

## Úvodník

V tomto čísle Zpráv APZL se věnujeme odbornému tématu – genetickým modifikacím u rostlin a neuvěřitelnému pokroku, které toto odvětví ve světě dosáhlo. Málokterá převratná novinka se prosazuje do lidských dějin jednoduše a není tomu jinak ani u GM-či moderně "biotech plodin". Pokud se podíváme na svět, vidíme, že Severní i Jižní Amerika, Asie i Afrika tyto technologie podporují a využívají, zatímco Evropa, reprezentovaná EU, tyto technologie velmi vážně odmítá, či nechává problém biotech plodin na rozhodnutí jednotlivých členských států. Tento postoj vypovídá o značné neshodě mezi členskými státy, a také o tom, že se do politického rozhodnutí nikomu z Evropské komise nechce. Současný stav „dělej, jak myslíš“ nemůže k žádnému rozšíření biotech plodin vést, neboť by to znamenalo v podstatě zrušení volného trhu s rostlinnými komoditami v EU.

Toto je pohled politický na problém biotech plodin, ale jak je to vlastně z hlediska vědeckého? Zatímco svět vydává peníze na další pokrok v oblasti tvorby nových biotech plodin (zejména rezistentních vůči suchu ve vztahu ke globálnímu oteplování naší planety), Evropa vydává obrovské peníze na kontrolu a dopad biotech plodin na naše zdraví a životní prostředí. Výsledek? Vznikla řada studií, které se snaží prokázat škodlivost na zdraví populace, snížení biodiverzity, ale vědecké metody škodlivost nepotvrzují. Dvacet let po zavedení pěstování herbicid-resistentní sóje nejsou vědecké důkazy o negativním vlivu na zdraví zvířat ani člověka.

Otázkou také je, jak dlouho bude dvoukolejnost v oblasti biotech plodin (svět versus Evropa) pokračovat, u sóji je asi rozhodnuto (jiná než biotech prakticky nebude), co další plodiny, jak tam se bude situace vyvíjet?

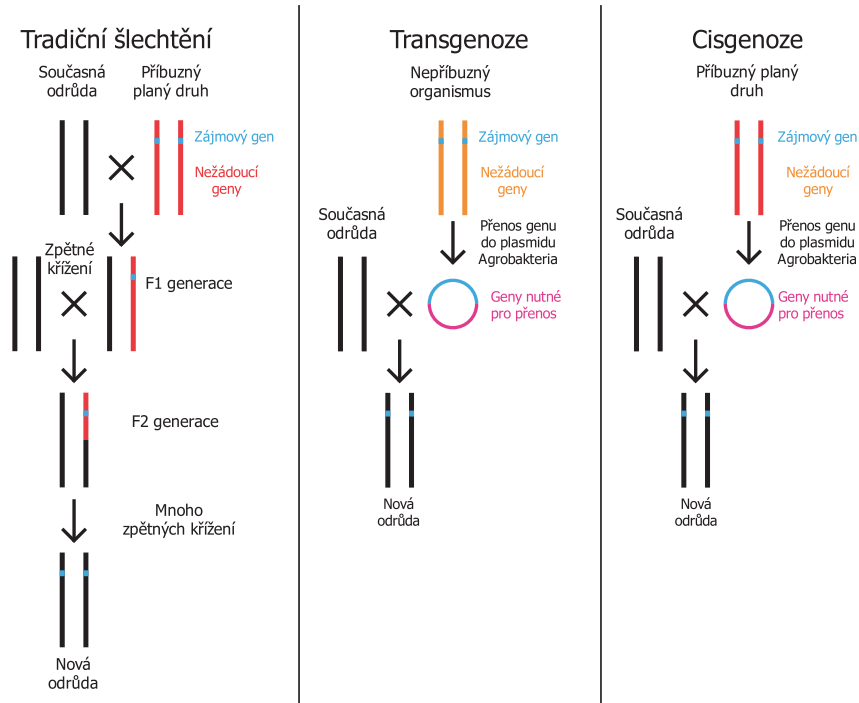
Redakce

## GM PLODINY V EU POLITIKA VERSUS VĚDA

(Motto: Papež František požehnal geneticky modifikované zlaté rýži.)

□ Ing. Lenka Švábová, Ph.D., RNDr. Miroslav Griga, CSc. (Agritec)

**Genetické modifikace** – genetické změny jsou (z obecného hlediska) všechny změny v genomu rostlin, které vznikají spontánně v průběhu evoluce nebo které lze dosáhnout klasickými šlechtitelskými postupy nebo biotechnologickými metodami. Termín genetické modifikace (GM) označuje vnášení genů (transgenů) různého původu (bakteriálního, živočišného či synteticky připravených). V současné době k metodám transgenozie přistupují i metody editace genomu, které již do genomu původních rostlin nevnašejí sekvence cizorodých genů, ale cíleně původní genom upravují tak, aby lépe vyhovoval požadavkům pěstitelů, konzumentů nebo zpracovatelů. [Při použití progresivních metod tzv. cílené modifikace genomu je možné vložit zájmový gen do genomu na specifickém místě a zabránit jeho náhodné inzerci. Jedná se o metody uváděné zkratkami ZFN, TALEN, CRISPR / Cas, aj.] Nejedná se již o vnášení transgenů, rostliny se označují jako cisgenní nebo intragenní (**Obr. 1**). Pro označení geneticky modifikovaných rostlin se v současné

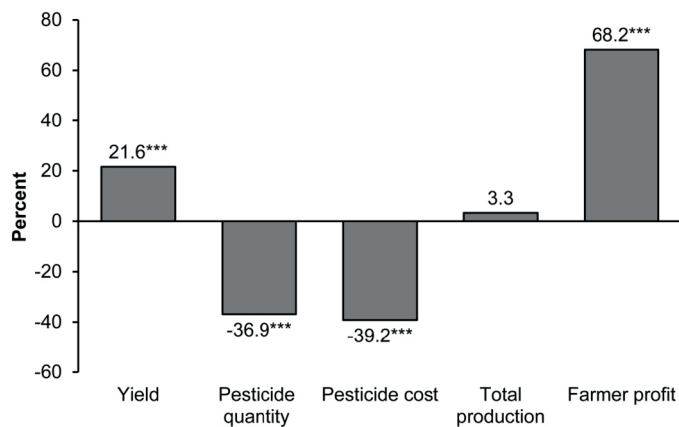


Obr. 1: Schéma interakce genů při tradičním šlechtění, transgenozí a cisgenozí (upraveno podle <http://en.wikipedia.org/wiki/Cisgenesis>).

době používá obecnější a výstižnější termín biotech plodiny (z angl. biotech crops). Tento termín zahrnuje všechny plodiny, které vznikly za pomoci moderních biotechnologických metod.

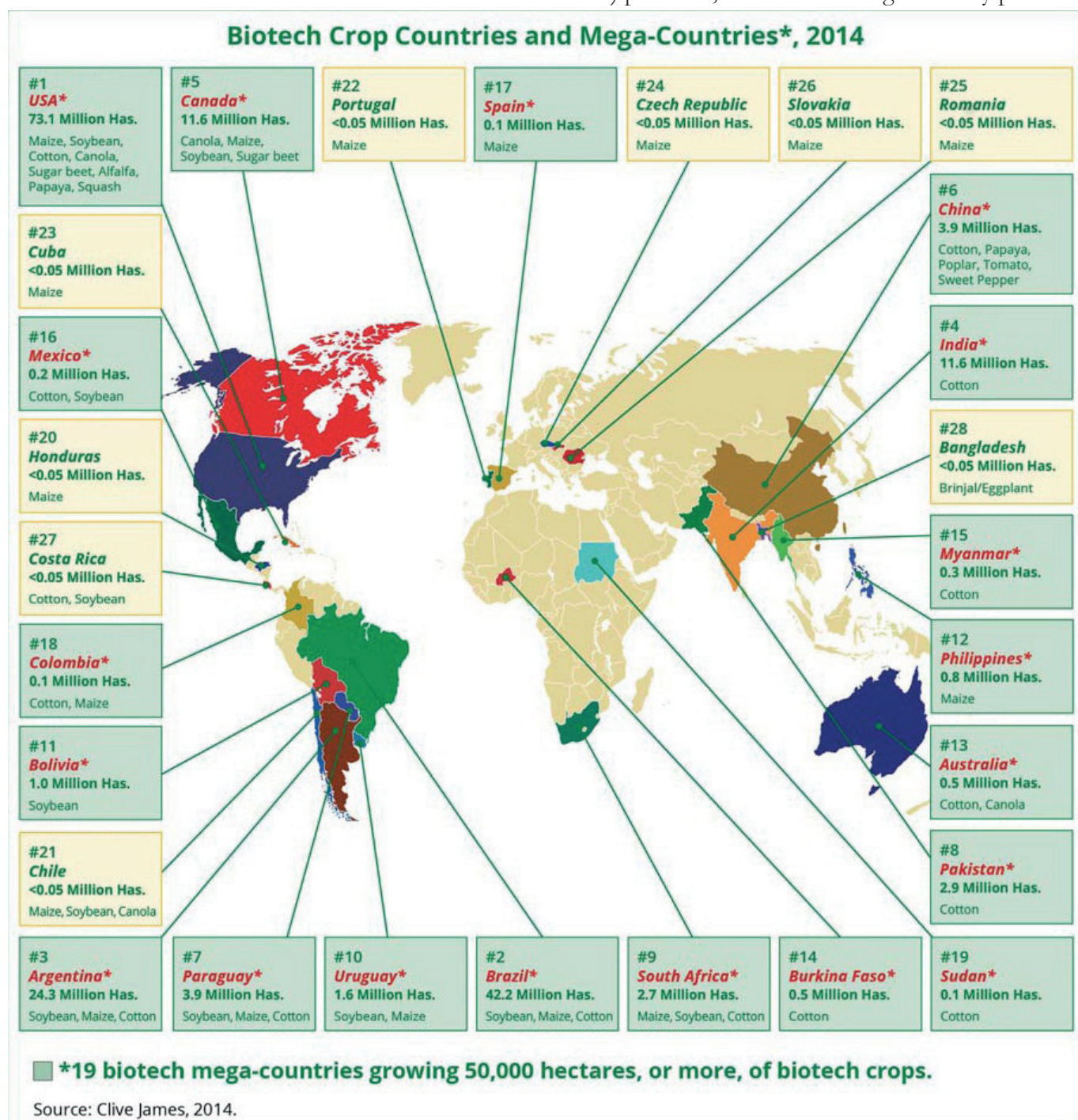
## HISTORIE

Počáteční výzkum možností genetických modifikací rostlin se soustřeďoval na technologie transportu a začlenění transgenů do buněčného



Obr. 2: Přínosy pěstování biotech plodin v průběhu posledních 20 let podle Klumper a Qaim (2014)

jádra nebo jiných buněčných struktur s vlastní genetickou výbavou (mitochondrie, endoplasmatické retikulum). V první fázi se vývoj GM (biotech) plodin zaměřoval na zlepšení agronomických znaků, ze kterých měl užitek především pěstitel. Mezi agronomické znaky GM plodin patří tolerance k herbicidům, rezistence vůči hmyzím škůdcům, virovým patogenům, houbovým chorobám, tolerance vůči zasolení či suchu. Takto geneticky založené tolerance/rezistence přinášejí pěstiteli významné úspory používaných chemických ochranných prostředků (herbicidy, insekticidy, fungicidy), úspory pohonných hmot i lidské práce a tím i snížené náklady na pěstování plodin. Nová metaanalýza 147 prací za posledních 20 let (Klumper a Qaim, 2014) potvrdila, že GM technologie omezily používání



Obr. 3: Státy, ve kterých se pěstovaly biotech plodiny v roce 2014, převzato z [www.isaaa.com](http://www.isaaa.com). Státy označené hvězdičkou pěstovaly více než 50 tis. ha.



chemických pesticidů o 37 %, zvýšily výnos plodin o 22 %, a zvýšily zisky pěstitelů o 68 % (Obr. 2).

## SOUČASNÝ STAV

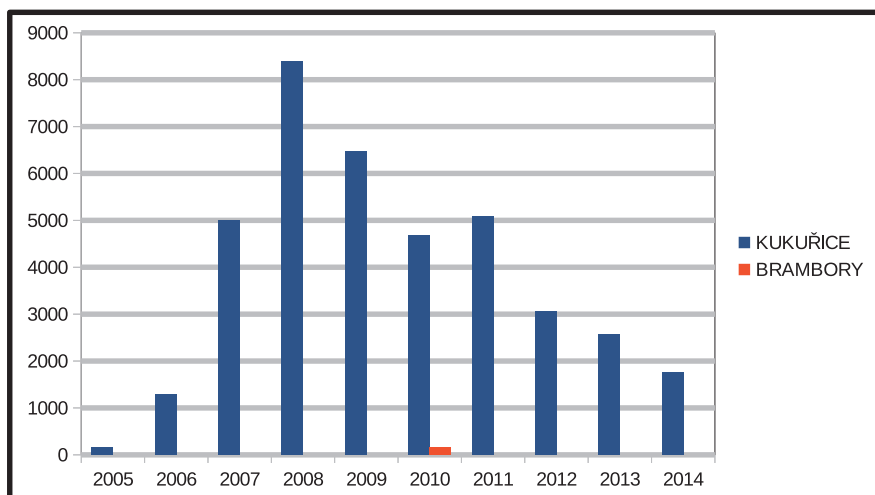
Dnešní komerčně pěstované GM plodiny jsou především plodiny nesoucí geny rezistence k herbicidům (Roundup – účinná látka glyfosát, Basta – úč. látka glufosinát amonium) a geny pro tvorbu Bt-toxinu, které rostliny chrání před hmyzem. Stále více jsou pěstovány biotech plodiny, které mají ve svém genomu zařazenou kombinaci více genů (stacked traits). Komerční pěstování biotech plodin začalo v roce 1996 na ploše 1,7 mil. ha a do roku 2014 se plocha zvětšila více než stonásobně na 181,5 mil. ha. Biotech plodiny se pěstují ve 28 státech světa, nejvíce v USA, Brazílii, Argentíně, Indii a Kanadě (Obr. 3). Významným byl rok 2012, kdy rozvojové země předstihly v ploše pěstování biotech plodin rozvinuté průmyslové státy.

Situaci týkající se pěstování biotech plodin ve světě podrobně sleduje internetový portál organizace ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Application). Její zakladatel Clive James se zasloužil o popularizaci biotechnologických postupů a uvádění GM plodin v celém světě a v posledním období především v lidnatých rozvojových zemích Asie a Afriky. Přínosem informací poskytovaných ISAAA je především objektivní přístup k problematice praktického využití geneticky modifikovaných plodin v zemědělství a rozsáhlé statistické zpracování dat.

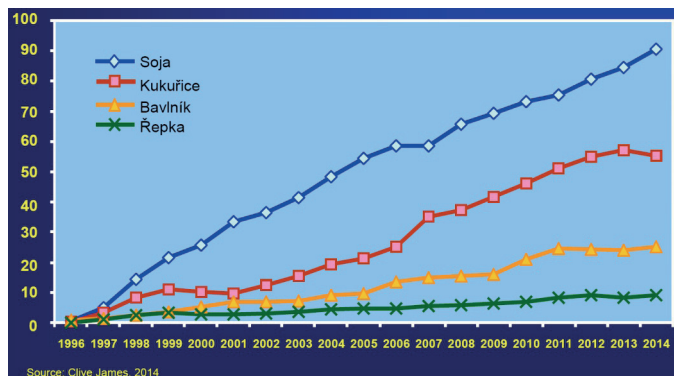
Nejvíce pěstovanou GM plodinou na světě je sója, jejíž podíl na celkově pěstované ploše sóji byl 82% v roce 2014 (Obr. 4). Nejvíce pěstovaných plodin nese toleranci k herbicidům, stále stoupá plocha plodin nesoucích současně toleranci k herbicidům a rezistenci k hmyzu (Obr. 5).

## SITUACE V PĚSTOVÁNÍ GM PLODIN V ČR

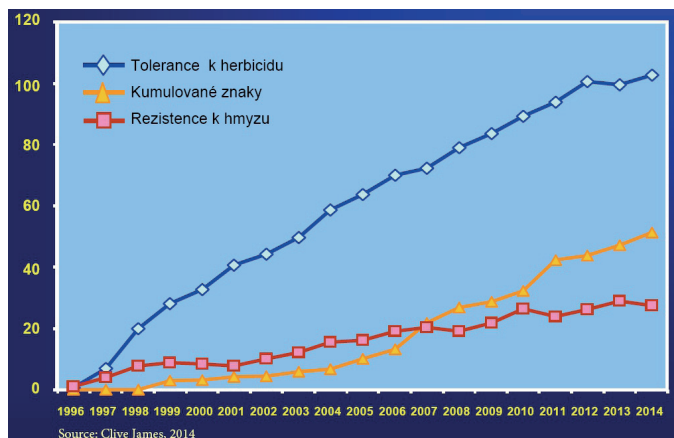
V České republice se pěstuje pouze GM kukuřice MON810, maximální plocha pěstování byla v roce 2008 – 8380 ha (Obr. 6). Kukuřice MON810 byla vyvinuta firmou Monsanto biolistickou transformací geny



Obr. 6: Plochy osevané GM kukuřicí a bramborami v ČR v letech 2005–2013. Zdroj: MZe.



Obr. 4: Plocha pěstování biotech plodin v mil. ha (Zdroj: ISAAA Clive James, 2014). Rozdělení podle plodin.



Obr. 5: Plocha pěstování biotech plodin v mil. ha (Zdroj: ISAAA Clive James, 2014). Rozdělení podle vnesených znaků.

pro rezistenci k herbicidům glyfosát *goxv247* (Roundup) a pro rezistenci k hmyzu *cry1AB* (*Lepidoptera*, zavíječ kukuřičný), je nositelem 2 kumulovaných znaků současně.

Ve srovnání s celosvětovou produkcí jsou plochy GM kukuřice v Evropské unii zanedbatelné, zabírají jen 1,4 procenta z celkové plochy kukuřice v Evropě. V roce 2014 v České republice plocha pěstování kukuřice MON810 dále poklesla na 1754 ha (zdroj: MZe). Počet pěstitelů se snížil ze 167 na 18. Jedním z hlavních důvodů omezení pěstování kukuřice MON810 byla především náročná administrativa. Pokud pěstitelé vytrvali a pěstují dále tuto kukuřici, snižovali plochy kvůli vysokým výnosům, které přesahovaly jejich spotřebu kukuřičné siláže. Pěstitelé jsou spokojeni nejen s vysokými výnosy, ale také s výrazným omezením výskytu zavíječe kukuřičného. Populace tohoto škůdce se značně snížila nejen na plochách, kde se kukuřice MON810 pěstuje, ale i na okolních pozemcích, kde se hospodaří tradičně nebo ekologicky.

## HISTORIE GENETICKÝCH MODIFIKACÍ U LUSKOVIN

Rychlý pokrok ve vývoji GM plodin lze demonstrovat na příkladu sóje v USA. První polovina 80. let minulého století

byla věnována jak na univerzitách, tak ve firmách intenzivnímu studiu interakcí stovek kmenů půdního mikroorganismu *Agrobacterium tumefaciens* (využíván jako vektor pro nepřímý přenos genů) se sójou, byly vyvíjeny metody přímé genetické transformace (particle bombardment; transformace protoplastů elektroporací) a zejména studována regenerace *in vitro* jako jeden ze základních předpokladů získání kompletních transformovaných rostlin. Tento rozsáhlý výzkum a vývoj vyvrcholil v r. 1988 vytvořením prvních fertálních GM rostlin sóje, a to prakticky současně dvěma firmami – Monsanto a Agracetus (Hinchee et al., 1988), (McCabe et al., 1988) nesoucích gen rezistence vůči herbicidu RoundUp, resp. glyfosátu. [*Glyfosát blokuje v rostlinách enzym EPSPS (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase), který je zapojen do syntézy aromatických aminokyselin, vitamínů a mnoha rostlinných metabolitů. Geny pro toleranci ke glyfosátu byly izolovány z půdních bakterií, které produkují enzym degradující glyfosát.*] Po potvrzení stability a dědičnosti transgenů proběhly veškeré testy nezávadnosti GM sóje dle americké legislativy a bylo přistoupeno k rozsáhlým polním experimentům – ty prokázaly jednoznačně ekonomickou výhodnost této herbicid-tolerantní sóje pro pěstitele a v r. 1996 byly poprvé oficiálně osety rozsáhlé komerční plochy GM sójou v USA a Argentině. Úspěšnost kultivarů GM sóje ve srovnání s kultivary konvenčními vedla k dalšímu rozšíření – v r. 2001 již byla prakticky veškerá sója pěstovaná v Argentině geneticky modifikovaná (99 % osevních ploch), k obdobné situaci došlo v USA o čtyři roky později (2005) – 93 % osevních ploch veškeré sóje byly GM kultivary.

Poněkud ve stínu sóje probíhal úspěšně výzkum genetické transformace u dalších luskovin: hrách (rok dosažení fertálních rostlin 1990), fazol (1993), cizrna (1993), vřeska (1996), podzemnice olejná (1996), lupina (1997), bob (2001), čočka (2002), holubí hrách (*Cajanus cajan*) (2003). Z uvedených luskovin měl nejbližší ke komerčnímu využití hrách, který se v 90. letech minulého století dostal v Austrálii (CSIRO) až do polního testování – vytvořené GM linie nesly transgen pro inhibitor alfa-amylázy z fazolu, který navozoval rezistenci vůči polním i skladištním zrnokazům. Tyto unikátní GM linie byly dále testovány na toxicitu a alergenicitu v laboratorních krmivářských testech na myších a vykazaly určité odchylky od kontroly. Následnou detailní analýzou byly zjištěny drobné rozdíly ve způsobu glykosylace rekombinantního inhibitoru a přírodního inhibitoru. Ve zjištěné atmosféře silných aktivit odpůrců GMO v té době se australská vláda rozhodla další proces komercializace tohoto hrachu ukončit. Studie lékařské fakulty ve Vídni na myších krmných tímto GM hrachem vyvrátila podezření na vyšší alergenicitu ve srovnání s konvenčním hrachem (Lee et al., 2013). Tato informace však mediálně zcela zapadla, pozitivní zprávy nejsou veřejností intenzivně vnímány na rozdíl od zpráv negativních.

### Sója (*Glycine max.* L.)

Sója je nejrozšířenější GM plodinou pěstovanou ve světě, její plocha zaujímá více než 100 mil. ha. Hlavními pěstiteli GM sóji jsou především USA, Brazílie a Argentina. Pro komerční pěstování je povoleno 27 různých odrůd. Na začátku vývoje GM kultivarů sóji stály transgeny navozující toleranci k totálním herbicidům Roundup (Roundup Ready) nebo Liberty (Liberty Link). Pěstování GM sóji s rezistencí k totálním herbicidům v extrémně krátkých osevních sledech (kukuřice – sója) vedlo k postupnému vzniku odolných tzv. superplevelů. Byly zaznamenány superplevele rodů *Amaranthus* (laskavec), *Artemisia* (pelyněk), *Conyza* (turanka), *Kochia* (bytel), a další. Proto byly vyvinuty nové GM odrůdy sóje s kombinovanou tolerancí k herbicidům na bázi 2,4-D (cv. Enlist), sulfonylmočoviny (Cultivance, Treus, Plenish, Optimum GAT) a Dicamba (Genuity Roundup Ready 2Xtend). Existují také odrůdy sóje s kombinovanou rezistencí k herbicidům a hmyzu (Intacta Roundup Ready Pro) a se změněným obsahem mastných kyselin ve prospěch nenasycených (Vistive Gold), které mají příznivý vliv na zdraví konzumentů.

Experimentálně byla ověřena vhodnost sóje (i dalších luskovin) pro produkci rekombinantních proteinů pro farmaceutické využití, např. proinsulinu nebo lidského růstového hormonu. Výhodou rostlinných vakcín je především nízká cena, vysoký výtěžek a dlouhotrvající stabilita produktu ve skladovaném semenu (Moravec a Čerovská, 2014).

### Fazol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Fazol je po sóji druhou nejvíce pěstovanou a konzumovanou luskovinou na světě. Transgenní komerční odrůda je pouze jedna – Embrapa. Odrůda byla vyvinuta v Brazílii a nese gen pro replikázový protein zlaté fazolové mozaiky, který navozuje rezistenci proti tomuto viru (BGMV). Ostatní luskoviny nemají komerčně pěstované transgenní kultivary, přestože v řadě zemí byly provedeny experimenty s různými vektory nesoucími transgeny pro celou škálu nových vlastností.

### Hrách (*Pisum sativum* L.)

První úspěšný pokus o přenos genetické transformace u hrachu byl uskutečněn již v roce 1990 (Puonti-Kaerlas et al., 1990). Efektivita transformačních postupů byla však po dlouhou dobu u hrachu extrémně nízká (0,1 – 6,5 %), řada prací byla proto zaměřena na optimalizaci metodik transformace (Atif et al., 2013). Jedním z prvních tzv. užitečných genů, které byly vneseny do genomu hrachu byl gen pro inhibitor  $\alpha$ -amylázy s cílem navodit rezistenci k zrnokazu (*Bruchus pisorum*) (Shade et al., 1994). Byly také provedeny experimenty se zaměřením na navození rezistence k virovým patogenům AMV (virus mozaiky vojtěšky) (Grant et al., 1998), PSbMV (virus semenem přenosné mozaiky svinování listů) (Jones et al., 1998) a PEMV (virus výrůstkové mozaiky hrachu) (Chowrira et al., 1998).

Postupně byly vyvinuty další transgenní linie hrachu s inhibitory proteáz (Charity et al., 1999) nebo s genem *cry1Ac* z *Bacillus thuringiensis* proti hmyzím škůdcům (Negawo et al., 2013), pro navození rezistence k hmyzím škůdcům, nebo s genem pro produkci resveratrolu proti houbovým patogenům (Richter et al., 2006). Význam genetické transformace hrachu (stejně jako dalších plodin s vysokým obsahem proteinů) vzrostl současně s požadavkem na produkci fytofarmak (rostlinných vakcín). U hrachu byla vyvinuta vakcína proti průjmu mladých prasat (Novoplant 2007), králičímu viru krvácivosti (Mikschofsky et al., 2009), nebo kokcidióze kuřat (Zimmermann et al., 2009).

### Bob obecný (*Vicia faba* L.)

Bob obecný patří mezi luskoviny, kde je rovněž aplikována rekombinantní DNA-technologie jako součást šlechtitelských programů. V současnosti jsou známy pouze dva postupy, kdy bylo dosaženo fertálních transgenních rostlin bobu (Böttinger et al., 2001, Hanafy et al., 2005). Další směr vývoje agrobakteriální transformace u bobu se již týká zejména výběru vhodné kombinace genů a promotorů v semenech např. z genu pro vicilin u hrachu pro zvýšení exprese T-DNA a získání vyšších výtěžků produktů.

### Čočka jedlá (*Lens culinaris* Medik.)

V devadesátých letech minulého století se intenzivně věnovali možnostem genetických modifikací čočky v Kanadě. Neúspěch transformací byl způsoben pravděpodobně málo propracovaným regeneračním protokolem a zejména problémy se zakořeňováním regenerovaných prýtlů. Hashem (2007) transformoval čočku genem *Ripgip* (inhibitor polygalakturonázy) pro rezistenci k houbovým patogenům. Úspěšné transformační práce na čočce publikovali také Chopra et al. (2011) (metodické experimenty) a Khatib et al. (2011) (transgenozé genem *DREB1A*, který zvyšuje odolnost k zasolení a suchu).

### Lupina (*Lupinus* spp.)

Lupina se pěstuje ve třech formách (žlutá, bílá a modrá – úzkolistá), které se liší kromě barvy květu i obsahem nutričních látek a odolností k patogenům. Kromě metodických pokusů směřujících k vytvoření funkčního a dostatečně efektivního protokolu genetické transformace (Pigeaire et al., 1997, Li et al., 2000, Babaoglu et al., 2000) byly u lupiny zaznamenány experimenty s inzerací dvou užitečných genů. Molvig et al. (1997) vložili gen pro albumin slunečnice, který měl zvýšit obsah methioninu (sírné aminokyseliny), který je u luskovin obvykle v nedostatečném množství. Práce Pniewski et al. (2006) byla zaměřena na transformaci lupiny genem pro tvorbu protilátek k žloutence typu B (Hepatitis B virus).

### Cizrna, Vigna, Kajan

Cizrna je třetí nejpěstovanější luskovinou na světě a pěstuje se především v tropickém a subtropickém pásmu. Je to luskovina nenáročná na pěstování a vodu a je bohatým zdrojem bílkovin. Do genomu cizrny byly vloženy geny pro zvýšenou produkci  $\beta$ -karotenu (obdoba „zlaté rýže“) a byla provedena také tzv. biofortifikace s cílem zvýšení obsahu Fe a Zn, které jsou ve výživě často nedostatkové.

Vigna je jednou z nejžádanějších luskovin v chudých oblastech tropické Asie a Afriky, i na tomto objektu proběhly transformační experimenty. Z užitečných genů byl použit přenos genu inhibitoru  $\alpha$ -amylázy s cílem genetické ochrany proti hmyzím škůdcům (Solleti et al., 2008).

Kajan je významnou plodinou v suchých polopouštních podmínkách tropického pásma. Vyznačuje se také bohatým obsahem bílkovin a je předmětem transformačních experimentů. Proti napadení škůdci byl při transformacích použit gen *cry1AB* (Sharma et al., 2006).

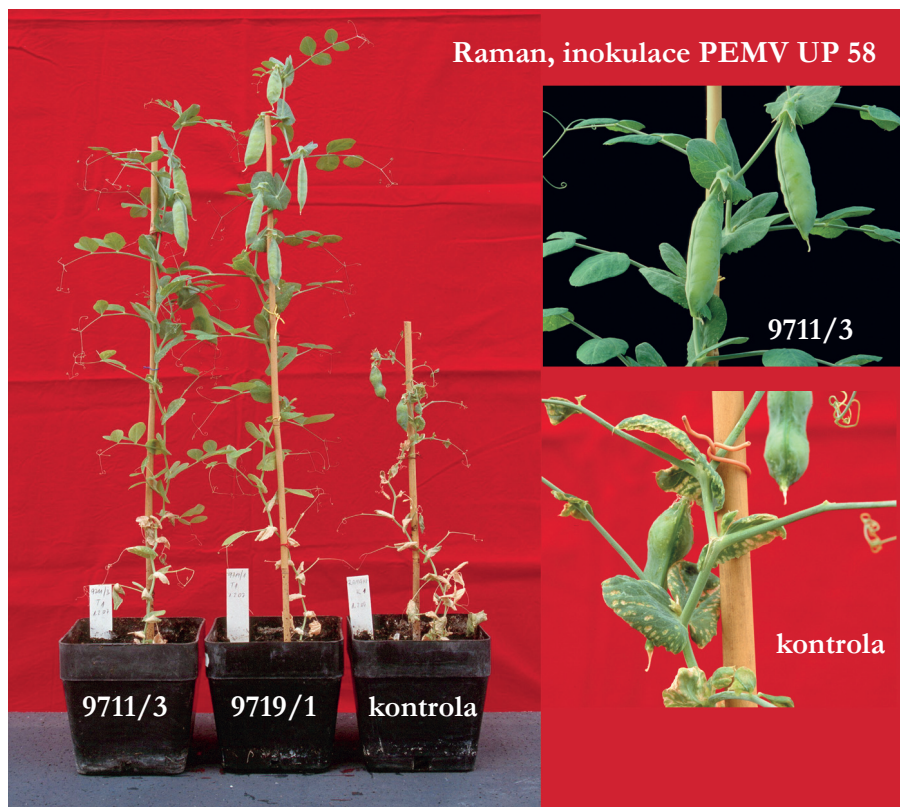
## VÝVOJ TRANSGENNÍCH LUSKOVIN VE FIRMĚ AGRITEC – HLAVNÍ VÝZKUMNÉ SMĚRY

V rámci práce na několika po sobě jdoucích a navazujících výzkumných projektech (poskytovatelé GAČR, NAZV, MŠMT) probíhaly od roku 2000 ve firmě Agritec transformační experimenty s hrachem. Zpočátku byly zaměřeny na optimalizaci metodiky transformačního postupu, zkoumal se vliv změn fyzikálních podmínek během transformace (teplotní a světelný režim), vliv délky kokultivace explantátů v různých koncentracích suspenze agrobakteria (Šváblová et al., 2005, Šváblová a Griga, 2008).

V další etapě jsme pracovali na vývoji transgenních linií hrachu s inzertou pro navození rezistence k nejzávažnějším virovým patogenům hrachu – výrůstkové mozaice PEMV (Pea Enation Mosaic Virus) a viru svinování listů hrachu (PSbMV). Genom vybraných vysoce virulentních virových izolátů obou výše zmíněných virů byl osekvenován. Pro transformaci hrachu byla použita sekvence kompletního obalového proteinu (*cpPEMV*) pro aktivaci tzv. rezistence vyvolané přítomností patogena. V T1 generaci rostlin s předpokládanou rezistencí vůči PEMV byly sledovány linie, které dlouhodobě nevykazovaly žádné symptomy infekce ani po opakované inokulaci virem (**Obr. 7**). Přítomnost transgenu byla prokázána pomocí Southern blot analýzy. Získaná T2 generace všech linií však již nevykazovala odolnost a byla vůči viru vnímavá.

Pro indukci rezistence k viru PSbMV byl vytvořen konstrukt, který obsahoval pouze fragmenty genu obalového proteinu *cpPSbMV* v sense i anti-sense orientaci. Rezistentní reakce u transgenních rostlin vzniká na základě jevu popsaného v literatuře jako post-transkripční utišování genu. Po sérii transformačních experimentů byly regenerovány transgenní linie, které



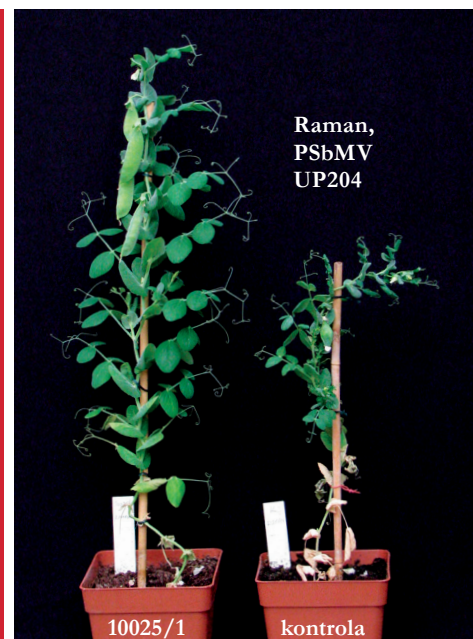


Obrázek 7: Geneticky modifikovaný a kontrolní hrách cv. Raman po mechanické inokulaci virem PEMV. Foto: Miroslav Griga.

v T2 generaci vykazovaly odolnost k mechanické inokulaci virem PSbMV (Obr. 8). Rostliny byly analyzovány RT-PCR, u rezistentních linií byl identifikován odlišný průběh amplifikační křivky.

Rostliny byly přemnoženy a dále byla provedena analýza T4 generace sledovaných rezistentních linií (10025/1 a 10025/2). Sledované rostliny vykazovaly 14 dnů po mechanické inokulaci izolátem viru PSB204CZ typické příznaky infekce: chlorotickou mozaiku, svinutku listů a menší vzrůst, srovnatelné s vnímavou kontrolou. Výjimkou bylo 6 rostlin (potomstvo 4 linií předchozí generace), u kterých byly pozorovány symptomy infekce virem PSbMV, jejich intenzita však byla slabší než u většiny testovaných rostlin. Kvantitativní RT-PCR analýza koncentrace viru v pletivu listu prokázala u rostlin se slabšími příznaky infekce snížení koncentrace viru. Zjištěné štepné poměry (rostliny vnímavé : rostliny se zvýšenou odolností) neodpovídaly Mendelovské dědičnosti, z čehož se dá usuzovat na inaktivaci transgenu metylací anebo jeho ztrátu rekombinací. Potomstvo je dále sledováno.

V dalším projektu byly využity nové konstrukty s transgeny pro navození odolnosti k hmyzím škůdcům s inzertou proteázového inhibitoru izolovaného z vláken zavíječe voskového (*Galleria mellonella*) *gm-SPI2*. U tohoto genu byla předem ověřena antimikrobiální aktivita.



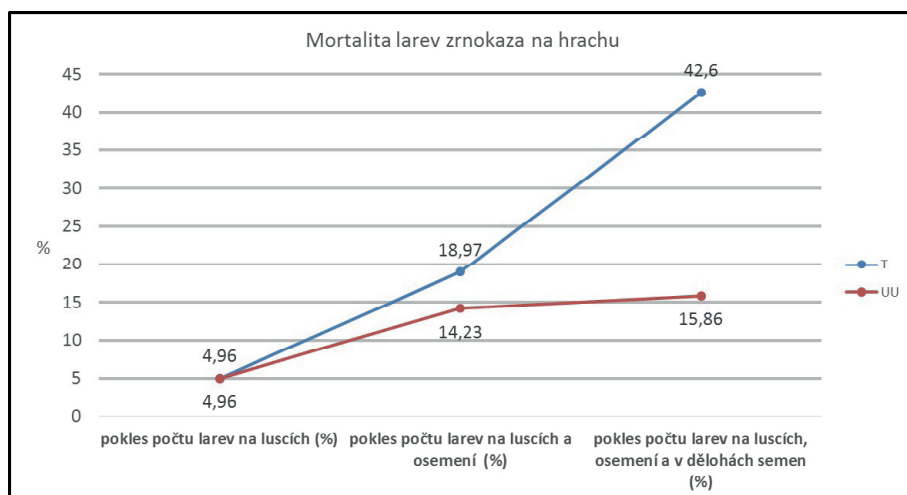
Obr. 8: Geneticky modifikovaný a kontrolní hrách cv. Raman po mechanické inokulaci virem PSbMV. Foto: Dana Šafářová.

Transgenní linie nesoucí gen *gmSPI2* byly testovány na odolnost k houbovému patogenu *Fusarium solani* a k některým hmyzím škůdcům (listopas, třásněnky, zrnokaz).

Pouze v testech působení semen na mortalitu larev zrnokaza (*Bruchus pisorum*) byla prokázána vyšší mortalita larev krmených transgenním hrachem oproti netransgenní kontrolě (Obr. 9).

V roce 2010 testovala firma Agritec jako první v Evropě geneticky modifikovaný hrách v polních podmínkách (Griga M. et al., 2011).

V současné době se firma Agritec v oblasti genetických modifikací zabývá vývojem transgenních linií hrachu, které budou sloužit jako platforma pro produkci tzv. biovaccín (proteinů pro farmaceutické využití) na bázi moderní technologie CRISPR (Clustered regularly interspaced short palindromic repeats). Projekt je financován Grantovou agenturou ČR.



Obr. 9: Nárůst úhynu larev zrnokaza u transgenního hrachu (I) ve srovnání s netransgenní neošetřenou kontrolou (UU). Originální data: M. Seidenglanz.

## VÝHLED DO BUDOUCNA, POLITIKA VERSUS VĚDA

V roce 2009 vyšla v České republice tzv. Bílá kniha geneticky modifikovaných plodin (Sehnal a Drobník 2009), ve které byly shrnuty studie českých vědců pracujících s genetickými modifikacemi rostlin. V předmluvě editoři uvádějí: „*Historie velkých lidských objevů napovídá, že fundamentalismus, nevědomost a chamtivost často potlačuje pravdu, ale pouze po určitý čas. Tato kniha je napsána s touhou zkrátit dobu lživého zastrasování GM plodinami v Evropě.*“ Tato slova v podstatě vystihují situaci kolem genetických modifikací v Evropě v prvním desetiletí 21. století. Firmy jako Monsanto, Pioneer nebo BASF omezily pěstování v Evropských zemích a přešly na perspektivnější trhy v Africe a Asii. Evropské země se rozdělily do několika táborů, které zaujaly postoje ke GMO (Svět biotechnologií 2012) od arci-nepřátel (Rakousko, Maďarsko, Itálie, Řecko, Lucembursko, Malta, Kypr, Francie, Polsko, Bulharsko, Litva, Lotyšsko), přes různorodý postoj (negativní, ale nebrzdí výzkum – Německo, Dánsko, Belgie), pasivní, kdy GMO země nepropagují, ale přistupují na základě vědecky podložených informací (Holandsko, Velká Británie, Švédsko, Finsko, Estonsko, Česká republika, Slovensko, Rumunsko), až po výrazně pozitivní přístup Španělska a Portugalska, které pěstují nejvíce GM kukuřice v Evropě a také pěstování GM plodin nejvíce prosazují (Masip et al. 2013).

Vědecké týmy pracující na vývoji biotech plodin se v současnosti více zaměřují na nepotravinářské (technické) využití, kdy GM rostliny slouží jako surovina pro výrobu textilií, papíru, barviv, olejů, stavebních materiálů, plastů, biopaliv, léčiv. Proti využití GM rostlin jako živých reaktorů pro výrobu látek s terapeutickými účinky se „zelená lobby“ zatím neozývá.

Za poslední desetiletí se Evropa v názoru na genetické modifikace posunula ke stále více odmítavému postoji. Zatímco v ostatních částech světa plochy pěstování GM plodin stále narůstají, Evropa pěstební plochy GM plodin stále snižuje. V lednu 2015 vydal Evropský parlament alibistické rozhodnutí o možnosti jednotlivých členských států zakázat pěstování a dovoz GM plodin nezávisle na ostatních státech. Toto rozhodnutí je v rozporu se základními ideami Evropské unie, kterými je udržitelný rozvoj Evropy, založený na vyváženém hospodářském růstu, podpora vědeckého a technického pokroku, podpora hospodářské, sociální a územní soudržnosti a solidarity mezi členskými státy a podpora volného a spravedlivého obchodování. GMO jsou součástí našeho běžného života, platíme bankovkami, jejichž součástí je GM bavlna, oblékáme se do oděvů vyrobených z GM bavlny, hospodářská zvířata krmíme GM sójou (dováží se 30 mil. tun GM sóji, Evropská produkce sóji pokrývá pouze 5 % poptávky (EuropaBio, duben 2015). Třebaže Evropa benefituje alespoň z dovozu, jsou evropští zemědělci omezováni v možnosti GM plodiny sami pěstovat

a přicházejí každoročně o zisky, které pěstování GM plodin přináší.

Evropa se v minulosti stala kolébkou genetiky i vývoje genetických modifikací, v současné době se však mění v zemědělský skanzen. Vědecké práce současných genetických inženýrů jsou postaveny na základech teorie otce genetiky Johana Gregora Mendela. Požehnal by Mendel genetickým modifikacím, nebo ne?

### Informační a literární zdroje použité v tomto textu

- www.biotrin.cz  
www.eagri.cz/public/eagri/zemedelstvi/gmo-geneticky-modifikovane-organismy/  
www.efsa.europa.eu  
www.europabio.org  
www.gate2biotech.cz  
www.isaaa.com  
www.mzp.cz/cz/geneticky-modifikovane-organismy  
www.szu.cz/tema/bezpecnost-potravin/potravinovy-noveho-typu
- Atif, R., Patat-Ochatt, E., Švábová, L., Ondřej, V., Klenotičová, H., Jacas, L., Griga, M., Ochatt, S. Gene Transfer in Legumes. In: Progress in Botany. U. Lüttge et al., Springer Verlag Berlin Heidelberg, pp. 37–100, 2013.
- Babaoglu, M., McCabe, M.S., Power, J.B., Davey, M.R., 2000. *Agrobacterium*-mediated transformation of *Lupinus mutabilis* L. using shoot apical explants. Acta Physiol. Plant. 22, 111–119.
- Böttinger, P., Steinmetz, A., Schieder, O., Pickardt, T., 2001. *Agrobacterium*-mediated transformation of *Vicia faba*. Mol. Breed. 8, 241–254.
- Charity, J.A., Anderson, M.A., Bittisnich, D.J., Whitecross, M., Higgins, T.J.V., 1999. Transgenic tobacco and peas expressing a proteinase inhibitor from *Nicotiana glauca* have increased insect resistance. Mol. Breed. 5, 357–365.
- Chowrira, G., Cavaleer, R., Gupta, S., Lurquin, P., Berger, P., 1998. Coat protein-mediated resistance to pea enation mosaic virus in transgenic *Pisum sativum* L. Transgenic Res. 1998, 265–271.
- Grant, J., Pither-Joyce, M., Fifield, W., Cooper, P., Timmerman-Vaughan, G., 1998. Partial resistance to alfalfa mosaic virus in transgenic pea (*Pisum sativum* L.). In: Book of Abstracts from 3rd European Conference on Grain Legumes, Valladolid, Spain. pp. 372–373.
- Griga M., Vrbová, M., Švábová L., 2011. Výzkum a tvorba geneticky modifikovaného hrachu a lnu. Agromanuál 2011, 52–54.
- Hanafy, M., Pickardt, T., Kiesecker, H., Jacobsen, H.-J., 2005. *Agrobacterium*-mediated transformation of faba bean (*Vicia faba* L.) using embryo axes. Euphytica 142, 227–236.



- Hinchee, M., Connorward, D., Newell, C., McDonnell, R., Sato, S., Gasser, C., Fischhoff, D., Re, D., Fraley, R., Horsch, R., 1988. Production of transgenic soybean plants using *Agrobacterium*-mediated DNA Transfer. *Bio-Technol.* 6, 915–921.
- Puonti-Kaerlas, J., Erikson, T., Engström, P., 1990. Production of transgenic pea (*Pisum sativum* L.) plants by *Agrobacterium tumefaciens* - mediated gene transfer. *TAG Theor. Appl. Genet.* 80, 246–52.
- Jones, A.L., Johansen, I.E., Bean, S.J., Bach, I., Maule, A.J., 1998. Specificity of resistance to pea seed-borne mosaic potyvirus in transgenic peas expressing the viral replicase (Nlb) gene. *J. Gen. Virol.* 79, 3129–3137.
- Klümper, W., Qaim, M., 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PLoS ONE* 9, e111629.
- Lee, R.-Y., Reiner, D., Dekan, G., Moore, A.E., Higgins, T.J.V., Epstein, M.M., 2013. genetically modified  $\alpha$ -amylase inhibitor peas are not specifically allergenic in mice. *PLoS ONE* 8, e52972.
- Li, H., Wylie, S.J., Jones, M.G.K., 2000. Transgenic yellow lupin (*Lupinus luteus*). *Plant Cell Rep.* 19, 634–637.
- Mccabe, D., Swain, W., Martinell, B., Christou, P., 1988. Stable transformation of soybean (*Glycine Max*) by particle-acceleration. *Bio-Technol.* 6, 923–926.
- Mikschofsky, H., Schirrmeier, H., Keil, G.M., Lange, B., Polowick, P.L., Keller, W., Broer, I., 2009. Pea-derived vaccines demonstrate high immunogenicity and protection in rabbits against rabbit haemorrhagic disease virus. *Plant Biotechnol. J.* 7, 537–549.
- Molvig, L., Tabe, L.M., Eggum, B.O., Moore, A.E., Craig, S., Spencer, D., Higgins, T.J.V., 1997. Enhanced methionine levels and increased nutritive value of seeds of transgenic lupins (*Lupinus angustifolius* L) expressing a sunflower seed albumin gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 94, 8393–8398.
- Moravec, T., Čerovská, N., 2014. The use of legume seed for expression and storage of high value proteins. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 50, 69–76.
- Negawo, A.T., Aftabi, M., Jacobsen, H.-J., Altosaar, I., Hassan, F.S., 2013. Insect resistant transgenic pea expressing cry1Ac gene product from *Bacillus thuringiensis*. *Biol. Control* 67, 293–300.
- Pigeaire, A., Abernethy, D., Smith, P.M., Simpson, K., Fletcher, N., Lu, C.Y., Atkins, C.A., Cornish, E., 1997. Transformation of a grain legume (*Lupinus angustifolius* L.) via *Agrobacterium tumefaciens*-mediated gene transfer to shoot apices. *Mol. Breed.* 3, 341–349.
- Pniewski, T., Kapusta, J., Plucienniczak, A., 2006. *Agrobacterium*-mediated transformation of yellow lupin to generate callus tissue producing HBV surface antigen in a long-term culture. *J. Appl. Genet.* 47, 309–318.
- Richter, A., de Kathen, A., de Lorenzo, G., Briviba, K., Hain, R., Ramsay, G., Jacobsen, H.-J., Kiesecker, H., 2006. Transgenic peas (*Pisum sativum*) expressing polygalacturonase inhibiting protein from raspberry (*Rubus idaeus*) and stilbene synthase from grape (*Vitis vinifera*). *Plant Cell Rep.* 25, 1166–1173.
- Shade, R.E., Schroeder, H.E., Pueyo, J.J., Tabe, L.M., Murdock, L.L., Higgins, T.J.V., Chrispeels, M.J., 1994. Transgenic pea seeds expressing the  $\alpha$ -amylase inhibitor of the common bean are resistant to bruchid beetles. *Nat. Biotechnol.* 12, 793–796.
- Sharma, K.K., Lavanya, M., Anjaiah, V., 2006. *Agrobacterium*-mediated production of transgenic pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) expressing the synthetic BT CRY1AB gene. *Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant* 42, 165–173.
- Solleti, S.K., Bakshi, S., Purkayastha, J., Panda, S.K., Sahoo, L., 2008. Transgenic cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds expressing a bean alpha-amylase inhibitor 1 confer resistance to storage pests, bruchid beetles. *Plant Cell Rep.* 27, 1841–1850.
- Švábová, L., Griga, M., 2008. The effect of cocultivation treatments on transformation efficiency in pea (*Pisum sativum* L.). *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 95, 293–304.
- Švábová L., Smýkal P., Griga M., Ondřej V., 2005. *Agrobacterium*-mediated transformation of *Pisum sativum* *in vitro* and *in vivo*. *Biol. Plant.* 361–370.
- Zimmermann, J., Saalbach, I., Jahn, D., Giersberg, M., Haehnel, S., Wedel, J., Macek, J., Zoufal, K., Glünder, G., Falkenburg, D., Kipriyanov, S., 2009. Antibody expressing pea seeds as fodder for prevention of gastrointestinal parasitic infections in chickens. *BMC Biotechnol.* 9, 79.

---

Zprávy APZL

Informační občasník vydává pro členy a příznivce

Asociace pěstitelů a zpracovatelů luštěnin

Šumperk 787 01, Zemědělská 16, IČ 26999544.

Redakční rada: Ing. Miroslav Hochman, Ing. Miroslav Houba, CSc., Ing. Radmila Dostálová, Ing. Jan Prášil.

Grafická úprava: Jiří Čížek.

Tisk: GRAFOTYP s. r. o., Šumperk.

NEPRODEJNÉ, ZDARMA

Ev. č.: MK ČR E 19723, ISSN 1804-5863.

Tisk: 29. května 2015.