

GENETICKY MODIFIKOVANÁ SÓJA

Genetically Modified Soya

David Bečka, Lucie Jozefyová

Česká zemědělská univerzita v Praze, Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby

Summary: In 2004, 81.0 million hectares in the world were planted with genetically modified (GM) crops. The main GM crop under cultivation was herbicide-tolerant soya, covering 48.4 million hectares, which is 60 percent of all GM crops. In 2004, 53 percent (48.4 million hectares) of total soya harvesting area (91.6 million hectares) were planted with herbicide-tolerant soya. The largest producers of GM soya are Argentina, Brazil and the USA. Genetic modifications of soya are focused especially on tolerance to non-selective herbicides (herbicide-tolerant soya). Genetic modifications of soya are also used for quality improvement of soybean oil (higher content of oleic acid or lower content of linolenic acid). Cultivars with modified content of reserve proteins or cultivars resistant to some insect pests and nematodes are also being tested.

Keywords: soya, genetic modifications, herbicide-tolerant soya, GMO

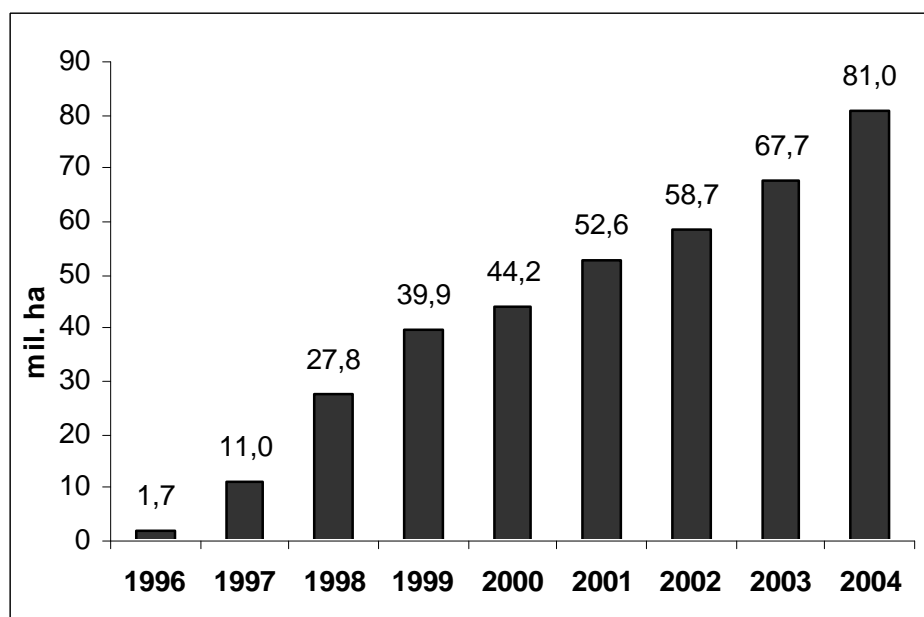
Souhrn: V roce 2004 se na světě pěstovalo 81,0 mil. ha geneticky modifikovaných (GM) rostlin. Nejpěstovanější GM rostlinou byla herbicid-tolerantní sója, která se pěstovala na ploše 48,4 mil. ha, to představuje 60 % všech GM rostlin. Z celkové sklizňové plochy sóji v roce 2004 (91,6 mil. ha) bylo 53 % (tj. 48,4 mil. ha) sóji herbicid-tolerantní. Největšími pěstiteli GM sóji jsou Argentina, Brazílie a USA. U sóji luštinaté jsou genetické modifikace zaměřeny především na získání tolerance k neselektivním herbicidům (herbicid-tolerantní sója). Genetických modifikací se u sóji využívá také na zlepšení kvality sójového oleje (vyšší obsah kyseliny olejové nebo nízký obsah kyseliny linolenové). Zkouší se i odrůdy se změněným obsahem zásobních proteinů nebo odrůdy rezistentní k některým hmyzím škůdcům a hád'átkům.

Klíčová slova: sója luštinatá, genetické modifikace, herbicid-tolerantní sója, GMO

V roce 1996 se geneticky modifikované (GM) rostliny pěstovaly na ploše 1,7 mil. ha. V dalších letech došlo k exponenciálnímu nárůstu ploch. V roce 2004 tato plocha vzrostla již na 81,0 mil. ha (graf 1). V letech 1996 - 2004 se plocha GM rostlin zvýšila více jak 47-krát a počet států pěstujících tyto rostliny vzrostl z 6 v roce 1996 na 17 v roce 2004. Většina ploch GM rostlin je soustředěna v Severní Americe (Kanada a USA) a

Jižní Americe (Argentina a Brazílie). Významné plochy GM rostlin má i Čína, Indie, Jižní Afrika, Paraguay a Uruguay. Z celkové plochy GM rostlin v roce 2004 bylo 66 % ploch (tj. 53,5 mil. ha) soustředěno ve vyspělých zemích a 34 % ploch (tj. 27,5 mil. ha) v zemích rozvojových. Podíl rozvojových zemí na celkové ploše GM rostlin se neustále zvyšuje.

Graf 1: Vývoj celkové plochy GM rostlin na světě (mil. ha) 1996 - 2004



Zdroj: JAMES (2004)

Nejpěstovanější GM rostlinou v roce 2004 byla sója (48,4 mil. ha), pak následovaly kukuřice (19,3 mil. ha), bavlník (9,0 mil. ha) a canola (4,3 mil. ha). Z ostatních GM rostlin se pěstují brambory, cukrová řepa, papája, rajčata, rýže, tykev a řada dalších. Podíl GM sóji na celkové sklizňové ploše sóji v roce 2004 (91,6 mil. ha) byl 53 % (tj. 48,4 mil. ha). U kukuřice činil tento podíl 13 %, u bavlníku 26 % a u canoly 16 % (viz. tab. 1).

Herbicid-tolerantní (HT) sója byla v roce 2004 komerčně pěstována v osmi státech (Argentina, Brazílie,

Jižní Afrika, Kanada, Mexiko, Rumunsko, Uruguay a USA) na ploše 48,4 mil. ha (tj. 60 % z celkové plochy GM rostlin). Bt-kukuřice se v tomto roce pěstovala v devíti státech (Argentina, Filipíny, Honduras, Jižní Afrika, Kanada, Německo, Španělsko, Uruguay a USA) na ploše 11,2 mil. ha (tj. 14 % z celkové plochy GM rostlin). V pořadí třetí nejpěstovanější GM rostlinou byl v roce 2004 Bt-bavlník, který se pěstoval na ploše 4,5 mil. ha (tj. 6 % z celkové plochy GM rostlin) (viz. tab. 2).

Tab. 1: Sklízňové plochy hlavních GM rostlin a jejich porovnání s celkovou světovou plochou (mil. ha)

Plodina	Plocha GM rostliny 1996 (mil. ha)*	Plocha GM rostliny 2004 (mil. ha)*	Celková plocha rostliny 2004 (mil. ha)**	Podíl GM rostliny na celkové ploše 2004 (%) ¹⁾
Sója	0,5	48,4	91,6	53
Kukuřice	0,3	19,3	145,1	13
Bavlník	0,8	9,0	34,9	26
Canola ²⁾	0,1	4,3	26,2	16
Celkem	1,7	81,0	297,8	27

Zdroj: * JAMES (2004)** FAO (2004)

¹⁾ vlastní výpočet

²⁾ Canola – termín pro “00“ brukvovitou olejninu (řepka, řepice, hořčice sareptská a další) používaný v Americe.

Tab. 2: Sklízňová plocha GM rostlin podle charakteru nově získaných vlastností v roce 2004 (mil. ha)

GM rostlina	Plocha v roce 2004 (mil. ha)	%
Herbicid-tolerantní sója	48,4	60
Bt-kukuřice *	11,2	14
Bt-bavlník *	4,5	6
Herbicid-tolerantní kukuřice	4,3	5
Herbicid-tolerantní canola	4,3	5
Bt/Herbicid-tolerantní kukuřice *	3,8	4
Bt/Herbicid-tolerantní bavlník *	3,0	4
Herbicid-tolerantní bavlník	1,5	2
Celkem	81,0	100

Zdroj: JAMES (2004)

* Bt-kukuřice, Bt-bavlník – do rostlin vnesen gen z bakterie *Bacillus thuringiensis* pro syntézu delta-endotoxinu, toxického pro hmyzí škůdce

Pěstování GM rostlin v Evropě a ČR

Podle směrnice 90/220/EEC bylo do poloviny roku 1998 vydáno 18 povolení pro uvádění GMO na trh v Evropské unii. Jednalo se o řepku tolerantní ke glufosinátu, kukuřici tolerantní ke glufosinátu a/nebo rezistentní k zavíječi kukuřičnému, sója tolerantní ke glyfosátu (jen pro dovoz a zpracování) a další. Poté byl schvalovací proces na několik let přerušen. Teprve v roce 2004 došlo k zásadnímu obratu a Evropská komise povolila v květnu 2004 dovoz Bt-kukuřice, čímž prolomila moratorium trvající od roku 1998. Otevřela se tak možnost schvalovat další geneticky modifikované organismy (ve Španělsku a Francii Bt-kukuřice). Ze zemí EU největší nárůst ploch zaznamenalo Španělsko, kde se plocha Bt-kukuřice zvýšila z 32 tis. ha v roce 2003 na 58 tis. ha v roce 2004, (tj. Bt-kukuřice se podílela na celkové produkci kukuřice z 12 %).

Z evropských zemí mimo EU je významným pěstitelem GM rostlin Rumunsko. V roce 2004 se v Rumunsku pěstovalo přes 50 tis. ha geneticky

modifikované sóji a podle odhadů se v dalších letech očekává nárůst ploch.

Legislativa v ČR týkající se GMO vychází ze směrnic Evropské unie. V současné době není ke komerčnímu pěstování v ČR povolena žádná GM odrůda. V registračních zkouškách je několik odrůd Bt-kukuřice, které po registraci bude možné, v případě, že nedojde ke změnám v legislativě, komerčně pěstovat. Podle dostupných informací zatím žádná z firem nepožádala o registraci GM sóji ke komerčnímu pěstování v ČR. Od května 2001 je pouze povolena GM sója tolerantní ke glyfosátu (Roundup Ready sója) za účelem zpracování, nikoliv jejího pěstování.

V Evropě lze na základě řady informací v nejbližších letech očekávat postupné uvolňování legislativy ve vztahu ke GM rostlinám a to nejen za účelem jejich zpracování k potravinářským nebo krmným účelům, ale také jejich komerčního pěstování.

U sóji luštinaté jsou genetické modifikace zaměřeny především na vnášení genů způsobujících toleranci k neselektivním herbicidům (herbicid-tolerantní sója). Genetických modifikací se u sóji využívá také na zlepšení kvality sójového oleje (vyšší obsah kyseliny olejové nebo nízký obsah kyseliny linolenové), zásobních proteinů a získání rezistence k hmyzím škůdcům a hád'átkům.

Herbicid-tolerantní (HT) sója

Herbicid-tolerantní sója obsahuje gen tolerance k některému z neselektivních herbicidů (zpravidla glyfosátu nebo glufosinátu). Glyfosát je účinnou látkou herbicidů Roundup (Roundup Ready sója) a dalších, glufosinát herbicidů Basta, Finale, Harvest, Ignite, Liberty (Liberty Link sója) a Rely. Tato genetická modifikace usnadňuje boj proti plevelům a snižuje riziko poškození sóji rezidui standardně používaných herbicidů. Aplikaci neselektivních herbicidů můžeme vhodně načasovat podle aktuální potřeby (tj. větší volnost v termínu herbicidní ochrany). Nejedná se tedy o preventivní opatření bez ohledu na plevelné spektrum jako u standardně používaných herbicidů do sóji. Tím se snižují celkové náklady na herbicidy a zvyšuje ohleduplnost k životnímu prostředí. Nárůstem výnosů u HT sóji se zvyšuje ekonomická efektivnost jejího pěstování. Tato technologie je také vhodná pro bezorebné zakládání porostů. Jak uvádí ASA (American Soybean Association) řada zemědělců po HT sóje pěstuje následné plodiny bezorebnými systémy. Je to především z důvodu dokonalého odplevelení pozemků (včetně vytrvalých plevelů) po použití neselektivních herbicidů v HT sóje. HT odrůdy sóji mají stejnou nutriční hodnotu a stejné způsoby využití ke krmným i potravinářským účelům jako geneticky nemodifikované odrůdy. Herbicid-tolerantní sója je povolena k potravinářskému využití v Anglii, Argentině, Austrálii, Brazílii, Holandsku, Japonsku, Jižní Africe, Kanadě, Koreji, Mexiku, Rusku, Švýcarsku, Uruguay a USA. Ke krmným účelům je HT sója povolena v Anglii, Argentině, Brazílii, ČR, Japonsku, Jižní Africe, Kanadě, Mexiku, Rusku, Švýcarsku, Uruguay a USA. K nejvýznamnějším pěstitelům HT sóji na světě patří Argentina, USA a nově i Brazílie. V Argentině je až 98 % pěstované sóji HT sója, v USA až 80 %.

FELSOT (2000) uvádí tyto hlavní výhody pěstování HT sóji:

- výborná účinnost na plevele a vyšší výnosy semene,
- flexibilita v použití herbicidu – lze i později během vegetace,
- redukce počtu herbicidních opatření za vegetaci,
- redukce spotřeby nafty (méně postřiků),
- redukce utužení půdy (méně postřiků),
- rezidua herbicidů nezatěžují půdu a životní prostředí,
- možnost použití u bezorebných a půdoochranných systémů pěstování sóji.

Rizika pěstování HT sóji jsou menší než u jiných plodin, protože sója v našich podmínkách nemá plané formy nebo příbuzné plevele s kterými by se mohla křížit. Semena sóji v půdě u nás běžně zimu nepřežívají. Riziko, že by se HT sója stala zaplevelující plodinou v následných plodinách je proto minimální. Potenciálním rizikem je vyselektování rezistentních populací plevelů ke glyfosátu nebo glufosinátu při opakovaném pěstování HT sóji. Jak uvádějí CHODOVÁ – SALAVA (2004), v České republice bylo prokázáno 13 plevelů rezistentních vůči triazinům, sulfonylmočovinám a imazapyru. Doposud nebyla u plevelů v našich podmínkách zjištěna rezistence ke glyfosátu nebo glufosinátu. Z tohoto pohledu nelze mít k pěstování HT sóji tolerantní ke glyfosátu nebo glufosinátu námitky. Jak autoři uvádějí, je však potřeba sledovat výskyt *Conyza canadensis* a *Lolium rigidum*, u kterých byla v USA rezistence prokázána, především při opakovaném pěstování HT sóji.

REDDY – WHITING (2000) srovnávali výnosy a ekonomiku pěstování HT sóji (Roundup Ready) a geneticky nemodifikované sóji se standardním herbicidním ošetřením. Roundup Ready sója dosáhla výnosu 3,02 t/ha a čistého zisku 407 \$/ha, geneticky nemodifikovaná sója se standardním herbicidem výnosu 2,77 t/ha a čistého zisku 317 \$/ha. Při srovnání obsahu a složení oleje, bílkovin a antinutričních látek nebyly zjištěny mezi Roundup Ready a geneticky nemodifikovanou sójou žádné rozdíly.

GM sója se změněným obsahem mastných kyselin v oleji

Tento typ genetické modifikace je zatím méně rozšířen. Jedná se o tzv. druhou generaci GM rostlin, která přináší užitnou hodnotu pro spotřebitele, zatímco tzv. první generace GM rostlin (např. HT sója) pro pěstitele. Zkouší se dvě genetické modifikace - vyšší obsah kyseliny olejové nebo nižší obsah kyseliny linolenové v sójovém oleji. GM sója s vyšším obsahem kyseliny olejové má srovnatelnou kvalitu oleje jako olej podzemnicový nebo olivový. Geneticky nemodifikované odrůdy sóji obsahují kolem 24 % kyseliny olejové v oleji, zatímco u GM odrůd se tento podíl pohybuje přes 80 %. Sójový olej získaný z takto modifikované sóji se vyznačuje vyšší stabilitou (nežlukne) a celkovou lepší trvanlivostí. Pěstování GM sóji s vyšším obsahem kyseliny olejové je povoleno v Austrálii, Japonsku, Kanadě a USA. GM sója se sníženým obsahem kyseliny linolenové je zatím předmětem výzkumu.

Další možnosti genetických modifikací u sóji

U sóji se zkouší řada dalších genetických modifikací, zatím ve fázi výzkumu. Obdobně jako u ostatních plodin (Bt-kukuřice aj.) je možné u sóji pomocí genetických modifikací získat rezistenci k některým hmyzím škůdcům (*Anticarsia gemmalis*, *Helicoverpa zea*, *Pseudoplusia includens*, *Heliotus virescens*). Hledají se také možnosti získání rezistence k hád'átku (*Heterodera glycines*) (ONDŘEJ – DROBNÍK, 2002).

Vedle zlepšení kvality oleje se zkouší i GM sója se změněným obsahem zásobních proteinů. Vnesením transgenů pro methionin do sóji se zvýšil obsah methioninu, ale i dalších aminokyselin (lyzinu a threoninu), u kterých je methionin prekurzorem jejich biosyntézy. Avšak protože aminokyseliny v semenech jsou stabilní až jako součást proteinů, a obsah proteinů se

zvýšil jen nepatrně, celkové navýšení obsahu těchto aminokyselin představovalo jen několik procent.

Do budoucna velmi perspektivní vypadají genetické modifikace (zatím jen u modelových rostlin tabák, brambory a huseníček) zvyšující odolnost rostlin ke stresovým podmínkám (suchu, chladu, zasolení půdy aj.) (ONDŘEJ – DROBNÍK, 2002).

Použitá literatura

FAO (2004) (Food and Agriculture Organization), <<http://www.fao.org>>.

FELSOT, A. S. (2000) Herbicide tolerant genes: Part 1: Squaring up Roundup Ready crops. *Agrichemical and Environmental News*, 173, 8-15.

CHODOVÁ, D., SALAVA, J. (2004) Herbicid rezistentní plevele – následek rozsáhlého používání herbicidů. (69-75) In. Sborník ze semináře Otázky biologické bezpečnosti GMO a mezinárodní závazky ČR, VÚRV, 80 s.

JAMES, C. (2004) Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops 2004. Briefs No. 32-2004. ISAAA, <<http://www.isaaa.org>>.

ONDŘEJ, M., DROBNÍK, J. (2002) *Transgenozé rostlin*, Academia, Praha, 320 s.

REDDY, K.N., WHITING, K. (2000) Weed control and economic comparisons of glyphosate-resistant, sulfonylurea-tolerant, and conventional soybean (*Glycine max*) systems. *Weed Technology*, vol.14, 204-211.

Adresa autora

Ing. David Bečka Ph.D.	
Česká zemědělská univerzita v Praze Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby 165 21 Praha 6 - Suchbátka	Tel.: 2 2438 2531 Fax: 2 2438 2535 e-mail: becka@af.czu.cz