GMO BEZ OBALU

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

4. aktualizované vydání

2016

Autor: Ing. Bc. Zuzana Stratilová
Ing. Michaela Jedličková

Foto: Pixmac s.r.o.

Ilustrace: GRIFART, spol. s r.o.

Název: GMO BEZ OBALU

Vydalo: Ministerstvo zemědělství
Odbor bezpečnosti potravin
Těšnov 17, 110 00 Praha
www.eagri.cz, www.bezpecnostpotravin.cz

4. aktualizované vydání © 2016

ISBN 978-80-7434-295-0

Obsah

PŘEDMLUVA 3
OD TRADIČNÍHO ŠLECHTĚNÍ K BIOTECHNOLOGIÍM 6
DNA – ZÁKLADNÍ KÁMEN BIOTECHNOLOGIÍ 9
TRANSGENNÍ ROSTLINY 11
TRANSGENNÍ ZVÍŘATA 17
TRANSGENNÍ MIKROORGANISMY 21
GM POTRAVINY V EU 22
GM POTRAVINY VE SVĚTĚ 24
BEZPEČNOST PRODUKTŮ Z GMO 25
PERSPEKTIVY GMO 27
GMO V OTÁZKÁCH A ODPOVĚDÍCH 29
LEGISLATIVA 31
Internetové odkazy 32
Seznam zkratek 33
Použitá literatura 34

PŘEDMLUVA

Zemědělství poskytlo člověku živícímu se sběrem a lovem vydatnější a jistější zdroj potravy. Vedlo k usazení skupin lidí v určité oblasti a tím se stalo základem lidských kultur. Sledujeme-li historii, uvidíme, že každé zlomové zlepšení v zemědělství, jako jsou vynález pluhu, využití tažných zvířat, zavedení průmyslových hnojiv a podobně, vedlo ke zvýšení lidské populace.

Populace v současné době však narůstá natolik, že je oprávněná obava, zda ji zemědělství stačí uživit. Je pravda, že ten, kdo sedí u bohatě prostřeného stolu a sleduje, kolik potravin končí v kontejnerech na odpadky, může mít dojem, že potravin je dost, ne-li nadbytek. Taková je situace v bohatých průmyslových státech – tedy i ve většině Evropy. Svět však nekončí za našimi evropskými humny. Takřka miliarda lidí trpí podvýživou. Nicméně slyšíme názory, že to je důsledek nikoli nedostatku potravin, ale jejich nesprávného rozdělení mezi obézní a podvyživenou část lidstva. Nezbývá nám, než se spolehnout na ty, kdo mají nejvíce informací a kvalifikaci k hodnocení globální situace. Je to Organizace spojených národů pro potraviny a zemědělství (FAO) a ta udává, že potřeba potravin vzroste do roku 2050 o 70 %, což strmě zvýší i poptávku po krmivech.

Stoupají také požadavky na kvalitu stravy – posun od rostlinné k živočišné potravě vyžaduje podstatné zvýšení sklizně plodin. Navíc orné půdy ubývá – stačí se třeba podívat na naši krajinu kolem velkých měst, a to nevidíme zvětšování pouští, erozi a zasolování půd. Ubývá také vody, klimatické změny jsou realitou a tlak na obnovitelné zdroje energie a požadavky průmyslu na rostlinné suroviny sílí. To vše musí zemědělství zvládnout a přitom zachovat člověkem nerozoranou přírodu. Likvidovat deštné lesy, louky, stepi, vysoušet mokřady, napřimovat potůčky a rozorat každý kousek přírodní plochy by byla drahá daň za zajišťování potravin.

Podtrženo a sečteno to znamená, že zemědělství musí zvýšit plošný výnos, tedy objem plodiny sklizený z jednotky plochy. Ten dramaticky vzrostl zavedením průmyslových hnojiv a následně pesticidů, které omezily ztráty způsobené konkurencí plevelů a škůdci. Jenže oba prostředky již dosáhly svých mezí, nehledě na to, že chemizace zemědělství má neblahé dopady na přírodu i zdraví. Také průzkumy veřejného mínění ukazují, že lidé se chemizace velice obávají.

Zbývá již jen šlechtění. Zavádět odrůdy, které mají vyšší výnosy a menší ztráty nejen způsobené škůdci a plevely, ale i počasím, nebo nedostatečným zásobováním vodou. K tomu přistupují další požadavky, ne tak naléhavé jako kvantitativní výživa pro lidstvo, ale nezanedbatelné: vyprodukovat při zemědělské výrobě co nejméně skleníkových plynů, omezit nutnost dálkové dopravy a vyjít vstříc stále konkrétnějším požadavkům na složení potravin z hlediska správné výživy.

S klasickým šlechtěním je to však podobně jako s chemizací: dosáhlo již svého vrcholu. Tím nepochybně byla tzv. Zelená revoluce, kterou uvedl do chodu americký šlechtitel Norman Borlaug, nositel Nobelovy ceny z roku 1970. V druhé polovině minulého století v Mexiku vyšlechtil vysoce výkonnou a nepoléhající pšenici. Tím šestkrát zvýšil mexickou produkci pšenice a z této odrůdy měly obrovský užitek i další rozvojové země. Například běžný Ind měl v roce 1967denní spotřebu potravin odpovídající 1875 kcal, v roce 1998 to bylo 2466 kcal, přesto, že se za tu dobu populace v Indii zdvojnásobila. Celkově tam stoupla produkce pšenice na 76 milionů tun, tedy prakticky sedmkrát od roku 1961.

Ani Zelená revoluce nebyla prosta negativních stránek: vyžadovala více strojů, pohonných hmot, průmyslových hnojiv a melioračních úprav k zavodňování. Stále zůstávaly obrovské ztráty způsobené škůdci a nemocemi plodin. Chemický boj proti hmyzím škůdcům byl v chudých zemích veden s nedostatečnou ochranou a zemědělci za to platili svým zdravím.

Jako v jiných oborech, i v zemědělství se pokrok vědy dříve či později promítne do nových účinnějších postupů. U zemědělství je to nejobtížnější, neboť díky jeho roli ve zrodu kultury mají k němu lidé emociální a konzervativní vztah. Jak známo i orba byla některými tradicemi pokládána za nepatřičné zraňování země. Tento duch stále přežívá i v průmyslových zemích v podobě „organického" či „ekologického" zemědělství.

V naší době se všechna tato vlákna problémů proplétají a ne vždy je obchodní zájem v souladu se zájmy lidí, natož lidské populace jako celku. Kromě toho, věda se vyvíjí velmi rychle a pohybuje se v natolik sofistikovaných rovinách, že veřejnost nemůže spoléhat na vlastní úsudek. Je vystavená již zpracovaným, zjednodušeným a účelově přizpůsobeným informacím, čehož využívají některé skupiny pro vlastní zájmy.

To staví objektivní informování veřejnosti do role klíčové podmínky pro modernizaci zemědělství. Modlitební mlýnky „výzkum – inovace – konkurenceschopnost" roztáčené v Bruselu jsou v zemědělství marným voláním, pokud se účinnými seriózními informacemi nezmění názory a pocity občanů. Nástrojem k tomu je i tato brožura. Uvádí podstatu současných biotechnologických metod a jejich přínosy. Také dokumentuje, jak vliv výše uvedených blokujících faktorů způsobuje zaostávání Evropy za světovým vývojem v modernizaci zemědělství.

Aby si občan utvořil alespoň povšechný nezkreslený názor na moderní šlechtitelské metody, potřebuje se dovědět nejen o jejich podstatě a o vědeckých poznatcích, ale i o zcela všedních skutečnostech. Pokud třeba neví, že denně sní skoro bilion bakteriálních genů, z nichž nezanedbatelné procento jsou geny necitlivosti na antibiotika, snadno podlehne agitátorovi strašícímu ztrátou účinnosti antibiotik vinou biotechnologických metod šlechtění. Následně bude coby volič tlačit na politiky, aby takovéto šlechtění zakázali. Ti podléhají omylu domnívajíce se, že čím přísnější kontroly legislativně zavedou, tím se obavy veřejnosti sníží. Psychologie lidí je přesně opačná: když musí být něco tak složitě a nákladně kontrolováno, určitě je to hodně nebezpečné.

Nejen zdraví, ale i starost o krajinu a přírodu je téma zneužívané falešnými agitátory. Vymysleli strašidlo „superplevely", které prý zaplaví naši krajinu až se začnou i u nás pěstovat transgenní herbicid-rezistentní plodiny, protože kvůli nim se začnou používat systémové herbicidy jako glyfosát. Tato agitace zneužívá toho, že běžný občan pochopitelně neví, že tohoto „hrůzného" herbicidu se u nás běžně spotřebuje tisíc tun ročně a případné pěstování např. transgenní sóji (kterou dovážíme) by tuto spotřebu zvýšilo o pouhá 2 %.

Zbavme se jednoduchého pohledu, že biotechnologické metody v zemědělství jsou míčem přehazovaným mezi „propagátory a odpůrci". Mimo ně musí totiž stát vědec, který vidí jak výhody, tak problémy, a hledá, jak dál. Propagátor horuje: „Bt kukuřice vyřeší problém s bázlivcem". Odpůrce hrozí: „Brouček si na ni zvykne". Vědec ví, že každý insekticid dříve či později vedl ke vzniku necitlivých populací, a i Bt kukuřici dříve či později čeká podobný osud. Proto již pracuje na řešení – chránit plodiny třeba pomocí inhibitorů proteáz.

Věda jde dál a přináší jednak zdokonalení současných biotechnologických metod, jednak připravuje zrod další etapy jejich vývoje a uplatnění. Zlepšení spočívá např. v tom, že při transgenosi je již možné přesně zařadit vnášený gen na zvolené místo dědičného zápisu v DNA. Tím se omezí možnost, že vnesený gen náhodně ovlivní vlastní geny příjemce, nebo naopak, že tyto geny modifikují projev transgenu.

Nová základna vzniká rychlým vývojem znalostí molekulárních mechanizmů dědičnosti. Dnešní metoda transgenose stojí na tzv. centrálním dogmatu ze šedesátých let minulého století: sled bází v DNA obsahuje informaci, kterou enzym přepíše do sekvence molekuly mRNA, a ta ji přenese na „výrobce bílkovin" – ribosom. V něm se informace realizuje překladem do struktury syntetizované bílkoviny, výkonného článku nové vlastnosti.

Jako vždy v cestách našeho poznání tato kostra dějů stále zůstává, ale doopravdy jen jako kostra. Každý krok se obaluje věncem dalších procesů, regulací, úprav a tedy i informační košatostí. Již se ví, že třeba malá molekula RNA, tzv. miRNA, může kontrolovat několik genů. V některých případech – bohatší růst, vzdornost k suchu, více sladké hrozny nebo jiné složení škrobu bychom nemuseli geny přidávat nebo ubírat, stačilo by zvládnout jejich kontrolu. Také přenos informace od DNA k ribosomům není „natvrdo" daný jako převod ozubeným kolem. Ji přenášející molekula RNA může být všelijak upravena, „naporcována" či jinak sestřižena. Opět další možnost zrodu nástrojů k úpravě vlastností plodin.

Bude však ještě nějakou dobu trvat, než z těchto kořenů vyrostou praktické šlechtitelské postupy, ale můžeme je určitě očekávat. Důležité však je již během jejich přípravy a vývoje věcně a srozumitelně informovat občany. Není totiž pochyb, že vstanou noví bojovníci proti modernizaci zemědělství. Informace, které věcně a vyváženě rozebírají jak výhody, tak nevýhody připravovaných postupů jim berou vítr z plachet a chrání politiky před pokušením vše úředně kontrolovat a regulovat.

Je velkou předností České republiky, že objektivní informování o biotechnologických metodách v zemědělství bere na sebe státní instituce – Ministerstvo zemědělství. Kéž by podobně postupovala EU a zorganizovala takový program v rámci celé Evropy.

Prof. RNDr. Jaroslav Drobník, CSc.
emeritní profesor biofyziky Přírodovědecké fakulty UK
ředitel Biotechnologického ústavu Karlovy univerzity
předseda občanského sdružení BIOTRIN

Poděkování

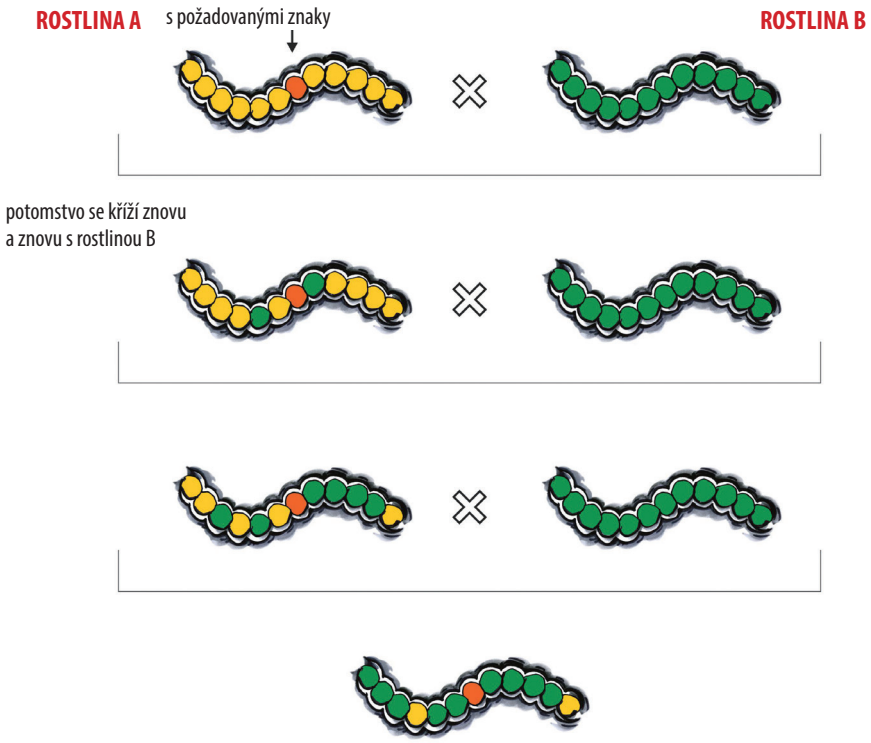
*Poděkování patří dnes již zesnulému panu prof. RNDr. Jaroslavu Drobníkovi, CSc. (*1929 - †2012), který doplnil publikaci velmi poutavou předmluvou a obohatil ji o své životní vědomosti a zkušenosti z oboru biotechnologie. Poděkování patří také panu prof. Ing. Jaroslavu Petrovi, DrSc. z Výzkumného ústavu živočišné výroby a předsedovi České komise pro nakládání s geneticky modifikovanými organismy při MŽP za velmi cenné připomínky a podněty k harmonizaci textu publikace.*

OD TRADIČNÍHO ŠLECHTĚNÍ K BIOTECHNOLOGIÍM

Zhruba před 10 tisíci lety „moderní“ člověk Homo sapiens sapiens zahrabal první semena rostlin do země a ke svému úžasu zjistil, že touhle metodou lze snadno získat požadovanou rostlinu, aniž by musel přesidlovat celý svůj kmen. To byl začátek nejen cíleného pěstování rostlin, ale také jejich šlechtění. S přibývajícími zkušenostmi člověk začal sázet jen semena z rostlin, které byly vzrostlejší a odolnější proti ostatním rostlinám stejného druhu. Prvními pěstovanými rostlinami byly pšenice jednozrnka, planý ječmen, čočka a bob. Éra šlechtitelství byla nastartována[1].

Šlechtění křížením rostlin

V průběhu následujících několika tisíc let kromě sadby těch nejodolnějších odrůd docházelo také k samovolnému křížení tamějších rostlin s nově přivezenými např. z Ameriky, severní Afriky, Indie. Různé variace DNA se kombinovaly a dosud známé rostliny získaly lepší vlastnosti, nebo byly naopak náchylnější k nemocem. V přírodě probíhá náhodné křížení neustále. Na první cílený vývoj rostlin si člověk musel počkat až do 19. století. Mnich brněnského kláštera Gregor Mendel dokázal pomocí hrachu zákonitosti dědičnosti a tím položil ve 2. polovině 19. století základní pilíř genetice. Svým výzkumem prokázal, že lze výběrem určitých druhů rostlin dospět k rostlině o požadovaných vlastnostech. Ovšem k tomu, abychom tyto znalosti použili v oblasti zemědělské praxe, bylo ještě daleko.



cílem je získat rostlinu, která vypadá co nejvíce jako B, ale obsahuje požadované znaky rostliny A

Farmáři i nadále šlechtili rostliny pomocí výběru nejsilnějších odrůd, které následně křížili. Výsledné rostliny byly například vzrostlejší, ovšem zdědily kromě této vlastnosti také například vyšší náchylnost k přirozeným škůdcům. Nebylo zatím možné vyvinout plodinu o určitých vlastnostech, aniž by nezdědila i vlastnosti nežádoucí[1].

Šlechtění radiací

Průkopníkem v oboru šlechtitelství byl v České republice docent Josef Bouma. U přítele ozářil zubařským rentgenem zrna ječmene odrůdy Valtický a slavil úspěch. Stébla byla o 15 cm kratší a tedy odolnější, porost značně hustší a výnosy o 12 % vyšší. Tato odrůda byla známá pod názvem Diamant. V praxi tuto odrůdu již nenajdeme, spíše odrůdy z ní vycházející. Ačkoli se radiační mutace stala pro vývoj nových odrůd velmi oblíbenou, není to nejvhodnější způsob získávání nových odrůd. Výsledek je totiž vždy nejistý. U ozářených rostlin není jasné, kolik vznikne nových genů, jak moc se budou odlišovat nově vzniklé bílkoviny od těch původních a následně tedy nedokážeme určit dopady na životní prostředí, na zdraví lidí a zvířat. Odborníci označují tento typ šlechtění jako jeden z nejrizikovějších. Mutace „změny genotypu“ samozřejmě probíhají i přirozenou cestou. Jak vypadala například původní kukuřice, se dnes můžeme dopátrat pouze v odborné literatuře[2].

Moderní metody šlechtění

Vývoj postoupil kupředu, i co se řízeného šlechtění týče. Nové biotechnologie konečně otevřely dveře bezpečnějšímu pěstování. U biotechnologických rostlin se projeví jen cíleně žádoucí vlastnosti. Rozvinuly se techniky genového inženýrství a selektivní metody. Selektivní metody především z důvodu negativního přijetí produktů genového inženýrství veřejností v Evropě a v některých zemích Asie. Například metoda MAS (selekce s využitím markerů) je založena na analýze rostlin, která odliší genetické značky spojené s požadovanou vlastností. K pěstování či křížení vybereme pouze semena s touto genetickou značkou. Následně probíhá klasické křížení. Například chceme-li docílit úrody jablek s krásně červenou slupkou pomocí metody MAS, hledáme genetickou značku, která udává tuto vlastnost, již v setbě a nemusíme čekat několik let, až jabloň začne plodit a vlastnost se projeví. Metoda MAS představuje pro biotechnologie značný přínos, ovšem její menší význam se ukázal ve šlechtitelství rostlin za účelem zvýšení výnosů či tolerance k abiotickému stresu (nedostatek světla, bílkovin, minerálů, kyslíku…)[3]. Mnohem širší uplatnění skýtá transgenose (přenos genů).

Nové genové techniky

Především v důsledku velmi přísné regulace transgenose v EU jsou vyvíjeny nové techniky šlechtění rostlin za pomocí manipulace s geny. Mezi tyto techniky patří: mutageneze pomocí zinkových prstů; mutageneze pomocí oligonukleotidů; roubování GM podnože nebo roubu; RNA-dependentní DNA methylace, cisgenoze a intragenoze; reverzní šlechtění; agroinfiltrace. Dvě nejvyhlášenější techniky v oblasti úpravy genomu jsou TALEN (Transcription Activator-Like Effector Nucleases) a CRISPR (Clustered, Regularly Interspaced, Short Palindromic Repeats). Obě tyto metody nabízí vysokou přesnost genetických úprav a mají spoustu aplikací včetně vpravení a vystřižení genu, úpravy genetických defektů, označování genů a další. Metody mají potenciál k léčení lidských vrozených chorob. V roce 2016 byly pomocí metody CRISPR v USA na Pensylvánské státní univerzitě vytvořeny žampiony, které nehnědnou. V genomu žampionů proběhlo malé vymazání specifického kódování a finální produkt neobsahuje žádnou cizorodou DNA, takže teoreticky nespadá do legislativy o GMO. Obecně, pokud není do rostlin vpravena cizorodá DNA a pak se nenachází v rostlinách, jsou tyto rostliny nerozeznatelné od běžně používaných technik šlechtění. Podobným způsobem byla vytvořena nehnědnoucí jablka (Arctic Apples) a nehnědnoucí brambory s nižším obsahem akrylamidu (Innate potato). Firma DuPond plánuje uvedení na trh kukuřice upravené metodou CRISPR. Vláda USA prohlásila, že tyto plodiny jsou bezpečné a nebude je regulovat. V současné době je projednáváno na úrovni EU, zda nové genové techniky náleží do oblasti legislativy GMO.

DNA – ZÁKLADNÍ KÁMEN BIOTECHNOLOGIÍ

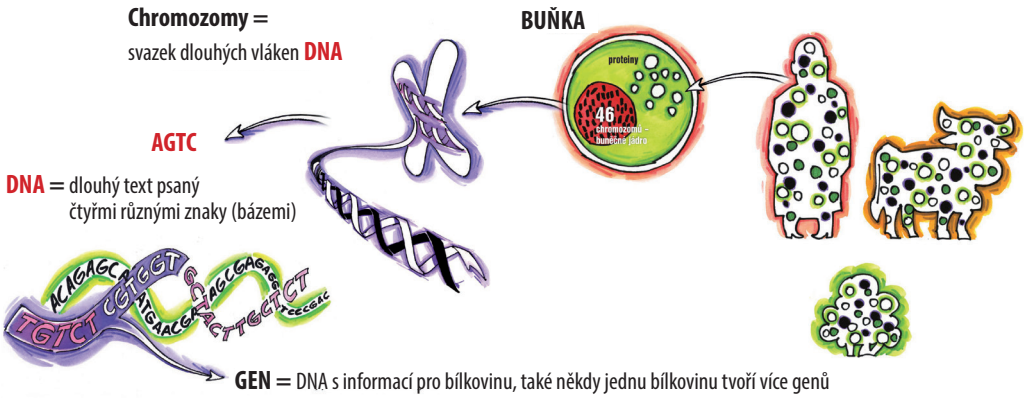
Biotechnologie je jakákoli technologie, která využívá biologické systémy, živé organismy nebo jejich části k určité výrobě nebo k přeměně či jinému specifickému použití v potravinářství (např. výroba piva, kvašení zelí), zemědělství, medicíně a průmyslu[4]. Biotechnologie vychází z genetiky a její jednou z mnoha součástí je i „genové inženýrství". Mezi klíčové modelové organismy pro vývoj biologie a tedy i biotechnologie patřila octomilka obecná, pro lékařské výzkumy myši a později v polovině 19. století objev bakterie *Escherichia coli*. Lidská střevní bakterie se později stala jedním z hlavních modelových organismů biotechnologického výzkumu. Samotný termín biotechnologie byl poprvé použit v roce 1919[1]. Přelomovým rokem se všeobecně v genetice stal rok 1953, kdy dvojice genetiků, James Watson a Francis Crick, publikovala model struktury DNA. Pak už bylo jen otázkou času, kdy vědci dokáží existenci enzymů schopných DNA na určitém místě „rozstřihnout" tak, aby vznikly konce, které se snadno spojí a pak následně opět jinými enzymy „sešijí". Na začátku byla, jako u mnoha objevů, vědecká zvědavost. Dva kalifornští vědci zkusili vnést gen žáby do běžné bakterie. V roce 1973 proběhly první pokusy, které ukázaly, že bakterie dokáže produkovat žabí bílkovinu. Zrodila se technika rekombinační DNA (rDNA), neboli „stříhání genů"[2].

Vzhledem k tomu, že technika umožňuje přenášet geny mezi různými organismy, se nazývá **transgenose**. Mnozí by tedy předpokládali, že výsledný produkt bude analogicky nazván transgenní organismus. Ovšem zákonodárci transgenosi označili jako genetickou modifikaci a konečným organismem je tak geneticky modifikovaný organismus – GMO. Vědci zabývající se touto problematikou se s GMO názvoslovím neztotožnili dodnes. Výsledné produkty transgenose mohou získat úplně novou vlastnost, některé přirozené vlastnosti mohou být potlačeny, a nebo naopak zdůrazněny[5].

Biotechnologické firmy využily v roce 1978 poprvé **přenos genů v praxi**. Úspěšnou přípravou lidského inzulinu se zrodilo silné průmyslové odvětví, kterému byla předpovídána velmi slibná budoucnost. Po úspěšném vstupu na trh začaly vznikat další biotechnologické podniky, z nichž některé fungují dodnes. Svoji popularitu našla tato technika především ve farmacii a jen o několik let později, v roce 1985, začala transgenose pronikat do šlechtění rostlin. Výhodou genového inženýrství je, že na rozdíl od radiační mutace (ionizujícího ozařování) můžeme danou vlastnost pomocí genetické modifikace zacílit a zároveň nám nevznikají nežádoucí vlastnosti. Po přenesení specifického genetického materiálu do rostlinných buněk získá odrůda požadovanou vlastnost. Především je důležité, aby šlo o vlastnost řízenou nejlépe jedním nebo několika málo geny a aby bylo možné někde v přírodě takový gen najít. Může se hledat v jakémkoli organismu, protože kód, kterým je gen zapsán v molekule DNA, je univerzální pro vše živé. Molekulární genetika má metody, jak z DNA „vystřihnout" právě ten úsek, který představuje zvolený gen. Jako první transgenní rostlina vstoupil do historie v roce 1983 tabák (Nicotiana) s resistencí k antibiotiku kanamycinu. O čtyři roky později provedli vědci první polní pokusy se zemědělskými plodinami. Jednalo se o rajčata odolná k viru TMV (tabákový mozaikový

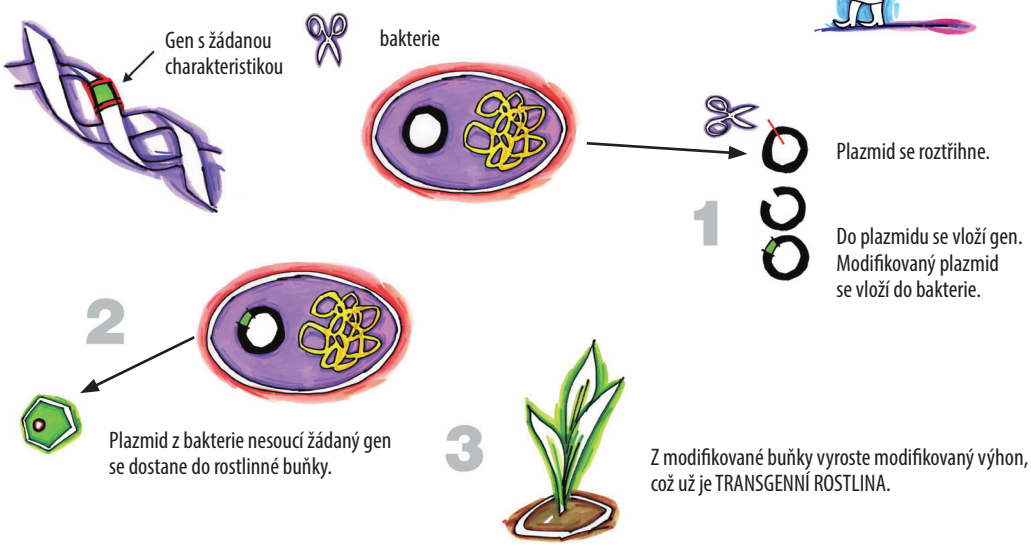
virus – vůbec první virus, který byl objeven). V roce 1994 byla rajčata s odolností k viru TMV a prodlouženou údržností uvedena poprvé na trh USA. Od produkce těchto rajčat se následně ustoupilo z důvodu nedostatků zkušeností s nakládáním a dopravou zralých rajčat, což firmě přinášelo značné ztráty. Ačkoli neměly první GM plodiny vstup na trh jednoduchý, v následujících letech neponechali již pěstitelé a obchodníci nic náhodě. To byl počátek využití GMO v oblasti zemědělství, potravinářství a průmyslu[5].

DNA



TRANSGENOSE

Lidský organismus se skládá z 25 tisíc genů, pšenice téměř ze 120 tisíc genů. Genetická změna, která v rostlině nastane, lze tak přirovnat ke kapce přidané do bazénu.



TRANSGENNÍ ROSTLINY

Transgenní rostliny neboli geneticky modifikované rostliny jsou rostliny s upravenou genetickou výbavou. Šlechtitel potlačí vlastnosti, které dávají rostlině náchylnost k určitým nemocem, nebo naopak podpoří žádané vlastnosti rostliny. Můžeme se setkat s GM rostlinami rozdělenými do pěti skupin (5 generací): I. generace – ochrana proti chorobám, škůdcům a plevelům; II. generace – odolnost k abiotickým stresům (sucho, chlad, zasolení půdy, nedostatek světla); III. generace – rostliny s vyšší nutriční hodnotou (výhodné složení mastných kyselin, upravený obsah vitaminů); IV. generace – ekologicky výhodné rostliny; V. generace – náhrada fosilních paliv, suroviny pro průmysl (výroba etanolu, bionafty, škrobu). V současné době jsou na trhu nejčastěji GM rostliny I. - III. generace. GM rostliny prospěšné životnímu prostředí i vhodné pro průmyslové zpracování lze na trhu nalézt podstatně méně. Všemi pěti generacemi se i nadále zabývají vědecké výzkumy.

V prvé řadě je důležité rozlišovat GM rostliny ve fázi výzkumu a již dostupné zemědělcům na světovém či evropském trhu. DNA rostlin bylo upraveno tak, aby rostliny získaly níže popsané vlastnosti.

Tolerance vůči herbicidům

PROČ? Rostliny jsou běžně ošetřovány herbicidy, tedy chemickými prostředky (pesticidy) ničícími plevel. Plevel odebírá rostlině vláhu a potřebné živiny, je tedy nezbytné herbicidy v zemědělství používat. Na jednotlivé skupiny plevelů se používají odlišné typy herbicidů a na polích je proto zapotřebí opakovaných zásahů, což komplikuje pěstování plodin a v neposlední řadě jej i prodražuje. Existují sice „totální herbicidy“, které si mezi plevely nevybírají a jejich použití by bylo výrazně jednodušší, ale ty stejně dobře zničí i pěstovanou rostlinu. Tento druh pesticidů narušuje rostlině životně důležitý enzym a ta následně hyne[1].

JAK NA TO? Biotechnologové zjistili, že stejný enzym pocházející z půdních bakterií je vůči herbicidům rezistentní. Přenesli tedy enzym z půdních bakterií do rostliny, která ho může využít jako „rezervu“, když její vlastní enzym je vyřazen z provozu herbicidy[1].

- **Praxe:** Tolerance vůči herbicidům (HT) se běžně využívá především u sóji, kukuřice, řepky, bavlníku a řepy. Na takto upravené rostliny nejčastěji narazíme v USA, Brazílii, Argentině, v některých zemích Asie a Afriky[6].
- **Výzkum:** Vývoj v této oblasti stále pokračuje. Vědci postupně sledují resistenci vůči herbicidům u dalších rostlin.

Odolnost k hmyzím škůdcům

PROČ? V konvenčním zemědělství se používá veliké množství insekticidů (přípravky hubící hmyz). Farmáři se snaží chránit úrodu proti bázlivci kukuřičnému, mandelince bramborové, zavíječi kukuřičnému atd. Například po několik desítek let patří mezi běžně užívané prostředky proti hmyzu také půdní bakterie *Bacillus thuringiensis (Bt)*[1]. Bakterie vytváří tzv. Bt toxin, který podle typu Bt toxinu poškozuje zažívací trakt určitého řádu hmyzu (např. u *řádu motýlovití* – škůdce zavíječe kukuřičného), ale zároveň je neškodný pro jiné řády hmyzu (např. u řádu blanokřídlí – včela medonosná), pro člověka a hospodářská zvířata. Bohužel postřiky s obsahem této bakterie jsou velmi nákladné. Snadno je smyje déšť a zničí sluneční záření. Navíc v chudých zemích nechráněná aplikace pesticidů způsobuje vážná zdravotní onemocnění.

JAK NA TO? Vědci přenesli gen zodpovědný za produkci příslušného typu Bt toxinu do genomu rostliny. Výsledkem je, že pokud se například housenky zavíječe kukuřičného (řád *Lepidoptera*) bude živit Bt kukuřicí, naruší mu toxin zažívací trakt a housenka zahyne. Stejným způsobem hubí další nežádoucí hmyz řádu *Lepidoptera*, který kukuřici vážně poškozuje. Kromě kukuřice odolné vůči zavíječi také vznikly brambory odolné proti mandelince bramborové či bavlník rezistentní vůči makadlovce bavlníkové[1].

- **Praxe:** Odolnost vůči hmyzím škůdcům je druhá nejvíce využívaná genetická modifikace u rostlin (po toleranci k herbicidům). Tato vlastnost se především uplatňuje u kukuřice v USA, Brazílii, Argentině, EU a v dalších zemích. Austrálie, Filipíny, Korea mají navíc schválenou například odrůdu GM brambor odolných vůči mandelince bramborové[6]. V USA, Číně a Iránu se pěstuje Bt rýže.
- **Výzkum:** Především čínští vědci se zabývají vývojem dalších obdobných genetických modifikací u rýže.

Dlouhotrvající čerstvost ovoce a zeleniny

PROČ? Mnoho plodin se dnes sklízí v nezralém stavu (zelená rajčata, banány, ananas a další). Důvodem je mnohahodinová přeprava a také dopravci požadovaná pevnější struktura plodiny, která lépe těmto transferům odolá. Ovoce a zelenina dozrává tedy ve skladech nebo až na pultech obchodů. Ke spotřebitelům se dostává ovoce a zelenina bez plnohodnotné chuti, vůně a šťavnatosti[1].

JAK NA TO? Modelovým řešením by se mohla stát transgenní rajčata. Pevnost plodu určuje množství pektinu. V průběhu zrání dochází přirozeně k rozkladu tohoto pektinu enzymem. Jestliže je ale enzymu méně, což se podařilo právě u transgenních rajčat, pak si plod zanechá svou pevnou konzistenci o něco déle. Tato rajčata se mohou sklízet a dopravovat, když jsou již úplně zralá (červená), voňavá a přitom stále pevná[1]. Obdobnou vlastnost lze použít také u dalších druhů ovoce a zeleniny, které se kvůli přepravě dováží v nezralém stavu např. jahody, ananas, zelené papriky a banány.

- **Praxe:** I když se mohou transgenní rajčata pěstovat v USA, Mexiku, Japonsku a dalších zemích, byla v roce 2013 pěstována pouze v Číně[7].
- **Výzkum:** Ve vývoji jsou další rostliny s touto vlastností, např. jahody, ananas, banány[1].

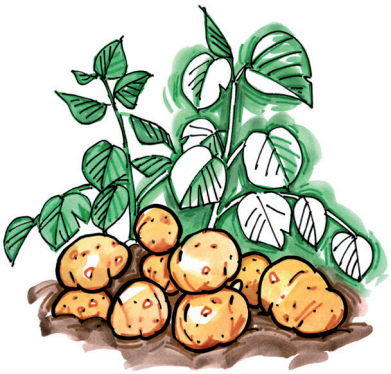
Ekologická paliva

PROČ? Světové zásoby ropy se velmi rychle úží a spotřeba ropy nijak rapidně neklesá. Obdobně se snižuje zásoba uhlí. Je nutné hledat alternativní zdroje paliv. Použití artyčoků jako paliva nese určitý potenciál pro částečné řešení této situace. Artyčoky jako palivo uvolňují o něco více energie než uhlí a hlavně nezvyšují obsah oxidu uhličitého v ovzduší. Rostlina ho uvolní jen tolik, kolik ho při růstu z ovzduší odčerpala. Semena poskytují olej na smažení a listím lze krmit dobytek, proto se vyplatí do budoucnosti uvažovat o tomto zdroji energie. Artyčoky však chutnají velmi sladce, přitahují hlodavce, kteří zemědělcům způsobují veliké škody na úrodě[1].

JAK NA TO? Vědci vyvinuli GM odrůdu artyčoků, která chutná hořce, a tím odpuzuje hlodavce. Sklidí se tedy více z úrody a získá větší množství využitelné energie[1]. V současné době je v Evropě zájem o GM topol, který by mohl být využit taktéž jako energetická plodina či biopalivo[9].

- **Praxe:** GM topol byl v roce 2013 pěstován v Číně[8].
- **Výzkum:** Geneticky modifikované artyčoky vyvíjí španělští vědci. Výzkum je již ve fázi polních pokusů[1]. Polní pokusy GM topolu probíhají v Belgii[9].

Úprava složení škrobu u brambor



PROČ? Konvenční brambory obsahují přibližně 24 % sušiny, z toho zhruba 75 % tvoří škrob (amylóza a amylopektin v poměru cca 1:5)[10]. Při průmyslové výrobě bramborového škrobu pro zvláštní využití se odstraňuje z bramborových hlíz nežádoucí amylóza. Tento proces znečišťuje životní prostředí a je energeticky vysoce náročný.

JAK NA TO? Pomocí biotechnologií byl poměr amylózy a amylopektinu upraven. Jedná se tedy pouze o potlačení přirozené vlastnosti brambor, nikoliv vnesení vlastnosti nové. Výsledná odrůda GM brambor obsahuje jen zanedbatelné množství amylózy. Při výrobě škrobu je tak dosahováno vyšších výnosů, za nižší spotřeby energie a s velmi nízkými odpady.

- **Praxe:** Brambory s upraveným složením škrobu pro průmyslové zpracování byly v roce 2010 poprvé pěstovány i v EU (konkrétně ve Švédsku, České republice a Německu). Další pěstování GM bramboru v EU se nepředpokládá, protože firma produkující osivo tohoto bramboru přesunula své aktivity mimo EU.
- **Výzkum:** Ve schvalovacím systému EU je již další druh takto geneticky modifikovaných brambor.

Úprava obsahu vody a škrobu u brambor

PROČ? Brambory všeobecně obsahují několikanásobně více vody než škrobu. Během smažení brambůrků je voda nahrazena tukem. Brambory přijímají hodně tuku, což není ani zdravé, ani ekonomicky výhodné[1].

JAK NA TO? Pokud ovšem otočíme poměr vody a škrobu, budou brambory k výrobě smažených brambůrků obsahovat méně vody, doba smažení bude zkrácena a při smažení budou brambory přijímat méně tuku. Navíc se v současné době testují GM brambory, do kterých nebude nutné přidávat chemické látky kvůli „černání" brambor[1].

- **Praxe:** Není uvedeno do praxe.
- **Výzkum:** GM brambory s touto vlastností jsou stále ještě předmětem zkoumání. Navíc v České republice je ve výzkumu GM brambor se sníženým obsahem redukujících cukrů (brambory během skladování nesládnou).

Výhodné složení mastných kyselin

PROČ? Lidskému organismu neprospívá přílišná konzumace nasycených mastných kyselin (MK). Nasycené mastné kyseliny zvyšují riziko obezity a jsou často příčinou srdečně-cévních onemocnění. Měli bychom proto zvýšit příjem nenasycených mastných kyselin, především omega-3 nenasycené MK, které těmto nemocem napomáhají předcházet[1].

JAK NA TO? Buď můžeme jíst více ryb, nebo více nenasycených rostlinných olejů, například extrahovaných ze semen GM rostlin (GM sójový olej). Tento olej obsahuje více nenasycených mastných kyselin a méně nasycených mastných kyselin než běžný rostlinný olej[1].

- **Praxe:** GM sója s vyšším obsahem nenasycených mastných kyselin je schválena v tržním oběhu v Austrálii, Kanadě, Mexiku, USA a Japonsku[7] a od roku 2014 také v EU.
- **Výzkum:** Další druhy rostlin s upraveným složením mastných kyselin jsou stále ve fázi vývoje.

Prevence zubního kazu

PROČ? Prevence zubního kazu je velmi problematická především u dětí[1].

JAK NA TO? Existuje bílkovina, která brání růstu bakterií, jež způsobují zubní kaz. Jestliže gen pro tento protein bude včleněn do jablek (nebo jahod), už samotná konzumace tohoto ovoce bude podporovat zdraví našich zubů[1].

- **Praxe:** Není uvedeno do praxe.
- **Výzkum:** Výzkumem takto geneticky modifikovaného ovoce se zabývají odborníci zatím ještě na vědecké úrovni.

Odolnost vůči suchu

PROČ? Vzhledem k měnícímu se klimatu se stále častěji vyskytují sucha. K vytvoření stabilního výnosu zemědělských plodin je dostatek vláhy potřebný zvláště v některých fázích vegetace. Prudké výkyvy teplot či nedostatek vody mohou zapříčinit enormní snížení úrody. Navíc v případě, že sucho panuje v exportních zemích, nastává rapidní zvýšení cen komodit, v horším případě jejich globální nedostatek.

JAK NA TO? Vytvoření plodin tolerantních vůči suchu bylo pro šlechtitele složité ve srovnání např. s vytvořením rezistence vůči herbicidům, kde je za tento rys odpovědný pouze jeden gen. Reakce na sucho se promítá celým genomem. Odolnost rostliny také záleží na vegetační fázi, ve které rostlina je při příchodu sucha a na dostupnosti živin. GM kukuřice odolná vůči suchu (DroughtGard) byla vytvořena pomocí genu bakterie *Bacillus subtilis*, která způsobuje produkci proteinu, který pomáhá zachovat buněčné funkce v období sucha či nedostatku vody[11]. Tato kukuřice vznikla pomocí běžného křížení 22 modifikovaných kukuřic, až byla získána odrůda s požadovanými vlastnostmi. Dosavadní výzkumy prokázaly, že výnosy byly o 6 – 10 % vyšší než u konvenční kukuřice ve stejných středně suchých podmínkách bez zavlažování.

- **Praxe:** GM kukuřice je od roku 2013 povolena pro pěstování v Kanadě a v USA. V roce 2015 jí bylo zaseto 810 tisíc hektarů, což svědčí o zájmu zemědělců. V EU je povolen pouze její dovoz.
- **Výzkum:** Další uvolnění této GM kukuřice se očekává v roce 2017 ve státech subsaharské Afriky[11].

Odolnost vůči hepatitidě typu B

PROČ? Prevence hepatitidy typu B a vakcinace je plošně nákladná.

JAK NA TO? Vědci z USA zveřejnili, že probíhají klinické zkoušky s GM bramborami, které navozují imunitu vůči hepatitidě typu B, jako by byl jedinec očkován. Tento GM brambor produkuje protein, který vytvoří protilátky a člověk už hepatitidou nemůže onemocnět.

- **Praxe:** Není uvedeno do praxe.
- **Výzkum:** Především brambory a banány s těmito vlastnostmi jsou předmětem zkoumání.

Zdravá rýže

PROČ? Na požadavek humanitárních organizací, které se snaží řešit problémy s nedostatkem potravy v nejchudších částech naší planety, vznikla tzv. „zlatá“[11] a „železná“ rýže. Zlatá rýže je obohacená o betakaroten, ze kterého si lidský organismus vyrábí životně důležitý vitamin A. Železná rýže je bohatší na železo a tím pomáhá proti chudokrevnosti.

JAK NA TO? Nová zlatá rýže by mohla přispět v boji proti slepotě až u půl milionu dětí, které ročně přestanou vidět jenom proto, že jejich rodiče nemají dostatek financí na stravu bohatou na vitamin A. U zmíněné rýže jde o vložené geny zajišťující tvorbu beta-karotenu. Třicet jedna biotechnologických společností poskytlo více než 70 svých patentů zdarma pro získání „zlaté rýže“ pro humanitární účely. Celý projekt Golden Rice Network koordinuje Mezinárodní institut pro výzkum rýže (IRRI – International Rice Research Institute)[12].

Většina železa v rýži je běžně obsažena v oplodí a osemení, kterého je zrno zbaveno během procesu leštění. Železná rýže má zvýšený obsah železa v endospermu zrna, takže i po vyleštění není rýže na železo chudá. Klasickým křížením se dostalo sotva k polovičním obsahům železa v endospermu než s použitím genetických modifikací. Modifikace navíc ještě zvýšila obsah zinku.

- **Praxe:** Momentálně probíhají polní pokusy na Filipínách.
- **Výzkum:** Využití se do budoucna očekává především v asijských státech, případně v Africe.

TRANSGENNÍ ZVÍŘATA

Transgenní zvířata jsou zvířata, která vznikla vložením cizorodé dědičné informace do vlastní DNA. Vložená DNA se stává součástí jejich genetické výbavy. I když zvířata díky biotechnologiím získávají nové vlastnosti jako rostliny, je aplikace rekombinační DNA technologie na živočiších mnohem složitější. Díky již zmíněnému „rozstřižení" DNA, vložení genu nesoucího vlastnost a následnému „sešití" dokázali biotechnologičtí vědci vyvinout GM ryby s neobyčejně rychlým růstem, GM moskyty nepřenášející malárii a další. Genetické modifikace lze využít i v jiném směru, a to tak, že je nežádoucí gen zjištěn a nevhodná zvířata jsou vyčleněna z chovu, nebo se tento gen přímo vyřadí z provozu, jako například u GM krávy, která nikdy nebude trpět nemocí BSE (tzv. nemocí šílených krav).

Krávy rezistentní k BSE

PROČ? Bovinní spongiformní encefalopatie (BSE, lidově „nemoc šílených krav") je prionové onemocnění, které se projevuje pórovatěním mozku skotu. Nemoc je nebezpečná zvláště proto, že má velmi dlouhou inkubační dobu (u krav 2 – 8 let) a je nevyléčitelná. Různé její varianty se objevují i u dalších druhů zvířat a také u člověka jako Creutzfeldt-Jakobova nemoc. Dosud neexistuje účinná léčba na toto prionové onemocnění[13].

JAK NA TO? Pomocí genového inženýrství se vyřadí gen běžně kódující patogenní prion, který způsobuje BSE. Geneticky modifikovaná kráva pak již nemůže být nikdy postižena tzv. nemocí šílených krav[13].

- **Praxe:** Není uvedeno do praxe.
- **Výzkum:** Vyřazení genu kódujícího patogenní prion u krav je stále předmětem zkoumání.

Lépe využitelná krmiva

PROČ? Jadrná krmiva při výkrmu prasat mají nezastupitelnou úlohu. Zrna běžně obsahují fosfor ve formě fytátu, který je ale pro zvířata nestravitelný. Proto se fosfor musí prasatům dokrmovat v jiné formě. Fytáty jsou pak vyloučeny z těla zvířat společně s výkaly a těmi jsou hnojeny půdy. Fytáty jsou v půdě nepohyblivé a za určitých podmínek tvoří nerozpustné sloučeniny. Nemohou být odčerpány rostlinami, dokud nejsou přeměněny na přijatelné formy půdními mikroorganismi.

JAK NA TO? Pro zachování správné výživy zvířat použili biotechnologové jako přídavek do krmiv enzym fytázu. Fytáza mění fytáty na stravitelnou formu fosforu. Například prasata, kterým budou podávána krmiva s tímto enzymem nebo přímo GM rostliny obohacené o fytázu, fosfor jednoduše stráví, což podporuje u hospodářských zvířat mineralizaci kostí, plodnost a růst. Vědci již vyvinuli linii prasat tzv. enviropigs, která produkují enzym fytázu ve slinách a dochází tak ke strávení fytátů z jakéhokoli krmení[1].

- **Praxe:** GM prasata nebyla dosud uvedena do praxe. V Číně ovšem v roce 2009 schválili GM kukuřici obohacenou o enzym fytázu, která se využívá pro krmné účely[7].
- **Výzkum:** Výzkum tzv. enviropigs probíhal v uplynulých letech především v Kanadě. V České republice je ve fázi polních pokusů GM ječmen obohacený o fytázu.

Efektivní chov ryb

PROČ? Běžný losos roste až 3 roky, než proběhne jeho výlov. To se odráží na jeho ceně a aquakultury, ve kterých jsou lososy chovaní, nejsou šetřivé vůči životnímu prostředí. Proto byl vyšlechtěn rychle rostoucí losos AquAdvantage, což sníží náklady na chov a zvýší jeho produkci.

JAK NA TO? Integrací růstového hormonu z lososa čavyča (z Pacifiku) do lososa obecného (z Atlantiku) se docílilo rychlejšího růstu z běžných 32-36 měsíců na 16-18 měsíců. Prvním geneticky modifikovaným zvířetem uvedeným do tržního oběhu vůbec byla tilápie nilská. Tilápie stejně jako geneticky modifikovaný losos obecný, dorůstá do tržní velikosti mnohem rychleji než „běžní" jedinci tohoto druhu[13].

- **Praxe:** Tento losos byl uznán bezpečným a byl povolen jako potravina v roce 2015 v USA, jako první transgenní zvíře, které dostalo povolení vstoupit na americký trh. V roce 2016 byl tento losos povolen i v Kanadě. Na Kubě je schválena do oběhu tilápie nilská[13].

Moskyti odolní vůči malárii

PROČ? Malárie patří mezi velmi rozšířené nemoci zvláště v tropické Africe, Asii a Latinské Americe. Jedním z hlavních přenašečů malárie jsou moskyti. Ročně malárií onemocní 225 milionů lidí a v 800 tisících z těchto případů končí onemocnění smrtí[14]. Navíc moskyti často přenášejí horečku dengue, proti které neexistuje specifický lék ani vakcína, a další nemoci jako žlutá zimnice či filarióza[15]. Jelikož moskyti jsou důležitou součástí ekosystému, byli vědci postaveni před velmi těžký úkol. Jak omezit přenášení těchto vážných onemocnění na člověka a zároveň nenarušit citlivý ekosystém.

JAK NA TO? Vědci geneticky upravili moskyty rodu *Anopheles* tak, že jejich tělní tekutina usmrcovala hostující vývojové fáze malarického prvoka *Plasmodium*[13]. Tento prvok se do organismu komára přenesl z krve zvířat či lidí nakažených malárií. Stačilo pouhé další bodnutí, aby se nemoc přenesla dál. V případě moskytů rodu *Aedes aegypti* (přenašeči horečky dengue, žluté zimnice a filariózy) vnesly do jejich organismu vlastnost, která způsobí, že nakladené larvy hynou[15].

- **Praxe:** V roce 2014 byli GM komáři povoleni pro komerční využití v Brazílii.
- **Výzkum:** V roce 2010 byli GM komáři v rámci výzkumu uvolněni do životního prostředí na Kajmanských ostrovech a v Malajsii[15]

Léky z GM zvířat

PROČ? Jedním z nejúspěšnějších a velmi vítaných produktů z GM zvířat jsou terapeuticky významné peptidy. Biotechnologové zjistili, že lze produkovat proteiny z GM rostlin[13]. První povolený lidský terapeutický protein z GM rostlin je taligluceráza alfa vyráběná pod označením Elelyso. Protein je určen k léčbě dědičného lidského onemocnění, tzv. Gaucherovy choroby. V případě složitých proteinů jsou ale vhodnější variantou pro získání lidských proteinů transgenní zvířata, která jsou hospodářsky využívána pro produkci mléka.

JAK NA TO? Do soustavy genů zajišťujících mléčné bílkoviny například u koz nebo ovcí se vloží gen pro příslušný peptid a tím ho získáme v kozím nebo ovčím mléce[13]. Dalším povoleným enzymem je sebelipáza alfa k léčbě Wolmanova syndromu. Tento enzym je produkován v bílku vajec geneticky modifikovaných slepic, dále je upravován a podáván pod názvem Kanuma.

- **Praxe:** Počátkem roku 2009 např. v USA schválil FDA (Úřad pro kontrolu potravin a léčiv) GM kozu produkující antitrombin, který ovlivňuje srážlivost krve[13]. Od roku 2006 je lék Atryn povolen v zemích EU. Lék Kanuma je povolen v USA i na území EU od roku 2015.
- **Výzkum:** V Číně například vědci vyvíjí mléko, které bude mít vlastnosti mléka mateřského.

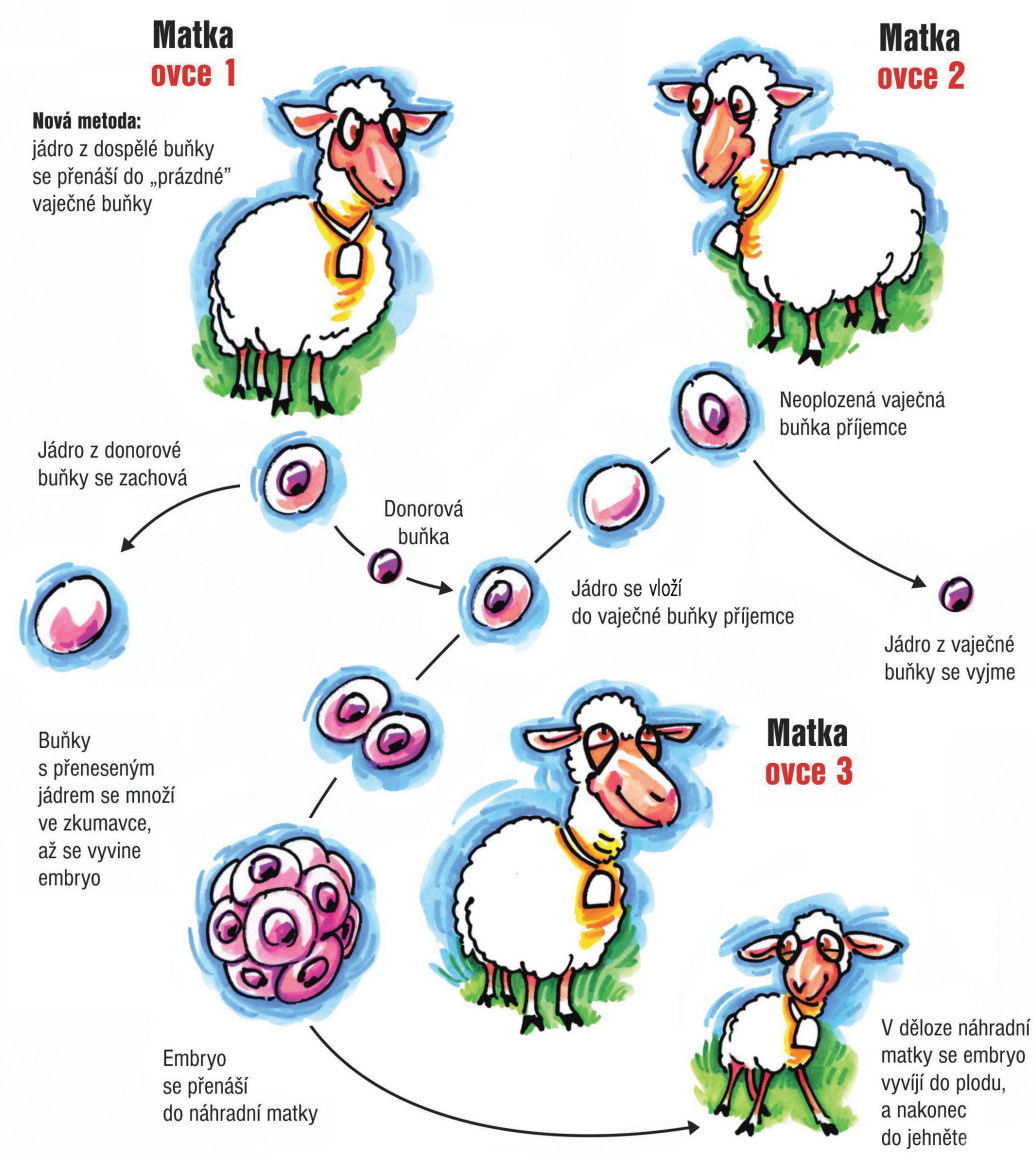
Když tohle jsou transgenní zvířata, co jsou potom klonovaná zvířata?

Až donedávna jsme věřili, že klonované bytosti jsou jen výmysly filmařů. S rokem 1997 ovšem nastal obrovský myšlenkový převrat a možná i strach z budoucnosti. Narodilo se první klonované zvíře, ovce jménem Dolly. Dolly do svého narození potřebovala tři matky. Od první matky získala vajíčko, ze kterého bylo vyňato jádro. Druhá matka poskytla jádro z buňky vemene. Tady je základní odlišnost od běžné praxe, kdy je ke vzniku embrya potřebná pohlavní buňka samičí a samčí s genetickou informací. Jádro buňky od druhé matky se vpravilo do „prázdného“ vajíčka první matky. Mírným elektrickým šokem se nastartovala buňka k dělení a ve zkumavce vzniklo embryo. Dále bylo embryo umístěno do dělohy třetí matky, ve které se embryo vyvinulo v plod a nakonec v jehně[1].

Skotští vědci si prošli „zkouškou trpělivosti“, než dospěli k tomuto výsledku. Provedli celkem 277 přenosů jader, ze kterých vzniklo 29 embryí a pouze jedno se vyvinulo do plodu[1].

Klonování se dnes používá k získání geneticky modifikovaných hospodářských zvířat. Nejprve se provede cílený zásah do dědičné informace zvířecích buněk pěstovaných v laboratoři. Buňky, u kterých se tento zásah podaří, jsou jednotlivě vybrány a namnoženy. Následně je možné z těchto buněk klonováním vytvořit zvířata, která nesou uměle navozenou změnu dědičné informace v každé buňce svého těla.

Klonování ovce Dolly



TRANSGENNÍ MIKROORGANISMY

Transgenní mikroorganismy neboli geneticky modifikované mikroorganismy (GMM) jsou mikroorganismy, ve kterých byla jejich genetická informace úmyslně změněna, a to způsobem, kterého nelze dosáhnout přirozenou rekombinací. Mezi nejběžněji využívané transgenní mikroorganismy patří bakterie a kvasinky. Používány mohou být v potravinářství, v textilním, papírenském, koželužném průmyslu či při likvidaci odpadů, těžbě kovů apod. V současné době se GMM používají hlavně při výrobě léků nebo je jejich aplikace součástí léčby.

Lidský inzulin

PROČ? Inzulin je hormon, který reguluje hladinu glukózy v krvi. Pokud je ho nedostatek (nebo pokud na něj tělo nereaguje), vzniká *diabetes mellitus* (neboli cukrovka). Dříve bylo jedinou možností získání inzulinu jeho izolování z hospodářských zvířat, konkrétně z prasete. Organismus mnoha pacientů ale reagoval na zvířecí inzulin jako na cizorodou látku, a to léčbu značně komplikovalo[1].

JAK NA TO? Dnes se běžně využívá tzv. rekombinantní inzulin, který produkují geneticky modifikované (GM) kvasinky nebo bakterie (do kterých byl vnesen lidský gen pro výrobu inzulinu)[1]. Tento gen může být kromě toho metodami genového inženýrství modifikován a vznikají tak různé varianty, tzv. analoga inzulinu s různou dobou účinku.

- **Praxe:** V USA se rekombinantní inzulin začal používat v praxi již od 80-tých let 20. století. V současné době se rekombinantní inzulin běžně vyskytuje na trhu jak v EU, tak také ve třetích zemích.
- **Výzkum:** Jelikož počet diabetiků po celém světě roste a léčba v rozvojových zemích je finančně náročná, výzkum v této oblasti stále pokračuje. Jedna z kanadských biotechnologických firem pracuje na geneticky modifikovaných rostlinách, které by díky vloženému genu lidského inzulinu tento hormon produkovaly.

Biotechnologické vakcíny

PROČ? Hospodářská zvířata ohrožuje celá škála vážných nemocí, proto jsou především proti infekčním onemocněním očkována. Vzniká tu ovšem paradox. U očkovaných zvířat lze dosavadními technikami těžko rozlišit, zda se jedná o virus přítomný v krvi z vakcíny či o samotnou nemoc[1].

JAK NA TO? Vědci tudíž vyvinuli biotechnologické vakcíny jasně se odlišující od infekce. Ve fázi testování je například vakcína proti prasečí horečce[1].

- **Praxe:** Do humánní klinické praxe jsou již několik let zavedeny rekombinantní vakcíny proti hepatitidě B a papillomaviru. Od roku 2012 je na trhu EU rekombinantní virová vakcína proti chřipce.
- **Výzkum:** Vakcíny jsou stále předmětem zkoumání.

GM POTRAVINY V EU

PĚSTOVÁNÍ GM rostlin v EU

V EU je možné pěstovat pouze Bt kukuřici MON810 odolnou vůči zavíječi kukuřičnému (od r. 1998). GM brambory Amflora pro průmyslové užití se v EU pěstovaly od roku 2010 do roku 2012, kdy je biotechnologická firma stáhla z trhu z důvodu negativní atmosféry vůči GMO v EU. V roce 2013 bylo navíc povolení GM bramboru Amflora kvůli procesní chybě při schvalování anulováno. V současné době je EU rozdělena do dvou frakcí: členské státy liberální vůči pěstování GM rostlin a státy EU, které jsou striktně proti pěstování GM rostlin. V roce 2015 byla Bt kukuřice pěstována na ploše 117 tis. ha v 5 členských státech EU (Španělsku, Portugalsku, České republice, Rumunsku a na Slovensku). Ve Španělsku se pěstuje 92 % z celkové výměry Bt kukuřice v EU. V poměru s tradičním pěstováním tvoří plocha GM kukuřice 0,8 % z 15,3 milionu ha kukuřice v EU (61,5 % kukuřice na zrno a 38,5 % kukuřice na siláž). Od roku 2015 mohou členské státy EU v průběhu povolování konkrétního GMO či během obnovování souhlasu nebo povolení legálně zakázat pěstování dané GM rostliny na svém území nebo jeho části dle směrnice (EU) č. 2015/412.

GM POTRAVINY pod dohledem

Problematika GM potravin a krmiv je řešena na úrovni EU. Oblastí GM potravin a krmiv a jejich označováním se zabývá Nařízení EP a Rady č. 1829/2003 a sledovatelností a označováním GMO je popsáno v Nařízení EP a Rady č. 1830/2003. K uvedení na evropský trh je povoleno 64 druhů genetických modifikací těchto rostlin a GM bakterie a kvasinka (ke dni 15. června 2015: 36x kukuřice, 10x bavlník, 12x sója, 3x řepka olejka, 1x cukrová řepa a 1x kvasinka a 1xbakterie). Evropský spotřebitel má mít dle platné legislativy možnost svobodné volby v rozhodování, zda si GM potraviny koupí, či nikoliv. Produkty sestávající z GMO nebo je obsahující, potraviny vyrobené z GMO nebo krmiva vyrobená z GMO, které jsou uvedené na trh v souladu s právními předpisy EU, musí mít na etiketě uvedena slova „Tento produkt obsahuje geneticky modifikované organismy“. Toto se nevztahuje na potraviny obsahující GMO, jehož podíl v jednotlivých složkách nebo v jednosložkové potravině není vyšší než 0,9 % za předpokladu, že přítomnost tohoto materiálu je náhodná nebo technicky nevyhnutelná.

GM POTRAVINY na jídelním stole

Jak už bylo výše popsáno, v EU je povoleno 64 druhů GM odrůd těchto rostlin: kukuřice, bavlník, sója, řepka olejka, cukrová řepa, dále kvasinka a bakterie. V Evropské unii lze potraviny vyrobené z těchto GM rostlin uvést na trh. V síti maloobchodních řetězců se ovšem evropský spotřebitel s produkty obsahující či vyrobené z GMO příliš nesetká. Zřídka se můžete v obchodě setkat s oleji s obsahem GM řepky či GM sóji, s popcornem či škrobem z GM kukuřice z dovozu atd. Produkty se označují jako GM

potravina viz str. 26. Vstupu GM potravin na trhu EU brání negativní postoj veřejnosti vůči GMO a marketingová strategie potravinářských řetězců tyto produkty nenabízet. Většina GM rostlin se proto v EU zpracovává v krmivářském průmyslu. Jedná se pouze o výrobky rostlinného původu. V současné době nejsou GM zvířata nebo produkty z nich vyrobené na trhu EU povoleny.

Pěstování GM rostlin v České republice

V rámci EU lze zkušenosti ČR s GM rostlinami označit za velmi pokročilé. Česká republika patří k několika málo zemím EU, které na svém území pěstují biotechnologické plodiny. GM kukuřice typu MON810 odolná vůči zavíječi kukuřičnému, nazývaná též Bt kukuřice, se v ČR pěstuje od roku 2005. Doposud největší výměra GM kukuřice byla zaznamenána v roce 2008, kdy bylo oseto 8 380 ha (cca 3 % celkové plochy kukuřice v ČR). Od roku 2009 měly plochy Bt kukuřice převážně klesající tendenci. Celková výměra Bt kukuřice v roce 2015 klesla na 997 ha. GM brambory Amflora s upraveným poměrem škrobových složek pro průmyslové zpracování se na území ČR pěstovaly v roce 2010 na ploše 150 ha. V následujících letech se již v ČR nepěstovaly. Dle průzkumů čeští pěstitelé spatřují výhody Bt kukuřice zejména v její užitné jednoduchosti a spolehlivosti ochrany proti zavíječi (Bt hybridy vykazují 100% účinnost proti škůdci), ve snížených vstupech do porostů (méně chemie a mechanizačních pojezdů po poli) a v kvalitní sklizni (nepolámané, nepolehlé rostliny, bez obsahu mykotoxinů). Na druhé straně s sebou přináší pěstování GM rostlin také určité nevýhody. U pěstitelů výrazně převládá nespokojenost s legislativně-administrativním pozadím, které k pěstování a obecně k jakémukoliv užívání GMO v EU neodmyslitelně patří. Z ekonomického pohledu pěstitelé poukazují na vyšší náklady na vstupech (dražší osivo) i problémy s odbytem produkce. Zemědělci se stále potýkají s obavou a neochotou odběratelů odkoupit produkty z GM rostlin, případně i produkty ze zvířat, která byla GM krmivy krmena. Tyto problémy souvisejí obecně s přetrvávajícím negativním vnímáním GMO v EU.

Výměra pěstebních ploch GM kukuřice a GM bramboru v ČR v letech 2005 – 2015

rok	výměra GM kukuřice v ha	výměra GM bramboru v ha
2005	150	-
2006	1290	-
2007	5000	-
2008	8380	-
2009	6480	-
2010	4680	150
2011	5090	-
2012	3050	-
2013	2560	-
2014	1754	-
2015	997	

Zdroj: statistiky Ministerstva zemědělství

GM POTRAVINY VE SVĚTĚ

PĚSTOVÁNÍ GM rostlin ve světě

V V současné době se ve světě pěstují různé druhy geneticky modifikovaných (GM) rostlin na ploše cca 179,7 mil. ha (ISAAA 2015)8. EU tedy nepokrývá zdaleka ani jedno procento z celkové plochy vysetých GM rostlin ve světě a také povolení pro dovoz GM rostlin do EU je velmi omezené. Mezi nejčastěji pěstované rostliny ve světě patří sója, kukuřice, bavlník, řepka, dýně, papája, cukrovka, rajče, paprika, brambor, ale také například topol. V roce 2015 dosáhl počet zemí pěstujících biotechnologické rostliny 28 (ISAAA 2015)[8], dle pěstebních ploch v mil. ha sestupně: USA (71), Brazílie (44), Argentina (25), Indie (12), Kanada (11), méně než 4 mil. ha (Čína, Paraguay, Pákistán, Jižní Afrika, Uruguay, Bolívie), méně než 1 mil. ha (Filipíny, Austrálie, Burkina Faso, Myanmar, Mexiko, Španělsko, Kolumbie, Súdán), méně než 0,1 mil. Ha (Honduras, Chile, Portugalsko, Vietnam, Česká republika, Slovensko, Kostarika, Bangladéš a Rumunsko).

GM POTRAVINY pod dohledem

Pěstování a uvádění na trh produktů z GMO jako potravinu či krmivo je upraveno legislativou, která se odlišuje stát od státu (či Unie). Porovnávat jednotlivé schvalovací systémy a zákony týkající se GMO by obsáhlo další publikaci, a tak se zaměříme na hlavní odlišnost mezi legislativními systémy. Označování GM produktů je zásadním ukazatelem postojů k problematice GMO. Produkty s obsahem GMO jsou povinni výrobci označit v EU, v Japonsku, Malajsii a Austrálii. Dle platné legislativy těchto států by měli spotřebitelé být informováni o skutečnosti, že daná potravina či krmivo obsahuje GMO. Naproti tomu například v USA a v Kanadě se produkty s GMO nemusí označovat proto, že neohrožují lidské zdraví, zdraví zvířat a nezpůsobují škody na životním prostředí. Na základě těchto vlastností se považují za běžné potraviny. Přístup je zaměřen na vlastnosti konečného produktu nikoliv na techniku, kterou je získán.

GM POTRAVINY na jídelním stole

Dle stravovacích návyků a klimatických podmínek se v různých částech světa pěstují různé druhy ovoce a zeleniny. Některé z nich jsou ve fázi výzkumu, jiné je možné koupit již v obchodech. Například běžně se ve světě zpracovává GM řepka na výrobu margarínu, jedlých olejů. Z GM kukuřice se vyrábí nejčastěji kukuřičná mouka (pekárenské výrobky), kukuřičný škrob jako zahušťovadlo, popcorn, také rostlinné oleje či sladidla. GM sója může být součástí pekárenských a masných výrobků, vyrábí se z ní tofu, tempeh, sójový olej, emulgátor v čokoládě. Například GM sóji se ve světě spotřebovala více jak miliarda tun a nebyly zjištěny žádné nepříznivé účinky na lidské zdraví. Kromě těchto nejběžněji pěstovaných GM rostlin se například na trhu v USA dále vyskytuje geneticky modifikovaná vojtěška, cukrová řepa, řepka jarní, papája, dýně a v Číně si navíc může běžný spotřebitel koupit GM rajčata a papriku. V USA a v Kanadě je k zakoupení GM losos a kubánští spotřebitelé si mohou koupit GM rybu tilápii nilskou.

BEZPEČNOST PRODUKTŮ Z GMO

Jíst či nejíst cizí geny

Všechno živé je složeno z genů. Denně se s geny setkáváme a běžně přijímáme cizí DNA. Geny jsou v potravinách přirozeně přítomny, ať už se jedná o chleba s máslem, který si dáte ráno ke snídani, jablko na svačinu či vepřo-knedlo-zelo na oběd. Kromě toho se geny nachází také v bakteriích. Podle hygienické normy může být v gramu potraviny až 10 milionů bakterií[15] a bakterie má průměrně 3000 genů. Tedy kdo jí, jí DNA. Tak tomu bylo vždy od doby, kdy první organismus snědl jiný živý organismus[1].

Hospodářská zvířata krmená GM krmivy

Lidský organismus je jeden veliký genetický kód, který když rozšifrujeme, tak se dostaneme přes DNA ke čtyřem bázím AGTC (adenin-guanin-thymin-cytosin). Jak už bylo řečeno - vše živé se skládá z genů. Při trávení potraviny dochází k rozkladu až na tyto báze a vstřebání jednotlivých částí AGTC, ať už pochází z jablka či GM potraviny, výsledek je stejný - rozklad na základní báze. U zvířat tyto procesy probíhají obdobně. Zvíře při požití GM krmiva rozloží DNA na základní báze a ty využije pro vlastní potřebu. Maso, mléko, vejce a další produkty živočichů, kteří jsou krmeni GM krmivy, nemusí být označeny, protože produkty jsou nerozeznatelné od běžných potravin[1].

Schvalovací proces GM produktů

Než vstoupí jakýkoli produkt obsahující, sestávající nebo vyrobený z GMO na trh, musí být schválen na základě vědeckých studií, analýz a testování. Schvalovací proces pro GM produkty v EU patří k nejpřísnějším na světě. Žádost je podávána k prozkoumání na národní úrovni. V České republice je za příjem a administraci žádosti odpovědné Ministerstvo zemědělství, konkrétně Úřad pro potraviny – Odbor bezpečnosti potravin. Po kontrole je žádost postoupena Evropskému úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA – European Food Safety Authority). Evropská komise si vyžádá k dané žádosti stanovisko EFSA. Posuzováním žádostí o uvedení geneticky modifikovaných potravin a krmiv na trh se zabývá Panel pro geneticky modifikované potraviny (GMO panel EFSA). K samotné žádosti se také může vyjadřovat veřejnost. Je-li žádost kladně posouzena, dochází k hlasování na úrovni Komise, která se skládá ze zástupců členských států (ČS) EU. V případě, že nedojde k podpoře kvalifikované většiny ČS, předá Komise žádost ke konečnému rozhodnutí Odvolací komisi, která rozhodne. Žádostí se rozumí obrovské množství dokumentů, které v součtu tvoří tisíce listů. Uvádění na trh geneticky modifikovaných potravin a krmiv je v Evropské unii poměrně komplikovaný proces, který často trvá i několik let. Jednotlivé kroky jsou definovány Nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 1829/2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech.

Označování GM potravin a krmiv na trhu EU

V EU je povinností označit GM potraviny a krmiva na obalu slovy „Tento produkt obsahuje geneticky modifikované organismy“ dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1829/2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech.

Pozor na záměnu! Slovo „modifikovaný“ neznamená vždy „geneticky modifikovaný“. Mnoho potravinových složek je modifikováno chemicky. Setkat se tak můžete s potravinou, která bude mít uvedeno na etiketě např. „modifikovaný škrob“.

Ochranný systém při zjištění závadnosti GM potraviny

Legislativa EU je založena na skutečnosti, že GMO nemá vliv na zdraví lidí a zvířat a negativní dopad na životní prostředí. V případě, že by se vyskytly vědecky podložené studie o závadnosti, nikdy by daný produkt nebyl schválen, popřípadě by byl okamžitě stažen z trhu a zakázán. Jedním z nástrojů umožňujícím reagovat na tyto podněty velmi pružně, je tzv. „princip předběžné opatrnosti“. Je to právní mechanismus, jak se vyrovnat s rizikem v situacích, kdy existuje neúplná vědecká informace o vlivu nové technologie. Doposud takové riziko v oblasti GMO nebylo identifikováno.

Nezávislé hodnocení rizik GM produktů

Bezpečností potravin a krmiv, výživou, zdravím a dobrými životními podmínkami, ochranou rostlin a zdravím rostlin se v EU zabývá Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA). Činností EFSA je ve všech těchto oblastech poskytovat objektivní, vědecky podložené poradenství a jasné informace založené na nejaktuálnějších vědeckých poznatcích a údajích. EFSA je rozdělen do specifických panelů. GMO Panel se věnuje hodnocení rizik GMO, vytváří pokyny pro zpracování žádostí o povolení GMO a posuzuje žádosti o povolení GM potravin a krmiv na trh EU. EFSA slouží jako nezávislý poradní orgán Evropské komise v odborných záležitostech spojených s problematikou GMO.

PERSPEKTIVY GMO

Příznivé perspektivy GMO

- ***Ekonomické*** – Statistiky ISAAA (2015) uvádějí výnosy z pěstování GM rostlin v letech 1996 – 2014 v rozvojových zemích cca 76,2 mld. dolarů a v rozvinutých zemích 74,1 mld. dolarů. V roce 2012 to bylo vůbec poprvé, kdy rozvojové země pěstovaly více GM rostlin (54 %) než země průmyslové (46 %). V roce 2014 činil zisk z těchto rostlin v rozvojových zemích 8,3 mld. dolarů a v rozvinutých zemích 9,5 mld. dolarů[8].
- ***Sociální*** – GM rostliny umožňují bezpečnější zemědělské práce, a to především v rozvojových zemích, kde jsou dodnes postřiky aplikovány ručně. Farmáři pak trpí různě vážnými onemocněními. Navíc GM rostliny obohacené o nutriční látky snižují zdravotní obtíže spojené s nedostatečně pestrou stravou, např. „zlatá rýže" pomůže dětem v Asii předejít očním vadám[5]. Pomocí GM komárů lze rapidně snížit onemocnění malárií či horečkou dengue.
- ***Životní prostředí*** – Pěstování GM rostlin snižuje ekologické dopady zemědělství: výrazné snížení používání pesticidů, úspora fosilních paliv, snížení emisí CO_2, zachování půdní vlhkosti atd. Celkové snížení používání pesticidů v období 1996 – 2014 bylo odhadnuto na 583,5 mil. kilogramů[8]. Ve výzkumu jsou GM rostliny, které pohlcují polutanty z půdy. Na výzkumu tzv. bioremediacích se podílí také ČR.
- ***Voda a půda*** – GM rostliny nenáročné na vodu, které potřebují na vstupu minimální množství vody a živin, mají důležitý význam na zachování a dostupnost vody na celém světě. Celosvětové zemědělství využívá v současné době 70 % zásob pitné vody, a to samozřejmě není udržitelné do budoucna[5]. Biotechnologické plodiny díky vyšším výnosům snižují výměru orné půdy a tím zamezují odlesňování krajiny a narušení biodiverzity např. kácení deštných pralesů. V letech 1996 až 2014 bylo ušetřeno 152 mil. ha půdy.
- ***Změny klimatu*** – GM rostliny mají pozitivní dopad na tzv. skleníkový efekt (globální oteplování). V důsledku sníženého množství postřiků využívaných zemědělci k hubení škůdců a plevelů v roce 2014 (snížení výjezdů traktorů na pole) značně ubylo, a to je spojeno s úsporou emisí CO_2. Dále biotechnologické plodiny přispívají k omezení uhlíku v půdě. Konkrétně GM rostliny tolerantní k herbicidům (plevelům) vyžadují díky této vlastnosti méně nebo žádnou orbu. V roce 2014 to bylo 27 mld. kilogramů CO_2, což představuje odstranění 112 mil. aut ze silnic[8].
- ***Růst lidstva*** – V roce 1850 dosáhl počet obyvatel poprvé 1 mld. K dosažení druhé stačilo jen 75 let a v roce 2000 na Zemi žilo 6 mld. lidí. V červenci roku 2015 světová populace dosáhla 7,3 mld. Pokud bude tento enormní růst pokračovat, v roce 2050 bude 9,7 mld. obyvatel a v roce 2100 asi 11 mld. lidí. Nabízí se otázka: „Jak Země takové množství lidí nasytí?" Nové šlechtitelské metody by mohly být odpovědí[5].

Nepříznivé perspektivy GMO

- ***Zemědělská praxe*** – V některých státech USA řeší u GM rostlin odolných vůči škůdcům výskyt rezistence určitého řádu hmyzu. Na vině ovšem nejsou nové biotechnologie, ale špatná zemědělská praxe. Farmáři si zvykli na pravidelné vysoké výnosy z GM rostlin. GM rostliny odolné například vůči zavíječi kukuřičnému tak pěstují i ti, kteří se s tímto škůdcem příliš nepotýkají. Navíc je ve stejných místech každoročně vysazována rostlina s identickou genetickou modifikací. Tímto monokulturním pěstováním zvyšují farmáři nežádoucí rezistenci hmyzu. Ne nadarmo naši předkové vysazovali na jedno pole několik druhů rostlin a sadbu v průběhu let měnili.
- ***Osivo*** – GM osivo pro sadbu si zemědělci musejí pokaždé, když chtějí zasít, koupit. Pro zemědělce to znamená vysoké vstupní náklady oproti konvenčním rostlinám, u kterých si mohou osivo zajistit z předešlé úrody. Na druhou stranu je každoroční koupě osiva pro většinu farmářů již samozřejmostí i u konvenčních hybridních rostlin. Hlavním problémem je omezená dostupnost GM osiv v EU díky odchodu několika biotechnologických firem z evropského trhu.
- ***Náklady*** – Každý, kdo se rozhodne s GMO nakládat, nese dodatečné náklady plynoucí z přísné evropské legislativy pro tuto oblast. V případě pěstování se jedná o dodržení pravidel koexistence, oddělené skladování GM a konvenční sklizně, také označení pole, rostlinných komodit a v neposlední řadě produktů, celková vyšší administrace v případě volby pěstování či zpracování GM rostlin atd.
- ***Legislativa*** – Přísná legislativa GMO v EU značně ovlivňuje především mezinárodní trh krmiv a osiv. Schvalovací proces trvá příliš dlouho, a tak je v EU povolena do oběhu jen část z množství povolených GMO ve světě. Při dovozech vznikají problémy s příměsemi nepovolených GMO a dodávky jsou vráceny do zemí původu. Zemědělcům se zvyšují náklady z nedostupnosti krmiv a osiv a také kvůli vyšší administrativní zátěži, která rovněž vyplývá z platné legislativy.
- ***Veřejnost*** – Negativní veřejné mínění je základní překážkou v komerčním rozvoji GMO v EU. GMO jako složitá vědecká oblast se jen těžce přibližuje široké veřejnosti, což je výhodné pro nevládní organizace, které si na propagandě anti-GMO staví kampaně. Dezinformovanost veřejnosti nahrává nejen nevládním organizacím, ale také politikám některých členských států. V EU tak stále vzrůstá negativní atmosféra vůči GMO.
- ***Malé a střední podniky*** – V současné době ovládá trh GMO jen několik málo firem, které se v této oblasti pohybují dlouho a mají silné finanční zázemí. Menším firmám komplikují vstup na tento trh: patentový systém, zajištění vysokých finančních nákladů na vstup do odvětví (mnohaletý vědecký výzkum, náklady na nadstandardní testování oproti např. radiačním technikám (krmné testy, alergenita), vybavení laboratoří, vysoce kvalifikovaní pracovníci, odkoupení licencí, přísný legislativní rámec atd.). V případě podpory malého a středního podnikání v oblasti GMO by bylo možné trh zpřístupnit i menším podnikatelským subjektům. Vyšší konkurence by mohla přinést celkové zlevnění potravin a krmiv.

GMO V OTÁZKÁCH A ODPOVĚDÍCH

Možná Vás během čtení textu napadly následující otázky[16]:

Je GMO proti přírodě?

Sama příroda mění genetickou informaci rostlin a zvířat. Nesetkáte se s rostlinami, které pěstovali naši předkové před několika tisíci lety, protože v přírodě docházelo k různým změnám, které ovlivnily vývoj rostlin. Tedy hlavním rozdílem mezi modifikacemi v přírodě a umělými modifikacemi provedenými člověkem je, že v přírodě tento proces probíhá neřízeně, náhodně, což by mohlo vyvolávat obavy. Opak je však pravdou. Strach nahánějí cílené modifikace, u nichž je předem znám výsledek, který je dále sledován, zkoumán a podroben spoustě dalších testů.

Do jaké míry mění vědci genetickou výbavu rostlin?

Máme-li si o transgenosi udělat představu, musíme vzít v potaz její rozměr: přenáší se jeden až tři geny. Člověk má kolem 25 tisíc genů, mšice dvakrát tolik a pšenice takřka 120 tisíc genů. Přenesený gen je jako kapka přidaná do bazénu.

Přestupuje DNA z GM krmiv do produktů zvířat krmených GM krmivy?

Geny jsou jak ve stravě člověka, tak ve stravě zvířat vždy přítomny, protože je obsahují všechny živé organismy. Dlouhé řetězce genů se v žaludku rozloží na mnoho malých kousků, které se stráví. Je tedy naprosto nepravděpodobné, že by některý gen zůstal neporušený. Kromě toho je prakticky nemožné, aby naše střevní bakterie takový neporušený gen přijaly. U zvířat to funguje obdobně. Není tedy možné, abychom při požití mléka z krávy krmené GM krmivy do našeho organismu přesunuly DNA z GM krmiv. Z tohoto důvodu potraviny živočišného původu získané z živočichů krmených GM krmivy neprocházejí schvalovacím procesem a nemusí být označovány.

Mohou GM rostliny způsobit rezistenci vůči antibiotikům?

Gram půdy obsahuje kolem miliardy bakterií a gram naší potravy až deset miliónů bakterií, z nichž 5 až 50 % nese geny necitlivosti na antibiotika. Dosud se nepodařilo prokázat, že gen se může přenést z rostliny na bakterii. Přenos genu nesoucí necitlivost na antibiotika na rostlinnou buňku je tím pádem velmi nepravděpodobný, až nemožný.

Je možné, aby GM rostliny vytlačily úplně tradiční plodiny?

Jako každý druh zemědělské technologie musí se i biotechnologie řídit určitými pravidly, aby přinášela užitek, pro který vznikla. GM rostliny se chovají obdobně jako konvenční rostliny v tomto směru. Pokud budou GM rostliny vytlačovat z trhu ty konvenční, pak hledejme jiný důvod, a to vyšší ekonomické přínosy. V zemědělství vždy vytlačovaly výkonnější odrůdy ty méně výkonné, ať už mluvíme o transgenních či běžně vyšlechtěných odrůdách rostlin.

Jsou zkušenosti s GMO dostatečně dlouhé, abychom mohli tvrdit, že jsou bezpečné pro zdraví lidí a zvířat?

První GMO (GM inzulin) byl uveden na trh již v 80. letech 20. století po několikaletém období testování a podrobných analýz. Počátek pěstování prvních GM rostlin se datuje od roku 1995 v USA. Na trhu jsou tedy GM potraviny a krmiva již 21 let. Od té doby bylo spotřebováno pro potraviny a krmiva kolem miliardy tun GMO, což znamená 1,5 tuny na člověka na Zemi. Nikdy nebyl pozorován žádný škodlivý efekt na zdraví lidí či zvířat.

LEGISLATIVA

Legislativa ČR

- **Zákon č. 78/2004** Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, ve znění zákona č. 346/2005 Sb.
  - základní právní předpis v ČR upravující obecně jakékoliv nakládání s GMO (laboratorní výzkum, polní pokusy, tržní produkce GMO apod.)

Legislativa EU

- **Nařízení EP a R č. 1829/2003** *o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech*
  - postup pro schvalování nových GM potravin a krmiv v EU
  - hranice tolerance pro povinné označování produktů GMO – 0,9 %

- **Nařízení EP a R č. 1830/2003** *o sledovatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů a sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z geneticky modifikovaných organismů a o změně směrnice EP a R 2001/18/ES*
  - systém sledovatelnosti a označování GMO a jejich produktů v EU

- **Směrnice EP a R 2001/18/ES** *o záměrném uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí a o zrušení směrnice EP a R 90/220 EHS*
  - základní právní předpis v EU upravující obecně jakékoliv nakládání s GMO

- **Směrnice EP a R 2015/412,** *kterou se mění směrnice 2001/18/ES, pokud jde o možnost členských států omezit či zakázat pěstování geneticky modifikovaných organismů (GMO) na svém území*
  - možnost zákazu pěstování určitého GMO nebo skupiny GMO na území členských států

- **Nařízení EP a R č. 1946/2003** *o příhraničních pohybech geneticky modifikovaných organismů*
  - dovoz a vývoz GMO z/do třetích zemí

- **Nařízení Komise č. 619/2011**, *kterým se stanoví metody odběru vzorků a laboratorního zkoušení pro úřední kontrolu krmiv z hlediska přítomnosti geneticky modifikovaného materiálu, u nějž probíhá proces povolování nebo u nějž uplynula platnost povolení*
  - hranice 0,1 % pro příměsi nepovoleného GM materiálu v krmivech

- **Prováděcí rozhodnutí Komise 2013/287/EU** *o mimořádných opatřeních týkajících se nepovolené geneticky modifikované rýže v produktech z rýže pocházejících z Číny a o zrušení rozhodnutí 2008/289/ES*
  - odběr vzorků ze 100 % zásilek rýže a rýžových produktů z Číny

Internetové odkazy

Ministerstvo zemědělství

www.eagri.cz
pěstování GM rostlin, GM potraviny a krmiva

http://eagri.cz/public/web/gmo/
Vědecký výbor pro GM potraviny a krmiva

www.bezpecnostpotravin.cz
GM potraviny a krmiva

Ministerstvo životního prostředí

www.mzp.cz
GMO, Česká komise pro nakládání s GMO

Evropský úřad pro bezpečnost potravin

www.efsa.europa.eu
GMO panel

Evropská komise

http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm
registr povolených GMO v EU

http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/index_en.htm
biotechnologie

Další webové odkazy

www.biotrin.cz
celosvětové novinky v oblasti biotechnologií

www.agroweb.cz
zemědělská problematika

www.spotrebitele.cz
zájmy a ochrana spotřebitele

www.gate2biotech.com
encyklopedické informace

www.isaaa.org
globální přehled v oblasti pěstování GM rostlin

Seznam zkratek

AGTC	adenin-guanin-thymin-cytosin
BSE	Bovinní spongiformní encefalopatie
Bt	*Bacillus thuringiensis*
CO_2	oxid uhličitý
ČS	členské státy
ČR	Česká republika
DNA	deoxyribonukleová kyselina
rDNA	rekombinantní deoxyribonukleová kyselina
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
EP	Evropský parlament
EU	Evropská unie
FDA	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (USA)
GM	geneticky modifikovaná/ý/é
GMO	geneticky modifikovaný organismus
HT	tolerantní k herbicidům
IRRI	Mezinárodní institut pro výzkum rýže
MAS	selekce s využitím markrů
MK	mastné kyseliny
MON810	označení modifikace GM kukuřice
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
TMV	tabákový mozaikový virus
USA	Spojené státy americké

Použitá literatura

1) CUSTERS et al, Průvodce biotechnologiemi, Vyd. 1, Nakladatelství Akademia, Praha 2006, 104 s., ISBN 80-200-1350-4

2) GENETICKY MODIFIKOVANÉ ORGANISMY, Sborník přednášek ze semináře, Ministerstvo zemědělství ČR, Praha 2006, 48 s., ISNB 80-7084-510-4

3) WRIGHT G., Selective Breeding Gets Modern [cit. 25. 6. 08], [cit. 13. 7. 12] Dostupné na WWW: **http://www.wired.com/science/discoveries/news/2006/08/71433**

4) Wikipedia [cit. 4. 7. 12], [cit. 13. 7. 12] Dostupné na WWW: **http://cs.wikipedia.org/wiki/Biotechnologie**

5) STRATILOVÁ Z., Pěstování GM plodin jako faktor zvýšení ekonomické efektivnosti zemědělské výroby, MUNI bakalářská práce 2011, 45 s.

6) CENTER FOR ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT, GM crop database, 2012, [cit. 4. 7. 12] Dostupné na WWW: **http://cera-gmc.org/index.php?action=gm_crop_database**

7) INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS (ISAAA), GM approval database, 2012, [cit. 4. 7. 12] Dostupné na WWW: **http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=Any&TraitID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalID=Any**

8) JAMES C., Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2015. ISAAA Brief No. 51., ISAAA: Ithaca, NY. ISBN: 978-1-892456-65-6

9) INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS (ISAAA), 2012, [cit. 10. 4. 12] Dostupné na WWW: **http://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=4541**

10) HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I.: Technologie výroby potravin rostlinného původu Univerzita Tomáše Bati, 2006, 182 s. ISBN 80-7318-405-2

11) GMO SAFETY, Federal Ministry of Education and Research, 2012, [cit.4. 8. 12] Dostupné na www: **http://www.gmo-safety.eu/news/1423.usa-drought-tolerant-plants.html**

12) INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI), New Golden Rice partners join forces against vitamin A deficiency, [cit. 14. 4. 11], [cit. 6. 5. 12] Dostupné na WWW: **http://www.irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=10293&Itemid=100588&lang=en**

13) prof. DROBNÍK J., A co zvířata? [cit. 29. 9. 10], [cit. 12.2.12] Dostupné na WWW: **http://www.gate2biotech.cz/a-co-zvirata/**

14) SCIENCEDAILY (JAN. 5,2012), Mosquito immune systém engineered to block malaria, [cit. 4. 6. 12] Dostupné na WWW: **http://www.sciencedaily.com/releases/2012/01/120105111946.htm**

15) ENSERINK M. (JAN. 27, 2011), GM mosquito release in Malaysia suprises opponents and scientists – again, [cit. 4. 6. 12] Dostupné na WWW: **http://news.sciencemag.org/scienceinsider/2011/01/gm-mosquito-release-in-malaysia.html**

16) MODERNÍ ŠLECHTĚNÍ A POTRAVINY (Co potřebujeme vědět o potravinách z geneticky modifikovaných plodin), Sdružení českých spotřebitelů, o.s., Praha 2010, ISBN 978-80-903930-8-0

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

Ministerstvo zemědělství
Odbor bezpečnosti potravin
Těšnov 17, 110 00 Praha
www.eagri.cz, www.bezpecnostpotravin.cz

4. aktualizované vydání © 2016

ISBN 978-80-7434-295-0