil Association** (1999). *The Organic Food and Farming Report*, the Soil Association.

**Treu R. and Emberlin J.** (2000). *Pollen dispersal in the crops Maize (Zea mays), Oil Seed rape (Brassica napus ssp. oleifera), Potatoes (Solanum tuberosum), Sugar beet (Beta vulgaris ssp. vulgaris) and Wheat (Triticum aestivum)*, National Pollen Research Unit: Worcester, January 2000.

**UKROFS** (1999). *Terms of reference and rules of procedure for the Genetic modification Working Group*.

**UKROFS** (1999). *UKROFS Standards for Organic Food Production*, January 1999.

**Watanabe T.** (1963). *Infective heredity of multiple drug resistance in bacteria*. *Bacteriological Review* 27: 87-115

**Young R., Cowe A., Nunan C., Harvey J. and Mason L.** (1999). *The Use and Misuse of Antibiotics in UK Agriculture, Part 2, Antibiotic Resistance and Human Health*, The Soil Association.

## **NEDOSTATKY KONCEPCIE PODSTATNÉ SHODY**

**Bowers J. et al.** (1999): *Science* 285: 1562-1565.

**European Commission** (1980). 'The ADI Debate', Appendix I of *Food additives and the consumer*, European Commission, 1980, pp. 41-3.

**Ewan S.W.B. and Pusztai A.** (1999). *Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing Galanthus nivalis lectin on rat small intestine*. *Lancet* 354 (9187): 1353-1354.

**Kuiper H.A. et al.** (1998). *Food Safety Evaluation of Genetically modified Foods as a Basis for Market Introduction (Ministry of Economic Affairs, The Hague, 1998)*

**Lydon J. and Duke S.O.** (1989). *Pesticide Science* 25: 361-374.

**Nature** (1999). *Food scientist in GMO row defends 'premature' warning*. *Nature* 398: 98.

**OECD** (1993). *Safety Evaluation of Foods Derived by Modern Biotechnology OECD, Paris, 1993*.

**Padgett S.R. et al.** (1996). *Journal of Nutrition* 126: 702-716

**WHO** (1991). *Strategies for assessing the safety of foods produced by biotechnology*, WHO, Geneva, 1991.

## **RIZIKO PRO POTRAVINY A KRMIVO**

**Beech D.** (1997). "Study of the effects of Intra-Uterine Growth Retardation on the development of the lungs and kidneys in humans and two animal models. A stereological investigation.", 1997. PhD Thesis, Brunel University.

**Ewan, S.W.B and Pusztai A.** (1999). *Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing Galanthus nivalis lectin on rat small intestine*. *The Lancet* 354: 1353-1354.

**Hinchliffe S.A., Lynch M.R.J., Sargent P.H., Howard C.V., van Velzen D.** (1992). *The effect of human intrauterine growth retardation on the development of renal nephrons*. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology* 99: 296-301.

**Ho M.W., Traavik T., Olsvik R., Midtvedt T., Tappeser B., Howard C.V., von Weizsacker C. and McGavin G.** (1998). *Genet Technology and Gene Ecology of Infectious Diseases. Microbial Ecology in Health and Disease* 10: 33-59.

**Howard C.V., van Velzen D., Ansari T., Li Y. & Pahal N.** (1995). *Unbiased stereological measurements using conventional light microscopy, applied to the study of human intra-uterine growth retardation*. *Zoological Studies* 34: 109-110.

**Howard C.V. and Saunders P.T.** (1999). *Sensible precautions make good science*. *Nature* 401: 207.

**Johnston P., stringer R., Santillo D. and Howard C.V.** (1998). "Hazard, Exposure and Ecological Risk Assessment" In: *Environmental Management in Practice*, Vol. 1 (Eds: Nath, Hens, Compton and Devuyt) Routledge, London.

## HORIZONTÁLNÍ TRANSFER GENŮ

**Adamo J.A. and Gealt M.A.** (1996). A demonstration of bacterial conjugation within the alimentary canal of *Rhabditis* nematodes. *FEMS Microbiol. Ecol.* 20: 15-22.

**Andersen S.R. and Sandaa R.A.** (1994). Distribution of tetracycline resistance determinants among gram-negative bacteria isolated from polluted and unpolluted marine sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 60: 908-912.

**Anderson N.G.** (1970). Evolutionary significance of virus infection. *Nature* 227: 1346-1347.

**Australian Genethics Network** (1994). *The troubled helix*. Vol. 3 (ISBN 0-85802-115-3 08502-095-5).

**Bergelson J. et al.** (1998). Promiscuity in transgenic plants. *Nature* 395: 25.

**Bogosian G. and Kane J.F.** (1991). Fate of recombinant *Escherichia coli* K-12 strains in the environment. *Adv. Appl. Microbiol.* 36: 87-131.

**Bork P. and Doolittle R.F.** (1992). Proposed acquisition of an animal protein domain by bacteria. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 89: 8990-8994.

**Brul S. & Stumm C.K.** (1994). Symbionts and organelles in anaerobic protozoa and fungi. *Trends Ecol. Evol.* 9: 319-323.

**Capy, P. et al.** (1994). The strange phylogenies of transposable elements: are transfers the only explanation? *TIG* 10: 7-12.

**Coffin J.** (1990). In: *Fields, B. et al. (eds.) Virology*, Raven Press. Pp. 1437-1527.

**Daane L.L. et al.** (1996). Influence of earthworm activity on gene transfer from *Pseudomonas fluorescens* to indigenous soil bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 515-521.

**Davies J.** (1994). Inactivation of antibiotics and the dissemination of resistance genes. *Science* 264: 375-382.

**Doerfler W. and Schubert, R.** (1998). Uptake of foreign DNA from the environment: the gastrointestinal tract and the placenta as portals of entry. *Wien Klin. Wochenschr.* 110: 40-4.

**Doerfler W. et al.** (1997). Integration of foreign DNA and its consequences in mammalian systems. *TIBTECH* 1997, 312: 401-6.

**Doolittle R.F. et al.** (1989). Origins and evolutionary relationships of retroviruses. *Q. Rev. Biol.* 64:1-29.

**Dreiseikelmann B.** (1994). Translocation of DNA across bacterial membranes. *Microbiol. Rev.* 58:293-316.

**Duesberg P.H.** (1983). Retroviral transforming genes in normal cells. *Nature* 304: 219-226.

**Finnegan D.J.** (1989). Eukaryotic transposable elements and genome evolution. *Trends Genet.* 5: 103-107.

**Fox J.L.** (1997). Farmers say Monsanto's engineered cotton drops bolls. *Nature Biotechnol.* 15: 12333.

**Fredriksen K.** (1993). Anti-native DNA antibodies induced by BK virus and BK virus native DNA, Ph.D. thesis, Department of Virology, Institute of Medical Biology, University of Tromsø, Norway (ISBN 82-7589-030-6).

**Fredriksen K. et al.** (1994). On the biological origin of anti-double stranded (ds) DNA antibodies: systematic lupus erythematosus-related anti-dsDNA antibodies are induced by polyomavirus BK in lupus-prone (NZB x NZW) F1 hybrids, but not in normal mice. *Eur. J. Immunol.* 24: 66-70.

**Friesen P.D. and Nissen M.S.** (1990). Gene organization and transcription of TED, a *Lepidoptera* retroposon integrated within the baculovirus genome. *Mol. Cell Biol.* 10: 3067-3077.

**Gebauer, G. et al.** (1998). mRNA expression of components of the insulin-like growth factor system in breast cancer cell lines, tissues, and metastatic breast cancer cells. *Anti-cancer Res.* 18:2A 1191-5.

**Griffith F.** (1928). The significance of pneumococcal types. *J. Hyg.* 27: 113-159.

**Harding K.** (1996). The potential for horizontal gene transfer within the environment. *Agro Food Ind. Hi-Tech.* 7: 31-35.

**Hawkinson S.E. et al.** (1998). Circulating concentrations of insulin-like growth factor 1 and risk of breast cancer. *Lancet* 351: 1393-6.

**Heinemann J.A.** (1991). Genetics of gene transfer between species. *Trends Genet.* 7: 181-185.

**Ikawa Y. et al.** (1974). An association between globin messenger RNA and 60S RNA derived from Friend leukemia virus. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 71: 1154-1158.

**Inose T. and 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. *Int. J. Food Science Tech.* 30: 141-146.

**Ivics Z. et al.** (1997). Molecular reconstruction of Sleeping Beauty, a Tc1-like transposon from fish, and its transposable cells. *Cell* 91: 501-510.

**Jehle J.A. et al.** (1995) TC.14.7.: A novel transposon found in *Cydia pomonella granulosus* virus. *Virology* 207: 369-379.

**Kidwell M.G.** (1993). Lateral transfer in natural populations of eukaryotes. *Annu. Rev. Genet.* 27: 235-256.

**Kipling D. and Kearsley S.E.** (1990). Reversion of autonomously replicating sequence mutations in *Saccharomyces cerevisiae*: creation of a eucaryotic replication origin with procaryotic vector DNA, *Mol. Cell. Biol.* 10: 265-272.

**Kruse H.** (1994). Antimicrobial resistance - epidemiological aspects. *Dr. Scient. thesis*, Norwegian College of Veterinary Medicine, Oslo (ISBN 82-7725-015-0).

**Kruse H. and Sorum, H.** (1994). Transfer of multiple drug resistance plasmids between bacteria of diverse origins in natural microenvironments. *Appl. Environ. Microbiol.* 60: 4015-4021.

**Kruse H. and Jansson J.** (1997). The use of antibiotic resistance genes as marker genes in genetically modified organisms. *Norwegian*

*Pollution Control Authority, Oslo* (ISBN 82-7655-052-5).

**Lambowitz A.M. and Belfort M.** (1993). Introns as mobile genetic elements. *Annu. Rev. Biochem.* 62: 587-622.

**Landman O.E.** (1991). The inheritance of acquired characteristics. *Annu. Rev. Genet.* 25: 1-20.

**Latorre J. et al.** (1984). Microbial metabolism of chloroanilines: enhanced evolution by natural genetic exchange. *Arch. Microbiol.* 140: 159-165.

**Leff L.G. et al.** (1992). Information spiraling: movement of bacteria and their genes in streams. *Microb. Ecol.* 24: 11-24.

**Levy S.B. and Miller R.V.** (1989). Gene transfer in the environment. McGraw-Hill, New York.

**Lorenz M.G. and Wackernagel W.** (1994). Bacterial gene transfer by natural genetic transformation in the environment. *Microbiol. Rev.* 58: 563-602.

**Lorenz M.G. et al.** (1991). Release of transforming plasmid and chromosomal DNA from two cultured soil bacteria. *Arch. Microbiol.* 156: 319-326.

**Luo G. et al.** (1998). Chromosomal transposition of a Tc1/mariner-like element in mouse embryonic stem cells. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95: 10769-10773.

**Maynard Smith J. et al.** (1991). Localized sex in bacteria. *Nature* 349: 29-31.

**Mazodier P. and Davies, J.** (1991). Gene transfer between distantly related bacteria. *Annu. Rev. Genet.* 25: 147-171.

**Miller D.W. and Miller L.K.** (1982). A virus with an insertion of a copia-like element. *Nature* 299: 562-564.

**Milot E. et al.** (1994). Association of a host DNA structure with retroviral integration sites in chromosomal DNA. *Virology* 201: 408-412.

**Morell V.** (1993). Dino DNA: the hunt and the hype. *Science* 261: 160-162.

**Nielsen K.M. et al.** (1998). Horizontal gene transfer from transgenic plants to terrestrial bacteria - a rare event? *FEMS Microbiological Reviews* 22: 79-103.

- Nikolich N. et al.** (1994). evidence for natural horizontal transfer of tet Q between bacteria that normally colonize humans and bacteria that normally colonize livestock. *Appl. Environ. Microbiol.* 60: 688-728.
- Nordlee J.A. et al.** (1996). Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *New Engl. J. Med.* 14: 688-728.
- Ogram O.V. et al.** (1994). Effects of DNA polymer length on its adsorption to soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 60: 393-396.
- Ogunseitan O.A. et al.** (1992). Application of DNA probes to analysis of bacteriophage distribution patterns in the environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 2046-2052.
- Outwater J.L. et al.** (1997). Dairy products and breast cancer: the IGF-1, estrogen and bGH hypothesis. *Med. Hypotheses* 48: 453-61.
- Powers D.A. et al.** (1991). Genetic mechanisms for adapting to a changing environment. *annu Rev. Genet.* 25: 629-659.
- Pääbo S. et al.** (1988). Mitochondrial DNA sequences from a 7000 year old brain. *Nucleic Acids Res.* 16: 9777-9787.
- Reddy S.A. and Thomas, T.L.** (1996). Expression of a cyanobacterial delta 6-desaturase gene results in gamma-linolenic acid production in transgenic plants. *Nature Biotechnol.* 14: 639-42.
- Rekvig O.P. et al.** (1992). Antibodies to eukaryotic, including autologous, native DNA are pruced during BK virus infection, but not after immunization with non-infectious BKV DNA. *Scand. J. Immunol.* 36: 487-495.
- Romanowski G. et al.** (1992). Persistence of free plasmid DNA in soil monitored by various methods, including a transformation assay. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 3012-3019.
- Romanowski G. et al.** (1993a). Use of a polymerase chain reaction and electroporation of *Escherichia coli* to monitor the persistence of extracellular plasmid DNA introduced into natural soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 2438-3446.
- Romanowski G. et al.** (1993b). Plasmid DNA in a groundwater aquifer microcosms adsorption, DNase resistance and natural genetic transformation of *Bacillus subtilis*. *Mol. Ecol.* 2: 171-181.
- Schlimme W. et al.** (1997). Gene transfer between bacteria within digestive vacuoles of protozoa. *FEMS Microbiol. Ecol.* 23: 239-247.
- Schouten G.J. et al.** (1998). Transposon Tc1 of the nematode *Caenorhabditis elegans* jumps in human cells. *Nucleic Acids Res.* 26: 3013-3017.
- Shubbert R. et al.** (1994). Ingested foreign (phage M13) DNA survives transiently in the gastrointestinal tract and enters the bloodstream of mice. *Mol. Gen. Genet.* 242: 495-504.
- Shubbert R. et al.** (1997). Foreign (m13) DNA ingested by mice reaches peripheral leukocytes spleen and liver via intestinal wall mucosa and can be covalently linked to mouse DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94: 961-966.
- Sidransky H. et al.** (1994). Studies with 1,1-ethylidenebis (tryptophan), a contaminant associated with L-tryptophan implicated in the eosinophilia-myalgia syndrome. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 126: 108-13.
- Smets B.F. et al.** (1993). The specific growth rate of *Pseudomonas putida* PAW1 influences the conjugal transfer rate of the TOL plasmid. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 3430-3437.
- Smith M.W. and Doolittle R.F.** (1992). Anomalous phylogeny involving the enzyme glucose-6-phosphate isomerase. *J. Mol. Evol.* 34: 544-545.
- Smith M.W. et al.** (1992). Evolution by acquisition: the case for horizontal transfers. *Trends Biochem. Sci.* 17: 489-493.
- Sprague G.F. jr.** (1991). Genetic exchange between kingdoms. *Curr. Opin. Genet. Dev.* 1: 530-533.
- Spring S. et al.** (1992). Phylogenetic diversity and identification of nonculturable magnetotactic bacteria. *Syst. Appl. Microbiol.* 15: 116-122.
- Stachel S.E. and Zambryski P.C.** (1989). Generic trans-kingdom sex? *Nature* 340: 190-191.
- Steffan R.J. et al.** (1988). Recovery of DNA from soils and sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 2908-2915.

**Stephens R.S. et al.** (1998). Genome sequence of an obligate intracellular pathogen of humans: *Chlamydia trachomatis*. *Science* 282: 754-759.

**Stevens S.W. and Griffith J.D.** (1994). Human immunodeficiency virus type 1 may preferentially integrate into chromatin occupied by L1Hs repetitive elements. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91: 5557-5561.

**Syvänen, M.** (1984). Conserved regions in mammalian b-globulins: could they arise by cross-species gene exchange. *J. Theor. Biol.* 107: 685-696.

**Syvänen M.** (1985). Cross-species gene transfer: implications for a new theory of evolution. *J. Theor. Biol.* 112: 333-343.

**Syvänen M.** (1987a). Cross-species gene transfer: a major factor in evolution? *Trends Genet.* 2: 63-66.

**Syvänen M.** (1987b). Molecular clocks and evolutionary relationships: possible distortion due to horizontal gene flow? *J. Mol. Evol.* 26: 16-23.

**Syvänen M.** (1994). Horizontal gene transfer: evidence and possible consequences. *Annu. genet.* 28: 237-261.

**Thakur M.S. et al.** (1991). An environmental assessment of biotechnological processes. *Adv. Appl. Microbiol.* 36: 67-86.

**Timmis J.N. and Scott N.S.** (1984). Premiscuous DNA: sequence homologies between DNA of separate organelles. *Trends Biochem. Sci.* 9: 271-273.

**Torsvik V.L. and Goksoyr J.** (1978). Determination of bacterial DNA in soil. *Soil Biol. Biochem.* 10: 7-12.

**Traavik T.** (1979). *Arboviruses in Norway*. Dr. philos. thesis. University of Tromsø, Norway.

**Trevors J.T. et al.** (1987). Gene transfer among bacteria in soil and aquatic environments: a review. *Can. J. Microbiol.* 33: 191-198.

**Vader A. et al.** (1987). Nuclear introns from *Physarum flavicomum* contain insertion elements that may explain how mobile group I introns gained their open reading frames. *Nucleic Acids Res.* 22: 4553-4559.

**Violand B.N. et al.** (1994). Isolation of *Escherichia coli* synthesized recombinant eukaryotic proteins that contain epsilon-N-acetylysine. *Protein Sci.* 3: 1089-97.

**Widmer F. et al.** (1997). Quantification of transgenic marker gene persistence in the field. *Mol. Ecol.* 6: 1-7.

**Wöstemayer J. et al.** (1997). Horizontal gene transfer in the rhizosphere: a curiosity or a driving force in evolution? *Adv. Bot. res. Incorp. Adv. Plant Pathol.* 24: 399-429.

**Zambryski, P.C. et al.** (1989). Transfer and function of T-DNA genes from *Agrarium Ti* and *Ri* plasmids. *Cell* 56: 193-201.

**Zhou, Y. et al.** (1993). Transfer of neurotoxicity from *Clostridium butyricum* to a non-toxicogenic *Clostridium botulinum* type E-like strain. *Appl. Environ. microbiol.* 59: 3825-3831.

## DOPADY NA PÚDU

**Agro Evo. Glufosinate Ammonium Fact Sheet**  
<http://www.gn.apc.org/pesticides/trust/ai/facts/glufosin.htm>

**Ahmad I. and Malloch D.** (1995). Interaction of soil microflora with the bioherbicide phosphinothricin. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 54 pp 165-174. Elsevier Science.

**Dekker J. and Duke S.O.** (1995). Herbicide-Resistant Field Crops. In *Advances of Agronomy* 54: pp 69-116, Academic Press.

**Giovani G.D. et al.** (1999). Comparison of parental and transgenic alfalfa rhizosphere bacterial communities using BiologGN metabolic finger-printing and enterobacterial repetitive intergenic consensus sequence-PCR (EPIC-PCR). *Microbial Ecology* 37: pp 129-139.

**Lorenz M.G.** (1998). Horizontal gene transfer among bacteria in soil by natural genetic transformation. In "Microbial Interactions in Agriculture and Forestry" pp 19-44. Eds. N.S.Subba Rao and Y.R. Dommergues, Science Publishers Inc., New Hampshire, USA.

**Marshall G.** (1998). Herbicide-Tolerant Crops-Real Farmer Opportunity or Potential Environmental Problem. *Pesticide Science*, 52: pp 394-402.

**Seidler R.J.** (1994). Evaluation of methods for detecting ecological effects from genetically engineered microorganisms and microbial pest control agents in terrestrial systems. In *Environmental Gene Release*, Eds M.J.Bazin and J.M.Lynch. OECD/Chapman Hall, London.

**Wolf D.C. et al.** (1994). Isotopic methods for the study of soil organic matter dynamics. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2*. pp865-905. Soil Science of America, Madison, Wisconsin, USA.

## DŮSLEDKY POUŽÍVÁNÍ PESTICIDŮ

**English Nature** (1998). Position Statement of Genetically Modified Organisms, Peterborough 1998.

**Lebaron H., and McFarlan J.** (1990). Herbicide Resistance in Weeds and Crops. In: Green, M.B., Lebaron, H., & Moberg, W.K., (eds), *Managing Resistance to Agrochemicals*. American Chemical Society, Washington, 1990.

**MAFF** (1999). Review of Usage of Pesticides in Agriculture, and Horticulture Throughout Great Britain 1986-1996. Pesticide Usage Survey Report 150. MAFF Publications, London 1999.

**Pesticides Safety Directorate** (1998). Scientific Review of the Impact of Herbicide Use on Genetically Modified Crops. Pesticides Safety Directorate, York. Dec 1998.

**SCIMAC** (undated). Guidelines for growing newly developed herbicide tolerant crops. Supply Chain Initiative on Modified Agriculture Crops (SCIMAC).

**SCIMAC** (1999). Code of Practice on the introduction of genetically modified crops. Supply Chain Initiative on Modified Agriculture Crops (SCIMAC), May 1999 Publications and Reports of the Advisory Committee on Releases to the Environment.

## POKUSY NA ÚROVNI ZEMĚDĚLSKÝCH PROVOZŮ A BEZPEČNOST ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

**ACRE** (1999). 'The Commercial Use of GM crops into the UK: the potential wider impact on farmland wildlife'. DETR's Advisory Committee on Releases to the Environment, 1999. URL:

<http://www.environment.detr.gov.uk/acre/wildlife/index.htm>

**DETR** (1999a). Department of the Environment, Transport and the Regions. Farm-scale evaluation Factsheet. 26<sup>th</sup> May 1999.

**DETR** (1999b). Press Release 14<sup>th</sup> June 1999 "New GM Committee will assess 'science facts not fiction' - Meacher".

**EEC** (1998a). Official Journal of the European Communities 131 5<sup>th</sup> May 1998, p 31.

**EEC** (1998b). A proposal for a Directive to amend Directive 90/220/EEC on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms (GMOs) (COM (1998) 85 final).

**Emberlin J. and Tidmarsh J.** (1999). A report on the dispersal of maize pollen. Soil Association: Bristol.

**Firbank L.G. et al.** (1999) Farm-scale evaluation of GM crops explained. *Nature* 399: 727-728.

**Freusenberg W.R.** (1992). Heuristics, biases, and the not-so-general publics: expertise and error in the assessments of risk. In: *Social Theories of Risk*. S.Krinsky &D. Golding (eds.) Praeger: Westport, Connecticut.

**MAFF** (1998). BRIGHT Project Press Release 14<sup>th</sup> October 1998.

**Moyes C.L. and Dale P.J.** (1999). Organic farming and gene transfer from genetically modified crops. John Innes Centre: Norwich.

**SCIMAC** (1999). Supply Chain Initiative on Modified Agriculture Crops - Guidelines for growing newly developed herbicide tolerant crops. May 1999.

**Stirling, A. & Mayer, S.** (1999). Rethinking Risk. A pilot multi-criteria mapping of a genetically modified crop in agricultural systems in the UK. SPRU, University of Sussex.