

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Aktuální situace v pěstování geneticky modifikovaných
odrůd polních plodin ve světě**

Bakalářská práce

Autor práce: Kateřina Halenková

Obor studia: Rostlinná produkce

Vedoucí práce: Ing. Josef Holec, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Aktuální situace v pěstování geneticky modifikovaných odrůd polních plodin ve světě jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 04. 2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Josefu Holci, Ph.D. za odborné vedení, za jeho cenné rady a podporu při psaní této bakalářské práce.

Aktuální situace v pěstování geneticky modifikovaných odrůd polních plodin ve světě

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá problematikou geneticky modifikovaných organismů (dále jen GMO) využívaných v zemědělství. Biotechnologie jsou velmi diskutovaným složitým tématem, a proto je v práci zpracován stručný úvod do problematiky, od vymezení pojmu GMO, přes historii, až po legislativu. V práci jsou dále posuzovány skutečnosti spojené s jejich uvolňováním do životního prostředí s ohledem na koexistenci s ostatními technologiemi zemědělství a s tím spojená rizika. Cílem práce je získání objektivního pohledu na pěstování geneticky modifikovaných plodin v současnosti. Práce zahrnuje přehled druhů a ploch GMO pěstovaných ve světě, spolu s názory a zkušenostmi těchto pěstitelů. V souvislosti s tím jsou dále zpracovávány výhody a nevýhody pěstování GM plodin, uvolňování GM potravin a krmiv pro trh a spolu s tím jsou posuzována i možná zdravotní rizika pro zvířata či člověka.

Z práce vyplývá, že zatímco v mnoha částech světa jsou již biotechnologie přijímány jako vhodné rozšíření možností zemědělství, v Evropské unii (dále jen EU) je více kladen důraz na možná rizika. EU má ve spojení s GMO nejsložitější a nejdůkladnější legislativu, která má poskytnout občanům bezpečí, zároveň však zemědělce od pěstování těchto plodin odrazuje a vytváří tak pro ně nevýhodné podmínky v boji s konkurencí.

Klíčová slova: geneticky modifikovaný organismus, biotechnologie, transgen, přenos genu, genové inženýrství, pěstování GMO

Contemporary Situation in Genetically Modified Field Crops Growing in the World

Summary

The Bachelor thesis deals with genetically modified organisms issues (hereinafter referred to as GMO) used in agriculture. Biotechnologies are complex and often discussed topic, therefore in my thesis there is a brief introduction into the topic, from definition of a GMO concept, history up to the legislation. The thesis also deals with releasing GMO into the environment with regard to their coexistence with other agricultural technologies and associated risks. The aim of the thesis is to gain an objective, unbiased view of growing genetically modified crops in present day world. The thesis covers the survey of different sorts and areas of GMO grown in the world, together with opinions and experience of growers. In view of these facts further advantages and disadvantages in GMO growing, putting GMO foodstuffs and feedstuffs on the market bearing in mind possible health risks for animals and humans have been pointed out.

My thesis shows that while in many parts of the world biotechnologies are accepted as an applicable agricultural potential extension, the emphasis within the European Union (hereinafter referred to as EU) is put more on possible risks connected with growing GMO. That is why the EU has the most complex and the most detailed legislation, the aim of which is to provide its citizens protection and safety. However, at the same time this legislation discourages growers from growing these field crops and creates for them unfavourable competition conditions.

Keywords: genetically modified organism, biotechnology, transgene, gene transfer, genetic engineering, GMO growing.

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce.....	3
3 Přehled literatury.....	4
3.1 Genetické modifikace.....	4
3.2 Historie GMO.....	4
3.3 Rozdělení GMO	5
3.3.1 První generace.....	6
3.3.1.1 Tolerance k herbicidům.....	6
3.3.1.2 Rezistence k hmyzím škůdcům	6
3.3.2 Druhá generace	7
3.3.3 Třetí generace	7
3.3.4 Čtvrtá generace	8
3.3.5 Pátá generace	8
3.4 Legislativa GMO.....	8
3.4.1 Legislativa Evropské unie.....	9
3.4.2 Legislativa České republiky.....	11
3.5 Vývoj zemědělství.....	12
3.6 Koexistence ekologického zemědělství	14
3.7 Uvolňování GMO do prostředí	16
3.8 Pěstování GM plodin.....	17
3.8.1 Pěstování GM plodin v EU.....	19
3.8.2 Pěstování GM plodin v ČR.....	20
3.8.3 Pěstované transgenní plodiny	21
3.8.3.1 Plodiny tolerantní k herbicidům	21
3.8.3.2 Plodiny odolné k hmyzím škůdcům	22
3.8.3.3 Dlouhotrvající čerstvost.....	23
3.8.3.4 Ekologická paliva	24
3.8.3.5 Plodiny rezistentní k virům	24
3.8.3.6 Upravené složení škrobu u brambor.....	25
3.8.3.7 Výhodné složení mastných kyselin	25
3.8.3.8 Zdravý zrak.....	26
3.8.3.9 Odolnost vůči stresům	26
3.9 GMO potraviny a krmiva	27
3.9.1 GMO krmiva.....	29
3.9.2 GMO potraviny	29
3.10 Rizika GMO	31

3.10.1	Rizika při uvolňování GMO	33
3.10.1.1	Rizika při uvolňování hlavních plodin	36
3.10.1.2	Rizika při uvolňování plodin odolných ke škůdcům.....	38
3.10.1.3	Rizika při uvolňování plodin tolerantních k herbicidům.....	38
3.11	Přístup ke GMO	39
3.12	Perspektivy GMO.....	41
4	Závěr	44
5	Seznam použité literatury	45

1 Úvod

Geneticky modifikované organismy jsou cíleně pozměněné organismy pomocí vnesení či eliminace určitého genu. Takto pozměněná genetická informace organismu je předmětem zkoumání genetického inženýrství, což je poměrně nová věda. Biotechnologie se začaly rozvíjet v polovině 20. století, a tak jako tomu bývá u většiny nových technologií, i tato u veřejnosti vyvolává mnoho otázek. Názory na využívání geneticky modifikovaných organismů se na celém světě velmi liší.

Od uvedení první geneticky modifikované odrůdy na trh již uběhlo více než dvacet let a přestože se zatím neprokázala žádná zdravotní rizika, veřejnost je stále nedůvěřivá. Je ovšem důležité podotknout, že i když nebyla prokázána žádná zdravotní rizika, v otázkách potenciálních rizik při uvolňování geneticky modifikovaných plodin do životního prostředí si biotechnologové už tak jistí být nemohou. Pěstování těchto plodin skýtá mnoho možných rizik pro životní prostředí, a proto je důležité hrozící rizika před uvolněním každé jednotlivé plodiny pečlivě zvážit. Toho si ovšem jsou jak biotechnologové, tak státní orgány plně vědomi, a proto jsou jednotlivé kroky při uvolňování plodin stanovené legislativou.

Legislativa problematiky geneticky modifikovaných organismů se v každé části světa poměrně dost liší a nejsložitější má v tomto ohledu Evropská unie. Představitelé Evropské unie si zvolili především cestu bezpečnosti, která je podporována i ze strany veřejnosti. Proces hodnocení rizik při schvalování geneticky modifikovaných odrůd pro uvolnění do prostředí a stejně tak proces schválení pěstování geneticky modifikované plodiny pro žádajícího zemědělce jsou velmi složité. Složitost těchto procesů sice poskytuje běžným občanům jistotu v otázce bezpečnosti pro životní prostředí, zdraví člověka a zvířat, ovšem také staví zemědělce členských států Evropské unie do nevýhodné pozice.

Dokumentace, která je v Evropské unii vyžadována při schvalování uvolnění geneticky modifikované odrůdy do prostředí, je velmi obsáhlá a také nákladná, což od pěstování těchto plodin odradí nejméně jednoho zemědělce. Pokud se i tak pro pěstování geneticky modifikovaných plodin zemědělec rozhodne a projde si tímto složitým procesem, naráží ve výsledku na další zásadní problém. Díky negativním postojům veřejnosti je také velmi obtížné zprostředkovat odkoupení geneticky modifikovaných plodin, protože koneční spotřebitelé se k takto označovaným potravinám stále staví záporně.

Jinak je tomu ovšem ve světě, kde jsou geneticky modifikované plodiny každoročně pěstovány na čím dál tím větších plochách. Zemědělci si v jiných částech světa začínají výhody pěstování geneticky modifikovaných plodin velmi dobře uvědomovat a následně je také

využívat. Pěstované plochy za posledních dvacet let vykazují nárůst jak v rozvinutých tak rozvojových zemích. Dle odborníků také mimo jiné přispívají v boji s ukončením hladu, s dosažením potravinové bezpečnosti, zlepšení výživy a podporují udržitelnost zemědělství.

Kromě informací o v současnosti již pěstovaných geneticky modifikovaných plodinách, je v práci také zpracován přehled dalších GMO, které jsou předmětem výzkumu a představují různé perspektivy do budoucnosti.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zpracování literární rešerše na téma aktuální situace v pěstování geneticky modifikovaných odrůd polních plodin ve světě. Tato práce by měla představit problematiku geneticky modifikovaných organismů. Stručně jsou zpracovány základní informace o historii a legislativě a dále je objektivně řešena otázka pěstování GMO s ohledem na výhody, nevýhody a rizika s tímto spojená.

3 Přehled literatury

3.1 Genetické modifikace

Chloupek (2008) definuje geneticky modifikované organismy jako organismy, u kterých byl pomocí genových technologií změněn genetický materiál.

Věda, která se zabývá modifikacemi, při kterých se do pozměňovaných organismů vnáší cizorodý genetický materiál, se nazývá genové inženýrství. Vnášeným genetickým materiálem jsou nukleové kyseliny (molekuly deoxyribonukleové kyseliny – DNA, ribonukleové kyseliny – RNA a jejich úseky). Mezi genetické modifikace také patří klasické postupy genetiky založené na křížení, mutagenезi a umělém výběru a dále metody buněčných manipulací včetně indukované fúze protoplastů, výměny buněčných jader atp. (Vondrejs, 2010).

Záměrem genetických modifikací je získání nových vlastností nebo odstranění původních, nevyhovujících vlastností u vybraného organismu. Výsledkem těchto modifikací může být např. rezistence proti škůdcům, chorobám a nevhodným podmínkám prostředí, nebo tolerance vůči postřiku neselektivními herbicidy, které likvidují všechny ostatní, nežádoucí rostliny (Chloupek, 2008).

Veškeré geneticky upravené zemědělské plodiny, krmiva, která je obsahují, také všechna zvířata a z nich vyrobené potraviny, potravinové doplňky a léčiva musí být těmito popisky (GMO) povinně označovány.

Nejrozšířenějším druhem geneticky modifikovaných organismů jsou zemědělské plodiny upravené metodami genového inženýrství (Rakouský, 2008).

3.2 Historie GMO

Vejl (2007) uvádí, že mezi světově proslulé vědce a jejich objevy, které je možné považovat za klíčové právě pro rozvoj molekulární a buněčné biologie patří prokázání F. Lauria a M. Delbrücka, (1943), že základem genetických změn jsou mutace a návrh flukтуаčního testu.

Dále se jedná o prokázání mikrobiologů T. Averyho, C. M. Macleoda a M. Mac Cartyho (1944) genetické aktivity deoxyribonukleových kyselin (DNA), objev J. Lederberga (1946) konjugace u bakterií a objasnění rekombinace a transdukce. Za významný rok ve vývoji molekulární biologie a biotechnologií lze považovat rok 1953, kdy J. D. Watson a F. H. C Crick sestavili model struktury DNA.

Mezi další patří odhalení semikonzervativnosti replikace DNA M. Meselsonem a F. Stalem (1958) a objev W. Arbera (1962) základů restriktivně modifikačního systému DNA u bakterií. N. W. Nierenberg položil základ k dešifrování genetického kódu (1964), H. G. Khorana syntetizoval všechny triplety genetického kódu a R. W. Holley stanovil sekvenci první tRNA pro přenos alaninu. Izolaci a charakterizaci první restriktivní endonukleázy provedl O. Smith (1969) a poté D. Nathans (1970) zahájil mapování DNA viru SV40 a tvorbu prvních *in vitro* rekombinantů pomocí restriktivních endonukleáz.

Mezi další milníky patří výzkum P. Berga (1972), který započal s tvorbou *in vitro* rekombinovaných molekul DNA a prokázání Changové a S. Kohena (1973), že *in vitro* rekombinované plazmidové molekuly se v *Escherichia coli* replikují.

Problematika spojená s legislativou a bezpečností práce s GMO se začala řešit v 70. letech 20. století a v roce 1975 na konferenci Asilomaru v Kalifornii (USA) byla stanovena první pravidla pro práci s rekombinovanou DNA.

Ovesná (2005) uvádí, že v roce 1978 bylo zjištěno, že z půdních bakterií *Agrobacterium tumefaciens* se do dědičného základu rostlin předává konstantní část dědičné hmoty, což umožnilo první modifikace rostlinného genomu. V 80. letech byly z důvodu snadné regenerace rostlin z jediné buňky ve zkumavce (*in vitro*) provedeny první úspěšné modifikace těchto organismů. Některé z těchto geneticky modifikovaných rostlin byly uznány jako registrované odrůdy a významně se uplatnily v systému rostlinné výroby. Nejznámější GMO odrůdou je Roundup Ready sója, která je odolná vůči herbicidu Roundup. Mezi nejvýznamnější geneticky modifikované rostlinné druhy patří především sója a jejich plochy v celosvětovém měřítku stále narůstají.

Pro trh byla jako první geneticky modifikovaná plodina v roce 1994 uvolněna odrůda rajčete FlavrSavr s prodlouženou životaschopností. Jako další geneticky modifikované plodiny, především sója, kukuřice, bavlník a řepka, které byly tolerantní k herbicidům a rezistentní ke škůdcům, se na trhu objevily v roce 1996.

3.3 Rozdělení GMO

Ovesná (2005) uvádí, že geneticky modifikované organismy se podle využití dělí do několika skupin.

Podle velmi odlišných vlastností, které jsou pro pěstitele, spotřebitele a různá odvětví průmyslu výhodná, se transgenní plodiny rozdělují do několika generací (Holec, 2006).

3.3.1 První generace

Do této skupiny geneticky modifikovaných plodin patří odrůdy, které jsou svými vlastnostmi výhodné pro zemědělskou produkci (Ovesná, 2005).

Ztráty na kulturních porostech způsobené chorobami, škůdci a plevely dosahují minimálně třiceti procent, a proto transgenní odrůdy z této skupiny usnadňují ochranu proti těmto škodlivým organismům. V důsledku zjednodušení dosavadních technologií je přínosem i větší šetrnost k životnímu prostředí (Holec, 2006).

3.3.1.1 Tolerance k herbicidům

S plevelnými rostlinami se zemědělci musejí potýkat již od počátku zemědělství, a proto je nutné provádět jejich regulaci. Herbicidy se začali používat v 19. století a lze je rozdělit na herbicidy selektivní a neselektivní (totální).

Do genomu transgenních rostlin byl vpraven gen, díky kterému s určitým herbicidem metabolizují nebo jsou schopné ho tolerovat. Takto upravené plodiny, které by za normální situace podlehly ošetření neselektivním herbicidem stejně jako plevely, jsou díky vnesenému genu k účinné látce tolerantní. Tyto odrůdy velmi usnadňují regulaci plevelů, protože je možné používat účinnější neselektivní herbicidy. Výhodou je také možnost ochrany před blízké příbuznými plevely, které je jinak obtížné regulovat.

Jako první k herbicidům rezistentní rostlina byla v roce 1985 vyvinuta odrůda tabáku, odolného k Roundup herbicidu. Další příklady transgenních rostlin jsou např. odrůdy cukrové řepy a slunečnice tolerantní ke chlorsulfuronu, kukuřice, řepka a sója tolerantní k isoxazolu nebo bavlník a řepka tolerantní k oxynilu (Ovesná, 2005; Holec, 2006).

3.3.1.2 Rezistence k hmyzím škůdcům

Zemědělci proti hmyzím škůdcům převážně používají chemickou ochranu. Jde například o přípravek známý jako DDT, používaný v 50. letech. Často využívané insekticidy mohou být ovšem nebezpečné pro neškodný i užitečný hmyz, a proto patří mezi nejproblematičtější chemickou ochranu.

Mezi další způsoby ochrany proti škůdcům patří také biologická ochrana, správný osevní postup nebo zpracování půdy, ale žádný z těchto způsobů nedokáže nahradit chemickou ochranu.

Transgenní plodiny označované jako „Bt“ vykazují vysoký stupeň resistance proti hmyzím škůdcům. Jedná se o rostliny, které sami exprimují gen zabezpečující produkci Bt- toxinu (látka, která má na hmyz smrtící účinek). Díky přenesení genu odpovědného za produkci určitého typu bt-toxinu získá rostlina resistenci proti hmyzímu škůdci, ale zároveň je neškodná pro necílový druh hmyzu. Mezi nejvyužívanější toxiny současnosti patří δ - endotoxin účinný proti škůdcům z řádu *Lepidoptera*.

Tento typ transgenních plodin je v současnosti používán především v USA a Číně. V ČR je nyní povoleno komerční pěstování pouze Bt kukuřice s efektivní ochranou proti zavíječi kukuřičnému (Ovesná, 2005; Holec, 2006).

3.3.2 Druhá generace

Do druhé generace patří transgenní plodiny odolné proti vlivům, které představují až sedmdesátí procentní ztráty na genetickém výnosovém potenciálu. Jedná se o rezistenci nebo toleranci k chladu, suchu, nedostatku světla a dalším abiotickým stresům (Holec, 2006).

Snahou je izolovat geny zodpovědné za toleranci ke stresu, které mohou pocházet z rostlin, ale i z dalších organismů. Jako příklad lze uvést rybu žijící v polárních mořích, kdy tato ryba nese gen, který jí umožňuje ve velice chladném prostředí přežít. V případě přenesení tohoto genu do plodin je možné dosáhnout vyšší odolnosti k chladu (Custers a kol., 2006).

3.3.3 Třetí generace

Do této skupiny transgenních plodin patří plodiny, které jsou specifické změnou nutriční hodnoty konečného produktu (Holec, 2006).

Jde o lepší složení proteinů, změněné složení olejů, vyšší obsah vitamínů apod. Typickým příkladem je tzv. „zlatá rýže“ (Ovesná, 2005).

Zlatá rýže byla poprvé vytvořena pomocí vložení Phytoene syntáz (PSY) genu z narcisu (*Narcissus pseudonarcissus*) a bakteriálního fytoenu desaturase (Crtl) z *Erwinie uredovora* (Yonekura-Sakakibara and Saito, 2006).

Tato plodina je obohacena o beta karoten a provitaminem A. Avitaminóza A mimo jiné vyvolává vysokou dětskou úmrtnost a slepotu a zlatá rýže může proti avitaminóze A sloužit jako dostupný lék (Opatrný, 2011).

Další plodinou patřící do druhé generace GM jsou například rajčata s vysokým obsahem karotenoidů a flavonoidů. Flavonoidy díky své antioxidační aktivitě hrají důležitou roli pro

lidské zdraví. Mimo jiné jsou flavonoidy zapojené například do ochrany proti rakovině a kardiovaskulárním chorobám (Yonekura-Sakakibara and Saito, 2006).

3.3.4 Čtvrtá generace

Transgenní rostliny této generace jsou užitečné pro některá průmyslová odvětví, protože jsou pěstované jako ekologicky výhodné suroviny (Holec, 2006).

V poslední době jsou prováděny pokusy o vyvinutí rostlin, které by vyráběly snadno rozložitelné plasty pomocí půdních bakterií. Mezi takto zkoumané rostliny patří například bavlník, kukuřice, řepka a také brambory, které obsahují škrob vhodný pro výrobu biodegradovatelného plastu (Custers a kol., 2006).

3.3.5 Pátá generace

Tyto geneticky modifikované rostliny mají využití ve výrobě ethanolu a bionafty a to jako náhrada fosilních paliv (Holec, 2006).

3.4 Legislativa GMO

V roce 1992 se v Rio de Janeiru pořádala Konference Spojených národů o životním prostředí a rozvoji (The United Nations Conference on Environment and Development, UNCED), které se účastnili delegáti ze 178 zemí. Na této konferenci se mimo jiné účastníci zavázali spolupracovat v otázkách bezpečnosti. Konference účastníků (Conference of Parties) ustanovila pracovní skupinu biologické bezpečnosti (Open-Ended ad hoc Working Group on Biosafety), která po řadě velmi obtížných jednání vypracovala Cartagenský protokol (Drobník, 2002).

Cartagenský protokol o biologické bezpečnosti, který vstoupil v platnost v roce 2003, je závazným mezinárodním nástrojem, jehož cílem je zajistit ochranu a bezpečnost genetického inženýrství a využívání GMO, zejména při pohybu živých organismů přes hranice.

Při tvoření zásad byly silnou hnací silou především rozvojové země, které většinou nemají vlastní zákony nebo předpisy a také mají nedostatek technologických a finančních zdrojů (Khor, 2007).

Dalším důležitým dokumentem v otázkách geneticky modifikovaných organismů je Aarhuská úmluva (Roudná, 2008).

Tato úmluva vznikla v roce 1998 na čtvrté konferenci UENECE (United Nations Economic Committee for Europe) v Daněsku a pojednává o přístupu k informacím, účasti veřejnosti na rozhodování a přístupu k právní ochraně v záležitostech životního prostředí (McAllister, ST., 1999; Mason, M. 2010).

Podle zaměření se genetickými modifikacemi zabývá několik dalších mezinárodních organizací a programů. V roce 1992 vznikla Deklarace z Ria a Agenda 21, které pojednávají o bezpečném využívání biotechnologií a ve stejném roce UNIDO (Organizace OSN pro průmyslový rozvoj) vydala dobrovolný kodex pro uvolňování organismů do prostředí a OECD (Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj) přinesla pravidla bezpečného využívání biotechnologií. V roce 1993 vypracovala FAO (Organizace OSN pro výživu a zemědělství) návrh kodexu pro využívání biotechnologií a v roce 1995 UNEP (Program OSN pro životní prostředí) vydala mezinárodní technické směrnice.

Záležitosti genetických modifikací řeší také několik specializovaných orgánů a smluv v rámci FAO. Jedná se zejména o Mezinárodní smlouvu o rostlinných genetických zdrojích pro výživu a zemědělství, Mezinárodní úmluvu na ochranu rostlin, Mezinárodní úřad pro epizoony či Výbor pro rybníkářství a ve spojení s WHO (Světová zdravotní organizace) řeší též zdravotní nezávadnost potravin vyrobených z geneticky modifikovaných organismů (Roudná, 2008).

3.4.1 Legislativa Evropské unie

Legislativní opatření Evropské unie jsou v celosvětovém měřítku ty nejdůslednější, neboť genetické modifikace v Evropě představují velmi závažný etický problém (Roudná, 2008).

Mezi nejvýznamnější dokumenty legislativy EU patří Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/18/ES ze dne 12. března 2001 o záměrném uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí a o zrušení směrnice Rady 90/220/EHS (Mze, 2009 – 2017).

Cílem této směrnice je, v souladu se zásadou předběžné opatrnosti, sblížit právní a správní předpisy členských států a chránit lidské zdraví a životní prostředí pro případy záměrného uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí z důvodů jiných, než je uvádění na trh Společenství a uvádění geneticky modifikovaných organismů nebo produktů s jejich obsahem na trh Společenství (Úřední věstník L 106 EU, 2001).

Dalším důležitým dokumentem je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1829/2003 ze dne 22. září 2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech (MZe, 2009 – 2017).

V souladu s obecnými zásadami stanovenými v nařízení (ES) č. 178/2002 je účelem tohoto nařízení vytvořit základ pro zajištění vysoké úrovně ochrany lidského života a zdraví, zdraví a dobrých životních podmínek zvířat, životního prostředí a zájmů spotřebitele v souvislosti s geneticky modifikovanými potravinami a krmivy při současném zajištění řádného fungování vnitřního trhu, stanovit postupy Společenství pro povolování geneticky modifikovaných potravin a krmiv a pro dohled nad nimi a stanovit předpisy pro označování geneticky modifikovaných potravin a krmiv (Úřední věstník L 268 EU, 2003).

Dále se jedná o Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1830/2003 ze dne 22. září 2003 o sledovatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů a sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z geneticky modifikovaných organismů a změně směrnice 2001/18/ES (MZe, 2009 – 2017).

Toto nařízení stanoví rámec pro sledovatelnost produktů sestávajících z geneticky modifikovaných organismů nebo je obsahujících a potravin a krmiv vyrobených z GMO s cílem usnadnit přesné označování, monitorování účinků na životní prostředí a popřípadě na zdraví a provádění vhodných opatření pro řízení rizik, v případě nutnosti včetně stažení produktů (Úřední věstník L 268 EU, 2003).

Dalším dokumentem je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1946/2003 ze dne 15. července 2003 o přeshraničních pohybech geneticky modifikovaných organismů (MZe, 2009 – 2017).

Cílem tohoto nařízení je v souladu se zásadou předběžné opatrnosti, aniž tím jsou dotčena ustanovení směrnice 2001/18/ES, zřídit společný systém oznamování a informování pro přeshraniční pohyby geneticky modifikovaných organismů (GMO) a zajistit soudržné provádění ustanovení protokolu ze strany Společenství, a tím přispět k zajištění přiměřené úrovně ochrany v oblasti bezpečného přenosu a využívání GMO, které mohou mít nepříznivé účinky na zachování a udržitelné využívání biologické rozmanitosti, a nakládání s těmito organismy, s přihlédnutím k rizikům pro lidské zdraví (Úřední věstník L 287 EU, 2003).

Dále jde o Nařízení komise (ES) č. 65/2004 ze dne 14. ledna 2004, kterým se zřizuje systém tvorby a přiřazování jednoznačných identifikačních kódů pro geneticky modifikované organismy (MZe, 2009 – 2017).

A v neposlední řadě se jedná o Směrnici Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/412 ze dne 11. března 2015, kterou se mění směrnice 2001/18/ES, pokud jde o možnost členských

států omezit či zakázat pěstování geneticky modifikovaných organismů (GMO) na svém území (MZe, 2009 – 2017).

V rámci Evropské unie také existuje odborný orgán, Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA), který je kompetentní k posuzování zdravotní nezávadnosti potravin a krmiv. Tento orgán poskytuje Evropské komisi odborná stanoviska ke všem GMO, jež se do EU dováží jako potraviny či krmiva a na jeho webových stránkách je možné získat informace o všech doposud schválených plodinách určených pro dovoz za účelem jejich zpracování a použití jako potraviny a krmiva (Rakouský, 2008).

3.4.2 Legislativa České republiky

Z iniciativy vědeckých pracovníků v oblasti genetiky vznikla v roce 1989 v ČR Česká komise transgenozy rostlin, která fungovala do konce roku 2000 (Ondřej, 2002).

Sloužila jako expertní a poradní orgán Ministerstva životního prostředí ČR v oblasti posuzování a hodnocení genetických, biologických, environmentálních, potravinářských a zdravotních rizik jednotlivých geneticky modifikovaných genotypů rostlin – odrůd GMR, pěstovaných v otevřeném prostředí pro pokusné účely, a také při hodnocení dodržování metodických postupů a bezpečnostních opatření a podílela se na proškolení personálu při práci s odrůdami GMR.

Komise se také podílela na přípravě prvního českého zákona o GMO, který Parlament schválil 10. května 2000. Ve sbírce vyšel pod číslem 153/2000 Sb, o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a produkty a o změně některých souvisejících zákonů (Bednář, 2000).

Výše uvedený zákon ustanovil Českou komisi pro nakládání s geneticky modifikovanými organismy jako poradní orgán Ministerstva životního prostředí. Tato komise se na rozdíl od té původní již nezabývala jen transgenními rostlinami, ale všemi geneticky modifikovanými organismy (Ondřej, 2002).

Zákon 153/2000 Sb. byl zrušen 24. 02. 2004 novým zákonem č. 78/2004 Sb, který zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, zároveň navazuje na přímo použitelné předpisy Evropské unie a upravuje práva a povinnosti osob a působnost správních orgánů při nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty. Zákon č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty byl přijat spolu s prováděcí vyhláškou č. 209/2004 Sb., o bližších podmínkách nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, která zpracovává příslušné předpisy

Evropské unie. Tento zákon mimo jiné pojednává o nakládání, o oprávnění k nakládání a udělení povolení pro uzavřené nakládání s GMO a genetickými produkty a s tím spojenými podmínkami a povinnostmi. Stanovuje působnost správních úřadů, obsahuje registr povolených GMO a registr uživatelů, a také opatření při vzniku havárie.

Do dnešního dne byl novelizován několika dalšími předpisy. Jedná se o Zákon č. 346/2005 Sb., kterým se mění zákon č. 78/2004 Sb., Zákon č. 124/2008 Sb., kterým se mění zákon č. 269/1994 Sb. o Rejstříku trestů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony, Zákon č. 227/2009 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím zákona o základních registrech a Zákon č. 281/2009 Sb., kterým se mění některé zákony v souvislosti s přijetím daňového řádu (MZe, 2009 – 2018).

Nakládání s GMO mají v kompetenci příslušné orgány, kterými jsou v ČR Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví a kontrolu provádí Česká inspekce životního prostředí (Doubková, 2005).

Dalším důležitým dokumentem je Vyhláška č. 89/2006 Sb., o bližších podmínkách pěstování geneticky modifikovaných odrůd, jejímž nadřazeným předpisem je Zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství. Tato vyhláška pojednává o vzdálenostech půdních bloků při pěstování geneticky modifikovaných odrůd, vzdálenosti od státní hranice, minimální vzdálenosti pěstování a rozsahu obsetí stejnou plodinou, která není geneticky modifikovaná. Stanovuje lhůtu a rozsah poskytování informací o pěstování těchto odrůd a rozsah uchovávaných údajů o pěstování.

Do dnešního dne byla novelizována několika předpisy. Jedná se o Vyhlášky č. 58/2010 Sb. a č. 392/2016 Sb., které mění vyhlášku č. 89/2006 Sb., o bližších podmínkách pěstování geneticky modifikovaných odrůd (MZe, 2009 – 2018).

3.5 Vývoj zemědělství

Jedním z nutných procesů provázejících zemědělství již od jeho vzniku je získávání a vytváření vhodných typů produkčních organismů s vlastnostmi, které odpovídají dobovým požadavkům (Soukup a Holec, 2007).

Již před méně než 10 000 lety člověk poprvé zahrabal semena do země a zjistil, že touto metodou lze snadno získat požadovanou rostlinu. To byl začátek nejen cíleného pěstování rostlin, ale také jejich šlechtění. Prvními plodinami byly pšenice jednozrnka, planý ječmen, čočka a bob. Rolníci si dávali stranou semena z nejsilnějších a nejproduktivnějších rostlin, díky

čemuž dříve nevědomky, později na základě přibývajících zkušeností, získávali silnější rostliny, s vyšším výnosem. Člověk rychle začal vymýšlet technická zlepšení pro zemědělství a zároveň s tím také začal rostliny přizpůsobovat svým potřebám (Custers a kol., 2006).

Vliv člověka na úroveň variability organismů je v podstatě spojen již s jeho první zemědělskou činností vedoucí k domestikaci různých druhů organismů. Procesem domestikace vznikla řada zemědělských organismů, které jsou často velmi vzdálené od původních forem jak morfologicky, tak i fyziologicky a geneticky (Soukup a Holec, 2007; Vejl, 2007).

Díky rozvíjejícímu se obchodu, později i cestování a objevování nových kontinentů, docházelo k dovážení velkého množství nových rostlin a spolu s nimi i DNA. V průběhu času kromě sadby nejodolnějších odrůd docházelo takto k samovolnému křížení s nově přivezenými rostlinami. Cestovatelé vlastně prováděli velký genetický pokus, ale nevěděli o tom. Na první cílený vývoj rostlin si člověk musel počkat až do 19. století, kdy Gregor Mendel položil svým výzkumem základní pilíř genetiky (Custers a kol., 2006; Stratilová, 2014).

Každé zlomové zlepšení v zemědělství vedlo ke zvýšení lidské populace. Populace v současné době však narůstá natolik, že je oprávněná obava, zda ji zemědělství stačí uživit. Stoupají také požadavky na kvalitu stravy a zároveň, ale ubývá orné půdy. V souvislosti s tím je potřeba zvyšovat plošný výnos. To se zemědělcům povedlo díky zavedení průmyslových hnojiv a následně pesticidů, jenže oba prostředky již dosáhly svých mezí. Zbývá již jen šlechtění (Stratilová, 2014).

Po staletí se zemědělci nespokojovali jen s přijímáním rostlin, které nám dala matka příroda. Experimentování s úpravou plodin a výběr těch nejlepších je předmětem šlechtění. Proces zlepšování plodin probíhá v několika krocích: výběr rodičů, křížení rodičovských rostlin, výběr potomstev, většinou po několik generací, polní testování, registraci nové odrůdy a uvolnění pro trh. Tradiční šlechtění však vyžaduje mnoho času a práce, mohou se díky němu předávat i negativní vlastnosti a dlouhodobé křížení může dávat slabší potomstvo (Custers a kol., 2006).

S klasickým šlechtěním je to však podobné jak s chemizací i to již dosáhlo svých limitů. Jako v jiných oborech, i v zemědělství se však pokrok vědy dříve, či později promítne do nových účinnějších postupů (Stratilová, 2014).

Na počátku 20. století začali zemědělci pěstovat hybridní odrůdy, které poskytovaly zvláště silné rostliny s mnoha plody. Pro zlepšování odrůd se začali využívat i další metody, jako například vystavení rentgenovým paprskům či některým chemikáliím, díky kterým docházelo k dědičným změnám tzv. mutacím a dále také kultivace in vitro (Custers a kol., 2006).

V 70. letech pak přišel mnohem silnější nástroj. Technologie rekombinantní DNA umožnila vložit do organismu nové geny a šlechtění rostlin tak nemuselo nadále spoléhat na šťastnou náhodu, kdy se z uměle vyvolaných mutací vybíraly ty slibně vypadající (Henderson, 2014).

Zatímco přirozenému výběru by vývoj organismu např. dubu s vlastností zlaté rybky mohl trvat miliony (jestli ne miliardy) let, GM technologie mohou obcházet pravidla pomocí řady technik (Jackson, 2016).

Pod slovy geneticky modifikovaný organismus je třeba si představit konkrétní rostlinu, zvíře nebo mikroorganismus, který se většinou na první pohled neliší od odpovídajícího nemodifikovaného organismu (Doubková, 2008).

GM rostliny vznikají vnesením konkrétního genu rostliny či jiného organismu, u něhož je známo za jaký určitý znak odpovídá a výsledkem je tedy projev jen cíleně žádaných vlastností. Tato nová metoda zaručuje rychlejší výsledek a poskytuje široký výběr vlastností, kterých by se tradičním křížením nikdy nedalo docílit (Custers a kol., 2006; Stratilová, 2014).

Metody transformace lze v podstatě rozdělit do dvou skupin. Nepřímé metody transformace představují postupy, které využívají jako přenašeče cizorodé DNA takzvaný vektor, např. se jedná o plazmidy bakterií rodu *Agrobacterium*. Přímé metody jsou založeny na mechanickém, chemickém elektro-fyzikálním principu přímého přenosu cizorodé DNA do jádra akceptorového organismu (Vejl, 2007).

Stejně jako ostatní odrůdy musí být i GM odrůdy zkoušeny ve státních odrůdových zkouškách a musí se prokázat, že jsou dostatečně výnosné, odolné a poskytují kvalitní produkty (Ovesná, 2003).

Především v důsledku velmi přísné regulace transgenozy v EU jsou vyvíjeny nové techniky šlechtění rostlin za pomoci manipulace s geny. Mezi tyto techniky patří mutagenese pomocí zinkových prstů, mutagenese pomocí oligonukleotidů, roubování GM podnože nebo roubu, RNA-dependentní DNA methylace, cisgenozy a intragenozy, reverzní šlechtění a agroinfiltrace, u kterých je v současné době na úrovni EU projednáváno, zda nové genové techniky náleží do oblasti legislativy GMO (Stratilová, 2014).

3.6 Koexistence ekologického zemědělství

V EU se koexistence všech dostupných pěstitelských systémů a jejich udržitelnost z dlouhodobého hlediska často diskutují. To je dáno především tím, že každoročně narůstají

plochy oseté komerčně využívanými geneticky modifikovanými plodinami a spolu s tím narůstají i obavy zemědělců, kteří tyto plodiny pěstovat nechtějí nebo hospodaří v režimu ekologického zemědělství.

Pojem koexistence můžeme vnímat ve dvou úrovních. Za první v širším slova smyslu jako souběžnou existenci dvou a více různých pěstitelských technologií – konvenční bez GM plodin, s GM plodinami, pokud je zajištěno dodržování všech zákonných povinností značení a standardů čistoty, či využívající postupů ekologického zemědělství. Za druhé v užším slova smyslu je koexistence chápána jako možnost zemědělce rozhodnout se, jakou pěstitelskou technologii bude využívat. Žádný z těchto typů zemědělského hospodaření by neměl být v EU vyloučen.

Důraz je kladen na udržitelnost všech v současnosti dostupných pěstitelských systémů i do budoucna. Úspěšná koexistence ve svém důsledku zahrnuje potenciální ekonomické ztráty a dopady příměsí GM plodin a zajistí i širokou možnost výběru spotřebiteli.

Nejkritičtější z pohledu koexistence je vztah mezi zemědělcem pěstujícím GM plodiny a ekologickým zemědělcem a v podobném vztahu je tedy potřeba dodržovat opatření ještě přísněji. Odpovědnost tady nese pouze zemědělec pěstující GM plodiny, ale i zemědělec hospodařící ekologickým způsobem. (Čeřovská, 2005; Kučera, 2003).

V ekologickém zemědělství je celosvětově zakázáno používat GMO. V případě, že je bioprodukce kontaminována GMO, je sankcionován ekologický zemědělec, v ČR mu hrozí pokuta až do výše 50 000 Kč, nebo zrušení registrace ekologického zemědělce (Leibl, 2005).

Nejdůležitějšími opatřeními, které směřují k úspěšné koexistenci, je důsledné sledování pěstovaných geneticky modifikovaných plodin, dodržování izolačních vzdáleností a především spolupráce a dobrá komunikace mezi sousedícími zemědělci (Čeřovská, 2005).

Koexistence různých výrobních typů není v zemědělství nová, již v semenářství byly získány velké zkušenosti s uplatňováním opatření k zajištění standardů osiv (Kučera, 2003).

Koncept koexistence se zaměřuje na potenciální hospodářské dopady příměsí GM rostlin v nemodifikovaných plodinách a na optimální opatření k minimalizaci těchto příměsí. Koncept koexistence je vytvářen pro zemědělskou praxi, a tak je nutné, aby byl pro ni srozumitelný a nadbytečně ji nezatěžoval novými postupy a opatřeními.

Jedním ze základních opatření jsou izolační vzdálenosti mezi poli s GM a ne GM plodinami téhož druhu (rodu). Velikost izolačních vzdáleností závisí na křížitelnosti příslušné plodiny. Cílem izolačních vzdáleností je zajistit úroveň náhodných příměsí než jsou tolerované prahové hodnoty merkantilního produktu.

Pro zajištění pohybu GMO na poli i v následném výrobním procesu a pro jeho zpětnou dohledatelnost je zemědělec povinen ohlásit plochy, na kterých pěstuje GM plodiny a řádně tyto plodiny i jejich produkty označovat jako „geneticky modifikovaný organismus“ a tuto dokumentaci by měl každý zemědělec uchovávat v podniku minimálně po dobu 5 let.

Zemědělci mají řadu dalších možností, jak snížit pravděpodobnost konfliktů mezi jednotlivými produkčními systémy. Nejvíce vítaným „preventivním“ opatřením je spolupráce mezi sousedními podniky, které poté mohou využít určitá opatření proti možné kontaminaci plodin a to od využití odrůd/hybridů s různou dobou kvetení až po oddělené sklizení okrajů polí a následné oddělení hlavní části sklizně (Čeřovská, 2005).

Obranou ekologických zemědělců je také možnost v co možná největší míře se vyhnout krmivům s obsahem sóji. To je v současné době velmi komplikované, protože většina potřeby bílkovin v krmných dávkách je kryta právě sójou a pokud by se jednalo o GM sóju, hrozí ekologickému zemědělici pokuta, jako tomu bylo v roce 2004, kdy byl zjištěn obsah GMO v krmivu u 4 ekologických zemědělců. Ve všech případech šlo o krmiva s obsahem sóji a ve všech případech byla uložena pokuta ve výši 5 000,-. Farmář musí tedy v první řadě mít možnost se dozvědět, že v krmivu, které chce nakoupit, je GMO (Leibl, 2005).

3.7 Uvolňování GMO do prostředí

Každá nová technologie přináší i určitá rizika a genetické inženýrství nemůže být výjimkou. Hlavním a široce diskutovaným problémem je možnost ovlivnění životního prostředí a zejména biologické rozmanitosti. Přestože se zatím obavy nepotvrdily, jsou odhady možných rizik při žádosti o uvolnění do prostředí uváděny (Ovesná, 2005).

V Evropské unii se transgenní rostliny nesmí uvádět do prostředí ani se nesmí prodávat bez předchozího povolení. Činnosti s transgenními rostlinami se povolují teprve po pečlivé analýze rizik. Jsou-li nějaké pochybnosti, povolení se nevydává (Custers a kol., 2006).

Povolení uvolňování GMO do životního prostředí musí předcházet rozsáhlé hodnocení zdravotního a environmentálního rizika. Závěrem těchto hodnocení může být buďto zjištění nezvládnutelného rizika pro životní prostředí nebo zdraví, žádné zjištění rizika pro životní prostředí nebo zdraví a v těchto případech se povolení uděluje, nebo jsou zjištěna rizika, ale ta mohou být zvládnuta odpovídajícími opatřeními, v tom případě je v povolení obsažena povinnost uplatňovat opatření ke zvládnutí rizika (Kučera, 2005).

3.8 Pěstování GM plodin

Za posledních 20 let (1996 – 2015) komerčního využití biotechnologických plodin přinesly značné množství agronomických, environmentálních, ekonomických, zdravotních a sociálních výhod pro zemědělce a stále více i pro spotřebitele (ISAAA, 2016).

Od roku 1994, kdy byla pro trh uvolněna první GM plodina a další, k herbicidům tolerantní a ke škůdcům rezistentní GM plodiny, hlavně sója, kukuřice, bavlník a řepka v roce 1996, se celková plocha, na které se GM odrůdy pěstují, neustále zvyšuje (Ovesná, 2005).

Lze konstatovat, že v posledních letech je zaznamenáván jeden z nejrychlejších trendů růstu pěstebních ploch geneticky modifikovaných plodin v globálním měřítku (Kučera, 2005).

Pěstební plochy komerčně využívaných biotechnologických plodin v roce 2016 dosáhly 185 milionů hektarů, což odpovídá 3% nárůstu ploch oproti roku 2015, tedy 5,4 milionům hektarů. Pěstovaly se ve 26 zemích a z toho se jednalo o 19 rozvojových a 7 rozvinutých zemí. Počet mega-zemí (země, které pěstovaly na 50 000 nebo více hektarech) stoupl na 18, z čehož se jednalo o 14 rozvojových zemí z Latinské Ameriky, Asie i Afriky. Dohromady se za posledních 21 let oseté plochy rovnají 2,1 miliardám hektarů, z toho 1 miliarda hektarů sóji, 0,6 miliardy hektarů kukuřice, 0,3 miliardy hektarů bavlny a 0,1 miliardy hektarů řepky. Vypěstované plodiny z těchto 2 miliard hektarů významně přispívaly a dále přispívají na pokrytí nároků stávající 7,4 miliardové populace lidí (ISAAA, 2016).

Mezi nejčastěji vysazované GM rostliny ve světě patří sója, kukuřice, bavlník, řepka, dýně, papája, cukrovka, rajče, paprika, brambor, ale také například topol. V roce 2016 dosáhl počet zemí pěstujících biotechnologické rostliny 26, dle osázených ploch v cca mil. ha sestupně: USA (73), Brazílie (50), Argentina (24), Kanada (12), Indie (11), Paraguay (4), Pákistán, Čína a Jižní Afrika (3), Uruguay a Bolívie (1), a méně než 1 mil. ha Austrálie, Filipíny, Myanmar, Španělsko, Súdán, Mexiko, Kolumbie, Vietnam, Honduras, Chile, Portugalsko, Bangladéš, Kostarika, Slovensko a Česká republika. V Rumunsku a Burkině Faso se kvůli vnitřním problémům již v roce 2016 biotechnologické plodiny nepěstovaly (Stratilová, 2014; ISAAA, 2016).

V roce 2016 se dle ISAAA pěstovaly různé druhy GM plodin: Ve Spojených státech amerických se nejvíce pěstovala v mil. ha kukuřice (35), sója (32), bavlna (3,7) a vojtěška (1), ostatní plodiny: kanola, cukrová řepa, papája, dýně a brambory na méně než jednom mil. ha. U pěstované GM kukuřice se z 3 % jednalo o odrůdy odolné proti hmyzím škůdcům (IR), z 13 % o odrůdy tolerantní k herbicidům (HT) a ze 76 % o odrůdy s více vlastnostmi (IR/HT).

Nejpěstovanější plodinou v Brazílii byla v mil. ha sója (33), kdy se z 37% jednalo o odrůdy tolerantní k herbicidům a z 60 % o odrůdy s více vlastnostmi (IR/HT), a dále kukuřice (16) a bavlna (1).

V Argentině se nejvíce pěstovala v mil. ha sója (19), kdy se z 87 % jednalo o odrůdy tolerantní k herbicidům a ze 13 % o odrůdy s více vlastnostmi (IR/HT), a dále kukuřice (5) a bavlna na méně než jednom mil. ha.

Kanadští zemědělci nejvíce plochy v mil. ha oseli kanolou (7,5), sójou (2) a kukuřicí (1,5), ostatními plodinami: cukrovou řepou a vojtěškou oseli méně než jeden mil. ha. U pěstované GM sóji se z 37 % jednalo o odrůdy tolerantní k herbicidům a z 60 % o odrůdy s více vlastnostmi (IR/HT).

V Indii se ve stejném roce pěstovala jen GM bavlna s odolností k hmyzím škůdcům a to na 10,8 mil. ha.

Nejpěstovanější plodinou v Paraguayi byla v mil. ha sója (3), kdy se z 83 % jednalo o odrůdy tolerantní k herbicidům, a dále kukuřice s bavlnou na méně než jednom mil. ha.

V Pákistánu se nejvíce pěstovala bavlna s odolností k hmyzím škůdcům, a to na 3 mil. ha a kukuřice na 1 mil. ha.

Největší osetou plochu v Číně vykazovala v mil. ha bavlna odolná k hmyzím škůdcům (2,8) a papája s topolem se pěstovaly na méně než jednom mil. ha.

V Jižní Africe se nejvíce pěstovala v mil. ha kukuřice (2) a sója s bavlnou na méně než jednom mil. ha. U pěstované GM kukuřice se z 19,5 % jednalo o odrůdy odolné k hmyzím škůdcům, z 19 % o odrůdy tolerantní k herbicidům a z 62 % o odrůdy s více vlastnostmi (IR/HT).

Nejpěstovanější plodinou v Uruguayi byla v mil. ha sója (1,2), kdy se z 84 % jednalo o odrůdy tolerantní k herbicidům a z 16 % o odrůdy odolné k hmyzím škůdcům, a dále kukuřice na méně než jednom mil. ha.

Ve stejném roce se v Bolívii pěstovala sója na ploše 1,3 mil. ha a tato země tak byla v celosvětovém měřítku devátým největším producentem GM sóji.

Mexičtí zemědělci nejvíce plochy v tis. ha oseli bavlnou (97) a sójou (4). U pěstované GM bavlny se z 96 % jednalo o odrůdy s více vlastnostmi (IR/HT) a ze 4 % o odrůdy odolné k herbicidům.

V Kolumbii se nejvíce pěstovala v tis. ha kukuřice (100) a bavlna (10).

Největší osetou plochu v Hondurasu vykazovala v tis. ha kukuřice (31) a z toho se jednalo o 800 ha odrůd tolerantních k herbicidům, o 2 200 ha odolných k hmyzím škůdcům a o 28 tis. ha odrůd s více vlastnostmi (IR/HT).

Nejpěstovanější plodinou v Chile byla IR/HT kukuřice na 6 260 ha, HT sója na 2050 ha a na 2 357 ha kanola.

V Kostarice se nejvíce pěstovala IR bavlna na 210 ha, na 14,76 ha biotechnologický ananas s vysokým obsahem antioxidantů a na méně než jednom ha HT sója.

Australští zemědělci nejvíce plochy v tis. ha oseli HT kanolou (447) a bavlnou (405), kdy se ze 4 % jednalo o odrůdy tolerantní k herbicidům a z 96 % o odrůdy s více vlastnostmi (IR/HT).

Na Filipínách se nejvíce pěstovala v tis. ha kukuřice (812) a z toho se jednalo o 133 tis. ha odrůd tolerantních k herbicidům a o 679 tis. ha odrůd s více vlastnostmi (IR/HT). Odrůdy odolné ke škůdcům se v této zemi nepěstují již od roku 2013.

Pěstovanou plodinou v Myanmaru byla pouze bavlna na 350 tis. ha, kdy se z 92 % jednalo o Bt odrůdy odolné k hmyzím škůdcům.

Ve Vietnamu se pěstovala pouze kukuřice s více vlastnostmi (IR/HT) na 35 tis. ha a v Bangladéši se ve stejném roce pěstoval jen GM lilek (brinjal) a to na 50 tis. ha. Jednalo se o Bt lilek odolný k hmyzím škůdcům (ISAAA, 2016).

3.8.1 Pěstování GM plodin v EU

V současné době je EU rozdělena do dvou frakcí: členské státy liberální vůči pěstování GM rostlin a státy EU, které jsou striktně proti pěstování. Legálně lze zakázat pěstování GM rostlin na území jednotlivých členských států, případně na celém území EU, na základě zjištění nových vědeckých poznatků, které by poukazovaly na negativní dopad GM rostlin na lidské zdraví, zdraví zvířat či životní prostředí nebo na základě tzv. ochranné doložky. Jelikož dosud nebyly negativní dopady GM rostlin žádnými vědeckými studiemi prokázány, využívají členské státy k vyhlášení zákazu ochrannou doložku. V praxi to například znamená, že stát přijal opatření k zabránění nezáměrné přítomnosti GMO v konvenčních produktech. Zda je počínání těchto zemí legální, dále zkoumá Evropská komise (Stratilová, 2014).

Podíl ploch v EU v rámci světa je zanedbatelný. Ve srovnání s jinými regiony světa EU přistupuje ke GM plodinám s vysokou mírou obezřetnosti. Omezit nebo zcela zakázat pěstování GM plodin na území členských států je EU oprávněna na základě směrnice č. 412/2015 chválené Evropským parlamentem dne 13. 01. 2015 (Mze, 2009 – 2018).

V letech 2006 – 2016 se biotechnické plodiny pěstovaly celkem v sedmi zemích (Španělsko, Portugalsko, Česká republika, Rumunsko, Slovensko, Německo a Polsko) a plocha se během těchto deseti let neustále zvyšovala, od 57,3 tis. ha v roce 2006 na 136,4 tis. ha v roce

2016. V Německu se ale tyto plodiny přestaly pěstovat již v roce 2009, v Polsku v roce 2012 a v Rumunsku v roce 2015. Na Slovensku a v České republice se z celkové plochy v roce 2016 pěstovalo jen zanedbatelné množství, celkem 213 ha, v Portugalsku se pěstovaly na 7 tis. ha a většinou část tvořily plochy ve Španělsku, kde se biotechnologické plodiny pěstovaly na 129 tis. ha (ISAAA, 2016).

3.8.2 Pěstování GM plodin v ČR

Česká republika se ve svých názorech na pěstování GM rostlin řadí ke státům, které při nakládání s GMO vychází z vědeckých poznatků a ponechávají zemědělci svobodu rozhodnutí, zda bude pěstovat GM plodinu či nikoliv (Mze, 2009 – 2018).

Česká republika patří k pěti zemím EU, které na svém území pěstují biotechnologické plodiny (Stratilová, 2014).

V ČR se mohou produkčně pěstovat pouze takové GM plodiny, které prošly přísným schvalovacím procesem na úrovni EU a jejichž odrůdy byly zapsány do Státní odrůdové knihy v ČR případně do Společného katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin v EU. Pro pěstování v ČR je i nadále povolena pouze GM kukuřice typu MON810 (Mze, 2009 – 2018).

Bt kukuřice MON810 obsahuje toxin zacílen na zavíječe kukuřičného. Tento škůdce přiděluje starosti mnohým zemědělcům v ČR, především v oblastech na jižní Moravě a ve středních Čechách, kde způsobuje významné hospodářské ztráty (Čeřovská, 2005).

V rámci EU lze zkušenosti ČR s GM rostlinami označit za velmi pokročilé. Bt kukuřice MON810 se v ČR pěstuje od roku 2005. Doposud největší výměra GM kukuřice byla zaznamenána v roce 2008, kdy bylo oseto 8380 ha. Na celkové ploše zemědělské produkce tvoří jen minoritní podíl. Od roku 2009 měly plochy Bt kukuřice převážně klesající tendenci. Celková výměra Bt kukuřice v roce 2015 klesla na 997 ha (Stratilová, 2014; Mze, 2009 – 2018).

V roce 2016 klesly meziročně plochy Bt kukuřice v ČR o 92 procent, když tuto plodinu zasel jediný pěstitel na 75 hektarech na Pardubicku a v roce 2017 geneticky modifikovanou kukuřici pole neosel dokonce nikdo (BEZK, 2018).

Dle průzkumů čeští pěstitelé spatřují výhody Bt kukuřice zejména v její užité jednoduchosti a spolehlivosti ochrany proti zavíječi, ve snížených vstupech do porostů a v kvalitní sklizni. Ovšem u pěstitelů výrazně převládá nespokojenost s legislativně-administrativním pozadím, které k pěstování a obecně k jakémukoliv užívání GMO v EU neodmyslitelně patří. Pěstování je spojeno s vyššími náklady na vstupech a pěstitelé se také

musejí potýkat s problémy s odbytem produkce, způsobenými obavou a neochotou odběratelů odkoupit produkty z GMO (Stratilová, 2014).

Lze předpokládat, že zájem českých pěstitelů o pěstování GM plodin, se bude vyvíjet úměrně s mírou tolerance GMO evropskými spotřebiteli, a s tím spojeným vývojem legislativy v EU. V ČR bude nadále existovat možnost výběru mezi pěstováním GM kukuřice a konvenčním či ekologickým pěstováním. Pěstování GM plodin je tedy svobodnou volbou každého pěstitele (Mze, 2009 – 2018).

3.8.3 Pěstované transgenní plodiny

Typy pěstovaných GM plodin se od sebe liší podle typu vnesených genů. Mezi nejpěstovanější patří plodiny odolné vůči neselektivním herbicidům a hmyzím škůdcům. Zatím menší rozšíření zaznamenaly strategie ochrany rostlin proti virovým chorobám, které jsou úspěšně využívány např. u papáji. U řepky našly pro výrobu heterozního osiva uplatnění geny pro navození samčí sterility rostlin a obnovu fertility. Úspěchu také dosáhly strategie zaměřené na dosažení změn ve složení mastných kyselin olejů, u brambor snížení podílu amylozy či zvýšení obsahu amylopektinu a naopak (Rakouský a Hraška, 2007).

3.8.3.1 Plodiny tolerantní k herbicidům

Přes velký pokrok zemědělské výroby se nepodařilo účinněji hubit plevely, které se vždy brzy zase obnovují. Hubení pomocí těžkých strojů podporuje erozi půdy, využívání chemických prostředků má zase negativní dopady na životní prostředí (Custersa kol., 2006).

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 ji prodražuje (Stratilová, 2014).

Určité rostliny jsou schopny přeměňovat (metabolizovat) díky svým enzymům některé herbicidy na neúčinné látky, další disponují enzymem, který je k účinku daného herbicidu necitlivý, další prostě herbicid nepřijmou a na podobném principu fungují i GM odrůdy vyšších rostlin tolerantní k herbicidům (Ovesná, 2005).

Rostliny patřící do této skupiny GM plodin obsahují vnesený cizí gen z půdní bakterie, který vytváří enzym rezistentní vůči herbicidu a rostlině slouží jako „rezerva“ v případě že její vlastní enzym je vyřazen z provozu herbicidy (Stratilová, 2014).

U rostlin se tak rozšiřuje spektrum pesticidů, které jsou k použití. Širokospektrální herbicid zajišťuje účinnější regulaci plevelů což je obvykle spojeno se zvýšením produkce a snížením nákladů na ochranu (Kocourek, 2001).

Další výhody, které tento druh rostlin přináší, spočívají v odbourání rizika postemergentních herbicidů, které mohou zapříčinit zvrát ve vývoji rostlin, technologie také umožňuje přechod na bezorebné hospodaření s následnými úsporami času a užití zemědělské techniky, zlepšení kontroly plevelů snižuje náklady na sklizeň a současně se zlepšuje kvalita sklizně a v neposlední řadě se také jedná o eliminaci možného poškození následné plodiny v důsledku perzistence reziduálních herbicidů v půdě (Rakouský a Hraška, 2007).

Od roku 1996 jsou plodiny tolerantní k herbicidům trvale nejpěstovanějšími GMO, ale v posledních letech jsou postupně vytlačovány plodinami s více než jednou GM vlastností. V roce 2015 se plodiny tolerantní k herbicidům pěstovaly na 95,9 mil. ha a plodiny s více vlastnostmi na 58,5 mil. ha, zatímco v roce 2016 se plodiny tolerantní k herbicidům pěstovaly na 86,5 mil. ha (47 %) a plodiny s více vlastnostmi již na 75,4 mil. ha (41 %). Zbytek pěstovaných plodin: odolné ke škůdcům, virům a další byly v roce 2016 pěstovány na 23 mil. ha (12 %) (ISAAA, 2016).

3.8.3.2 Plodiny odolné k hmyzím škůdcům

Populace hmyzu může zničit celé pole v několika minutách. Zemědělci proto v konvenčním zemědělství používají veliké množství insekticidů, ale některé z nich jsou jedovaté pro jiné živočichy i pro člověka. Navíc v chudých zemích nechráněná aplikace pesticidů způsobuje vážná zdravotní onemocnění. Zemědělci se snaží chránit úrodu proti bázlivci kukuřičnému, mandelince bramborové, zavíječi kukuřičnému a jiným. Toxin půdní bakterie *Bacillus thuringiensis* se ve formě postřiků proti některým skupinám hmyzu využívá v zemědělství již více než 40 let. Toxin je neškodný pro jiné řády hmyzu, pro člověka a hospodářská zvířata. Bohužel postřiky s obsahem této bakterie jsou velmi nákladné. Snadno je smyje déšť a zničí sluneční záření (Stratilová, 2014; Custers a kol., 2006).

Využívá se tzv. integrovaný systém ochrany rostlin, který zahrnuje biologickou ochranu rostlin v kombinaci se správně zvolenými osevními postupy, udržováním půdy apod. Byla vyvinuta řada postupů, které zabraňují napadání rostlinné produkce škůdci. Biotechnologie umožnila vyvinout rostliny, které samy exprimují gen, který zabezpečuje produkci Bt toxinu (Ovesná, 2005).

Převážná většina dnes existujících transgenních rostlin rezistentních vůči hmyzu má do svého genomu zaveden gen, kódující protein z *Bacillus thuringiensis* (Bt). Bakterie produkuje krystalinní protein, který v sobě obsahuje insekticidní složku. V těle hmyzu se po požití bakterie s potravou receptor proteinu naváže na epitel středního střeva, což obvykle vede k jeho lyzi. Příjem potravy se zastaví a hmyz během několika hodin nebo dnů umírá (Kocourek, 2001).

Bt plodiny jsou účinné i proti škůdci, který se zavrtá do dřevě stébel a je tak chráněn proti postřikům. Takto poškozené stonky se také mohou za větru lámat a celý porost je zničen, nemluvě o riziku napadení plísněmi produkující rakovinotvorné látky (Custers a kol., 2006).

Dalšími výhodami jsou také úspora času, úspora spotřeby energie, úspora z použití techniky, význam pro management rizik a pojištění, kdy odpadají obavy z významného poškození plodiny škůdci, zlepšení kvality, zdravější a bezpečnější manipulace pro zemědělce, kratší vegetační sezóna a někteří pěstitelé uvádějí i výhody pro včelaře (omezené použití pesticidů) (Rakouský a Hraška, 2007).

Např. ekologické přínosy pěstování transgenní bavlny spočívají ve snížení používání pesticidů, méně insekticidů v podzemních vodách a v životním prostředí, zlepšení zdraví zemědělců, kteří jsou insekticidům vystavováni, zvyšování populací užitečného hmyzu, snížené riziko pro volně žijící zvířata a snížení spotřeby paliva a surovin a tím spojené znečištění ovzduší (K. Kumar and A. Kumar, 2011).

Prvními transgenními rostlinami s Bt toxinem byly bavlníky, kukuřice, brambory a rajčata (Kocourek, 2001).

V současné době se již pěstují Bt odrůdy i u *Solanum melongena*, *Populus sp.*, *Oryza sativa L.*, *Glycine max L.* či *Saccharum sp.* (ISAAA, 2018).

Při použití Bt plodin je nezbytné přesně dodržovat osevnické postupy a další praktiky. Je totiž třeba zabránit možnému vzniku odolných škůdců. Využívají se obsevy nemodifikovanou plodinou a monitoruje se možný výskyt odolných škůdců. Proto má technologie i dosti silnou opozici (Ovesná, 2005).

3.8.3.3 Dlouhotrvající čerstvost

U dovážených potravin je velkým problémem mnoha hodinová přeprava a také dopravci požadovaná pevnější struktura plodiny, která má za následek předčasné sklizení plodin v nezralém stavu (Stratilová, 2014).

Na to dopláci chuť plodin. Například rajčata jsou vždy chutnější sklizená při plné zralosti. První geneticky modifikovanou plodinou jsou transgenní rajčata, která se mohou sklízet zralá, a přesto zůstávají dlouho čerstvá (Custers a kol., 2006).

Pevnost plodu je dána množstvím pektinu. V průběhu zrání dochází přirozeně k tvorbě enzymu, který tento pektin rozkládá (Stratilová, 2014).

Biotechnologové modifikovali plodiny tak, že ty vytváří tohoto enzymu méně. Jestliže je méně enzymu, více pektinu zůstane nerozloženo a plod si ponechá svou pevnost déle. Transgenní rajčata se tedy mohou sklízet a dopravovat, když jsou již úplně zralá, voňavá, a přitom stále zůstávají tuhá a nehnijí (Custers a kol., 2006).

Obdobnou vlastnost lze použít také u dalších druhů ovoce a zeleniny, které se kvůli přepravě dováží v nezralém stavu, jako jsou například jahody, ananas, zelené papriky a banány (Stratilová, 2014).

3.8.3.4 Ekologická paliva

Světové zásoby ropy se velmi rychle úží a spotřeba ropy nijak rapidně neklesá. Obdobně se snižují i zásoby uhlí a je tedy nutné hledat alternativní zdroje paliv (Stratilová, 2014).

Použití artyčoků jako paliva představuje určité řešení. Toto palivo uvolňuje o něco více energie než uhlí a hlavně nezvyšuje obsah kyslíčnicku uhličitého v ovzduší (Custers a kol., 2006).

Rostlina uvolňuje jen tolik oxidu uhličitého, kolik ho při růstu sama z ovzduší odčerpala. Semena artyčoku lze také využít k výrobě olejů a listy lze krmit dobytek. Vyplatí se tedy do budoucna uvažovat o tomto zdroji energie (Stratilová, 2014).

Artyčoky dorůstají výšky až 3 m a jejich kořeny jsou dlouhé až 7 m. Vrcholky jsou také mnohem větší, než ty běžně užívané k jídlu. (Custers a kol., 2006).

Problémem je však jejich sladká chuť, která přitahuje hlodavce. Ti způsobují zemědělcům velké škody na úrodě. Vědci vyvinuli GM odrůdu, která chutná hořce a odpuzuje tak hlodavce. Díky tomu se sklídí více úrody a získá se větší množství využitelné energie (Stratilová, 2014).

3.8.3.5 Plodiny rezistentní k virům

Vzhledem k malé velikosti genomu virů jsou jejich geny a produkty lépe prozkoumány. Transgenní rostliny rezistentní k virům dnes zahrnují široké spektrum rostlin. Principy odolnosti transgenních rostlin vůči virům jsou založeny na přerušení replikace virové nukleové

kyseliny nebo na přerušení životního cyklu viru v buňce. Obranná schopnost GM rostlin je založena na genech a jejich produktech, které jsou odvozeny z virových patogenů. Produkty těchto genů v rostlině zabraňují šíření virů v buňkách rostlin nebo zabraňují jejich přenosu přes hmyzí vektor (Kocourek, 2001).

Na Havajských ostrovech je důležitým exportním produktem papája, která je však náchylná k mnoha typům virových onemocnění, z nichž nejvýznamnější je virus skvrnitosti papáji. Biotechnologové zjistili, že některé rostliny získají odolnost, když se včlení určitý gen patogena do rostliny. Tímto způsobem byla vyvinuta odrůda UH Rainbow, která je odolná k viru kroužkové skvrnitosti. Do jejího genomu byl vložen gen pro plášťový protein viru. V současné době se GM papája na Havajských ostrovech pěstuje i konzumuje (Custers a kol., 2006.)

3.8.3.6 Upravené složení škrobu u brambor

Při průmyslové výrobě bramborového škrobu pro zvláštní využití se odstraňuje nežádoucí amylóza, tento proces však znečišťuje životní prostředí a je energeticky náročný. 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 a dosahuje tak i vyšších výnosů (Stratilová, 2014).

Další výhodou GM brambor se také ukazuje při smažení brambůrek. Při smažení způsobují cukry v bramborech černání a proti tomuto jevu se užívají siričitanu. Biotechnologové vyvinuli GM brambory s nižším obsahem cukrů, které při smažení nečernají ani bez použití siričitanu (Custers a kol., 2006).

3.8.3.7 Výhodné složení mastných kyselin

Lidskému organismu neprospívá přílišná konzumace nasycených mastných kyselin, které zvyšují riziko obezity a jsou často příčinou srdečně-črevních onemocnění. Lidé by proto měli zvýšit příjem nenasycených mastných kyselin (Stratilová, 2014).

Rostliny obsahují jak nasycené, tak nenasycené mastné kyseliny. Potřebujeme oba typy mastných kyselin, ale ve správném poměru. K tomu nám mohou pomoci některé rostlinné geny, které jsou schopné přeměnit jeden typ na druhý a naopak. Tyto geny se podařilo začlenit

například do řepky, jejíž olej díky tomu obsahuje více nenasycených a méně nasycených mastných kyselin (Custers a kol., 2006).

3.8.3.8 Zdravý zrak

Tzv. zlatá rýže vznikla na požadavek humanitárních organizací, kterým poskytly biotechnologické společnosti více než 70 patentů zdarma. Jedná se o rýži, která je obohacena o betakaroten, ze kterého si lidský organismus vyrábí životně důležitý vitamín A. Nová rýže by mohla přispět v boji proti slepotě až u půl milionu dětí, které ročně přestanou vidět jen proto, že jejich rodiče nemají prostředky na stravu bohatou na vitamin A (Stratilová, 2014).

3.8.3.9 Odolnost vůči stresům

Někdy je výnos plodin nižší, než by si zemědělci přáli a to je často způsobeno podmínkami prostředí. Rostliny jsou snadno stresovány nedostatkem nebo nadbytkem vláhy, chladem, vysokým obsahem solí v půdě nebo také příliš vysokou intenzitou slunečního záření (Custers a kol., 2006).

Jedním z mnoha negativních dopadů na úrodu zemědělce je dlouhotrvající sucho. Navíc v případě, že sucho panuje v exportních zemích, nastává rapidní zvýšení cen komodit, v horším případě jejich globální nedostatek. Byla vyvinuta GM kukuřice odolná vůči suchu, která obsahuje gen bakterie *Bacillus subtilis* způsobující produkci proteinu, který pomáhá zachovat buněčné funkce v období sucha či nedostatku vody (Stratilová, 2014).

Biotechnologové se dále snaží o vývoj GM plodin, které by byly odolnější i k dalším stresům. Vybrané geny nemusí pocházet jen z rostlin, mohou být i z jiných organismů. V polárních mořích se například vyskytuje ryba vlastnící gen, který jí pomáhá přežít extrémně chladné podmínky (Custers a kol., 2006).

Více než 18 milionů zemědělců z 30 zemí, kteří pěstují, nebo pěstovali biotechnologické plodiny, potvrzují jejich přínosy. Jedná se například o zvýšenou produktivitu, přispívání národní soběstačnosti, zachování biologické diverzity vyloučením odlesňování ploch, zmírnění problémů spojených s klimatickými změnami a další ekonomické, zdravotní a sociální výhody (ISAAA, 2016).

Statistiky ISAAA 2016 uvádějí výnosy z pěstování GM v letech 1996 - 2015 v rozvojových zemích cca 81,7 mld. dolarů a v rozvinutých zemích 86,1 mld. dolarů. Šest

nejvýdělečnějších zemí v rozmezí těchto 20 let jsou v mld. dolarů sestupně: USA (73), Argentina (21,1), Indie (19,6), Čína (18,6), Brazílie (16,4), Kanada (7,3) a další (11,8) z celkové částky 167, 8 miliardy dolarů. V roce 2015 činil zisk z těchto rostlin v rozvojových zemích 7,5 mld. dolarů a v rozvinutých 7,9 mld. dolarů (Stratilová, 2014; ISAAA, 2016).

Trend vyššího podílu světových ploch v rozvojových zemích bude pravděpodobně pokračovat i v blízkém, střednědobém a dlouhodobém horizontu (ISAAA, 2016).

Pěstování GM rostlin snižuje ekologické dopady zemědělství: výrazné snížení používání pesticidů, úspora fosilních paliv, snížení emisí CO₂, zachování půdní vlhkosti apod. 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. GM plodiny mají také pozitivní dopad na tzv. skleníkový efekt (Stratilová, 2014).

Jedním z cílů OSN, přednesených v roce 2016 bylo ukončení hladu, dosažení potravinové bezpečnosti, zlepšit výživu a podporovat udržitelné zemědělství a zdůraznila potřebu využití širokého portfolia nástrojů a přístupů, včetně agroekologie a biotechnologie (ISAAA, 2016).

GMO jsou vyvíjeny pro účely praktického zemědělství, ale slouží také i pro vědecké účely. Zkoumání jednotlivých genů a jejich regulace jsou skutečně cenným nástrojem výzkumu. Další důležitou výhodou GMO je možnost změn, které by nebylo možné navodit běžným šlechtěním a prověřená zdravotní nezávadnost (Ovesná, 2003).

Spolu s množstvím výhod, které transgenní plodiny poskytují, nesmíme zapomínat také na nevýhody spojené s jejich pěstováním. Jedná se například o množství opatření, která vyplývají z legislativy pro GMO, jako jsou izolační vzdálenosti, případně obsevy nemodifikovanou odrůdou, oddělená sklizeň, doprava a zpracování, oznamovací povinnost, povinnost značení a dohledatelnosti (Rakouský a Hraška, 2007).

Příliš časté pěstování GM plodin, někdy i z neopodstatněných důvodů, napomáhá zvyšování rezistence hmyzu. Zemědělci musejí nakupovat osivo, vždy když chtějí zasít, to znamená vysoké vstupní náklady, ovšem je třeba podotknout, že každoroční koupě osiva je pro většinu farmářů již samozřejmostí i u konvenčních hybridních rostlin. Překážkou je také přetrvávající negativní veřejné mínění v EU (Stratilová, 2014).

3.9 GMO potraviny a krmiva

DNA je součástí všech buněk a tudíž veškeré potraviny. V každém soustu potraviny se do naší trávicí soustavy dostávají milióny molekul různě degradované DNA organismů, ze kterých byla

potravina vyrobena. Nikdo však neuvažuje tak, že by tato „cizorodá“ DNA mohla negativně ovlivnit náš genom (Vejl, 2007).

Geny jsou přirozeně přítomny v potravinách a kromě toho se nachází také v bakteriích. Podle hygienické normy může být v gramu potravin až 10 milionů bakterií, které mají v genomu průměrně 3000 genů. Tedy je jasné, že kdo jí, jí DNA. Tak tomu bylo vždy od doby, kdy první organismus snědl jiný živý organismus.

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 žádostí odpovědné Ministerstvo zemědělství, konkrétně Úřad pro potraviny – Odbor bezpečnosti potravin. Po kontrole je žádost postoupena EFSA (European Food Safety Authority), která má za úkol posouzení žádosti a dále ho předkládá Evropské komisi. Komise, která se skládá z členských států EU, hlasuje o schválení žádosti. K samotné žádosti se může vyjadřovat také veřejnost. V případě, že nedojde k podpoře kvalifikované většiny členských států, předá se žádost ke konečnému rozhodnutí Odvolací komisi, která rozhodne. V případě, že by se vyskytly vědecky podložené studie o zavadnosti GMO, nikdy by daný produkt nebyl schválen, popřípadě by byl okamžitě stažen z trhu a zakázán (Stratilová, 2014).

Konečné rozhodnutí vydává Evropská komise, ale je třeba podotknout, že se jedná o rozhodnutí politická, která ne vždy jsou v souladu s odbornými vědeckými posudky o nezávadnosti. Velký vliv na rozhodování komise má také nátlak odpůrců GMO, kteří stále předkládají nové důkazy o zdravotních rizicích a nežádoucích účincích, a to i přesto, že doposud nebyl vědecky prokázán ani jediný případ nepříznivého vlivu tržně uvolněné GM plodiny na zdraví člověka či zvířete. K překonání sporu přispěl až verdikt Vědeckého výboru EFSA, který na základě rozsáhlých studií rozdělil selektovatelné znaky podle jejich potenciální rizikovosti do kategorií. Od té doby je EFSA kritizována za nedostatečně vědecké posuzování žádostí o uvolnění GMO do oběhu jako potravin a krmiv (Rakouský, 2008).

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 (Stratilová, 2014).

Požadavek značení se vztahuje i na takové produkty, jako je olej, ve kterém již nelze přítomnost GM materiálu dokázat ani laboratorní analýzou. V takovém případě se značení opírá o tzv. sledovatelnost neboli dohledatelnost původu, zajištěnou povinným předáváním příslušné dokumentace v řetězci od výrobce ke spotřebiteli (Doubková, 2008).

Ačkoliv je to velmi nepravděpodobné, je možné, že člověk zkonsumuje modifikované geny, i když nechtěně. Například v mlátičce, silu nebo na lodi, pokud nebyly dobře vyčištěny, může dojít k přimíchání GMO do nemodifikovaných surovin (Custers a kol., 2006).

Produkty, které obsahují takto neúmyslné a technicky nevyhnutelné příměsi, v Evropě je povolené množství nepřesahující 0,9 %, tvoří výjimku z označování. Označovat se nemusí potravní doplňky, aromatické a přídatné látky vyrobené pomocí GM mikroorganismů, protože jsou do potravin přidávány v čisté formě a označovány nejsou ani živočišné výrobky od zvířat krmených GM plodinami (Doubková, 2008).

Produkty s obsahem GMO jsou povinni výrobci označit v EU, v Japonsku, Malajsií a Austrálii. 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. Jsou považovány za běžné potraviny (Stratilová, 2014).

3.9.1 GMO krmiva

Od roku 2001 se zemědělci v živočišné výrobě museli potýkat se zákazem zkrmování kostních mouček. V EU se do té doby zkrmovalo ročně asi 2,5 milionu tun kostní moučky, ale ve snaze vyloučit velmi pravděpodobný zdroj prionů způsobujících BSE a možná i Creutzfeld-Jakobovu nemoc lidí, bylo 1. ledna 2001 zakázáno nejen zkrmování, ale i export kostních mouček. Moučky v krmných směsích sloužily jako zdroj bílkovin a právě ty se však vzhledem k zakazu musely něčím nahradit. Velmi dobrým náhradním řešením se tehdy nabízela sója, která je přirozenou součástí rostlinné stravy, ovšem asi třetinu tehdy vypěstované sóji tvořila geneticky modifikovaná sója. Vzhledem k léty pěstovaným negativním názorům Evropanů tak vznikla složitá politická situace (Drobník, 2001).

Při trávení potravy dochází k rozkladu až na čtyři základní báze DNA AGTC (adenin, guanin, thymin a cytosin), které se dále vstřebávají. Při požití GM krmiv zvířaty se DNA rozloží také na základní báze a ty pak využijí 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 (Stratilová, 2014).

3.9.2 GMO potraviny

V různých částech světa se pěstují různé druhy GM plodin. Některé jsou ve fázi výzkumu, jiné je možné koupit již v obchodech. Například běžně se ve světě zpracovává GM řepka na

výrobu margarínů a jedlých olejů, kukuřice na kukuřičnou mouku, škrob, rostlinné oleje a sladila, sója na tofu, tempeh, sójový olej nebo emulgátory v čokoládě. Na světě je pouze jediná země, kde jsou běžně v distribuční síti produkty z GM živočichů. Kubánští spotřebitelé si mohou koupit GM rybu tilápii nilskou (Stratilová, 2014).

Databáze schválených GM pro komerční využití ve světě obsahuje tyto plodiny:

<i>Medicago sativa</i>	obsahuje 5 schválených odrůd
<i>Malus x Domestica</i>	obsahuje 3 schválené odrůdy
<i>Brassica napus</i>	obsahuje 41 schválených odrůd
<i>Phaseolus vulgaris</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Dianthus caryophyllus</i>	obsahuje 19 schválených odrůd
<i>Cichorium intybus</i>	obsahuje 3 schválené odrůdy
<i>Gossypium hirsutum</i>	obsahuje 58 schválených odrůd
<i>Agrostis stolonifera</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Solanum melongena</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Eucalyptus sp.</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Linum usitatissimum</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Zea mays L.</i>	obsahuje 229 schválených odrůd
<i>Cucumis melo</i>	obsahuje 2 schválené odrůdy
<i>Carica papaya</i>	obsahuje 4 schválené odrůdy
<i>Petunia hybrida</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Prunus domestica</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Brassica rapa</i>	obsahuje 4 schválené odrůdy
<i>Populus sp.</i>	obsahuje 2 schválené odrůdy
<i>Solanum tuberosum L.</i>	obsahuje 47 schválených odrůd
<i>Oryza sativa L.</i>	obsahuje 8 schválených odrůd
<i>Rosa hybrida</i>	obsahuje 2 schválené odrůdy
<i>Glycine max L.</i>	obsahuje 37 schválených odrůd
<i>Cucurbita pepo</i>	obsahuje 2 schválené odrůdy
<i>Beta vulgaris</i>	obsahuje 3 schválené odrůdy
<i>Saccharum sp</i>	obsahuje 4 schválené odrůdy
<i>Capsicum annum</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Nicotiana tabacum L.</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Lycopersicon esculentum</i>	obsahuje 11 schválených odrůd

<i>Triticum aestivum</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
Databáze schválených GM pro komerční využití v EU obsahuje tyto plodiny:	
<i>Brassica napus</i>	obsahuje 13 schválených odrůd
<i>Dianthus caryophyllus</i>	obsahuje 7 schválených odrůd
<i>Gossypium hirsutum</i>	obsahuje 13 schválených odrůd
<i>Zea mays L.</i>	obsahuje 50 schválených odrůd
<i>Solanum tuberosum L.</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu
<i>Glycine max L.</i>	obsahuje 19 schválených odrůd
<i>Beta vulgaris</i>	obsahuje 1 schválenou odrůdu (ISAAA, 2018).

Například GM sóji se ve světě spotřebovala více jak miliarda tun a nebyly zjištěny žádné nepříznivé účinky na lidské zdraví (Stratilová, 2014).

3.10 Rizika GMO

Biotechnologie, představují potencionální rizika, která je možno rozdělit do dvou základních skupin. V první řadě se jedná o vliv na zdraví člověka a zvířat a v druhé jde o důsledky pro životní prostředí. Protože se jedná o zcela nové technologie, jejichž dopady nejsou vždy známé, vyvolává jejich používání řadu etických, sociálních, enviromentálních a zdravotních obav u společnosti (Roudná, 2008).

Při hodnocení rizik transgenů se musí vycházet z toho, že lidské poznání je omezené, a že každý nový objev a nová technologie s sebou nese určitá nebezpečí (Ambrozková, 2001).

Například lidské znalosti variability rostlin se v největší míře vztahují k variabilitě v morfologii, která je ovšem ovlivněna i prostředím. Méně toho již víme o variabilitě v ekologickém chování a znalosti o variabilitě ve fyziologii a o genetické variabilitě jsou teprve v počátcích (Krahulec, 2008).

Využití GMO je spojeno s různými názory veřejnosti. Někteří nepodloženou kritiku srovnávají s panikou vzniklou při zavádění, každé nové technologie, ale pro jiné jsou transgenní rostliny něco jako trojský kůň schopný genetického znečištění. V souvislosti s tím je důležité vysvětlit pojem cizí gen. Cizí gen není genem „mimozemským“ či vědecky vyrobeným. Jedná se o gen v přírodě již existující, který je cizím genem jen pro organismus, do kterého byl vnesen (Custers a kol., 2006).

Žádná z lidských činností není zcela bez rizika a stejně tak je tomu i u nakládání s geneticky modifikovanými organismy. Využívání GMO je spojeno s obavami z jejich možného nežádoucího dopadu na životní prostředí, zdraví osob a zvířat. Geneticky upravené plodiny jsou opakovaně podrobovány důkladným zkouškám jejich bezpečnosti, a to hned na několika úrovních, přesto však nelze rizika vyloučit zcela. Problematika GMO je totiž velmi komplikovaná hned z několika ohledů. Od značně odlišné legislativy pro různé země, přes složité mechanismy hodnocení bezpečnosti a uvolňování, až po způsob jejich přípravy (Rakouský, 2008).

Úskalí konstrukce GMO spočívají především v přenosu a expresi nového genu. Do hostitelského organismu se gen přenáší bez přísně regulované signální kaskády, a proto je jen otázkou, jak se bude přenesený gen chovat a zda vůbec bude fungovat. Hostitelská buňka naproti tomu může disponovat mechanismy, které buď oslabí, nebo zcela potlačí expresi cizorodého genu. Pro stanovení míry exprese vneseného genu se využívá metoda PCR, ovšem díky této metodě je pouze možné zjistit, zda se do genomu cizorodý gen inkorporoval, míra exprese se stanovuje jen nepřímou.

Dopředu nelze ani odhadnout zda a jak dlouho si hostitelský organismus získanou vlastnost uchová. Vzhledem k tomu, že nelze stanovit míru exprese, nelze ani v průběhu několika let zjistit, zda a v jaké míře si organismus novou vlastnost ponechal.

S podobnými problémy se potýká v laboratoři každý, kdo se někdy geneticky modifikovaným organismům věnoval, i přesto však lze vyrobit transgenní organismy, jejichž nové vlastnosti se projevují v nezměněné podobě a tak se i předávají do dalších generací (Ambrozková, 2001).

Pro všechny nové výrobní technologie a pro produkty které vytvářejí, je charakteristická počáteční nedůvěřivost spotřebitelů a současná zvýšená přísnost kontroly jejich bezpečnosti a spolehlivosti. Platí to rovněž pro aplikace genových technologií v zemědělství. Seriózní odpověď na otázky spojené s riziky pěstování GM odrůd nám mohou poskytnout především řádné vyhodnocení všech laboratorních experimentů, polních pokusů i produkčních ploch GM odrůd rostlin (Vejl, 2007).

Prvořadým cílem veškerých hodnocení je zjištění bezpečnosti transgenních organismů z hlediska možných zdravotních rizik pro zdraví člověka a zvířat. Pro hodnocení rizik veškerých GM plodin určených k využití jako krmiva nebo potraviny se využívá porovnání nové potraviny s vhodnou srovnávací potravinou, jejíž bezpečnost byla dlouhodobě prověřena. Jakékoliv zjištěné rozdíly jsou pak podrobeny dalším hodnocením bezpečnosti a součástí těchto

testů jsou i hodnocení toxicity a alergenity. Jedná se tedy o komplexní vyhodnocení všech údajů důležitých pro zajištění bezpečnosti nové potraviny či krmiva (Rakouský, 2008).

Z bezpečnostních důvodů musí dle Směrnic EU biotechnologové žádat o povolení opakovaně v různých fázích projektu, a to v laboratoři, ve skleníku, na pokusném poli, kdy je povolení v kompetenci členského státu a nakonec pro produkční pěstování, které musí být schváleno Evropskou komisí (Custers a kol., 2006).

Legislativa přesně popisuje kdo, kdy, kde a jak smí s GM materiálem manipulovat a tím je zajištěno zamezení potenciálního úniku vektorů nebo transgenních materiálů do životního prostředí (Vejl, 2007).

3.10.1 Rizika při uvolňování GMO

Ve spojení s geneticky modifikovanými rostlinami se nejčastěji hovoří o rizicích zdravotní závadnosti, ovšem skutečné riziko představuje únik modifikací do prostředí a spolu s tím velmi těžko odhadnutelné následky těchto úniků. V případě, že existuje možnost úniku do přírody, je nutné případ od případu podrobit procesu hodnocení rizik. Významnými vlastnostmi pro možné úniky transgenů jsou především křížení rostlin a jejich schopnost šíření. Rostliny a jejich populace v přírodě mají řadu vlastností, které případné odhady a hodnocení rizik velmi komplikují (Krahulec, 2008).

Při odhadu rizik se zvažuje celá řada aspektů. Jedná se například o rizika, kdy by GM plodiny mohli pronikat do přírodních a zemědělských ekosystémů, mohli by se křížit s dalšími druhy a zvyšovat jejich pleveľný charakter, mohly by přispívat k horizontálnímu šíření transgenů, dále by mohly mít sekundární ekologické dopady, mohly by vést ke vzniku nových škůdců a nových onemocnění plodin, mohly by mít vliv na biodiverzitu a v neposlední řadě by mohly ovlivňovat genetickou čistotu dalších plodin (Ovesná, 2005).

Rizika spojená s GM plodinami jsou spojena především s možností jejich úniku z kultur, buď pomocí semen, nebo přímým únikem genetického materiálu. Ve svém důsledku může dojít ke genetickému znečištění krajiny s následnými ekologickými a ekonomickými, morálními a v některých případech i právními škodami (Krahulec, 2003).

Transgenní rostliny se mohou šířit pomocí semen, ze kterých se může vyvinout velmi životaschopná rostlina a konkurenceschopností vytlačit tak přírodní druhy. U některých druhů jako je kukuřice, se nepředpokládá schopnost přežití v přírodě, protože byly vyšlechtěny do takového stupně, že se v přírodě neudrží. Zcela odlišné je to u rostlin jako je řepka, které jsou

velmi podobné svým planým příbuzným a lze předpokládat, že rostlina bude v přírodě schopna přežít (Custers a kol., 2006).

Semena většinou neunikají z polí, ale jsou ztraceny při dopravě či až při následném zpracování. U většiny druhů je velmi obtížné odhadnout, zda by jejich populace přežily v krajně delší časové období (Krahulec, 2003).

Šíření transgenů má jednak prostorovou a jednak časovou dimenzi, která je dána přenosem pylu či diaspor do okolí a dlouhověkostí celých organismů či jejich diaspor. Většina významných plodin patří mezi převážně cizospašné, a proto je s přenosem pylu potřeba počítat (Soukup, Holec, 2007).

Mezi největší rizika při zavádění GMO patří riziko přenosu genů z jednoho druhu na jiný druh. U většiny transgenních plodin je gen přenosný pylem na stejný druh rostliny a na blízké příbuzný druh. V oblastech, kde se nacházejí původní druhy kulturních rostlin, může křížení s GMO způsobit ohrožení genofondu kulturních rostlin. Další oblastí rizik jsou neočekávané změny ve společenstvech agroekosystémů, kdy i velmi malý vedlejší účinek GMO na necílové organismy může při plošném a dlouhodobém působení mít negativní vliv na změny společenstev (Kocourek, 2001).

Obohacování o geny křížením pěstovaných plodin probíhá u většiny příbuzných plevelných druhů a může vést až k zařazení rostliny do Červených seznamů, jako tomu bylo například u slivoně křovištní křížením s višní či třešní (Krahulec, 2003).

Významná je možnost hybridizace s planými příbuznými druhy. Rovněž je třeba zvažovat rozdílné regionální podmínky, a proto každá země musí prověřit možnosti interakce případných GM odrůd podle místních podmínek s agroekosystémy (Kučera, 2005).

Geny se mohou přenášet pylem z transegenní rostliny do přírody a mohlo by tak dojít k opylení plané rostliny příbuzného druhu. Plané rostliny by tak mohli získat některé transgenní vlastnosti, např. odolnost k herbicidu, což by dalo vzniku tzv. super plevelům. U některých plodin, jako jsou brambory, kukuřice nebo rajče, se u nás nevyskytují plané příbuzné rostliny, se kterými by se mohli křížit, ale třeba u řepky, trav a mrkve u nás plané příbuzné rostliny existují. Zvláště u těchto plodin je potřeba s možností rizika přenosu genů počítat (Custers a kol., 2006).

Bezpečností GMO se v EU zabývá EFSA, jejímž úkolem je poskytování objektivního, vědecky podloženého poradenství a jasných informací založených na nejaktuálnějších vědeckých poznatcích a údajích. GMO panel EFSA 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 (Stratilová, 2014).

Ve všech zemích EU a mnoha dalších zemích jsou před vydáním souhlasných stanovisek k uvolnění určitého GMO do životního prostředí posuzována možná rizika. Žadatel je povinen předložit spolu s žádostí veškerou odbornou dokumentaci, která slouží k prokázání bezpečnosti daného GMO. K předložené dokumentaci se vyjadřuje několik ministerstev, z nichž každé má svou odbornou komisi a expertní týmy. V České republice jsou jimi Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zdravotnictví. Uvádí se, že náklady na uvedení nové transgenní odrůdy se pohybují mezi 10 – 100 miliony USD, z čehož je nejnákladnější právě prověřování a dokazování bezpečnosti. Zajímavé je, že na druhé straně takový přístup není vyžadovaný u běžných šlechtitelských postupů, které neřízeným způsobem vytvářejí zcela nové kombinace dědičného materiálu (Rakouský, 2008).

Při hodnocení je nutné zvážit všechny klady a zápory, ovšem tím že většina transgenních rostliny jsou v pokusech poměrně krátkou dobu, je nutné k poznatkům přistupovat s vědomím, že výzkum ekologických souvislostí je poměrně mladý (Kocourek, 2001).

Většina poznatků o chování transgenů je velmi krátkodobá a podchycuje jen častější jevy, zatímco málo pravděpodobné případy vyplývající například z dlouhodobého přežívání rostlin v podobě semenných bank či klonů vytrvalých neznáme (Krahulec, 2008).

Před uvolněním GMO do prostředí a do oběhu se zvažují možné interakce s ekosystémy a zdravím člověka. Zvažují se účinky, které by mohly být přímé a nepřímé, okamžité a opožděné. Přímými účinky se rozumí prvotní účinky, které jsou důsledkem působení GMO, zatímco nepřímými účinky jsou ty, co se projeví příčinným řetězcem dalších událostí. Pozorování nepřímých účinků mohou být časově opožděna, a proto se u uvolněných GMO do prostředí vyžaduje monitoring (Ovesná, 2005).

Posuzování možných rizik při uvolňování odrůd GM plodin pro průmyslové účely probíhá stejně jako u ostatních GMO a tj. případ od případu. Tedy podle bezpečnosti organismu příjemce, vložených genů a jejich účinku v rámci organismu dárce i příjemce, možností přenosu do jiného organismu a rekombinace dědičné informace (Rakouský, 2008).

Při hodnocení užitných vlastností se měří parametry ve strategii s GMO ve srovnání strategie s klasickou plodinou bez GMO. Výsledkem posuzování je stanovení hodnoty rizika GMO, která se porovnává s rizikem spojeným s původním organismem a tento rozdíl v riziku se porovnává s užitekem, který nový organismus ve srovnání s původním přináší (Kocourek, 2001).

3.10.1.1 Rizika při uvolňování hlavních plodin

Pro pěstitele mají význam především rizika spojená s tokem genů mezi příbuznými rostlinami. K cizosprášení může docházet v rámci jedné plodiny, ale také mezi různými plodinami, či mezi plodinou a příbuznými planými či plevelnými druhy. V rámci domestikace však kulturní rostliny získaly řadu zábran, díky kterým mají často možnost křížení omezenou. Velká pozornost je věnována možnostem vzniklých kříženců s transgenními plodinami ovlivnit ekosystémy. Riziko vstupu samotných transgenních plodin do přirozených ekosystému je relativně nízké, jinak je ovšem potřeba k hodnocení rizik přenosu genů přistupovat v genetických centrech kulturních rostlin, kde se nacházejí původní formy nebo jiné blízké příbuzné rostliny. Narušení genetické diverzity introgresí cizích genů se někdy nazývá jako genetické znečištění (Soukup, Holec, 2007).

Mezi neproblematičtější plodinu z tohoto pohledu patří řepka, u které dochází k poměrně snadnému přenosu pylu do okolí a také vytváří velmi perzistentí, dlouhověkou půdní zásobu semen (Soukup a kol., 2005).

Pylová zrna řepky jsou šířena větrem a prostřednictvím hmyzu. Pravděpodobnost hybridizace klesá se zvyšující vzdáleností. Dle matematických modelů bylo zjištěno, že izolační vzdálenost 200 m umožňuje s pravděpodobností 95 % dosáhnout kontaminace netransgenních porostů řepky pod úrovní 0,3 %. V souvislosti s hybridizací řepky přichází do úvahy především *Brasica rapa* a *Brasica oleracea*. Prakticky reálné se také ukázalo riziko vzniku zaplevelujících kulturních rostlin s vícenásobnou rezistencí k herbicidům, které je podloženo výsledky testů rezistence řepky z výdrolu. Ukázalo se, že po pěstování transgenních odrůd s tolerancí k imidazolinonům a glufosinate-amoniu byly na poli zjištěny rostliny z výdrolu rezistentní nejen k těmto účinným látkám, ale i ke glyphosate v důsledku sprášení ze sousedního pozemku (Soukup, Holec, 2007).

V rámci prověřování dálkového přenosu pylu a cizosprášení u pšenice na zkušebních pozemcích byly společně pěstovány různé odrůdy pšenice v pozicích donora a recipienta. Z výsledků bylo možné sledovat dolet vitálního pylu, schopného opylení i oplození i na vzdálenost 100m. Úroveň cizosprášení byla velmi nízká a významně se uplatňovala jen v bezprostřední blízkosti zdroje pylu (Soukup a kol., 2005).

V případě ověřování možnosti úniku transgenu při uvolňování transgenní pšenice bylo prokázáno, že v ČR se na řadě lokalit vyskytuje *Elytrigia intermedia*, která může sloužit jako

můstek pro přenos transgenu a v lokalitách s výskytem této rostliny by zřejmě nebylo vhodné doporučovat pěstování GM forem pšenice zejména herbicid rezistentních (Kučera, 2005).

U rodu řepa existuje v Evropě několik druhů a poddruhů kulturních, plevelných a planě rostoucích forem, z nichž řada je vzájemně a prakticky bez zábran křížitelná. V oblastech společného výskytu planě rostoucích a kulturních řep dochází k oboustranné výměně genů. V porostu cukrovky již delší dobu dochází k předávání dominantní formy genu vybíhavosti z plevelné řepy, které má za následek znak jednoletosti. Pokud by došlo ke křížení těchto jednoletých kříženců s transgenními odrůdami tolerantními k herbicidům, chorobám či škůdcům, mohl by se zkomplikovat dosavadní způsob jejich regulace (Soukup, Holec, 2007).

V případě možnosti úniku transgenu při uvolňování transgenního lnu bylo zjištěno, že u lnu setého dochází k cizosprášení, ale nebylo potvrzeno, že by v podmínkách ČR docházelo k přenosu pylu na *Linum flavum* a ke vzniku fertilního potomstva. Semeno lnu z výdrolu a ve zbytcích po zpracování rostlin si neuchovalo klíčivost do dalších let.

Při uvolňování transgenního hrachu výsledky polního testování potvrdily, že podíl cizosprášení je u kulturního hrachu extrémně nízký a z toho vyplývá, že GM hrách představuje z hlediska úniku pylu zanedbatelné až nulové ekologické riziko a poměrně malá prostorová izolace umožní bezproblémovou koexistenci (Ovesná, 2005).

Nejméně problematickou se zdá z hlediska přenosu genů kukuřice. V našich podmínkách nemá žádnou blízkou příbuznou rostlinu a zaplevelující formy se vyskytují pouze málo, takže k hybridizaci může docházet pouze mezi rostlinami v kulturních porostech, čemuž se lze poměrně úspěšně bránit jednoduchými technickými opatřeními (Soukup, Holec, 2007).

Často lze vzdálené křížence získat pouze v experimentálních podmínkách a v přírodních podmínkách ke křížení prakticky vůbec nedochází, nebo jen velmi zřídka a potomstvo pak není fertilní (Soukup a kol., 2005).

Technika transgenozie jde s dobou kupředu a vznikají tak i způsoby, kterými lze přenosu genů zamezit, např. cizí gen se přenesne ne do jaderné DNA, ale do DNA plastidů, z nichž se nemohou dostat do pylu (Custers a kol., 2006).

3.10.1.2 Rizika při uvolňování plodin odolných ke škůdcům

U rostlin s transgeny proti hmyzím škůdcům, by se mělo počítat se skutečností, že hmyz si v důsledku mutace může vyvinout rezistenci i k nové transgenní rostlině a následným rozmnožováním se stává nebezpečným škůdcem i pro ně. Vyhnout se této situaci lze, osemem části plochy netransgenní rostlinou, která slouží jako záložní zdroj nezměněného hmyzu. Necitlivost je obvykle recesivní a při křížení nezměněného hmyzu s mutantem pak vzniká potomstvo, které je opět citlivé. V takovém případě je ovšem zase nutné vyřešit problém se samovolným sprašováním společné osevní plochy (Custers a kol., 2006; Ambrozková, 2001).

Dalším potenciálním rizikem je možný přesun škůdce na jinou rostlinu. Vlivem vysoké koncentrace exprimovaných proteinů, hmyz nemusí danou rostlinu požírat vůbec a může si najít nový objekt svého zájmu.

Jednou z možností je také nárůst významu doprovodných, dříve minoritních škůdců, na které nebude účinkovat specificky účinný endotoxin určený jen proti úzkému okruhu škůdců.

A v neposlední řadě mohou mít transgenní plodiny vliv také na užitečnou složku hmyzího společenstva, a to jak pozitivně, tak negativně (Kocourek, 2001).

Možné riziko hubení neškodných organismů je dáno skutečností, že budou rovněž přicházet do kontaktu s toxinem, což je může za určitých okolností poškodit. Je třeba si uvědomit, že totéž v daleko větší míře platí i v tradičním zemědělství, kdy velké množství pesticidů ničí i neškodné organismy (Custers a kol., 2006).

3.10.1.3 Rizika při uvolňování plodin tolerantních k herbicidům

Pokud se vyvine transgenní plodina rezistentní k určitému herbicidu, tak právě proto, aby se mohl herbicid plně využívat, což vede ke zvyšování rizika vytvoření rezistentních plevelů. Rezistentní biotopy navíc nemusí vzniknout přímo na našem území, ale rizikem je také zavlečení na naše území spolu s GM plodinou, např. spolu se sójou, s jejímiž boby či výlisky jsou k nám již dlouhou dobu zavlékány různé plevele (Krahulec, 2003).

Další riziko může představovat neočekávaný pleiotropní efekt, který povede k nežádoucím změnám kulturních rostlin. Gen tolerance by také mohl způsobit to, že daná plodina nebude vhodná pro konzumaci nebo průmyslové zpracování. A v neposlední řadě by rozšíření genu rezistence mohlo vést k omezení použití jednotlivých účinných látek v neselektivních herbicidech (Kocourek, 2001).

Možnost vzniku rezistence k herbicidům, není problém jen v agrosystémech, ale je nutné si uvědomit, že herbicidy se využívají i na jiných místech jako jsou například železniční tratě či komunikace. Zde může nekontrolovatelné šíření plevelů způsobit vyšší využití herbicidů a s tím spojené vyšší náklady a z hlediska přírody je to zvýšené použití herbicidů jako takových (Krahulec, 2003).

Na území ČR byl prokázán nejvyšší počet plevelů s rezistencí vůči triazinům, riziko toku genů z vybraných plodin do planých ovšem nehrozí, neboť rezistence vůči triazinům u všech dosud u nás prokázaných plevelů je podmíněná změnami v chloroplastové DNA a ta se přenáší pouze po mateřské linii. Plevelé s rezistencí vůči glyphosatu nebyly na našem území prokázány (Ovesná, 2005).

Z obecného pohledu je využívání geneticky modifikovaných organismů v zemědělství velmi složitý problém, který vyžaduje důslednou regulaci a monitoring ze strany státní správy, odborných institucí i podporu výzkumu (Ambrozková, 2001).

Proces hodnocení potenciálních rizik GM plodin ve spojení se zdravím člověka a zvířat, jakož i ověřování zdravotní bezpečnosti GM plodin a potravin, je dobře propracován a skýtá tak dostatečnou záruku ochrany zdraví člověka i hospodářských zvířat. Nejen že doposud nebyl vědecky prokázán jediný případ nepříznivého vlivu na zdraví člověka a zvířat GM plodin a potravin z nich vyrobených, ale naopak se ukazuje, že některé plodiny jako např. Bt kukuřice významnou měrou přispívá ke snížení obsahu kancerogenních fumonisinů v zrna (Rakouský, 2008).

3.11 Přístup ke GMO

Firmy zaměřující se na biotechnologie v počátcích uvádění GMO na trh udělaly jednu velkou chybu. Soustředily se totiž na propagaci u zemědělců, ale úplně ignorovaly finálního odběratele, totiž konzumenty potravin. Firmy se domnívaly, že běžní občané budou od farmářů kupovat GM produkty automaticky. Touto krátkozrakou politikou založily firmy krizi, která se začala citelně projevovat po roce 1999. V 80. letech v Evropě začaly vznikat směrnice o nakládání, pěstování a prodeji GMO a tehdy by i průměrný analytik signalizoval rodící se nebezpečí v odporu občanů a to, že takové nálady budou také podporovány konkurenčními firmami.

Stačilo málo, a to, aby byly souběžně s vývojem nových transgenních odrůd zároveň propagovány nejen mezi zemědělci, ale hlavně u spotřebitelů. Zkrátka bylo důležité od samého začátku vývoje převzít iniciativu, ovšem biotechnologické firmy se nechaly zatlačit do obranné taktiky, která je nešťastná (Drobník, 2001).

Vesměs, jako u každé nově zavedené technologie, se diskutují především otázky, které jsou atraktivní pro širší okruh obyvatelstva, jako jsou např. zdravotní a ekologická rizika (Soukup a kol., 2005).

Řada názorů kritizujících genové technologie byla vyřčena laiky bez znalostí a ve výsledku se stala moderní záležitostí (Vejl, 2007).

Je důležité si uvědomit, že obchodní zájem není vždy v souladu se zájmem lidí, natož lidské populace. Kromě toho věda se vyvíjí velmi rychle a veřejnost je často vystavována již zpracovaným, zjednodušeným a účelově přizpůsobeným informacím, čehož využívají některé skupiny pro vlastní zájmy. Klíčem pro modernizace v zemědělství je objektivní informování veřejnosti prostřednictvím účinných a seriózních informací, které mohou změnit názory a pocity občanů (Drobník, 2014).

Zatímco v mnoha částech světa byla nová technologie přijata bez povyku, do Evropy se dostala v nevhodnou dobu, a to v polovině 90. let. V té době se totiž rozpoutala krize kolem nemoci šílených krav (BSE) a Creutzfeldt-Jakobovi choroby, a přestože úřady ujišťovaly občany o bezpečnosti, již vznikla nedůvěra v bezpečnost potravin, na níž doplatily i GM plodiny. Skupiny jako Greenpeace rozvířily vlnu veřejného odporu a vědci byli obviňováni, že se vměšují do přírody (Hendreson, 2014).

V První řadě je tedy potřeba změnit postoj EU k biotechnologickým plodinám. Mnoho lidí si myslí, že parlament EU je těžce ovlivněn ekologickými skupinami a v brzké době svůj postoj měnit nebude. Vývojáři biotechnologických plodin čelí 3 – 5 letům zpoždění při schvalování nových odrůd. Odhaduje se, že například podíl dovezené sóji tvoří až 90 % GM plodin, což působí stále obtížnější situaci dovozcům nebiotechnologické sóji. Je tedy nejvyšší čas, aby v této věci začala EU jednat (ISAAA, 2016).

Státní správa je v případě GMO vystavena riziku možných chybných rozhodnutí. Zákaz GMO ohrožuje konkurenceschopnost a narušuje pozitivní vývoj technologií, zatímco v případě liberálního přístupu by skutečně mohlo dojít k dílčím nežádoucím dopadům na životní prostředí nebo stabilitu zemědělské výroby (Kocourek, 2001).

Fakt, že je rostlina geneticky modifikovaná, neříká nic o tom, zda je bezpečné ji jíst nebo ovlivní-li prostředí. Důležité je, co dělají geny, jež jsou do ní vloženy, a jak farmář s plodinou zachází. Některé transgenní rostliny jsou prospěšné, zatímco jiné mohou představovat riziko.

Z toho vyplývá, že jediný rozumný způsob, jak ji hodnotit, je dívat se na jednotlivé plodiny případ od případu (Henderson, 2014).

3.12 Perspektivy GMO

Na světě trpí trvalou podvýživou více než 800 milionů lidí. V rozvojových zemích umírají ročně 3 miliony dětí, protože mají nedostatek potravin. Nedostatek potravin vede i k nedostatku některých součástí výživy, jako je vitamín A, železo, jód apod. Jsou to závažné věci zvláště, když ve skutečnosti je všeho dost pro všechny. Reálně však není možné přerozdělovat potraviny ze zemí, které jich vyprodukují hodně, těm kteří jich mají málo. Cílem je umožnit všem, aby si ve své zemi mohli vyprodukovat dostatek potravin. Rozvojové země mají však mnoho vážných problémů: pouště, extrémní teploty, slané půdy, chudé půdy a kromě toho někdy více než polovinu úrody zničí škůdci. Zde mohou pomoci biotechnologie, které jsou skutečně schopné zvýšit výnosy rozvojových zemí (Custers a kol., 2006).

Transgenní rostliny mohou poskytnout dostatek potravin pro stále rostoucí lidskou populaci a potraviny budou zdravější. Na polích se budou pěstovat rostliny schopné produkovat vlákna, degradovatelné plasty nebo léčiva a vitaminy (Kocourek, 2001).

V roce 2006 využívalo výhod GM plodin přes 10 milionů zemědělců, přičemž 90% z nich pocházelo ze zemí třetího světa. Už tehdy se tedy začaly vyplňovat představy odborníků předpokládajících to, že ve druhém desetiletí jejich využívání se stane významným nástrojem k dosažení požadovaného cíle snížení celosvětové chudoby (Rakouský a Hraška, 2007).

GM rostliny umožňují bezpečnější zemědělské práce a to především v rozvojových zemích, kde jsou dodnes postřiky aplikovány ručně a farmáři pak trpí různě vážnými onemocněními (Stratilová, 2014).

Mezi GM plodiny, ve kterých jsou spatřovány možnosti pro třetí svět, patří například rostliny odolné k chorobám, protože zemědělci rozvojových zemí často nemají prostředky na nákup pesticidů. Další možností jsou rostliny odolné ke stresům, což by pomohlo řešit extrémní podmínky rozvojových zemí. Třeba kořenovník obecný má gen pro toleranci k soli. Také zlatá rýže, která je obohacena o β -karoten, představuje řešení jednoho z největších problémů rozvojových zemí, nedostatek vitamínu A. (Custers a kol., 2006).

Dle studie EC JRC Sevilla byly odhadované perspektivy spatřovány v nových GM plodinách a květinách odolných k herbicidům, vůči hmyzu, s obsahem modifikovaných škrobů

a mastných kyselin, s pozměněnou barvou a tvarem květů, s řízeným zráním plodů, odolných vůči houbovým a virovým chorobám, s obsahem modifikovaných proteinů, řepku s vysokým obsahem erukových kyselin, odolné vůči abiotickým stresům, s vyšším výnosem, pro molekulární farming, obsahující komponenty pro „funkční“ potraviny, s vyšším obsahem ligninu a modifikované rostliny pro alergiky (Ovesná, 2003).

Dle (ISAAA, 2018) lze konstatovat, že odhadované perspektivy byly reálné. Mezi komerčně využívané GM odolné k herbicidům patří: *Medicago sativa*, *Brassica napus*, *Dianthus caryophyllus*, *Cichorium intybus*, *Gossypium hirsutum* L., *Agrostis stolonifera*, *Linum usitatissimum* L., *Zea mays* L., *Brassica rapa*, *Solanum tuberosum* L., *Oryza sativa* L., *Glycine max* L., *Beta vulgaris*, *Triticum aestivum*. Odolné k hmyzu: *Gossypium hirsutum* L., *Solanum melongena*, *Zea mays* L., *Populus sp*, *Solanum tuberosum* L., *Oryza sativa* L., *Glycine max* L., *Saccharum sp*, *Lycopersicon*. Se změněným růstem / výnosem: *Eucalyptus sp.*, *Zea mays* L., *Glycine max* L. Se změněnou kvalitou produktu: *Medicago sativa*, *Malus x Domestica*, *Brassica napus*, *Dianthus caryophyllus*, *Zea mays* L., *Cucumis melo*, *Petunia hybrida*, *Solanum tuberosum* L., *Oryza sativa* L., *Rosa hybrida*, *Glycine max* L., *Nicotiana tabacum* L., *Lycopersicon esculentum*. Odolné k chorobám: *Phaseolus vulgaris*, *Carica papaya*, *Prunus domestica*, *Solanum tuberosum* L., *Cucurbita pepo*, *Capsicum annum*, *Lycopersicon esculentum*. Tolerantní k abiotickým stresům: *Zea mays*, *Glycine max* L., *Saccharum sp*. S řízeným systémem opylení: *Brassica napus*, *Cichorium intybus* a *Zea mays* L.

Nejvíce schválení GMO pro komerční využití proběhlo v roce 2015. Z většiny se jednalo o GM události s více vlastnostmi. Tento trend začal již v roce 2008 a vrcholil v roce 2016. Zemědělci se na tyto GMO zaměřují především pro snížení nákladů a vyšší hospodářský zisk. GM události s více než jednou vlastností zaujímají z celkového počtu schválených GMO v letech 1992 – 2016 nejméně 43%. Tento trend bude pravděpodobně pokračovat i v budoucnosti.

Celkový počet schválených potravin, krmiv a GMO pro kultivaci v roce 2016 odpovídal 115, 87 a 49, resp. celkový počet je 251 událostí. Z celkového počtu 251 schválení se jednalo o 82,6 % událostí s více vlastnostmi (ISAAA, 2016).

Předmětem výzkumu jsou GM plodiny, které by například mohli přinést světu prevenci zubního kazu. Pokud by se do plodin vnesl gen pro bílkovinu, která brání růstu bakterií, jež způsobují zubní kaz, lidé by mohli získat ovoce podporující zdraví zubů. Biotechnologové v belgickém Gentu studují, jak se rostliny samy chrání před svými nepřáteli. Mohli by tak vzniknout GM rostliny, které šetrně bojují například proti hád'átku. Předmětem zkoumání jsou

také GM brambory, které navozují imunitu vůči hepatitidě typu B, transgenní káva a čaj bez kofeinu, bavlníky s obsahem modrého pigmentu, rostliny, které vyrábějí plasty snadno rozložitelné půdními bakteriemi či transgenní rostliny, které hromadí některé těžké kovy (Custers a kol., 2006; Stratilová 2014).

V současné době se také vyvíjejí biotechnologické plodiny, které mohou pomoci snížit potravinový odpad (např. v USA je každoročně vyhozeno asi 31% potravin což představuje 18% z methanových emisí skládek) a dopad na životní prostředí. Jako příklad již schválených plodin lze uvést InnateTM generaci brambor, které jsou geneticky modifikovány tak aby tvořily méně černých skvrn, zůstaly déle bílé, mají nižší hladinu přirozeně se vyskytujícího asparaginu a jsou také méně náchylné k tvoření podlitin během skladování, což má za následek méně odpadů.

Výzkum se zaměřuje na plodiny odolné vůči hmyzu a herbicidům a to současně, ale také na výnos, přírůstek biomasy, odolnost vůči chorobám a zlepšení výživy a kvality produktů. To dokazuje, že veřejnost i vývojáři technologií se zabývají širšími potřebami jak zemědělců, tak spotřebitelů.

Přehled testovaných plodin v roce 2016: Banány odolné k Fusariu a bunchy top viru, pšenice odolná k chorobám, tolerantní k suchu, se změněným obsahem oleje a změněným složením zrna, jablek s lepší výživovou a energetickou hodnotou, s vysokým obsahem metabolizovatelné energie, brambory odolné proti hmyzu a nematodě, k pozdním plísním, méně podlitin a méně akrylamidu, omega-3-PUFAS lničky seté, hořčice s barnase-barstar systémem pro indukci heteróze, cizrna s odolností proti hmyzu, kajan indický s odolností proti hmyzu, cukrová třtina s tolerancí k suchu a rýže s β -karotenem (ISAAA, 2016).

4 Závěr

Cílem práce bylo zhodnocení současné situace v pěstování geneticky modifikovaných plodin. Z práce vyplívá, že i když je biotechnologie poměrně mladá věda, stala se již teď součástí naší civilizace. Pěstované plochy geneticky modifikovaných plodin každoročně narůstají a výzkum GMO jde také dopředu. Dle mého názoru by v současnosti bylo nejlepší zaměřit se na negativní postoj veřejnosti, který ve velké míře převládá v Evropské unii. Je potřeba lidem vysvětlit, že geneticky modifikované organismy jsou před uvolněním do životního prostředí a následným uvolněním pro trh podrobovány důsledným hodnocením jejich bezpečnosti, a proto jsou přehnaně negativní názory neopodstatněné.

Myslím si, že pokud se biotechnologům povede negativní veřejnost krůček po krůčku přesvědčit, o tom že jsou veškerá možná rizika pečlivě sledována a hodnocena, otevře se naší populaci možnost jak bojovat se zásadními problémy současnosti jako je ukončení hladu, dosažení potravinové bezpečnosti, zlepšení výživy a podpory udržitelného zemědělství, do budoucna možná i získání léků na různé lidské choroby či náhrad za fosilní paliva a další dosud nemyslitelné objevy pro lidstvo.

5 Seznam použité literatury

- Ambrozková, M. 2001. Riziko používání produktů z hlediska ochrany životního prostředí. In: Ministerstvo zemědělství ČR. Geneticky modifikované organismy a jejich využití v zemědělství. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 32 – 35 s.
- Bednář, J. 2000. Základy genového inženýrství rostlin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 104 s. ISBN: 80-7157-470-8.
- BEZK, občanské sdružení. V ČR se letos nebude pěstovat geneticky modifikovaná kukuřice. [online]. ekolist.cz. BEZK. ISSN 1802-9019. [cit. 08. 04. 2018]. Dostupné z <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/v-cr-se-letos-nebude-pestovat-geneticky-modifikovana-kukurice>.
- Custers, R., Vlieger, de E., Stoops, S., Gysel, van A., Verleyen, B. 2006. Průvodce biotechnologiemi. Biotechnologie v zemědělství a potravinářství. Academia. Praha. 104 s. ISBN: 80-200-1350-4.
- Čerovská, M. 2005. Pravidla Koexistence v rostlinné produkci. In: Ministerstvo zemědělství ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR, koexistence různých forem zemědělství. MZe. Praha. 56 – 63 s. ISBN: 80-7084-408-6. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/17398/GMO_text.pdf.
- Doubková, Z. 2005. Regulace GMO v České republice a Evropské unii. Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR, koexistence různých forem zemědělství. Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou. Praha. 64 s. ISBN: 80-7084-408-6. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/17398/GMO_text.pdf.
- Doubková, Z. 2008. Geneticky modifikované organismy – využití ve světě a v České republice. Roudná, M. (Ed.). Genetické modifikace – možnosti jejich využití a rizika. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 14 – 18 s. ISBN: 978-80-7217-493-0. Dostupné z <http://www.gate2biotech.cz/documents/download/3.pdf>.
- Drobník, J. 2002. Genetické modifikace a společnost. In: Drobník, J., Ondřej, M., Petr, J. (Eds.). Geneticky modifikované organismy v zemědělství. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 61 – 71. ISBN: 80-7271-107-5.
- Drobník, J. 2001. Geneticky modifikované organismy – stav a perspektiva pro zemědělce. In: Ministerstvo zemědělství ČR. Geneticky modifikované organismy a

jejich využití v zemědělství. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 5 – 10 s.

- Drobník, J. 2014. Předmluva. In: Stratilová, Z. (ed.). GMO bez obalu. Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin. 3 -5 s. ISBN: 978-80-7434-152-6.
- Evropská unie, 32001L0018. Úřední věstník L 106. 17/04/2001. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/18/ES. EUR-Lex. s. 0001 – 0039. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32001L0018&from=CS>.
- Evropská unie, 32003R1829. Úřední věstník L 268. 18/10/2003. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1829/2003. EUR-Lex. s. 0001 – 0023. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32003R1829&from=CS>.
- Evropská unie, 32003R1830. Úřední věstník L 268. 18/10/2003. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1830/2003. EUR-Lex. s. 0024 – 0028. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32003R1830&from=CS>.
- Evropská unie, 32003R1946. Úřední věstník L 287. 05/11/2003. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1946/2003. EUR-Lex. s. 0001 – 0010. Dostupné z <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32003R1946&from=CS>.
- Henderson, M. 2014. Genetika. 50 myšlenek, které musíte znát. Slovart, s. r. o. Praha. 209 s. ISBN: 978-80-7391824-8.
- Holec, J. Pěstování transgenních odrůd polních plodin – stav a perspektiva. Geneticky modifikované organismy. Sborník přednášek ze semináře pořádaného Ministerstvem zemědělství ČR a Českou zemědělskou univerzitou v Praze [online]. 2006 [cit. 2017-09-28]. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/17398/GMO_text.pdf.
- Chloupek, O. 2008. Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia. Praha. 320 s. ISBN: 978-80-200-1566-2.
- ISAAA, 2016. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. ISAAA brief No. 52. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. Ithaca, NY. 125 p. ISBN: 978-1-892456-66-4. Dostupné z <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/download/isaaa-brief-52-2016.pdf>.

- ISAAA, 2018. GM Approval Database. [online]. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp>.
- Jackson, T. 2016. Genetics in minutes. 200 key ideas of evolution and biology in an instant. Quercus Editions Ltd. London. 416 p. ISBN: 978-1-78429-606-3.
- Kocourek, F. 2001. Geneticky modifikované organismy v rostlinné výrobě. In: Ministerstvo zemědělství ČR. Geneticky modifikované organismy a jejich využití v zemědělství. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 22 – 26 s.
- Kučera, L. 2003. Koexistence různých způsobů zemědělského hospodaření v EU. In: Ministerstvo zemědělství. GMO v zemědělství a potravinářské produkci. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 27 – 36 s. ISBN: 80-8655-38-0.
- Kučera, L. 2005. Proč se pěstují geneticky modifikované plodiny – výsledky polních pokusů. In: Ministerstvo zemědělství v ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR, koexistence různých forem zemědělství. MZe. Praha. 14 – 24 s. ISBN: 80-7084-408-6. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/17398/GMO_text.pdf.
- Kumar, K. B. and Kumar, A. P., 2011. Insect-Resistant Transgenic Crops. In: Vudem, R. D., Poduri, R. N. and Khareedu, R. V., Pests and Pathogens: Management Strategies. India, p. 498, ISBN: 978-0-415-66576-6. Dostupné z https://www.researchgate.net/profile/Dashavantha_Vudem/publication/266139949_Pests_and_Pathogens_Management_Strategies/links/5943a68aa6fdccb93ab573b6/Pests-and-Pathogens-Management-Strategies.pdf#page=502.
- Khor, M. 2007. Preface of Co-founder of the Biosafety Capacity Building Package. In: Traavik T., Li Ching, L. (Eds.). Biosafety first – Holistic Approaches to Risk and Uncertainty in Genetic Engineering and Genetically Modified Organisms. Norsk institutt for genokolgi, Tromsø & Tapir Academic Press. Trondheim. p. 13. ISBN: 978-82-519-2113-8.
- Krahulec, F. 2003. GM rostliny: současnost a perspektivy. In: Ministerstvo zemědělství. GMO v zemědělství a potravinářské produkci. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 14 – 17 s. ISBN: 80-8655-38-0.
- Krahulec, F. 2008. Problematika hodnocení rizik geneticky modifikovaných rostlin při uvolňování do prostředí. In: Roudná, M. (Ed.). Genetické modifikace – možnosti jejich

využití a rizika. Ministerstvo životního prostředí. Praha. 24 – 28 s. ISBN: 978-80-7212-493-0. Dostupné z <http://www.gate2biotech.cz/documents/download/3.pdf>.

- Leibl, M. 2005. Geneticky modifikované organismy a ekologické zemědělství. In: Ministerstvo zemědělství v ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR, koexistence různých forem zemědělství. MZe. Praha. 51 – 54 s. ISBN: 80-7084-408-6
- Mason M. Information Disclosure and Environmental Rights: The Aarhus Convention. Global Environmental Politics. [online]. Srpen 2010. 10 (3). [cit. 2017-11-29]. Dostupné z http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/GLEP_a_00012.
- McAllister – Colo. J. Int'l Env'tl. L. & Pol'y, The Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making, and Access to Justice in Environmental Matters. Human Rights and Environment. [online]. 1999. p. 187. [cit. 2017-11-29]. Dostupné z <http://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals%2Fcolenvlp10&div=50&id=&page=>.
- Ministerstvo zemědělství, 2009 – 2017. Legislativa EU. [online]. eAGRI. Portál Ministerstva zemědělství. [cit. 2017-11-30]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/legislativa/geneticky-modifikovane-potraviny-a/legislativa-gmo/legislativa-eu/>.
- Ministerstvo zemědělství, 2009 – 2018. Legislativa ČR. [online]. eAGRI. Portál Ministerstva zemědělství. [cit. 2018-01-04]. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/legislativa/geneticky-modifikovane-potraviny-a/legislativa-gmo/legislativa-cr/ obsah cz mze ministerstvo-zemedelstvi_legislativa_Legislativa-ostatni_uplna-zneni_zakon-2004-78-GMO.html
- Ministerstvo zemědělství, 2009 – 2018. Legislativa ČR. [online]. eAGRI. Portál Ministerstva zemědělství. [cit. 2018-01-04]. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/legislativa/geneticky-modifikovane-potraviny-a/legislativa-gmo/legislativa-cr/ obsah cz mze ministerstvo-zemedelstvi_legislativa_Legislativa-MZe_uplna-zneni_Vyhlaska-2006-89-rostlinnekomodity.html.
- Ministerstvo zemědělství, 2009 – 2018. Ostatní předpisy ČR. [online]. eAGRI. Portál Ministerstva zemědělství. [cit. 2018-01-04]. Dostupné z

http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-2004-209.html.

- Ministerstvo zemědělství, 2009 – 2018. GM plodiny – Pěstování geneticky modifikovaných plodin. [online]. eAGRI. Portál Ministerstva zemědělství. [cit. 2018-03-27]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinna-vyroba/gmo-geneticky-modifikovane-organismy/?fullArticle=1>.
- Ondřej, M. 2002. Geneticky modifikované rostliny. In: Drobník, J., Ondřej, M., Petr, J. (Eds.). Geneticky modifikované organismy v zemědělství. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 35. ISBN: 80-7271-107-5.
- Opatrný, Z. 2011. Permakultura Integra aneb Martin Luther a GM plodiny. ANTHROPOLOGIA INTEGRATA. 2 (1). 118 – 125.
- Ovesná, J. 2005. Geneticky modifikované organismy a jejich možné uplatnění v rostlinné výrobě. In: Ministerstvo zemědělství v ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR, koexistence různých forem zemědělství. MZe. Praha. 3 - 13 s. ISBN: 80-7084-408-6. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/17398/GMO_text.pdf.
- Ovesná, J. 2003. GM rostliny: současnost a perspektivy. In: Ministerstvo zemědělství. GMO v zemědělství a potravinářské produkci. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 7 – 10 s. ISBN: 80-8655-38-0.
- Rakouský, S. a Hraška, M. 2007. Transgenní plodiny – realita perspektivy. In: Ministerstvo zemědělství v ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Geneticky modifikované organismy v agroekosystému a jeho okolí. MZe. Praha. 18 – 23 s. ISBN: 978-80-7084-588-2. Dostupné z http://www.bezpecnakrmiva.cz/soubory/sbornik_GMO_2007.pdf.
- Rakouský, S. 2008. Bezpečnost a zdravotní rizika geneticky modifikovaných plodin, potravin a krmiv z nich vyrobených. In: Roudná, M. (Ed.). Genetické modifikace – možnosti jejich využití a rizika. Ministerstvo životního prostředí. Praha. s. 18 – 23. ISBN: 978-80-7212-493-0. Dostupné z <http://www.gate2biotech.cz/documents/download/3.pdf>.
- Roudná, S. 2008. Otázky kolem využívání geneticky modifikovaných organismů a mezinárodní pravidla. In: Roudná, M. (Ed.). Genetické modifikace – možnosti jejich využití a rizika. Ministerstvo životního prostředí. Praha. s. 5 – 11. ISBN: 978-80-7212-493-0. Dostupné z <http://www.gate2biotech.cz/documents/download/3.pdf>.

- Soukup, J., Holec, J. 2007. Agroekologické aspekty pěstování transgenních plodin. In: Ministerstvo zemědělství v ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Geneticky modifikované organismy v agroekosystému a jeho okolí. MZe. Praha. 24 – 28 s. ISBN: 978-80-7084-588-2. Dostupné z http://www.bezpecnakrmiva.cz/soubory/sbornik_GMO_2007.pdf.
- Soukup, J., Holec, J., Čerovská, M. 2005. Vybrané agroekologické aspekty pěstování transgenních plodin. In: Ministerstvo zemědělství v ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR, koexistence různých forem zemědělství. MZe. Praha. 25 - 33 s. ISBN: 80-7084-408-6. Dostupné z http://eagri.cz/public/web/file/17398/GMO_text.pdf.
- Stratilová, Z. 2014. GMO bez obalu. Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin. Praha. 37 s. ISBN: 978-80-7434-152-6.
- Vejl, P. 2007. Geneticky modifikovaný organismus z pohledu genetiky a šlechtění. In: Ministerstvo zemědělství v ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Geneticky modifikované organismy v agroekosystému a jeho okolí. MZe. Praha. 3 – 14 s. ISBN: 978-80-7084-588-2. Dostupné z http://www.bezpecnakrmiva.cz/soubory/sbornik_GMO_2007.pdf.
- Vejl, P. 2007. Zamyšlení nad přístupem ke geneticky modifikovaným organismům. In: Ministerstvo zemědělství v ČR ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. Geneticky modifikované organismy v agroekosystému a jeho okolí. MZe. Praha. 15 – 17 s. ISBN: 978-80-7084-588-2. Dostupné z http://www.bezpecnakrmiva.cz/soubory/sbornik_GMO_2007.pdf.
- Vondrejs, V. 2010. Otazníky kolem genového inženýrství. Academia. Praha. 136 s. ISBN: 978-80-200-1892-2.
- Yonekura-Sakakibara, K., Saito, K. 2006. Genetically modified plants for the promotion of human health. *Biotechnol Lett* (2006) 28. 1938 – 1991.