

Geneticky modifikované rostliny a rizika jejich pěstování

S. Rakouský: Genetically Modified Plants and Risks of their Cultivation. Život. Prostr., Vol., 37, No. 2, 77 – 82, 2003.

Advances in developmental and molecular biology have opened a broad area of possibilities for a future use of genetically modified organisms (GMOs), and in parallel also for a development of products more suitable for human needs and friendlier to the environment. Future trends of their use will to a large extent depend on interest in possible ecological impacts of GMOs. It is necessary to create corresponding regulatory measures, based on scientific knowledge. Together with the synthesis of accessible information the need emerges to improve current methodology of the environment evaluation in the light of the experience obtained during the commercial and scientific applications. The most of the risk assessments does not take into account positive aspects of GMOs, as in a view of a public they make them just a source of potential risk and of no benefit.

Geneticky modifikované (GM) rostliny se v průběhu necelých deseti let staly realitou v řadě zemí světa. Dá se říci, že v současné době představují nejrozšířenější oblast biotechnologických aplikací. Mimořádné postavení mezi nimi zaujímají geneticky modifikované vyšší rostliny (GMVR), především zemědělské plodiny s vnesenými geny (transgeny) pro odolnost k herbicidům, hmyzím škůdcům, patogenům, případně geny pro některé kvalitativní znaky. V r. 2002 byly modifikované plodiny již pěstovány na více než 58 mil. ha, tedy území větším než je plocha Německa, Holandska a Belgie dohromady. K největším producentům patří bezesporu Spojené státy, následuje Argentina, Kanada a Čína. Dříve než byly tyto plodiny zavedeny do praxe, prošly rozsáhlým řetězcem laboratorních studií, polních zkoušek a testů zdravotní nezávadnosti (bezpečnosti) pro člověka i zvířata. V neposlední řadě pak dosti náročnými schvalovacími procesy v zemích původu i v zemích dalšího pěstování. Pokud jde o potenciální zdravotní rizika, dnes je k dispozici velké množství údajů svědčících o zdravotní nezávadnosti nejen samotných plodin, ale i potravin z nich vyrobených. To však nerozptýlilo, zejména v Evropě, obavy jiného druhu. Jaký bude vliv nových plodin na životní prostředí? Nedojde k přenosu cizích genů do dědičné informace plevelů a přírodních společenstev rost-

lin? Jaké to bude mít důsledky? Vznik superplevelů? Ztrátu biodiverzity? Nemohou se tyto geny stát součástí dědičné informace patogenních organismů (bakterií), zvířat či dokonce člověka? Ve vztahu k životnímu prostředí pramení tyto otázky z obav o možnou ztrátu biologické variability, unikátní flóry a fauny, chráněných území, jež jsou na členitém evropském kontinentu dosud v různé míře zachovány. V neposlední řadě k nim přispěla i selhání autorit či mezičlánků v takových případech, jako je bovinní encefalopatie (BSE – nemoc šílených krav), AIDS, ale i kukuřice Star Link určená ke krmivářským účelům. V tomto příspěvku nám jde především o posouzení možných důsledků pěstování GMVR na životní prostředí.

Evropské projekty zaměřené na hodnocení rizik GMVR

Země Evropské unie započaly se společně podporovaným výzkumem biologické bezpečnosti GMVR již r. 1989, tedy v začátcích polních pokusů. V průběhu počátečního více jak desetiletého období se získalo mnoho velmi důležitých poznatků. Prvotně byl společný výzkum zaměřen spíše na jednotlivé dílčí, avšak z pohledu bezpečnosti nových biotechnologií zásadní oblasti. Šlo



Polní pokusy s geneticky modifikovaným lnem na pozemcích firmy AGRITEC, s. r. o., – výzkum, šlechtění a služby, Šumperk, probíhající ve spolupráci s Ústavem molekulární biologie rostlin AV ČR v Českých Budějovicích. Foto: Eva Tejklová

o to zjistit, zda například GMVR sami o sobě nejsou invazivní, zda může docházet k toku genů z GMVR do příbuzných druhů rostlin nebo do mikroorganismů žijících v kontaktu s rostlinami. Jasně byl například prokázán tok genů u cizospašných, zejména větrosrubačných rostlin včetně možnosti jejich křížení s některými příbuznými druhy (např. u GM řepky a pšenice). Přes veškerou snahu se však nepodařilo prokázat existenci tzv. horizontálního přenosu genů z GM rostlin do bakterií nebo do hub. Novější EU projekty již byly orientovány na komplexnější studie možných účinků některých genů vložených do rostlin (transgenů), např. těch, které kódují rezistenci rostlin k hmyzím škůdcům nebo některým virovým onemocněním. Významné jsou především výsledky svědčící o tom, že Bt strategie ochrany rostlin (modifikované rostliny mají vložen gen z některého kmenu bakterie *Bacillus thuringiensis*, který kóduje tvorbu proteinu hubícího určité druhy hmyzu) nemá významný vliv na nečlověčí – “užitečné” druhy hmyzu, jako včely a predátory, např. slunéčka. Podrobnosti o výsledcích evropských projektů 5. rámcového programu lze získat na internetu (A).

V této souvislosti stojí za zmínku, že medializovaná kauza negativního vlivu pylu Bt kukuřice na motýla monarcha stěhovavého se ukázala jako značně zavádějící. Novější práce, metodicky správnější a zejména komplexnější, uvádí tuto záležitost na pravou míru (Stanley-Horn et al., 2001). Případný účinek pylu z GM rostlin na housenky uvedeného motýla přichází v úvahu, pokud se překrývá doba kvetení kukuřice s dobou stěhování mo-

týla. Pyl v praxi nejrozšířenějších typů Bt kukuřice má minimální, případně žádný vliv (v závislosti na množství pylu na listech klejichy, plevelné rostliny, kterou se housenky živí) na úhyn housenek monarcha. Daleko větší vliv má používaná agrotechnika (zejména pesticidy). Na účincích se podílí celá řada faktorů včetně počasí.

V současnosti vedle omezeného počtu EU projektů ne přímo zaměřených na bezpečnost geneticky modifikovaných organismů probíhá v různých zemích Evropy řada specificky cílených národních programů. V r. 1999 byl otevřen projekt Evropské vědecké nadace (European Science Foundation) pod názvem *Assessment of the Impact of Genetically Modified Plants (AIGM/ESF)*, zaměřený na hodnocení potenciálních rizik a dopadů GMVR na životní prostředí. Jeho koordiná-

torem je J. B. Sweet z National Institute of Agricultural Biology (NIAB, Cambridge, Velká Británie). Po prvním roce se k projektu připojila Česká republika a o rok později i Slovenská republika. Projekt podporující mezinárodní vědecké kontakty koordinuje činnosti v rámci národních programů, odborné akce a studijní pobyty. K jeho významným výstupům patří především oficiální dokument Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) č. 28 *Genetically modified organisms: The significance of gene flow through pollen transfer (GMO: význam toku genů prostřednictvím přenosu pylu)*. Česká republika zorganizovala v r. 2001 pod hlavičkou AIGM/ESF mezinárodní workshop věnovaný metodám hodnocení rizik GMVR. Letos se konala v Amsterdamu (21. – 24. 1.) první konference programu AIGM pod názvem *Introgression from Genetically Modified Plants into wild Relatives and its Consequences* (Introgrese z GMVR do příbuzných planých druhů a její důsledky). Jejím záměrem bylo poskytnout informace o výsledcích studií probíhajících nejen v rámci projektu, ale i v zemích, kde se GMVR masově pěstují (USA a Kanadě). Referáty se věnovaly především geneticky modifikovaným zemědělským plodinám, v menší míře transgenním dřevinám a pouze okrajově rostlinám produkujícím farmaceuticky významné látky či průmyslové suroviny.

Potenciální ekologická rizika transgenních rostlin

V centru pozornosti jsou zejména možné nežádoucí účinky biotechnologií (GMVR) na přírodní prostředí.

Úvahy se zaměřují především na rizika spojená s těmito organizmy v souvislosti se životním prostředím. Je totiž známo, že možné riziko je výsledkem rozsahu nepříznivé události (škody) a pravděpodobnosti, že negativní jev nastane, tedy:

$$\text{Riziko} = \text{Škoda} \times \text{Pravděpodobnost}$$

Proto se výzkum v tomto směru neomezuje pouze na studium pravděpodobnosti výskytu, ale i závažnosti takových účinků.

Jaké je tedy možno předpokládat potenciální účinky GMVR na životní prostředí? Kjellsson a Strandberg (2001) je shrnují následovně:

- přímá invaze z přírodních ekosystémů (např. řepa),
- tok genů a křížení s planými druhy,
- narušení přírodních společenstev v důsledku kompetice nebo interference,
- škodlivost k necílovým druhům, např. zprostředkovaně potravním řetězcem,
- ztráta biologické nebo genetické rozmanitosti,
- změny v potravních řetězcích, primární produkci a geochemických procesech.

Účinky (pozitivní či negativní) mohou být přímé nebo nepřímé (zprostředkované). Z časového hlediska mohou být okamžité, ale i oddálené. Předpokladem studia účinků je skutečnost, že GMVR nebo genetický konstrukt – transgen jsou v prostředí přítomny. Modifikované organizmy, v našem případě vyšší rostliny, jsou ve větším měřítku uvolňovány do životního prostředí až poté, kdy je známo, že nehrozí bezprostřední nebezpečí jejich negativního vlivu na zdraví člověka, zvířat, na životní prostředí a v neposlední řadě na biologickou rozmanitost (viz Cartagenský protokol). První hodnocení účinků probíhá na úrovni laboratoří a uzavřeného pěstování ve sklenících. Na této úrovni je třeba identifikovat především možné nežádoucí vlivy na zdraví člověka a zvířat. Teprve na základě pozitivních hodnocení nezávadnosti a bezpečnosti GMVR je možné přistoupit k malým polním pokusům, které probíhají několik let a na různých lokalitách. To proto, aby bylo možné s jistotou odhalit případné přímé účinky GMVR na životní prostředí. Z tohoto hlediska se považuje za rozhodující zejména problém invazivnosti a křížitelnosti s planě rostoucími příbuznými druhy.

Teoreticky lze uvažovat o nejrůznějších účincích GMVR na životní prostředí. Zatím však nebyly proká-



V potomstvech transformantů lnu lze nalézt formy, které se liší v některých šlechtitelských parametrech. Na tomto snímku vlevo je možné porovnat standardní šlechtitelskou linii nízkolinelového olejného lnu NLN s jednou nižší linií NLN odvozenou z transformačních pokusů, vpravo. Foto: Eva Tejklová

zány žádné významné vlivy těchto organizmů na přírodní společenstva. Indikace možných účinků vyplývá hlavně z laboratorních experimentů (např. s odolností rostlin vůči hmyzu). Na základě stávajících zkušeností s geneticky modifikovanými plodinami se ukazuje, že největší obavy jsou spojovány s potenciálním rizikem přenosu transgenů do téže nemodifikované plodiny a agroekosystémů. Při posuzování důsledků na agroekosystém je třeba pečlivě rozlišovat, které účinky jsou spojeny s GMVR a které vznikají v důsledku změn hospodaření (agrotechniky). Jedním z nejcitlivějších indikátorů změn prostředí jsou bezpochyby společenstva půdních mikroorganismů. Na konferenci OECD *On LMOs and the Environment* (O živých modifikovaných organizmech a životním prostředí) v Raleigh, USA (27. – 30. 11. 2001) se již tyto metodiky prezentovaly, jejich rychlejšímu uplatnění však brání problémy s identifikací mikroorganismů (známe jen zlomek půdní mikroflóry, pouze kolem 1 % je do různé míry charakterizováno).

Hybridizace mezi plodinami a komplexem planých rostlin

Pokud se pokusíme o shrnutí podmínek, které určují úspěšnost křížení v přírodě a kategorizaci možných důsledků transgenů na přírodní populace rostlin, jsou z tohoto pohledu pro introgresi zásadní: výskyt planých druhů rostlin v blízkosti pěstebních ploch, vzájemná kři-



V potomstvech linií pocházejících z transformačních experimentů se vyskytují i typy lišící se dobou kvetení. Vpravo pozdní rostlina v porostu olejného lnu. Foto: Eva Tejklová

žitelnost, fertilita a zdatnost hybridů, stálost genového konstruktů, selekční výhoda introdukovaného znaku, atd. Obecnými závěry studií hybridizace a introgrese, jejichž údaje byly získány na základě studií přírodních populací, jsou zjištěny, že křížení je běžným jevem a přestože se může vytvářet velmi početné potomstvo hybridů, pouze velmi malá část se uplatní v přírodních podmínkách. Někteří autoři poukazují na to, že výsledky introgressivní hybridizace se mohou lišit v závislosti na podmínkách prostředí. Z hlediska bezpečnosti GM technologií se tedy ukazuje, že v přírodních podmínkách jsou schopny se etablovat jen určité genotypy. Na druhé straně, velkoplošné pěstování zvyšuje pravděpodobnost kombinace různých konstruktů (gene stacking), kde nelze dobře předvídat výsledné efekty transgenů. Na frekvenci přenosu genu může mít zásadní vliv pozice transgenů na chromozómu. Pravděpodobnost introgrese transgenů závisí na řadě faktorů. V polních podmínkách bude například kontrola zaplevelení a rotace plodin snižovat přežívání hybridů a vytváření hybridních plevelných populací. Významný je i závěr vyplývající ze studií dynamiky hybridů a jejich populací. Ukazuje se, že také některé metody šlechtění a agrotechniky mohou minimalizovat nebo zpomalit introgresi. Pokud jde o introdukované znaky, potenciálně riziková může být apomixe (potomek se vyvíjí z pohlavní nebo jiné buňky pohlavního aparátu, bez oplození), rezistence k hmyzu či patogenům a tolerance vůči stresu v těch případech, kdy se daný znak obecně nevyskytuje u planých příbuzných druhů rostlin. Značná shoda panuje v názorech na potenciální rizikovost rostlinných objektů. Z plodin k nim patří především trávy a některé obiloviny. Rizikovou kategorií jsou také dřeviny, zejména lesní stromy.

Jejich vyšší rizikovost pramení z biologie kvetení, snažší mezidruhové i mezirodové křížitelnosti, způsobu rozmnožování, v řadě případů vytrvalosti, případně dlouhověkosti. Při studiu takových objektů, zejména introgrese, může značně napomoci využití vhodných rostlinných modelů, jako např. jahodníků v případě některých vytrvalých druhů. Potenciální rizikovost je však třeba posuzovat případ od případu a s ohledem na konkrétní geografické podmínky. Proto se obecně nedoporučuje pěstování GM plodin v oblastech jejich genových center a v místech druhové diverzity. To je např. důvod, proč se v Evropě dosud nepěstují modifikované odrůdy trav mírného pásu. Významnou pomocí v hodnocení hybridizace a introdukce jsou moderní detekční metody, především na subgenomové a molekulární úrovni. Cenné poznatky lze čerpat z herbářových položek.

Tok genů: introgrese a přijímání genů příbuznými rostlinami

Většina informací je zaměřena na hodnocení vlivů GMO na agrosystémy a v daleko menší míře na přírodní ekosystémy. Z poměrně rozsáhlých několikaletých studií např. na řepě (*r. Beta*) vyplývá, že dosud se nepodařilo nalézt spolehlivé potvrzení přenosu znaků kulturní řepy vně agroekosystémů, ani v ruderálních populacích nacházejících se v blízkosti semenářských oblastí i přesto, že nebyla prokázána existence inkompatibilitů mezi kulturními formami řepy a planými druhy. Na druhé straně, populace hybridů řepy, bez ohledu na jejich stupeň plodie, jsou životaschopné v agrosystémech a při nesprávné agrotechnice působí značné obtíže. Je možné, že kulturní znaky mohou vytvářet handicap pro rostliny nacházející se v přirozených ekosystémech.

Velké množství údajů, i díky projektu AIGM, je již k dispozici pro řepku olejnou, jež je považována za hlediska biologické bezpečnosti za jeden z problémových objektů. Z výsledků, které prezentoval na konferenci o introgresi v Amsterdamu C. N. Stewart (USA), vyplývá, že i v případě nejsnáze hybridizujícího příbuzného druhu *B. rapa* (řepice), frekvence hybridizace (tvorba F1 hybridů) je v přírodních podmínkách výrazně nižší (do 10 % oproti až 100 % v laboratoři). Rovněž tvorba zpětných hybridů je v polních pokusech obecně 100krát nižší. Na základě studií přenosu modelových transgenů, zdatnosti a kompetice autoři docházejí k závěru, že scénář rychlého přenosu transgenů do přírodních populací je nerealistický, vzhledem k paralelně probíhajícímu přenosu kulturních genů. To samozřejmě nevylučuje možnost přenosu transgenů jako takovou, avšak při posuzování potenciální rizikovosti je vždy třeba brát v úvahu celou řadu dalších skutečností. Např. v případě *B. rapa* je toto riziko specifické pro země, kde daný druh přežívá zimu (Velká Británie, Francie), stabilní zplanělá

a planě rostoucí společenstva řepice jsou vázána převážně na břehy vodních toků a jejich okolí, je nezbytný vzájemný překryv doby kvetení, atd. Křížitelnost řepky s jinými zástupci r. *Brassica* je v přírodních podmínkách velmi vzácná. Na účinnost hybridizace řepky má vliv genotyp a prostředí. Pro zachycení nízké frekvence introgrese (10^{-5} a níže) se doporučuje využívat několik signálních znaků a různých detekčních metod, protože při vzdálených hybridizacích často dochází k rekombinacím genomů a ztrátám dědičné informace.

Důsledky nových znaků

Environmentální riziko jakékoliv nové plodiny (včetně transgenní) či způsob hospodaření by se měly hodnotit ve srovnání se stávajícími způsoby hospodaření a jejich vlivy na ekosystémy. Riziko zavádění nové plodiny musí brát v potaz také zvýšený pohyb druhů na celém světě a zvyšující se introdukce exotických plevelů a invazivních druhů rostlin. Introdukce plodin rezistentních vůči hmyzu má své environmentální a agronomické dopady. Pro hodnocení rizika před uvolněním k pěstování na poli (do oběhu) se obvykle využívá tříúrovňový přístup (laboratorní pokusy – pěstování ve skleníku – malé polní pokusy). První dvě úrovně se používají k identifikaci možných přímých účinků, avšak jen v polních pokusech lze skutečně provést patřičné vystavení (expozici) účinkům prostředí a v důsledku toho stanovit rizika. Úkolem tzv. post-release monitoringu (tedy po uvolnění GMO do oběhu) je odhalení menších nebo dlouhodobých účinků. To vyžaduje mít k dispozici vhodné indikátory změn biodiverzity a odpovídající kontroly. Hodně se v této souvislosti diskutuje o správné volbě kontroly – výchozího stavu. Většina odborníků se přiklání k názoru, že nové technologie je třeba porovnávat se stávajícími i z hlediska jejich vlivů na životní prostředí, proto by jako kontrola měly sloužit ekosystémy vystavené účinkům běžných způsobů hospodaření. K rizikům biotechnologických postupů směřovaných na boj s hmyzími škůdci (např. Bt technologií) i jiných (kupř. na odolnost vůči rostlinným patogenům) patří i možnost vývoje rezistence u cílových organismů, proti kterým je technologie (transgen) namířena. Ta se obvykle řeší (výrazně oddálí) takovými opatřeními, jako je např. systém refugií. Na druhé straně vzniká otázka, jak se příslušný



Jednotlivé linie lnu pocházející z transformačních pokusů jsou pěstovány na parcelkách sestavených do bloků. Na základě principu předběžné opatrnosti je kolem celé pokusné plochy úhor, nejbližší porosty téže plodiny jsou ve vzdálenosti vyšší než 400 m. Foto: Eva Tejklová

transgen projeví v přirozených ekosystémech. Zvýšení odolnosti planých rostlin by mohlo mít dlouhodobé účinky na velikost a dynamiku jejich populací. Ze studií orientovaných na posouzení důsledků přenosu genů kódujících rezistenci rostlin vůči virům do planých druhů brukvovitých rostlin vyplývá, že i příbuzné viry mohou mít velmi rozdílné vlivy, dokonce i v rámci rozdílných populací téhož rostlinného druhu.

V případech zavádění komplexu znaků (tolerance k několika herbicidům nebo znaků dosud neobvyklých, jako např. pro produkci biofarmak rostlinami) by se podle názoru některých specialistů tyto informace měly znovu ověřovat. Pro hodnocení potenciálního toku genů je třeba více informací o biologických charakteristikách a lokalitě jak GMO, tak (rostlině) příjemci, s nímž mohou interagovat. Na druhé straně se řada odborníků domnívá, že samotný tok genů nemusí mít nezbytně nežádoucí účinky. Obecně se ukazuje, že transgeny plodin nebudou nezbytně působit problémy, dostanou-li se do genomu planých rostlin. Otázky toku genů jsou aktuálnější v místech, kde se vyskytují příbuzné planě rostoucí druhy, zejména pokud jde o centra druhové rozmanitosti. V tomto ohledu mohou být nápomocny databáze o biologických charakteristikách a lokalitách planých příbuzných druhů, místech pěstování GMVR apod.

Odborníci všeobecně doporučují rozlišovat mezi informacemi potřebnými pro vydání rozhodnutí o bezpeč-

nosti GMO a čistě vědeckými, podobně, jak je tomu při posuzování rizik chemických látek.

Monitoring a regulace

Klíčovým faktorem hodnocení rizik je monitoring. Povinnost provádět monitoring GMO uvolněných do oběhu ukládá evropská i národní právní úprava. Cílem je identifikovat možné účinky GMO při uvolnění do oběhu, umožnit sledovatelnost a poskytnout zpětnou vazbu k hodnocení rizika. Zejména část monitoringu zaměřená na studium neočekávaných účinků – mapování "surveillance" může být dlouhodobá, vzhledem k tomu, že lze očekávat oddálení efektu, ale i jeho dlouhodobost. Hodnocení necílových důsledků GMO by mělo odrážet komplexnost prostředí, např. posuzovat, jakým způsobem organizmus zasahuje do potravního řetězce, jaké druhy mají významné postavení v ekosystému. Ukazuje se, že k posouzení necílových účinků transgenních organizmů je nezbytný daleko systematictější přístup, než jakým je stávající rozpoznání potenciálních rizik. V této souvislosti se hodně diskutuje o praktických otázkách monitoringu, např. o návrhu a uspořádání monitorovací sítě a pod. Specialisté se shodují v tom, že pro rozdílné plodiny jsou vhodné odlišné přístupy. Společným prvkem všech monitoringů (před komerčním využitím i po uvolnění GMVR do oběhu) by měly být konzultace mezi subjekty podílejícími se na zavádění GMO, vědci a pěstiteli o otázkách parametrů, posuzování monitorovacích plánů, rozmanitosti agroekosystémů a pěstebních postupů v dané oblasti apod.

Hodnocení možných ekologických důsledků GMO, zejména jejich dlouhodobých nebo druhotných účinků, není bez problémů. V tomto ohledu je třeba dosáhnout mezinárodního konsensu v otázkách týkajících se např. definice základního stavu ekosystému, možností extrapolace výsledků z maloplošných pokusů na velké pěstební plochy, schopnosti zaznamenat vzácně se vyskytující jevy apod. Ukazuje se, že naše znalosti o genetické variabilitě přírodních populací a jejich zdatnosti jsou stále ještě omezené. Určitou pomoc v predikci důsledků GMO může poskytnout rozvíjející se matematické modelování, vždy je však nutné provádět experimentální ověření platnosti modelů. Poznání klíčových faktorů umožní dále zdokonalovat způsoby hospodaření s GMVR s cílem omezit tok genů do planých rostlin.

V souvislosti s GMVR existuje mnoho oblastí, kde je velmi žádoucí provádět vědecký výzkum (problematika toku genů, vývoj rezistencí, poškození necílových organizmů, atd). Úspěch takových studií však bude záviset

na vývoji vhodných databází, metodologií hodnocení, které postihují druhovou rozmanitost ekosystémů, ale současně dovolují jejich srovnatelnost. Stejně důležitá je úloha matematického modelování.

Současný vývoj biotechnologií je charakterizován především obrovským nárůstem informací. Bioinformatika se stává jedním z rozhodujících faktorů jejich dalšího rozvoje. Pozitivní je nárůst informací o bezpečnosti biotechnologií vůči člověku a životnímu prostředí. Při posuzování potenciálních rizik je třeba brát v úvahu i často opomíjené skutečnosti, které se týkají rizik stávajících technologií a způsobů hospodaření. V tomto ohledu je všeobecně pocíťován značný nedostatek informací o vlivu konvenčních výrobních postupů na zdraví člověka, stav životního prostředí a druhovou rozmanitost.

K dalšímu zvýšení bezpečnosti GM plodin by mohly přispět změny v technologiích vytváření transgenních rostlin, např. cílení sekvencí (přenos genů) do chloroplastů namísto běžně využívané techniky začleňování nové informace do jader, ale i další postupy omezující tok genů (např. změna barvy květů, vegetativní rozmnožování, agrotechnika, atd).

Literatura

- Ammann, K., Jacot, Z., Simonsen, V., Kjellsson, G. (eds.): Methods for Risk Assessment of Transgenic Plants. Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 1999.
- Introgression from Genetically Modified Plants into Wild Relatives and its Consequences Programme & Abstract Book of the AIGM/ESF Conference. Amsterdam, January 21.- 24., 2003.
- Kjellsson, G. K., Strandberg, M. (eds.): Monitoring and Surveillance of Genetically Modified Higher Plants. Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 2001.
- Stanley-Horn, D. E., Dively, G. P., Hellmich, R. L., Mattila, H. R., Sears, M. K., Rose, R., Jesse, L. C. H., Loseyi, J. E., Obrycki, J. J., Lewis, L.: Assessing the Impact of Cry1Ab-Expressing Corn Pollen on Monarch Butterfly Larvae in Field Studies. Proc. Nat. Acad. Sci., 98, 2001, p. 11 931 – 11 936.
- Tappeser, B., Eckelkamp, C., Weber, B.: Analysis of Observed Adverse Effects from the Release of Genetically Modified Organisms. Monographien 148. Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd), Wien, 2001.
- (A) <http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/>.
- European Science Foundation (www.esf.org)

RNDr. Slavomír Rakouský, CSc., Ústav molekulární biologie rostlin AV ČR, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice, ray@umbr.cas.cz