

Environmentálne riziká *Bt* plodín odolných voči hmyzu

Zo 40 miliónov hektárov geneticky modifikovaných (GM) plodín, ktoré boli v roku 1998 pestované na celom svete, na 22 % (8,8 miliónoch hektárov) boli odrody vyvinuté s cieľom zabezpečiť rezistenciu (odolnosť) voči hmyzu¹. Väčšina takýchto plodín sa vytvára vložením umelej verzie génu, pochádzajúceho z prirodzene sa vyskytujúcej pôdnej baktérie *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). Vďaka prítomnosti tohto génu si rastliny sami vytvárajú vlastný *Bt* toxín, ktorý likviduje ich škodcov. *Bt* kukurica, bavlna a zemiaky rezistentné voči hmyzu sa už extenzívne pestujú v komerčnom merítku hlavne v USA. Mnoho iných *Bt* plodín je momentálne v štádiu vývoja (napr. repka olejka, ryža a paradajky).

Existujú však presvedčivé dôkazy poukazujúce na nebezpečné environmentálne následky snahy o urýchlenie komercializácie *Bt* plodín.

Neúmyselný dopad na užitočné organizmy

Bt v jeho prirodzenej podobe používali roľníci praktikujúci organické a iné trvalo udržateľné metódy pestovania už od roku 1950 ako postrek ničiaci škodcov bez toho, aby ohrozil hmyz a iné druhy voľne žijúcich organizmov, pre ktoré nie je pôvodne určený. *Bt* toxíny, ktoré produkujú plodiny rezistentné voči hmyzu ako je GM kukurica vytvorená spoločnosťami Novartis a Monsanto (napríklad MON810), sú však výrazne odlišné a ukázali sa ako škodlivé pre užitočné druhy hmyzu - predátorov.

Prirodzené *Bt* postreky nepôsobia na organizmy, pre ktoré nie sú určené, pretože

bakteriálny "protoxín" je v neaktívnom stave a stáva sa toxickým až počas jeho spracovania v čreve určitého (cieľového) druhu hmyzej larvy. Naproti tomu mnoho plodín odolných voči hmyzu obsahuje umelú skrátenú formu *Bt* génu, pri ktorej je znížená potreba spracovania na vytvorenie toxínu. Toho dôsledkom je menšia selektivita, čím dochádza nielen k ničeniu cieľových škodlivých druhov hmyzu ale aj iných druhov hmyzu, ktorým chýbajú enzýmy na spracovanie "protoxínu"².

Výskum naznačuje, že transgénové *Bt* plodiny by mohli taktiež poškodzovať organizmy, ktoré sa živia škodcami vystavenými pôsobeniu toxínov *Bt* rastlín. Najznámejším príkladom tohto fenoménu je účinok peľu z *Bt* kukurice na amerického motýľa *Danaus plexippus* (angl. Monarch butterfly)³. Ďalším druhom organizmu, pri ktorom sa ukázal vplyv *Bt* plodín, je zlatoočka - užitočný hmyz, ktorý zohráva dôležitú úlohu v prirodzenej regulácii škodcov⁴. Účinok *Bt* plodín sa preukázal aj u dážďoviek a chvostoskokov (malý druh bezstavovcov žijúci v zemi)⁵.

Zmeny v populáciách škodcov ako aj u ich prirodzených nepriateľov sa prejavili aj u *Bt* bavlny. Údaje z Číny dokazujú, že používanie *Bt* plodín môže viesť k premnoženiu populácií druhotných škodcov vrátane vošiek, škodcu bavlníka *Lygus hesperus*, molíc, roztočov druhu *Tetranychus cinnabarinus* a strapiek⁶. Výskumy preukázali významný pokles v



početnosti populácií užitočných parazitov *Microplitis sp.* (88,9 % pokles) a *Campoletis chloridae* (79,2 % pokles) v oblastiach pestovania *Bt* bavlny⁷. Údaje zozbierané v Indii vykazujú vysoký stupeň výskytu vošiek a cikádiok *Austroasca spp.* v oblastiach pestovania *Bt* bavlny⁸. Vedci v USA nedávno dokázali negatívny vplyv *Bt* kukurice⁹ na miestnu populáciu druhu *Coleomegilla maculata*, ktorý je užitočným predátorom hmyzu, bežne sa vyskytujúceho na kukuričných poliach.

Znepokojujúcim záverom je, že *Bt* toxín z GM plodín môže zabíjať druhy, pre ktoré nie je určený a môže byť prenášaný vertikálne v potravinovom reťazci. Tento nepriaznivý efekt nebol pozorovaný pri prirodzenej forme *Bt* toxínu.

Dopad na zdravie pôdy

Keďže rozhodujúcu úlohu pri vytváraní zdravej pôdy zohrávajú pôdne organizmy, je nevyhnutné pochopiť, ako vplyvajú rôzne poľnohospodárske techniky na tieto organizmy. *Bt* plodiny môžu byť problematické z hľadiska dlhodobého zdravia pôdy, keďže sa v nich syntetizujú proteíny so známou toxicitou pre hmyz patriaci do radov *Lepidoptera* (mory a motýle) a *Coleoptera* (chrobáky) a u ktorých sa predpokladá toxicita pre množstvo iných organizmov, vrátane dážďoviek.¹⁰ Pôdna potravinová „sieť“ je tvorená doteraz neznámym počtom druhov, ktoré môžu byť taktiež ovplyvňované *Bt* – pritom príslušné testy boli urobené len u veľmi malého počtu organizmov, v malom množstve pôdnych typov a ekosystémov.

Ak ovplyvňuje *Bt* uložený v zemi pôdne organizmy - baktérie, huby, hmyz a červy – nutne sa to musí odraziť aj ďalej v reťazci. Pri vyhubení alebo čo i len obmedzení aktivity ktoréhokoľvek z týchto pôdnych organizmov dôjde k narušeniu siete vzťahov, nevyhnutných pre vykonávanie základných funkcií ekosystému, ako je rozklad a recyklácia živín.

Podľa vedeckého poradného panelu americkej Agentúry pre ochranu životného prostredia¹¹ (EPA, Environmental Protection Agency) *Bt* proteíny "sú zrejme prítomné v

rhizosfére pôdy nielen počas rastu plodín, ale pravdepodobne dlho po zozbieraní úrody.“ Z tohto dôvodu výskumníci a reprezentanti kontrolných orgánov musia predpokladať, že "v pôdnom systéme existuje pravdepodobne nepretržitý kontakt s Cry [*Bt*] proteínmi." Panel dospel k názoru, že "by bolo rozumné stanoviť mieru hromadenia Cry [*Bt*] proteínov v zemi, zohľadňujúc prevádzkové poľné podmienky v rôznych geografických regiónoch a pôdnych typoch." Panel upozornil na štúdie, ktoré preukázali, že *Bt* môžu pretrvávať v určitých typoch pôdy až 234 dní¹². Pripustili, že by bolo potrebné vykonať ďalšie štúdie, ktorých účelom by bolo zistiť, či stálosť *Bt* môže spôsobovať problémy organizmom, pre ktoré neboli určené, a ovplyvňovať celkové zdravie pôdneho ekosystému.

Ako poznamenal poľnohospodársky odborník Charles Benbrook¹³, okrem dlhodobých výskumov účinkov *Bt* v pôde:

“Je potrebný výskum krátkodobého vplyvu vysokých dávok *Bt* na pôdne mikróby, ktoré sa do pôdy dostávajú pri rozklade kukuričného odpadu a iných rastlinných zbytkov na jar a začiatkom leta. Je možné uvažovať o tom, že *Bt* prenikajúci do pôdy za istých okolností ovplyvňuje pôdne mikrobiálne komunity spôsobom, ktorý vedie ku komplexným hierarchickým dopadom na biologickú kontrolu pôdnych spoločenstiev mikroorganizmov a hmyzu, tlak patogénov, imunitnú odpoveď a recykláciu živín. Aj keď tieto vplyvy trvajú len 4 - 8 týždňov, je to dostatočný čas na vznik trvalej stopy na produkcií plodín, a to nielen počas jedného ročného obdobia, ale aj z hľadiska dlhších období, v ktorých sa mikrobiálne spoločenstvá vyvíjajú do nového rovnovážneho stavu.“

Rozklad zvyškov týchto rastlín po žatve môže mať za následok hromadenie *Bt* toxínu v zemi v koncentráciách, ktoré sú dosť vysoké na to, aby predstavovali riziko pre ostatné organizmy ako napríklad užitočný hmyz (napr. opeľovači, parazity a predátori hmyzích škodcov) a iné živočíšne triedy¹⁴. Štúdie taktiež dokázali, že *Bt* plodiny môžu vylučovať toxíny do pôdy svojimi koreňmi.¹⁵

Problémy s rezistenciou

Ďalším environmentálnym rizikom *Bt* plodín je možný vznik rezistencie voči účinkom *Bt* u cieľových škodcov. Trvalé vystavenie pôsobeniu *Bt* toxínov, produkovaných týmito rastlinami, podporuje prežitie tých jedincov z radov škodcov, ktorí majú geneticky zakódovanú imunitu voči *Bt*. Postupom času to môže viesť k premnoženiu rezistentných jedincov v takom rozsahu, že *Bt* už nebude účinné proti väčšine cieľovej populácie škodcov.

V USA vypracoval Úrad na ochranu životného prostredia komplex požiadaviek pre tzv. *Bt* refúgiá (oblasti, kde je vysádzaná kukurica bez *Bt* génu), ktoré sú dôležité pre spomaľovanie vytvárania odolnosti u hmyzu. Existujú však obavy, že tieto požiadavky nemôžu byť dôsledne presadzované. Navyiac refúgiá nie sú veľmi praktické pri malých hospodárskych usadlostiach v Európe a iných oblastiach, ktoré sa výrazne líšia od rozľahlých polí v Spojených štátoch. Tento problém bol už zistený pri *Bt* bavlně v Indii¹⁶. V nedávno uskutočnenej štúdii bol vyslovený predpoklad, že ak by sa zvýšila plocha výsevu *Bt* kukurice v americkej kukuričnej oblasti, potom sa veľmi rýchlo vyvinie rezistencia u najvýznamnejšieho škodcu kukurice a bavlny- *Helicoverpa zea*¹⁷.

Tieto obavy sú podoprené presvedčivými vedeckými údajmi¹⁸. Ak by teda malo dôjsť k rozšíreniu rezistencie u hmyzu, vlastnosti GM plodín prinášajúce odolnosť voči škodcom by stratili účinnosť. Použitie nových, ešte toxickejších pesticídov by sa takto stalo takmer nevyhnutným. Zvýšená odolnosť by navyše predstavovala skutočnú hrozbu pre techniky trvalo udržateľného poľnohospodárstva s malým dopadom na životné prostredie.

Objavenie sa superburín?

Podľa poslednej správy Vedeckého poradného panelu americkej Agentúry pre ochranu životného prostredia¹⁹ (2001a) eventuálne následky *Bt* transgénov zahŕňajú: "zlepšenie životaschopnosti, zvýšenú invazívnosť a zosilnenie charakteru buriny". Vedci považujú takýto gén zabezpečujúci odolnosť voči hmyzu za gén zvyšujúci

životaschopnosť, vďaka čomu je pravdepodobné aj zvýšenie početnosti a rozšírenia v lokálnej populácii²⁰. Nedávne štúdie týkajúce sa repky olejky (*Brassica napus*) napríklad preukázali, že *Bt* gén môže byť prenesený na jej divo rastúcu príbuznú (*Brassica rapa*), ktorá má výraznejší charakter buriny²¹. Z uvedeného vyplýva, že *Bt* gén môže mať rozsiahle ekologické účinky prostredníctvom:

- pretrvávajúca *Bt* proteínov v pôde, ich toxicity pre pôdne organizmy
- neplánovanej toxicity pre bylinožravce, predátorov a parazitov (prirodzených nepriateľov cieľových škodcov)
- vznik rezistencie voči *Bt* u cieľových škodcov.

Dopad na techniky trvalo udržateľného poľnohospodárstva

Organickí a environmentálne zameraní farmári využívali prirodzené *Bt* toxíny vo forme postrekov listov ako neoceniteľnú zbraň proti škodcom. *Bt* pesticídy zabíjajú cieľových škodcov bez toho, že by škodili užitočným predátorom hmyzu²² a tieto toxíny nemajú žiaden známy škodlivý vplyv na cicavce alebo vtáky.

Bt je pravdepodobne najdôležitejším pesticídom, ktorý bol kedy objavený, najmä kvôli jeho efektívnosti a bezpečnosti v porovnaní s tými, ktoré nahradil. Ak si však škodcovia vyvinú odolnosť voči jeho účinkom, organickí farmári prídu o efektívny mechanizmus kontroly škodcov a ostatní užívatelia sa môžu uchýliť k používaniu pesticídov, ktoré viac poškodzujú prostredie. Organické metódy kontroly škodcov môžu byť taktiež ohrozené vyhubením užitočných druhov hmyzu - predátorov (ako napríklad zlatoočka zelená), ktoré sú esenciálne z hľadiska environmentálne šetrnej ochrany pred škodcami.

Greenpeace sa stavia proti neobmedzenému rozšíreniu GM organizmov, z dôvodu nezvratnosti takéhoto rozšírenia a taktiež kvôli potenciálneho vážneho poškodenia prostredia takýmito GM organizmami. Z hľadiska *Bt* plodín to zahŕňa ich účinky na organizmy, pre ktoré neboli určené, a účinky na zdravie pôdy; vytváranie rezistencie voči *Bt* u hmyzu; dopad na postupy trvalo

udržateľného poľnohospodárstva a hrozbu, že divo rastúce príbuzné druhy nadobudnú vlastnosti, ktoré by im poskytli ekologické výhody.

Kontakt:

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

Literatúra:

- 1 James, C. 1999. Global Review of Commercialised Transgenic Crops: 1999 (Preview). ISAAA Briefs No. 12. Ithaca, NY: ISAAA.
- 2 Ho, M-W. 1998. Genetic Engineering: Dream or Nightmare? The Brave New World of Bad Science and Big Business. Penang, Malaysia: Third World Network.
- 3 Losey, J.E., L.S. Raynor, and M.E. Carter. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214; Hanson-Jesse, L.C. and J.J. Obrycki. 2000. Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia* 125: 241-248; Sears, M.K., R.L. Hellmich, D.E. Stanley-Horn, K.S. Oberhauser, J.M. Pleasants, H.R. Mattila, B.D. Siegfried, and G.P. Dively. 2001. Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98(21): 11937-11942; Losey, J.E., J.J. Obrycki, and R.A. Hufbauer. 2002. Impacts of genetically engineered crops on non-target herbivores: Bt-corn and monarch butterflies as a case study. In *Genetically engineered organisms: assessing environmental and human health effects*. Letourneau, D.K. and B.E. Burrows [eds.] Boca Raton, FL: CRC Press.
- 4 Hilbeck, A., W.J. Moar, M. Puzstai-Carey, A. Filippini, and F. Bigler. 1998. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin to the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27(5): 1255-1263; Hilbeck, A., M. Baumgartner, P. Fried, and F. Bigler. 1998. Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27(2): 480-486; Hilbeck, A., W.J. Moar, M. Puzstai-Carey, A. Filippini, and F. Bigler. 1999. Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 305-316.
- 5 Marvier, M. 2001. Ecology of transgenic crops. *American Scientist* 89: 160-167.
- 6 Cui, J. and J. Xia. 1998. Effects of transgenic Bt cotton (with early maturity) on population dynamics of main pests and their natural enemies. *Acta Gossypii Sinica* 10(5): 255-262.
- 7 Cui, J. and J. Xia. 1999. Effects of transgenic Bt cotton on the population dynamics of natural enemies. *Acta Gossypii Sinica* 11(2): 84-91
- 8 Ghosh, P.K. 2001. Advisor, Department of Biotechnology, Ministry of Science and Technology, Government of India. Personal communication. December 6.
- 9 Wold, S. J., E.C. Burkness, W.D. Hutchison, and R.C. Venette. 2001. In-field monitoring of beneficial insect populations in transgenic corn expressing a *Bacillus thuringiensis* toxin. *Journal of Entomological Science* 36(2): 177-187.
- 10 Marvier, M. 2001. Ecology of transgenic crops. *American Scientist* 89: 160-167.
- 11 United States Environmental Protection Agency. 2001a. Report from the FIFRA Scientific Advisory Panel meeting, October 18-20 on Bt Plant-Pesticides Risk and Benefit Assessments. <http://www.epa.gov/scipoly/sap/2000/index.htm#october>
- 12 Koskella, J. and G. Stotzky. 1997. Microbial utilization of free and clay-bound insecticidal toxins from *Bacillus thuringiensis* and their retention of insecticidal activity after incubation with microbes. *Applied and Environmental Microbiology* 63: 3561-3568; Tapp, H. and G. Stotzky. 1998. Persistence of the insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in soil. *Soil Biology Biochem.* 30(4): 471-476.
- 13 Benbrook, C.M. 1999. Impacts on soil microbial communities needs further study. AgBioTech InfoNet. June 24. http://www.biotech-info.net/microbial_communities2.html
- 14 Venkateswerlu G. and G. Stotzky. 1992. Binding of the protoxin and toxin proteins of *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* on clay minerals. *Current Microbiology* 25: 225-233.
- 15 Saxena, D., S. Flores, and G. Stotzky. 1999. Transgenic plants: Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature* 402: 480; Saxena, D., S. Flores, and G. Stotzky, 2002. Bt toxin is released in root exudates from 12 transgenic corn hybrids representing three transformation events", *Soil Biology & Biochemistry* 34: 133-137.
- 16 Jayaraman, K.S. 2002. Poor crop management plagues Bt cotton experiment in India. *Nature Biotechnology* 20: 1069.
- 17 Gould, F., N. Blair, M. Reid, T.L. Rennie, J. Lopez, and S. Micinski. 2002. *Bacillus thuringiensis*-toxin resistance management: stable isotope assessment of alternate host use by *Helicoverpa zea*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.242382499.
- 18 Vid' napríklad: Andow, D.A. 2002. Resisting resistance to Bt corn. In: *Genetically engineered organisms: assessing environmental and human health effects*. Letourneau, D.K. and B.E. Burrows [eds.] Boca Raton, FL: CRC Press.
- 19 United States Environmental Protection Agency. 2001a. Report from the FIFRA Scientific Advisory Panel meeting, October 18-20 on Bt Plant-Pesticides Risk and Benefit Assessments. <http://www.epa.gov/scipoly/sap/2000/index.htm#october>
- 20 Stewart, Jr., C.N., J.N. All, P.L. Raymer, and S. Ramachandran. 1997. Increased fitness of transgenic insecticidal rapeseed under insect selection pressure. *Molecular Ecology* 6: 773-779.
- 21 Halfhill, M.D., R.J. Millwood, P.L. Raymer, and C.N. Stewart, Jr. 2002. Bt-transgenic oilseed rape hybridization with its weedy relative, *Brassica rapa*. *Environmental Biosafety Research* 1: 19-28.
- 22 McGaughey, W.H. and M.E. Whalon. 1992. Managing insect resistance in *Bacillus thuringiensis* toxins. *Science* 258: 1451.