

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Aktuální situace v pěstování geneticky modifikovaných
odrůd polních plodin v Evropské unii**

Bakalářská práce

Autor práce: Markéta Vlachová

Obor studia: Rostlinná produkce

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

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Aktuální situace v pěstování geneticky modifikovaných odrůd polních plodin v Evropské unii" 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 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce panu Ing. Josefu Holci, Ph. D., za svědomité vedení práce a věnování pozornosti i těm nejmenším detailům, dále svým rodičům za umožnění studia a připravení těch nejlepších podmínek.

Aktuální situace v pěstování geneticky modifikovaných odrůd polních plodin v Evropské unii

Souhrn

V této bakalářské práci se nachází aktuální souhrn o situaci pěstování geneticky modifikovaných odrůd polních plodin v Evropské unii. Použití těchto plodin v praxi na území Evropské unie je značně kontroverzní. Má mnoho příznivců a odpůrců. V práci je zpracováno jednoduché schéma tvorby geneticky modifikovaného organismu, přehled nejběžnějších genetických modifikací používaných ve světě. Dále práce obsahuje podrobné zmapování ploch v rámci Evropské unie, legislativu a postoj Evropské unie k samotnému pěstování. V práci se nachází výhody a nevýhody pěstování těchto plodin, s tím spojená i rizika uvolňování do přírody. Spojení s živočišnou produkcí týkající se použití geneticky modifikovaných plodin jako krmiva.

Práce poskytuje souhrn objektivních informací, z toho pak vyplývá, že Evropská unie na poli biotechnologií a geneticky modifikovaných organismů velmi zaostává, a to pouze z důvodu legislativních opatření. Na příkladech uvedených níže je vidět, že země, které před příchodem do Evropské unie geneticky modifikované plodiny pěstovaly, byly výrazně poškozeny tím, že po vstupu do Evropské unie musely pěstování přerušit či omezit. Tím se Evropská unie ochuzuje o možnosti ekonomického růstu v této oblasti a odkazuje se na stále potřebnější dovoz. I přes tyto postoje a názory je evropská ekonomika závislá na dovozu geneticky modifikovaných plodin a každoročně je dovezeno přes miliony tun těchto komodit.

Tento strach a odpor výrazně zpomaluje celkový rozvoj těchto technologií a veškerý potenciál, který by nám mohli nabídnout. Tato práce obsahuje jak legislativní omezení, tak základy nechuti veřejnosti k pěstování těchto plodin a dále přehled nejpěstovanějších plodin a přehled situace v Evropské unii.

Klíčová slova: geneticky modifikovaný organismus, pěstování GMO, biotechnologie, genové inženýrství, GMO a Evropská unie

Contemporary Situation in Genetically Modified Field Crops Growing in the European Union

Summary

This bachelory thesis contains contemporary summary of the situation of growing genetically modified varieties of field crops in the European Union. Using these crops in practice in the European Union is highly controversial and it has lot of supporters and opponents. In this work there is elaborated simple schemes of creation genetically modified organism, overview of the most common genetic modifications in the world. Furthermore the thesis contains detailed areas within the European Union as well as legislation and attitude to the cultivation itself. There are also advantages and disadvantages of growing these crops in the thesis and risks associated with releasing it to nature. Link to animal production associated with using genetically modified crops as feed.

The work provides a summary of objective informations, the thesis shows that European Union in the field of biotechnology and genetically modified organisms is lagging behind and just because of legislative measures. The examples below shows, that the countries, that cultivated genetically modified crops before entering European Union were seriously damaged, for economically side, by having to stop or reduce cultivation genetically modified crops. This deprives the European Union of the possibility of economic growth in this area and refers to increase needs for imports. Despite these attitudes and beliefs, the European economy is dependent on imports of genetically modified crops and over millions of tonnes of these commodities are imported each year.

This fear and resistance greatly slows the overall development of these technologies and all the potential they can offer to us. This work contains both legislative restrictions and the fundamentals of the public's reluctance to grow these crops, as well as an overview of the most cultivated crops and an overview of the situation in the European Union

Keywords: genetically modified organism, growing GMO, biotechnology, gene engineering, GMO and European Union

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Cíl práce	10
3	Literární rešerže.....	11
3.1	Geneticky modifikovaný organismus	11
3.2	Historie geneticky modifikovaných rostlin	11
3.3	Metodika vytváření geneticky modifikovaného organismu	14
3.3.1	Nepřímé metody.....	15
3.3.2	Přímé metody	15
3.4	Přehled geneticky modifikovaných rostlin.....	16
3.4.1	Transgenní rostliny.....	16
3.4.2	Cisgenní rostliny	16
3.5	Jednotlivé znaky vnášené do GM odrůd	17
3.5.1	BT technologie	17
3.5.1.1	BT kukuřice.....	17
3.5.1.2	BT brambory	18
3.5.2	HT technologie.....	19
3.5.2.1	HT kukuřice.....	19
3.5.2.2	HT cukrová řepa.....	19
3.5.2.3	HT sója	20
3.5.3	Rezistentní švestka	20
3.5.4	Průmyslové brambory	20
3.5.5	Nízkosacharidové brambory	21
3.5.6	Výživné modifikace	21
3.5.6.1	Sója.....	21
3.5.6.2	Bavlník	21
3.5.6.3	Rýže.....	21

3.5.7	Rezistentní papája	21
3.6	Pěstování GM rostlin	22
3.6.1	Svět	22
3.6.2	Evropská unie.....	25
3.6.2.1	Francie.....	27
3.6.2.2	Španělsko	28
3.6.2.3	Rumunsko	29
3.6.2.4	Portugalsko	31
3.6.2.5	Německo	32
3.6.2.6	Bulharsko	33
3.6.2.7	Slovensko	33
3.6.2.8	Polsko.....	34
3.6.2.9	Švédsko	34
3.6.3	Česká republika.....	35
3.7	GM odrůdy a živočišná výroba.....	37
3.7.1	Dovoz.....	38
3.8	Legislativa GM odrůd polních plodin v Evropské unii	38
3.8.1	Povolení pro pěstování v EU	41
3.8.2	Povolení pro dovoz a zpracování v EU.....	41
3.9	Detekce GMO	42
3.10	Přínosy a rizika pěstování GM odrůd polních plodin	42
3.10.1	Potřeba jídla	43
3.10.2	Ekologie, šetření životního prostředí	43
3.10.3	Riziko nekontrolovatelného šíření	45
3.10.4	Riziko vzniku rezistentních populací.....	45
3.10.5	Vliv na organismy	46
3.11	Postoj veřejnosti k pěstování GM odrůd polních plodin.....	47
4	Závěr	50
5	Literatura.....	51

1 Úvod

Trend rostoucí lidské populace a rozšiřování konzumní společnosti nevyhnutelně vede k vyšší potřebě potravinového zásobení. Tato potřeba vyúsťuje v neustálou snahu o zvýšení výnosu zemědělských plodin a zlepšování jejich odrůd.

Snaha vylepšovat, spočívá hlavně ve vývoji nových odrůd, či zlepšování odrůd stávajících. V dnešní době je možné se k dosažení těchto výsledků dostat pomocí klasického šlechtění, či genetickými technologiemi za vzniku geneticky modifikovaných rostlin, zkvalitňování vlastností odrůd je přitom, při použití genetických manipulací výrazně rychlejší než klasické šlechtění.

Geneticky modifikované plodiny jsou značně diskutabilní téma, a to především v Evropské unii, jejich výhody, nevýhody a předně rizika jsou neustále probírána. I přes to, že geneticky modifikované plodiny jsou na trhu již téměř 30 let a nepotvrdilo se žádné zdravotně závadné riziko, tak tyto plodiny narážejí na odpor veřejnosti. Tímto odporem je živena legislativa Evropské unie, která je snad nejpřísnější na celém světě, co se týká geneticky modifikovaných organismů. Tím si značně ubližuje, jak ekonomicky, tak i v biotechnologické a šlechtitelské oblasti.

Klasické šlechtění ve světě ustupuje biotechnologiím, jelikož jiné země si nechtějí nechat ujít potenciál, který tyto technologie poskytují. Biotechnologická oblast je ve světě již nedílnou složkou zemědělství, stejně jako u nás rozdělujeme konvenční a ekologickou produkci, ve světě rozdělují konvenční, ekologické, či organické a geneticky modifikovanou produkci.

Plochy geneticky modifikovaných plodin tak ve světě každým rokem rostou, zatímco plochy v Evropské unii mizí. A to následkem neustálých regulí a zákazů od Evropské komise, paradoxně je celé území Evropské unie závislé na dovozu plodin a produktů, které jsou na jejím území zakázány pěstovat a vyrábět. Každým rokem je dovezeno miliony tun těchto plodin. Dle mého je to výrazný krok zpět k větší soběstačnosti našeho území. Geneticky modifikované organismy se staly nedílnou součástí našich životů a plně se zapojily do potravních řetězců lidí i zvířat v různých zemích.

2 Cíl práce

Cílem práce je objektivně zhodnotit podloženými fakty rizika i výhody pěstování geneticky modifikovaných plodin. Zhodnotit a zmapovat situaci, která panuje v Evropské unii a jaké plodiny, jejich odrůdy jsou povoleny, či zakázány k pěstování.

3 Literární rešerže

3.1 Geneticky modifikovaný organismus

Geneticky modifikovaný organismus se dle zákona definuje jako organismus, jehož genetický materiál byl změněn genetickou modifikací. Modifikace je cílená změna genetického materiálu, které nemůže být dosaženo přirozenou rekombinací (Vejl 2007). Cílem je obohacení určitého organismu daného druhu o geny druhu jiného (transgenoze) nebo změna původní genetické informace díky genům stejného druhu (cisgenoze) (Kuciel & Urban 2016).

3.2 Historie geneticky modifikovaných rostlin

Již zhruba před 10 000 lety zasel *Homo sapiens sapiens* cíleně první semena rostlin do země. Do té doby náš druh přežíval pomocí lovu a sběru. Po lovu a sběru přešel k cílenému pěstování rostlin, došlo tak k zemědělské revoluci, což byl počátek domestikace rostlin a zvířat. Díky dalším zkušenostem byla opětovně vysévána jen semena z rostlin, které byly vzrostlejší a odolnější oproti ostatním rostlinám stejného druhu (Stratilová 2014). Od té doby vznikla řízenou evolucí řada zemědělských organismů, které jsou často velmi vzdálené od původních kmenových forem jak morfologicky, fyziologicky, tak i geneticky. Dle úrovně poznání a technických prostředků byly v průběhu domestikace užity různé postupy, jako jednoduchá selekce vhodných genotypů nebo záměrné křížení, rozšiřující genetickou základnu o požadované vlastnosti (Soukup & Holec 2007). Tak se nastartovala éra šlechtitelství (Stratilová 2014).

Historii geneticky modifikovaných rostlin muselo zákonitě předcházet pochopení jednoduchých principů základní genetiky, za jejíhož zakladatele je považován Johan Gregor Mendel, který tvrdil, že podoba organismu je složena z projevu jednotlivých vloh (dnes genů). Johan Gregor Mendel žil v Brně a v polovině 19. století se věnoval šlechtitelským pokusům s hrachem, na základě svých pokusů formuloval tři hlavní genetické zákony, které byly potvrzeny až v roce 1906 a tehdy byl pro tuto vědu formulován název genetiky (Ondřej 2002). Je nutno pochopit, že geneticky modifikované organismy poskytují výrazně větší zisk variability, ale nesmí se zapomínat, že variabilita je přirozený jev, který vzniká přirozenou rekombinací DNA, a to při crossing-overu, náhodném spojení vajíčka a spermie a při konjugaci, transformaci a transdukcí bakterií (Kuciel & Urban 2016).

Dalším krokem, důležitým pro rozvoj těchto technologií, bylo poznání molekulární genetiky, tedy znalost DNA. Struktura DNA byla objasněna v polovině 20. století, kdy se prokázalo, že gen je úsek dlouhého řetězce kyseliny deoxyribonukleové (DNA) (Ondřej 2002). Podstatná je také znalost tohoto řetězce a genetické informace v něm obsažené, která se nachází ve všech organismech žijících na naší Zemi s výjimkou některých virů, kde je DNA nahrazena RNA. Některé buňky obsahují i plazmidy, což jsou mimochromozomální genetické elementy, jejichž kružnicová DNA je přídatnou postradatelnou dědičnou informací organismu, které hrají na poli biotechnologií důležitou roli (Vondřejš 2010). Tento fakt byl znám již v padesátých

letech minulého století. Za objevení byla roku 1962 udělena Nobelova cena pánům Crickovi, Watsonovi a Wilkinsonovi (Vondrejs 2010).

Ve 20. století začaly vznikat šlechtitelské stanice zabývající se křížením a vytvářením různých odrůd rostlin. Různé odrůdy mohou být získány také pomocí mezidruhovými neboli vzdálené hybridizace, kde jsou kříženy rostliny jiných druhů. Vznikl tak například nový druh obilí s názvem *Triticosecale*, česky žitovec, který vznikl mezirodovým křížením pšenice a žita a zdvojnásobením počtu chromozómů. Kromě křížení začala být využívána také indukce náhlých neusměrněných dědičných změn neboli mutací (Stratilová 2014).

Tyto mutace mohou být dosaženy buď radiací, nebo chemickými látkami, které vedou k náhodným mutacím a translokacím genů (Cecchini et al. 1998). Ve dvacátých letech 20. století takto dosáhl pan Mullis dědičné změny vlastností u octomilky pomocí X paprsků, začaly se tak rozeznávat mutagenní účinky různých zdrojů (Vondrejs 2010). Takto vznikla například naše odrůda ječmene, Diamant, jež vznikla díky mutaci vyvolané ozáření zubařským rentgenem. Odrůda Diamant byla vytvořena docentem Josefem Boumem, který zubařským rentgenem ozářil zrno odrůdy Valtický. Mutací získal hustější a odolnější porost s výnosy vyššími až o 12 % (Stratilová 2014). Dalšími radiačními mutanty byly například odrůda Bor, což byla radiační odrůda chmele nebo odrůda jahodníku Vanda, která byla odolná k plísni šedé (Ovesná 2016).

V 70. letech přišly tkáňové kultury a možnost hybridizace (Ondřej 2002). Tkáňovými kulturami se rozumí propojení, tedy rekombinace molekul DNA *in vitro*, přenos těchto molekul do buněk, které dále cizorodou genetickou informaci předávají i svým potomkům (Vondrejs 2010). Všechny metody šlechtění mají ale jednu společnou věc, a to, že jsou založeny na kombinaci jedinců, jejichž dědičnou výbavu neznáme. V 80. letech se však objevila možnost genových manipulací – transgenoze (Ondřej 2002). Tento nebývalý rozvoj technologií a znalostí umožnil manipulaci s genetickou informací prokaryotních a eukaryotních organismů, a tím začal vývoj geneticky modifikovaných organismů (Ovesná & Demnerová 2014). První produkt genetického inženýrství vznikl již v roce 1972, byla to rekombinantní molekula DNA, která vznikla spojením λ fága a operonu *Escherichia coli*, tato kombinace byla přenesena do molekuly opičího viru SV40 (Kuciel & Urban 2016).

Dalším významným bodem pro vznik vytváření geneticky modifikovaných organismů bylo plánované spojení dvou molekul DNA pomocí enzymů, což se povedlo asi před 30 lety. Tak začala etapa nového odvětví genetiky nazývaného genové inženýrství (Ondřej 2002). Genetické modifikace zahrnují postupy, které jsou založené na klasickém křížení, mutagenезi a umělém výběru (Vondrejs 2010). Oproti dříve používaným postupům umožňují genetické modifikace vybavit kulturní rostliny vlastnostmi, které by bylo jinak nemožné nebo velmi obtížné do rostliny dostat (Soukup & Holec 2007).

Transgenoze je vnášení jednoho genu, či malé skupiny genů. Tyto geny jsou přesně zmapovány, tedy víme, kde se nacházejí a jakou vlastnost kódují. Nemícháme do rostliny neznámé geny (Ondřej 2002). Dáváme do ní však geny z cizích druhů, které nejsou blízké ani sexuálně kompatibilní. Transgenní geny do cílové rostliny nemůžeme dostat jinak než zavést

uměle. Současné biotechnologické možnosti výrazně rozšiřují genový fond a okruh modifikovatelných vlastností, není však zcela zmapováno, jak tyto cizí geny ovlivní hostitelskou rostlinu, či jejich vliv na okolní floru (Nijs et al. 2004).

Existuje i další způsob genové manipulace nazývaný se cisgenozí. Tento typ genetické modifikace zahrnuje vnesení přirozeného genu, například ze zkřížené pohlavně kompatibilní rostliny. Je zde využíváno jejich přirozených promotorů, které jsou v druhu přítomny po celá staletí (Schouten et al. 2006). Což znamená, že geny jsou přeneseny z rostliny, se kterým by se plodina mohla potencionálně přirozeně křížit (Ovesná 2016). Cisgenozí tedy může být chápána jako ekvivalent tradičního šlechtění, kde nedochází ke změně genového fondu (Lai et al 2005). Cisgenozí nenese žádná rizika spojená s účinkem na necílové organismy, půdní ekosystém, či vzniku alergie na geneticky modifikované potraviny. A proto je uvolnění cisgenních rostlin na trh stejně bezpečné jako uvolnění na trh nové odrůdy získané běžnými šlechtitelskými metodami (Schouten et al. 2006).

Z biologického hlediska je téměř lhostejné, z jakého organismu gen do rostliny dáme. Zde však přichází preference spotřebitelů, kteří mají nedůvěru k živočišným genům potencionálně přenesených do rostlin, přestože dosud nejsou v žádných pěstovaných transgenních odrůdách (Ondřej 2002). Proto zavedli zákonodárci a regulační orgány přísná kritéria zaměřená na uvolňování transgenních rostlin do životního prostředí (Schouten et al. 2006).

Největším rozdílem mezi cisgenozí a transgenozí je ten, že cisgenozí je přenesen gen přirozený, tedy takový, který by se za určitých podmínek mohl do rostliny přenést přirozeným výběrem. Přesto legislativa tyto dva pojmy nerozlišuje, to by mohlo znemožnit prozkoumání a pěstování cisgenních rostlin. Tím se dále omezuje veškerý další vývoj a zlepšování odrůd (Schouten et al. 2006). Zda se tato technika rozvine do nového mocného nástroje, tak závisí na několika faktorech, a to hlavně na přijetí biotechnologických výrobků ze strany spotřebitelů, proto by bylo vhodné nahlížet na legislativu a kontrolu transgenních rostlin a cisgenních rostlin odlišně (Bradford et al. 2005).

První transgenní odrůdy, které se začaly monokulturně pěstovat, byly v USA na trhu již v roce 1994 (Ondřej 2002). Byly to odrůdy lilku rajčete, který byl modifikován tak, aby si uchoval tvrdost vhodnou pro mechanizovanou sklizeň. Plody však zůstaly voňavé, nehnily a déle si tak udržely čerstvost. Této modifikace bylo docíleno sníženou produkcí enzymu, který štěpí pektin ve slupce a který v přirozeném stavu způsobuje měknutí plodu v období dozrávání (Vondřejš 2010). Cisgenní odrůda neboli odrůda získaná novými technikami genové editace, již byla komerčně pěstována mimo Evropu, kde ani není považována za geneticky modifikovaný organismus. Soudní dvůr Evropské unie však rozhodl, že tyto rostliny musí projít stejným schvalovacím procesem, což značně opoždí schválení a dostupnost těchto nových odrůd na trhu Evropské unie (Ichim 2019).

3.3 Metodika vytváření geneticky modifikovaného organismu

Spolu s poznatky molekulární genetiky je dnes možno vytvářet nové formy mikroorganismů, geneticky pozměněných rostlin i zvířat a na základě toho vyrábět aktivní biologické produkty (Kuciel & Urban 2016).

Vhodně upravený modifikační gen, tedy specifický úsek DNA, který byl izolován pomocí restrikčních enzymů a následně namnožen použitím metod klonování nebo PCR (Kuciel & Urban 2016), může být vložen do vektoru neboli přenašeče, odvozeného od plazmidu nebo virové DNA. Vektor, pomocná molekula DNA, byl postaven tak, aby se zajistilo předávání a projev cizorodého genu v novém organismu. Zároveň bylo žádoucí, aby se gen dal rozpoznat, či selektovat celý modifikovaný organismus. Pokud jde o to, aby byla odstraněna funkce některého z genů, může být zvolený gen poškozen působením mutagenního faktoru, což je postup aplikovatelný snadno pouze u haploidních buněk bakterií, nebo cíleným poškozováním genů metodou „knock out“, která je použitelná jen u některých organismů, které vykazují schopnost rekombinovat DNA (Vondrejs 2010).

Kuciel a Urban (2016) uvádí, že tvorba geneticky modifikované rostliny se dá rozepsat do několikastupňového procesu a to:

- identifikace genu na základě požadavků šlechtitele, spotřebitele
- izolace tohoto genu
- namnožení (amplifikování) tohoto genu
- propojení s vhodným promotorem a terminační sekvencí – tedy vznik transgenu
- zmnožení plazmidu v bakterii
- transformace rostlinných buněk pomocí přenašečů (vektorů) přímo, nebo přes mikroinjekce do jádra buňky, či pomocí chemických látek, či elektroporací
- integrace do genomu příjemce
- exprese genu v genomu příjemce
- ověření přenosu genu po několik generací
- prokázání bezpečnosti vůči přírodním ekosystémům a nezávadnost pro necílové organismy a spotřebitele

3.3.1 Nepřímé metody

Metody, při kterých se jako přenašeč cizorodé DNA používá vektor. Jako vektory jsou obvykle využívány specifické bakteriální plazmidy – zejména půdní bakteriální plazmidy bakterií rodu *Agrobacterium*, některé typy retrovirů, transpozónů, lipozómů nebo upravené spermie u živočichů (Vejl 2007). Tato metoda funguje na principu vazby signálních molekul na receptorové proteiny buněčných stěn (Vejl 2007). Vnášení genů z bakterie do rostliny není vůbec nic nepřírodního, je to přirozený systém (Ondřej 2002). Je založen na charakteristice dvouděložných rostlin, které při poranění orgánů začnou produkovat řadu fenolických látek, které jsou uvolňovány do půdy a díky pozitivní chemotaxi se aktivují geny virulence obsažené v Ti plazmidech bakterií. Vnější projev se u rostlin liší podle toho, jaký druh bakterie byl použit (Vejl 2007). U rostlin napadených *Agrobacterium tumefaciens* se zvýší intenzita buněčného dělení v místě poranění a vzniká nádor z dediferencovaných buněk – “crown galls” (Vejl 2007). Díky těmto nádorům získal výše zmíněný plazmid název Ti – z angličtiny Tumor inducing (Ondřej 2002). U rostlin, kde byla použita bakterie *Agrobacterium rhizogenes* je charakteristickým vnějším projevem tvorba tenkých kořínků, označováno jako “hairy roots” (Vejl 2007).

3.3.2 Přímé metody

Přímé metody jsou založeny na mechanickém, chemickém nebo elektro-fyzikálnímu principu přímého přenosu cizorodé DNA. Většinou probíhá s pomocí enzymu cílového organismu pro podpoření přijetí cizorodé DNA (Vejl 2007). Tyto metody jsou využívány hlavně u rostlin, pro které je transformace bakteriemi obtížná, například obilniny a cibuloviny (Ondřej 2002).

Biolistika je nejčastější způsob přímé transformace rostlin. Jejím principem je navázání DNA na mikročástice vzácného kovu – nejčastěji zlata, platiny či wolframu (Vejl 2007). Tento vzácný kov je poté přetvořen do zlatých kuliček, tzv. mikroprojektilů (Ondřej 2002). Cizorodá DNA společně se vzácným kovem je pomocí biolitického děla vnese do DNA cílového organismu. Metoda je využívána z důvodu možnosti vnesení cizorodé DNA i do meristémů, embrya, pylu nebo do jednoděložných rostlin, pro které jsou nepřímé metody značně problematické (Vejl 2007).

3.4 Přehled geneticky modifikovaných rostlin

3.4.1 Transgenní rostliny

Transgeny v odrůdách, používaných na kulturních polích, jsou v řádech desítek genů, zatímco počet transgenů, které byly v uzavřených laboratořích a sklenících přeneseny do rostlinného genomu je přes deset tisíc. Tento nepoměr je způsoben složitým uvolněním transgenních rostlin do oběhu a všeobecnou opatrností při vnášení těchto odrůd do přírodních ekosystémů (Ondřej 2002). Do rostlin jsou vnášeny hlavní typy transgenů, a to geny pro toleranci k některým herbicidům, geny pro rezistenci k hmyzím škůdcům, či virovým chorobám. Další skupinou jsou geny pro pylovou sterilitu nebo jiné specifické typy (Ondřej 2002). Dle Stratilové (2014) se můžeme setkat s geneticky modifikovanými rostlinami rozdělených do 5 generací. První generací jsou rostliny s geny proti chorobám, škůdcům a plevelům. Druhou generaci tvoří rostliny s větší odolností vůči abiotickým faktorům a stresům. Ve třetí generaci jsou rostliny s vyšší nutriční hodnotou, ve čtvrté ekologicky výhodné rostliny a v páté generaci se nachází rostliny, které mají smysl jako suroviny pro průmysl, či náhradu fosilních paliv (Stratilová 2014).

3.4.2 Cisgenní rostliny

Cisgenozé má velký potenciál překonat hlavní překážku v tradičním šlechtění. V klasickém šlechtění je divoká rostlina křížena s kultivarem. Divoká rostlina však zanechává ve výsledném kříženci i geny o které pěstitel nestojí. Tyto geny jsou většinou eliminovány generacemi zpětného křížení. Cisgenozé izoluje daný gen, který je jako jediný vložen do hostitelské rostliny. To může přímo zlepšit existující odrůdu, bez narušení genetické informace rostliny. Zvláště účinná se tato metoda uplatňuje na vegetativně se množících rostlinách, jako je brambor, banán, či jablko (Schouten et al. 2006). Jako příklad může být uvedeno zavedení genu rezistence vůči jablečné strupovitosti Vf, z divokého jablka. Tradiční šlechtění se tímto problémem zabývá už od 50. let (Schmidt & van de Weg 2005). I přes padesátiletý výzkum nové odrůdy jablek nesoucí gen Vf nedosahovaly stejných chuťových a strukturních kvalit. A to z důvodu vazebného odporu genu Vf. Nedávno byl gen Vf klonován a izolován, jeho přenos s použitím cisgenozé by mohl vést k lepším výsledkům v podstatně kratším čase (Belfanti et al. 2004). Produkty cisgenozé jsou více podobné rostlinám získaným mutagenezí nebo tradičními šlechtitelskými metodami, jelikož geny pocházejí z planých rostlin stejného druhu, proto by cisgenozé měla být, stejně jako výše zmíněné metody, vyloučena z označení GMO a regulována stejným způsobem jako tradiční šlechtění. Vzhledem k velkému potenciálu, kterým cisgenozé může urychlit šlechtitelský proces v rostlinách, by takové rozhodnutí výrazně zvýšilo ekonomické a environmentální vyhlídky zemědělství (Schouten et al 2006). Cisgenozé má velké výhody v tom, že jde o proces mnohem rychlejší, může být použito několik genů rezistence, což činí rozpad rezistence velmi nepravděpodobným. Cílené zavedení genu navíc nevyžaduje zdlouhavé křížení pro získání přijatelné komerční odrůdy (Vondrášková 2009).

3.5 Jednotlivé znaky vnášené do GM odrůd

3.5.1 BT technologie

BT biotechnologie se zaměřuje na modifikace pro odolnost vůči hmyzím škůdcům. Díky této úpravě plodiny nepotřebují tak časté ošetření insekticidy (Vondrejs 2010). V konvenčním zemědělství se používá nezměrné množství insekticidů na principu přirozeně se vyskytující půdní bakterie *Bacillus thuringiensis*, díky níž technologie získaly svůj název (Stratilová 2014). Kultury této bakterie se mohou používat i jako postřik, dříve Bathurin, dnes pod značkou Biobit WP (Walker et al. 2003) Tento postřik složený výhradně z bakterie vyhovuje i kritériím ekologického zemědělství (Drobník 2012). To znamená, že Bt toxin se v naší potravě může vyskytnout i při označení „bez GMO“, jelikož se může nacházet na povrchu plodiny v podobě použitého postřiku (Vejl 2007). Bakterie *Bacillus thuringiensis* vytváří Bt toxin (bílkovina), který poškozují trávicí trakt hmyzu určitého řádu, zároveň je ale neškodný pro jiné řády, například pro včely, lidi, či jiné organismy. Pomocí transgenoz byl gen pro produkci Bt toxinu přenesen do genomu cílové rostliny. Výsledkem je, že larva citlivá na tuto látku, uhynie po malém pozření rostliny. To zabraňuje dalšímu poškození a tak i potencionálnímu vzniku míst pro vnik jiného patogena (Stratilová 2014, Vondrejs 2010). BT technologie se využívají u kukuřice odolné vůči zavíječi kukuřičnému. Dále bavlníku odolného proti makadlovce bavlníkové a brambor odolných k mandelince bramborové (Vondrejs 2010).

Protože že rostlina není stresována postřikem ani poškozením hmyzu jsou výrazně zvýšeny výnosy geneticky modifikovaných plodin, u kterých je využita tato technologie (Raney 2006).

3.5.1.1 BT kukuřice

Kukuřice, která zaujímá značnou výměru orné půdy má řadu škůdců, mezi nejvýznamnější můžeme počítat i zavíječe kukuřičného, proti kterému byla vyvinuta speciální biotechnologie. Žírem housenek zavíječe kukuřičného dochází jak ke snížení výnosu, tak i kvality v důsledku možného vniknutí patogenu. V našich podmínkách má zavíječ kukuřičný jednu generaci za rok a housenky přezimují ve spodní části stébla kukuřice. Na jaře se začínají kuklit, po 10 až 25 dnech vylézají, z předem vykousaného okrouhlého otvoru ve stéble, motýli. Samičky pak kladou vajíčka na spodní list kukuřice, kde vylíhlé housenky škodí žírem, tzv. okénkují (Rotrekl 2014).

Bt toxin byl přenesen do genomu kukuřice. Výsledkem je to, že pokud housenka zavíječe kukuřičného napadne Bt kukuřici, toxin naruší její trávicí trakt a housenka zahyne. (Stratilová 2014). Dle Blahové et al. (2014) dokonce Bt kukuřice dosahuje až 150% výnosu biomasy oproti konvenčním odrůdám. To by mohlo způsobit výrazný posun technologie biopaliv a využití siláže kukuřice. V České republice se geneticky modifikovaná Bt kukuřice pěstovala od roku 2005 a byla používána téměř výhradně jako silážní kukuřice. Její produkce se však snižovala kvůli nedostatečné poptávce po geneticky modifikované plodině. I přesto, že se nikdy nepotvrdilo, že by bílkovina přenesená do Bt kukuřice vadila savcům, či dokonce člověku (Drobník 2012).

Důvodem snižování ploch Bt kukuřice je fakt, že je zde výrazně ztížena administrativa. Při pěstování této odrůdy je povino hlásit osevy, či evidovat sklizeň, která musí být oddělena a označena (Petr 2011).

Bt kukuřice má i další výhodu a to, že poškození zavíječem kukuřičným způsobuje otevřené rány a tím přístup dalších patogenů do rostliny. Následkem je sekundární poškození například houby rodu *Fusarium*, tyto houby produkují sekundární metabolity nazývané mykotoxiny, které působí na živočišný organismus negativně (Bakan et al. 2002). Projevují se například snížením imunity, poruchami reprodukce, poruchami nervové soustavy, či dýchacího ústrojí. Poškozují sliznici střeva a tím snižují využití živin. Poškozují i játra a ledviny. Dalším problémem je šíření mykotoxinů přes produkty takto napadených zvířat (Nedělník 2010). Obsah těchto mykotoxinů je u Bt kukuřice až stonásobně nižší oproti konvenčně pěstované kukuřici (Petr 2011).

První odrůdy byly v České republice zasety v roce 2005 na ploše 150 hektarů. V roce 2008 došlo k navýšení až na 8000 hektarů (Nedělník 2010). V dalších letech však plochy začaly klesat. V roce 2010 plocha činila pouze 4680 hektarů (Vrzalová 2010). Zařazení Bt kukuřice má však i další výhody, kukuřice má vyšší výnosy a to dle Petra (2011) o 5 až 10 %, je prostá mykotoxinů, což je výhodné jak při výrobě siláží, tak krmných směsí. Lze ji sklízet i na zrno a to díky menší lámavosti palic i v pozdější fázi (Truhlářová et al. 20010). Dále Bt kukuřice šetří životní prostředí díky vyloučení postřiku a snížení pojezdů po půdě (Nedělník 2010).

Bylo prokázáno, že pěstování této kukuřice má za následek malý, či žádný účinek na hojnost necílového hmyzu, tedy není narušena populace agroekosystému (Svobodová et al. 2010). Dále za 9 let pokusů pěstování této odrůdy, nebyla zaznamenána rezistence vůči proteinu produkovanému touto kukuřicí (Ichim 2019).

Tato modifikace je v dnešní době považována za nejspolehlivější ochranu proti zavíječi kukuřičnému, i zde je však nutné dodržovat opatření, které zabrání vzniku rezistentních populací. Tato opatření spočívají v uplatňování antirezistentních strategiích, jako pěstování alespoň 20 % plochy netransgeních hybridů pro uchování citlivosti místních populace zavíježe k Bt toxinu (Rotrekl 2014).

3.5.1.2 BT brambory

U brambor je BT technologie, neboli modifikace s využitím genu z bakterie *Bacillus thuringiensis*, využívána proti mandelince bramborové. Toxin z bakterie *Bacillus thuringiensis* se pak tvoří v listech bramboru a poté co se zmíněný škůdce zakousne do listu umírá na následky působení toxinu. Velikou výhodou je, že tato technologie umožňuje ekologicky chránit porost i bez poškození necílových organismů a většího utužení půdy (Pribylova 2006).

3.5.2 HT technologie

V poslední době se agrochemické společnosti soustředí na použití vysoce účinných herbicidů na plodiny, kde nemohly být z důvodu fytotoxicity použity. Tyto herbicidy mohou být v současné době použity díky genetické modifikaci rostlin založené na ochranné technologii, která se nazývá herbicidní tolerance (HT). Až 90% geneticky modifikovaných plodin je upraveno tak, že jsou tolerantní ke glyfosátu. To znamená, že rostliny bez genu pro tuto toleranci ošetření glyfosátem nepřežijí (Jursík 2011).

K vytvoření tolerance k herbicidům se využívá mechanismů, které se přirozeně vyskytují u rezistentních plevelů. Tyto mechanismy jsou pak pomocí transgenóze vpraveny do cílové rostliny. Vpravené geny jsou přitom přirozeně se vyskytující v přírodě, jako součásti genomu bakterií a vyšších rostlin (Jursík 2011). Plodiny vytvořené pomocí HT technologií jsou pěstovány již od roku 1996. Nejdůležitějšími modifikovanými rostlinami jsou bavlník, kukuřice, řepka a sója (Vondrejs 2010).

Již v roce 1981 byla zavedena řepka odolná k herbicidu s účinnou látkou triazine. Od té doby se výrazně zvýšila poptávka po plodinách odolných k herbicidům ALS, tedy herbicidům inhibující acetolaktásyntázu. Vzestup poptávky způsobil nedostatek účinných zbraní pro regulaci plevelů jako je *Ambrosia artemisiifolia* ve slunečnici, či druhu *Brassica* v řepce olejce a další (Lamichhane 2017). Plodiny takto modifikované výrazně ulehčují práci zemědělců a zároveň snižují počet pojezdů, či spotřebu nafty na agrotechniku dané plodiny. Dále i množství chemických herbicidů, kdy je umožněno místo mnoho přípravků použít pouze jeden (Gianessi 2005).

3.5.2.1 HT kukuřice

Kukuřice modifikovaná k odolnosti vůči herbicidům byla testována in a našem území. (Blahova et al. 2014). Konkrétně je to tolerance k širokospektrálnímu herbicidnímu glyfosátu. HT technologie je pro zemědělce méně náročná i nákladná, než konvenční způsob pěstování s aplikací většího množství herbicidů (Brookes & Barfoot 2013).

3.5.2.2 HT cukrová řepa

V současné době se používá cukrovka tolerantní k neselektivním herbicidům na bázi glyfosátu. Tyto odrůdy přinášejí pěstitelům alternativu v jinak nákladné a technicky náročné ochraně porostu proti plevelům, jelikož bez chemické ochrany proti plevelům není v intenzivním zemědělství většinu plodin prakticky pěstovat, což platí zvláště pro cukrovku. V Evropské unii, ani v České republice, není žádný typ modifikované cukrové řepy povolen, i přesto, že by povolení vedlo k úspoře nákladů a zjednodušení celé agrotechniky. Při polních pokusech s HT cukrovkou v Evropské unii, bylo dokázáno, že na potlačení plevelů u HT cukrovky stačí aplikace jediného herbicidu Roundup v 1-3 dávkách po 0,72 kg.ha⁻¹. Kdežto netransgenní odrůdy, na které byla použita směs herbicidů ve třech dávkách, potřebovali v celkové výši 3,17 kg.ha⁻¹ chemických látek na spolehlivou ochranu proti plevelům (Čeřovská & Soukup 2009).

3.5.2.3 HT sója

Geneticky modifikovaná sója je nejpěstovanější modifikovanou plodinou na celém světě. Nejužívanější odrůdou je Roundup Ready sója, která je tolerantní vůči herbicidní látce glyfosát. V Evropské unii je schválena pouze pro dovoz, nikoliv pro pěstování. V roce 2012 podala americká firma Monsanto žádost o umožnění prodeje osiva Roundup Ready odrůdy i na území Evropy. Podle Evropské unie je však pěstování této sóji nebezpečné pro životní prostředí, jelikož by aplikace širokospektrálního herbicidu mohla snížit druhovou rozmanitost daného agroekosystému (ÚZEI 2012).

3.5.3 Rezistentní švestka

Výsadby švestky jsou výrazně decimovány virem nazývaným šarka švestky neboli PPV. V 60. a 70. letech vážně poškodil velké plochy ovocných dřevin, a to švestek, meruněk a broskvoní. V USA se v roce 2011 uvolnila na trh odrůda švestky geneticky modifikovaná s rezistencí k PPV, tato odrůda se nazývala „HoneySweet“. Od roku 2001 probíhalo zkoušení této odrůdy i u nás ve Výzkumném ústavu v Ruzyni. Zkoušení probíhalo až do roku 2018, kdy byly vyhodnoceny výsledky. Na netransgenních výhonech z podnože byly příznaky PPV hojně nacházeny, na geneticky modifikovaných částech rostliny však jen velmi zřídka.

Důsledně byl monitorován i možný přenos transgenu do jiných rostlin v okolí, za osm let pozorování však nebyl prokázán jediný únik transgenu (Polák et al. 2018).

3.5.4 Průmyslové brambory

V roce 2010 byla na evropský trh schválena geneticky modifikovaná odrůda brambor jménem Amflora. Modifikace spočívá ve vyřazení syntézy amylozy, aby se tvořilo více amylopektinu, který je výhodný pro průmyslové využití. Využití nachází převážně v textilním průmyslu, či v papírenském průmyslu, kde je amyulóza nevhodná. Poměr těchto škrobů v konvenčním bramboru je 80 % amylopektinů a 20 % amylozy, v modifikovaném bramboru je to 98 % amylopektinu (Ptáček 2011).

Amflora byla schválena pouze jako brambora pro průmyslové využití, nikoliv jako brambora pro potravinářské účely. V České republice byla tato plodina pěstována v roce 2010 na 150 hektarech (Ptáček 2011). Produkce je omezena pouze na subjekty, kteří mají dopředu uzavřenou smlouvu s producentem. Smlouva obsahuje podmínky pro pěstování, nakládání i skladování, aby bylo vyhověno požadavkům Evropské unie (Petr 2011).

3.5.5 Nízkosacharidové brambory

Brambory byly modifikovány i pro nižší obsah cukrů. To z toho důvodu, že enzymatické pochody v bramboře se pozastavují při nižších teplotách, při kterých jsou většinou skladovány. Proces způsobuje nahromadění jednoduchých cukrů, což způsobí, že brambora zhnědne při zpracování, například při smažení. Kvůli tomu se pak produkt stává neatraktivní pro konzumenty, a tak byly brambory modifikovány pro nižší obsah cukru za pomoci bakterie *Lactobacillus bulgaricus* (Pribylova 2006).

3.5.6 Výživné modifikace

Plodiny nejsou modifikovány jen na snížení použití pesticidů, či zlepšení průmyslového zpracování. Jde nám také o výživu, výživu zvířat i lidí, proto dnes existují modifikace zvyšující nutriční hodnotu plodin (Petr 2011).

3.5.6.1 Sója

Změna složení mastných kyselin. Je modifikovaná tak, aby produkovala vyšší množství nutričně prospěšných omega-3-polynenasycených mastných kyselin (Petr 2011). Další modifikací může být například zvýšení hladiny sirných aminokyselin, konkrétně metioninu a cysteinu (Kadlec et al. 2005).

3.5.6.2 Bavlík

Snížení toxických látek, jako například gyssopolu, což umožní bezpečné využití v krmivářství. Obsah například gyssopolu v těchto modifikovaných semenech je téměř nulový (Petr 2011).

3.5.6.3 Rýže

V mnoha rozvojových zemích, kde rýže představuje hlavní zdroj výživy je velký nedostatek vitamínu A a železa, což přispívá k vysoké úmrtnosti dětí a matek. Proto byla geneticky namodifikovaná rýže tak, aby obsahovala více těchto látek. Tato rýže byla věnována společností Syngenta humanitární organizaci (Ježková 2011). Tato rýže se nazývá zlatá rýže, měla by obsahovat až 2 µg β-karotenu na 1 g rýže. Avšak pro tvorbu 1 mg vitamínu A (denní potřeba je 0,8 mg) je potřeba 6 – 12 mg β-karotenu, proto je tato transgenní odrůda zlatá rýže braná spíše jako doplňkový způsob pro pomoc rozvojovým zemím (Kadlec et al. 2005).

3.5.7 Rezistentní papája

Papája rezistentní k viru PRSV, tento produkt zachránil veškerou produkci papáji na Havaji, jelikož PRSV způsoboval neprodejnost plodů a následné odumření celého stromu. Virus bylo možné řešit pouze izolací, toto opatření však bylo pouze krátkodobé (Salava 2017).

3.6 Pěstování GM rostlin

3.6.1 Svět

Prvním geneticky modifikovaným rostlinným organismem dodaným na trh bylo rajče. Do komerční produkce se dostalo v USA v roce 1994. Od této chvíle se geneticky modifikované rostliny staly nedílnou součástí rostlinné produkce (Zdjelar et al. 2013). Komerčně se geneticky modifikované plodiny pěstují od roku 1995 (Jursík 2011). V roce 1996 byla oseta významná plocha geneticky modifikovanými plodinami, a to 1,66 milionu hektarů. Do roku 2011 plocha stoupla na více než 148 milionů hektarů (Brookes & Barfoot 2013).

V roce 2012 dokonce na 170 milionů hektarů, což je meziroční nárůst o více jak 10 milionů hektarů, tedy více než 6% (ÚZEI 2013). V tomto roce došlo k silným přírůstkům ploch geneticky modifikovaných plodin hlavně v rozvojových zemích (ČTK 2012). V roce 2013 plochy narostly na přibližně 175 milionů hektarů, což činí 3% nárůst od roku 2012. Z 27 států, bylo 18 států rozvojových zemí. Největším pěstitelem je USA, pěstují se zde geneticky modifikované plodiny jako kukuřice, sója bavlník, řepka, cukrovka, vaječná, papája a dýně (Froněk & Křístková 2014).

Nejdominantnější dnes pěstovanou geneticky modifikovanou rostlinou je bezesporu sója, která zabírá až 50 % celkové geneticky modifikované produkce. Na druhém místě je kukuřice tvořící 30 %. Dále bavlna se 14 %, řepka, rýže a cukrová řepa. Většina pěstovaných rostlin je tolerantní ke glyfosátu a dalším neselektivním herbicidům. Dalšími modifikacemi masivně se vyskytujícími jsou například odolnosti k různým škůdcům, pozmeněné složení živin, jako je zvýšení obsahu živin, či změna složení mastných kyselin (Zdjelar et al. 2013). Mohou se vyskytovat i modifikace pro produkci specifických proteinů, olejů, sacharidů, či modifikace pro zvýšení trvanlivosti produktů (Vejl 2007).

V letech 2003 a 2004 se například pěstovaná plocha veškeré sóji v USA skládala z 87 % z geneticky modifikované sóji. U kukuřice tomu bylo z 55 % a bavlnku 79 %. V Argentině a Uruguayi byl podíl geneticky modifikované sóji dokonce 99 % (Sanvido et al. 2006). V současné době je na světě povoleno pro pěstování více než 300 geneticky modifikovaných odrůd. V poslední době se objevují modifikace i u stromů pro rychlý růst ligninu, či okrasných rostlin, například modré karafiáty (Ovesná 2016).

V roce 2017 dosáhla plocha oseta geneticky modifikovanými rostlinami téměř 190 milionů hektarů, z čehož zastoupení Evropské unie reprezentovaly pouze dvě země, a to Španělsko a Portugalsko s celkovou výměrou 131 tisíc hektarů (Ichim 2019). V roce 2018 přijalo pěstování a dovoz geneticky modifikovaných plodin 70 zemí. Aktivními pěstiteli v roce 2018 bylo 21 rozvojových zemí a 5 průmyslově vyspělých zemí. Společně oseli plochu čítající 191,7 milionu hektarů.

V zemích jako je USA, Brazílie, Argentina, Kanada a Indie zemědělci přímo upřednostňují pěstování plodin pomocí této technologie. Současně tyto země zaujímají až 91 % celkové světové výměry geneticky modifikovaných plodin (ISAAA 2018). Plocha geneticky modifikovaných plodin ve světě roste, navzdory tomu, že v Evropě je trend pěstování těchto plodin úplně zakázat (Froněk & Křístková 2014).

Mezi nejvíce pěstované plodiny stále patří sója, kukuřice, bavlna a řepka. Postupně se však přidávají další plodiny jako je vojtěška, cukrová řepa, papája, tykev, brambory a jablka. USA je stále největším pěstitelem geneticky modifikovaných plodin s plochou 75 milionů hektarů (ISAAA 2018).

Tabulka č. 1: Přehled ploch geneticky modifikovaných plodin ve světě pro rok 2018 (ISAAA 2018).

Země	Rozloha [mil. hektarů]	Druh geneticky modifikované plodiny
USA	75	kukuřice, sója, bavlník, řepa, cukrová řepa, vojtěška, papája, tykev, brambory, jablka
Brazílie	51,3	sója, kukuřice, bavlník, cukrová třina
Argentina	23,9	sója, kukuřice, bavlník
Kanada	12,7	řepa, kukuřice, sója, cukrová řepa, vojtěška, jablka
Indie	11,6	bavlník
Paraguay	3,8	sója, kukuřice, bavlník
Čína	2,9	bavlník, papája
Pákistán	2,8	bavlník
Jižní Afrika	2,7	kukuřice, sója, bavlník
Uruguay	1,3	sója, kukuřice
Bolívie	1,3	sója
Austrálie	0,8	bavlník, řepka
Filipíny	0,6	kukuřice
Myanmar	0,3	bavlník
Súdán	0,2	bavlník
Mexiko	0,2	bavlník
Španělsko	0,1	kukuřice
Kolumbie	0,1	bavlník, kukuřice
Vietnam	< 0,05	kukuřice
Honduras	< 0,05	kukuřice
Chile	< 0,05	kukuřice, sója, řepka
Portugalsko	< 0,05	kukuřice
Bangladéš	< 0,05	lilek
Kostarika	< 0,05	bavlník, sója
Indonésie	< 0,05	cukrová třina
Svazijsko	< 0,05	bavlník
Celková plocha	191,7	

3.6.2 Evropská unie

Evropa začala s pěstováním geneticky modifikovaných plodin v roce 1998 s 23 tisíci hektary. Plochy byly víceméně stálé do roku 2003. Od roku 2004 do roku 2006 byla pěstební plocha asi 50 tisíc hektarů. Od roku 2007 do roku 2017 se plocha geneticky modifikovaných plodin v Evropě držela okolo 100 tisíc hektarů, nikdy však nepřesáhla hranici 150 tisíc hektarů (Ichim 2019).

Do Evropské unie v současné době patří 28 států. Jsou to Belgie, Francie, Itálie, Lucembursko, Německo, Nizozemsko, Dánsko, Irsko, Spojené království, Řecko, Portugalsko, Španělsko, Finsko, Rakousko, Švédsko, Česká republika, Estonsko, Kypr, Litva, Lotyšsko, Maďarsko, Malta, Polsko, Slovensko, Slovinsko, Bulharsko, Rumunsko a Chorvatsko. Členské státy respektují stejné směrnice vydávané Evropskou komisí a mají je zakomponované do svých ústav. Jsou zde zahrnuty i zákony o pěstování a nakládání s geneticky modifikovanými organismy.

První v Evropské unii začala s geneticky modifikovanými plodinami Francie a Španělsko, a to v roce 1998. Pěstovala se zde výhradně Bt kukuřice, odolná k zavíječi kukuřičnému (James 1998). V roce 2005, kdy se geneticky modifikované plodiny pěstovaly ve čtyřech členských státech Evropské unie, se poprvé objevily i u nás v České republice. Ostatními pěstujícími státy byly Francie, Portugalsko a Slovensko. (Rakouský & Hraška 2007).

V roce 2007 již pěstovalo pro komerční účely geneticky modifikované plodiny osm států. V roce 2008 se počet pěstujících států snížil na sedm, s celkovou plochou 107 tisíc hektarů, jednalo se pouze o geneticky modifikovanou kukuřici. V roce 2009 pěstovalo šest států na ploše 94 tisíc hektarů. Další rok přibyla nově povolena geneticky modifikovaná odrůda brambory jménem Amflora, v Evropské unii tak bylo 91 500 hektarů Bt kukuřice a brambory Amflory na území osmi členských států. Brambora Amflora, vyšlechtěná ve Švédsku, se nacházela v Německu, Švédsku a České republice (James 2010).

V následujícím roce 2011 vzrostla celková plocha pěstovaná stejným počtem členských států na 114 507 hektarů, z toho 114 490 hektarů Bt kukuřice a 17 hektarů brambory Amflory. Rok 2012 znamenal zákaz geneticky modifikované odrůdy brambory Amflora od firmy BASF, jelikož nezískala oprávnění pro další pěstování v Evropské unii, přesto však plochy geneticky modifikované kukuřice stouply na 129 071 hektarů (James 2012). V roce 2012 byly geneticky modifikované plodiny v Evropské unii pěstovány v pěti členských státech, a to ve Španělsku, Portugalsku, Rumunsku, na Slovensku a v České republice (ÚZEI 2013).

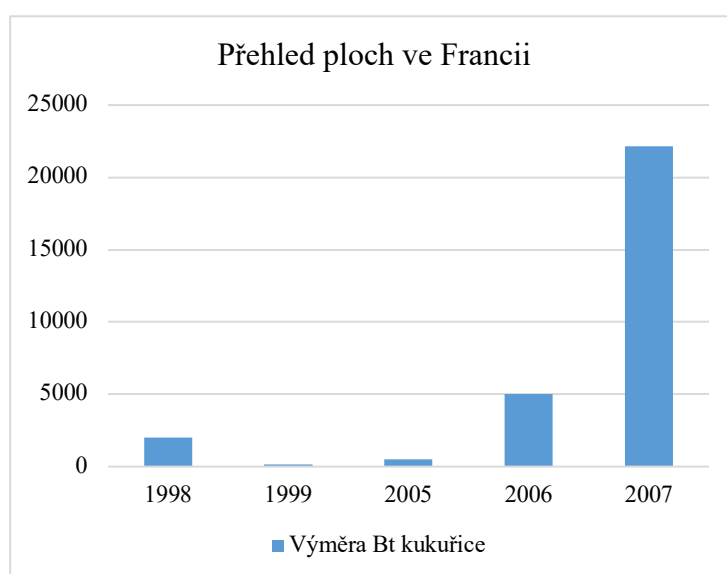
V roce 2013 se zvyšovaly nároky na pěstitele, ve všech členských zemích kromě Španělska plochy klesaly, celková plocha byla i tak vyšší než předcházející rok a to 148 013 hektarů (James 2015). Z této plochy se 2560 hektarů nacházelo v České republice (Froněk & Křístková 2014). V roce 2014 se do pěstování zapojilo opět pět zemí na 143 016 hektarech. Další rok pěstování ovlivnily mezinárodní nízké výkupní ceny a výměra pěstovaných modifikovaných plodin byla 116 870 hektarů (James 2015). V roce 2016 byly zapojeny čtyři země, veškerá plocha, 136 363 hektarů, byla oseta geneticky modifikovanou kukuřicí s názvem MON810 od firmy Monsanto, s odolností k zavíječi kukuřičnému (ISAAA 2017).

Následující rok 2017, pěstovaly geneticky modifikované plodiny pouze dvě země, a to Portugalsko a Španělsko na 131 535 hektarech. Ostatní členské státy Evropské unie od pěstování upouštěly i přes výrazné ekonomické výhody. Jelikož Evropská unie je výrazně závislá na importu geneticky modifikovaných plodin, či přímo zpracovaných plodin pro krmné účely již od roku 1998. Pro import, nakládání a dovoz bylo v roce 2017 povoleno 104 odrůd, pro pěstování však jen jedna odrůda geneticky modifikované kukuřice MON810 (ISAAA 2017). V roce 2018 s pěstováním pokračovaly dvě výše zmíněné země na 120 990 hektarech. U veškerých členských zemí, kromě níže uvedených, se nevyskytují žádné záznamy o pěstování geneticky modifikovaných plodinách (ISAAA 2018).

3.6.2.1 Francie

Francie byla jedním se zakládajících členů Evropské unie, ve které je členem od roku 1958. Geneticky modifikované plodiny se zde poprvé objevily roku 1998 na ploše asi dva tisíce hektarů. Jednalo se o geneticky modifikovanou odrůdu kukuřice odolné k zavíječi kukuřičnému (James 1998). V roce 1999 se jednalo pouze o 150 hektarů, v roce 2000 již v databázích byli pouze zmínky o malých pokusných plochách Bt kukuřice. V roce 2001 se na území Francie nevyskytovala žádná plocha s geneticky modifikovanými plodinami, ale země vyjádřila podporu k pěstování těchto plodin (James 2002).

Na pěstování geneticky modifikovaných plodin Francie navázala znovu v roce 2005, kdy se na jejím území pěstovalo 500 hektarů Bt kukuřice. Z toho 200 hektarů bylo použito pro monitoring životního prostředí, 100 hektarů pro experimentální užití a 200 hektarů pro komerční účely (James 2005). V dalším roce se na území Francie pěstovalo 5000 hektarů, primárně k prodeji do Španělska pro krmné účely (James 2006). V roce 2007 se plocha výrazně navýšila na 22 135 hektarů, jednalo se stále o odrůdu MON 810 z produkce firmy Monsanto. Veškerá produkce šla opět na prodej do Španělska. V roce 2007 se ve Francii začalo jednat o celoplošném zákazu pěstování geneticky modifikovaných plodin, od té doby, nejsou o pěstování geneticky modifikovaných plodin ve Francii záznamy (James 2007).



Graf č. 1: Přehled ploch ve Francii (ISAAA 2018).

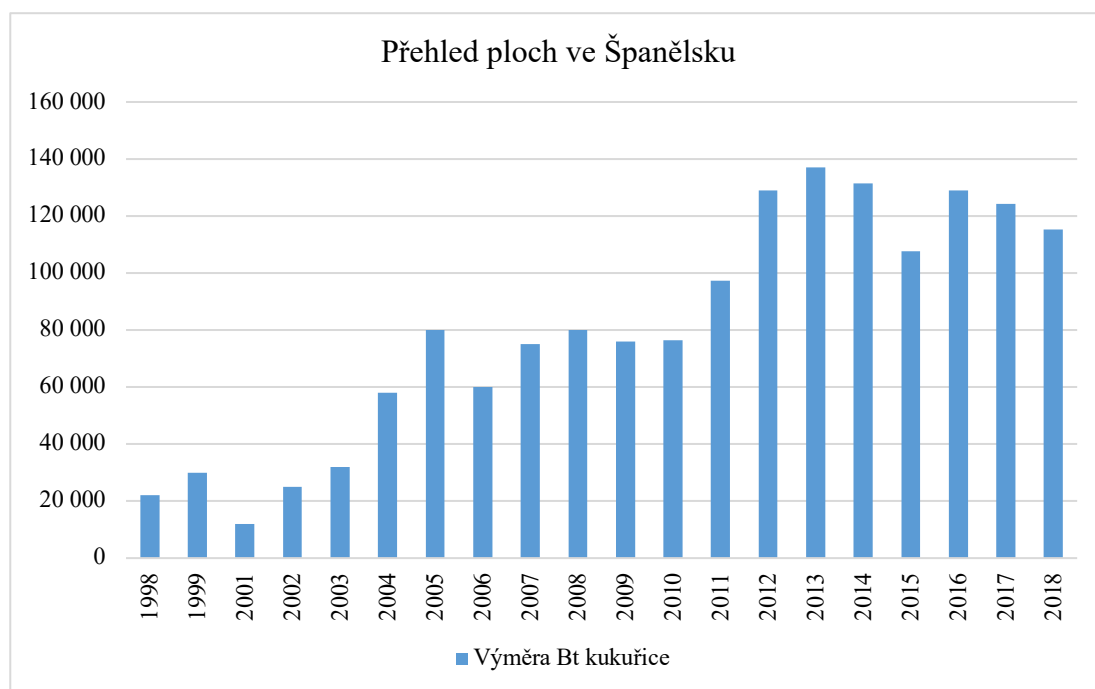
3.6.2.2 Španělsko

Španělsko patří do Evropské unie od roku 1986. Geneticky modifikované rostliny začalo pěstovat v roce 1998, a to hned s 22 tisíci hektary, které oselo kukuřicí s Bt toxinem (James 1998). V roce 1999 se plocha navýšila na 30 tisíc hektarů. Další roky se plocha postupně snižovala a v roce 2001 se pěstovalo pouze 12 tisíc hektarů Bt kukuřice. V roce 2002 se plocha opět zvýšila na 25 tisíc hektarů a jednalo se o odrůdu Bt kukuřice s názvem Compa Cb (James 2002).

Plochy Bt kukuřice konstantně rostla až do roku 2005. V roce 2003 se dle Jamese (2003) jednalo o 32 tisíc hektarů, v roce 2004 to bylo 58 tisíc hektarů. Překročením plochy čítající 50 tisíc hektarů se stalo Španělsko první biotechnologickou velmocí v rámci Evropské unie (James 2004). V roce 2005 byla oseta výměra 80 tisíc hektarů, ale silný vliv ročníku zapůsobil a působením velkého sucha bylo sklizeno pouze 48 tisíc hektarů, veškerá tato kukuřice byla použita ke krmným účelům. Ještě v tomto se začalo jednat o změně národní legislativy, do které měly být zakomponovány izolační padesáti metrové pásy oddělující konvenční, či ekologickou produkci od té geneticky modifikované (James 2005).

V roce 2006 pěstovalo Španělsko asi 60 tisíc hektarů (James 2006), v roce 2007 byla výměra geneticky modifikované kukuřice 75 tisíc hektarů a kukuřice se stále používala pouze pro krmné účely (James 2007). V roce 2008 plocha lehce vzrostla na 80 tisíc hektarů. V tomto roce se začalo jednat o přijetí nové geneticky modifikované odrůdy s názvem NK603, která by měla další ekonomické i ekologické výhody. Její přijetí však viselo na legislativních úkonech (James 2008).

Do roku 2010 se výměra držela okolo 76 tisíců hektarů (James 2010). V roce 2011 byl zaznamenán dramatický nárůst plochy na 97 326 hektarů (James 2011). Plocha rostla dál a v roce 2012 se jednalo už o 129 071 hektarů (James 2012). V roce 2013 dokonce 136 962 hektarů. V roce 2014 začaly plochy opět mírně klesat a na území Španělska bylo pěstováno na 131 538 hektarech, což však činilo 92 % celkové plochy geneticky modifikovaných plodin v Evropské unii. Stále se čekalo na přijetí NK603 odrůdy, která byla povolena pro import, ale ne pro pěstování, což působilo značnou ekonomickou nevýhodu, jelikož posilovalo zahraniční import (James 2014). V roce 2015 se plochy snížily vlivem ročníku na 107 749 hektarů (James 2015). V roce 2016 bylo zaznamenáno 129 081 hektarů, v roce 2017 se plocha výrazněji nezměnila a oseto bylo 124 227 hektarů (ISAAA 2017). V roce 2018 se plocha mírně snížila na 115 246 hektarů (ISAAA 2018).



Graf č. 2: Přehled ploch ve Španělsku (ISAAA 2018).

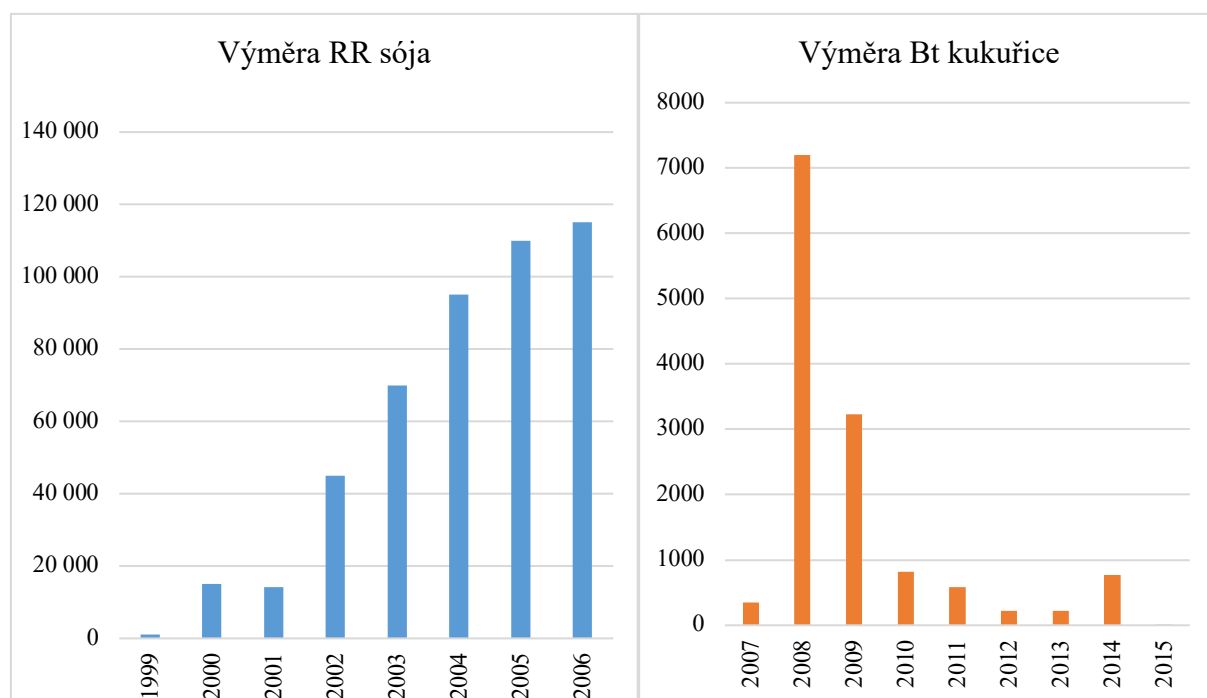
3.6.2.3 Rumunsko

Členským státem se Rumunsko stalo až v roce 2007, ale geneticky modifikované plodiny přijalo již v roce 1999. Jako třetí stát v Evropě a desátý ve světě. Začalo se zde s pěstováním transgenní sóji a kukuřice odolné vůči hmyzu. S výměrou kolem jednoho tisíce hektarů (Ichim 2019). V roce 2000 pěstovalo Rumunsko geneticky modifikovanou sóju a brambory. Jednalo se o RoundupReady sóju na 15 tisících hektarech. V roce 2001 se na území Rumunska vyskytovaly pouze plochy sóji, konkrétně 14 250 hektarů (James 2001). V roce 2002 byl zaznamenán výrazný nárůst na 45 tisíc hektarů sóji. Do roku 2007 veškeré plochy geneticky modifikovaných plodin rostly. V roce 2003 šlo o 70 tisíc hektarů, v roce 2004 o 95 tisíc hektarů a v roce 2005 již o 110 tisíc hektarů (James 2005).

V roce 2006 dosáhla výměra v Rumunsku rekordních 115 tisíc hektarů RoundupReady sóji. Ve stejném roce však probíhala rozsáhlá jednání o přijetí do Evropské unie, ve které byla RoundupReady sója pro účely pěstování zakázána, což ovlivnilo i legislativu pěstování Rumunska (James 2006). V tomtéž roce 2006, kdy se blížilo již zmiňované přijetí do Evropské unie, se Rumunsko podřídilo směrnicím Evropské unie a razantně omezilo pěstování RoundupReady sóji. V roce 2007, kdy bylo přijetí oficiální a platné, se RoundupReady sója v Rumunsku přestala pěstovat úplně, přetrvávala zde však odrůda kukuřice jménem YieldGard, která byla odolná k zavíječi kukuřičnému (Ichim 2019). Té se v roce 2007 pěstovalo 350 hektarů. Rokem 2008, z hlediska minulé oblíbenosti pěstování geneticky modifikovaných plodin, výměra stoupla na 7 200 hektarů kukuřice YieldGard (James 2008).

V roce 2009 udeřila na Rumunsko hospodářská krize, s tím souvisela i změna evidence a celkových požadavků na pěstitele. Následkem krize přišel úpadek pěstování geneticky modifikovaných plodin. V roce 2009 se tak pěstovalo pouze na 3 243 hektarech. Vyrůstající nároky na pěstitele postupně odsuzovaly pěstování k zániku, to se také odráželo na plochách v následujících letech. V roce 2010 bylo oseto pouze 822 hektarů. V roce 2011 přišla další rána v podobě snížení nákupních cen a stále vysokých požadavků na úroveň evidence, a výměra Bt kukuřice byla 588 hektarů (James 2011).

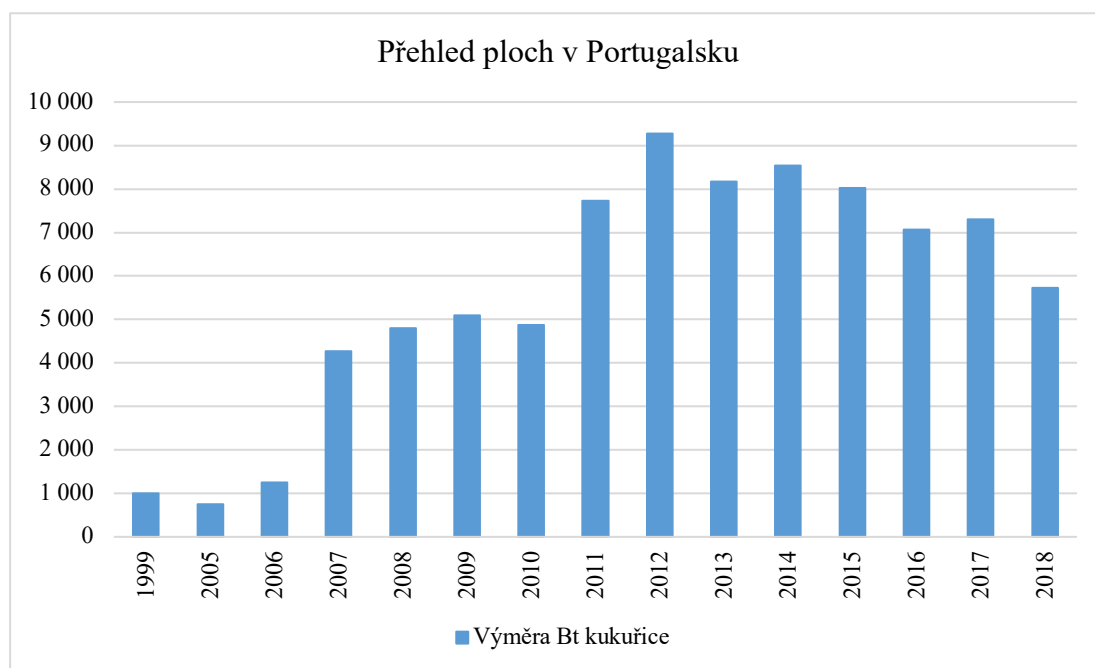
V roce 2012 klesla plocha o více jak polovinu na 217 hektarů. S rokem 2013 přibyly pouze 3 hektary. Rok 2014 přinesl omezený import semen, přesto však se plocha zvýšila na 771 hektarů. Jde však o poslední rok, kdy se na území Rumunska víceméně vyskytovaly geneticky modifikované organismy, jelikož v roce 2015 byly na území zaznamenány pouze 3 hektary geneticky modifikované Bt kukuřice. Od roku 2015 nejsou v evidenci žádné záznamy o pěstování geneticky modifikovaných plodin (James 2015).



Graf č. 3: Přehled ploch v Rumunsku (ISAAA 2018).

3.6.2.4 Portugalsko

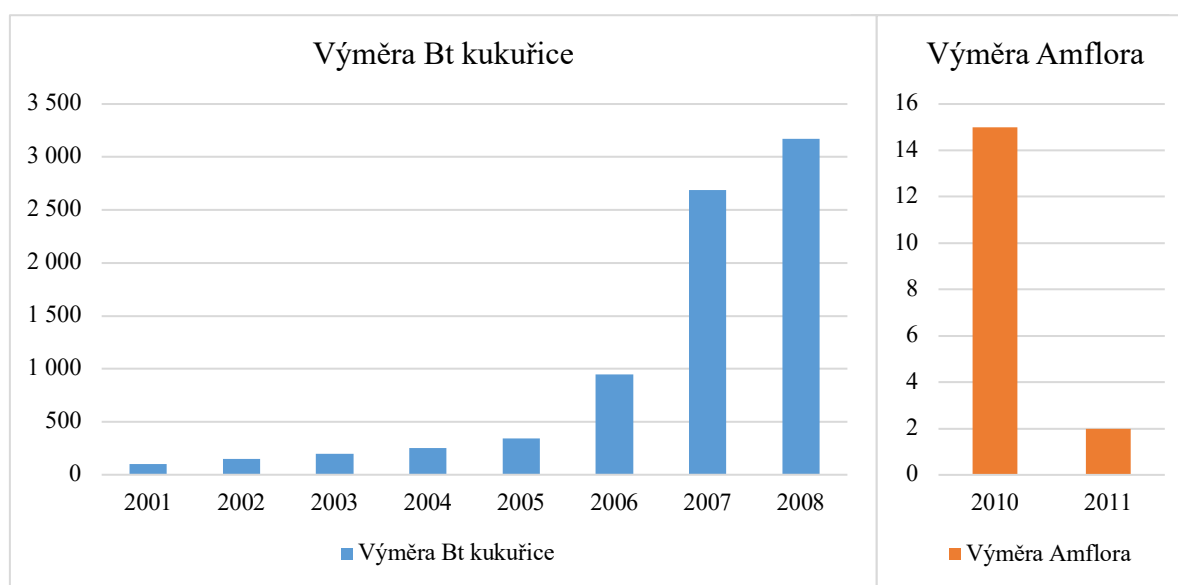
Portugalsko je zemí Evropské unie od roku 1986. V roce 1999 se na území Portugalska objevilo přes tisíc hektarů geneticky modifikované kukuřice s Bt toxinem (James 2002). Po této zkušenosti se však 6 let nezaznamenala žádná aktivita v oblasti pěstování geneticky modifikovaných plodin. Až v roce 2005 se Portugalsko opět navrátilo k Bt kukuřici a oselo plochu 750 hektarů. S opětovným pěstováním však přišly i omezující zákony, vymezující izolační pruhy. Pruhy čítaly 200 metrů, pokud se jednalo o konvenční sousedy a 300 metrů, pokud se jednalo o sousedy ekologické (James 2005). Od tohoto roku plochy konstantně stoupaly, v roce 2006 se jednalo o 1 250 hektarů, v roce 2007 o 4 263 hektarů (James 2007). Do roku 2010 se plochy stabilně držely okolo 5 000 hektarů. V roce 2011 stouply výrazněji na 7 724 hektarů. V roce 2012 dokonce až na 9 278 hektarů. Rokem 2013 výměry začaly opět klesat na 8 171 hektarů (James 2013). V roce 2014 začaly farmáři propagovat geneticky modifikované plodiny, s tím, že jsou lepší, a dokonce ekologičtější než konvenční plodiny, a plocha byla 8 542 hektarů. Přes tuto propagaci výměry nadále klesaly, v roce 2015 na 8 017 hektarů (James 2015). V roce 2016 bylo oseto 7 069 hektarů a v roce 2017, i přes výrazné sucho, 7 308 hektarů (ISAAA 2017). V roce 2018 pouze 5 733 hektarů (ISAAA 2018).



Graf č.4: Přehled ploch v Portugalsku (ISAAA 2018).

3.6.2.5 Německo

Německo je jednou z nejstarších členů Evropské unie. Členem je již od roku 1958. Zmínky o malých plochách geneticky modifikovaných plodinách jsou už z roku 1999. Není však známo o jak velkou plochu a jaké plodiny se jedná. V roce 2001 je již evidována malá plocha Bt kukuřice (James 2002). Do roku 2003 jsou záznamy pouze o malých plochách, čítajících kolem 300 až 500 hektarů. V tomto roce se však místo odrůdy s názvem Bt176 začala na území Německa pěstovat odrůda MON 810 od firmy Monsanto (James 2003). V roce 2005 bylo napočítáno 345 hektarů, tato plocha až do roku 2008 významněji rostla. V roce 2006 se jednalo o 950 hektarů, v roce 2007 již o 2 685 hektarů (James 2007) a v roce 2008 dokonce 3 173 hektarů. V roce 2009 se však pěstování geneticky modifikovaných plodin v Německu zastavilo a pokračovalo až rokem 2010, s nově povolenou odrůdou geneticky modifikované brambory v Evropské unii, jménem Amflora, kterou vysadily na 15 hektarech (James 2010). V roce 2011 byly záznamy pouze o 2 hektarech pro experimentální účely. Od tohoto roku nebyly žádné záznamy o pěstování geneticky modifikovaných plodinách (James 2011).



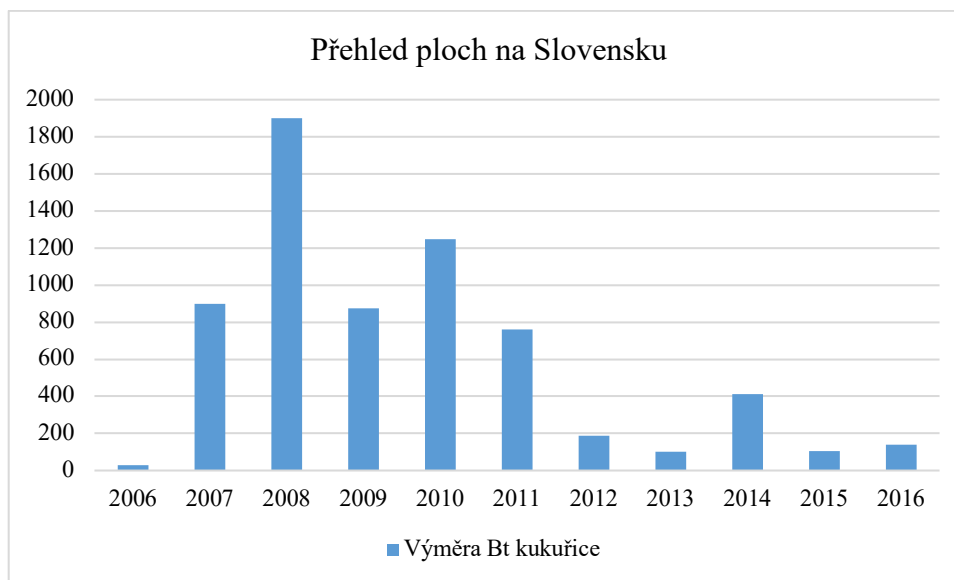
Graf č. 5: Přehled ploch v Německu (ISAAA 2018).

3.6.2.6 Bulharsko

Bulharsko se stalo součástí Evropská unie až v roce 2007. Prakticky tedy za dobu svého členství geneticky modifikované plodiny nepěstovalo, jelikož první zmínky, avšak nepotvrzené v globální databázi, jsou již z roku 1999. Jedná se asi o 8 tisíc hektarů herbicidně tolerantní kukuřice. Do roku 2002 se dle James (2002) jedná o potvrzené malé plochy Bt kukuřice a v roce 2003 se jedná již o několik tisíc. V roce 2004 však vypršelo povolení pro pěstování, a od té doby nebyly žádné záznamy o pěstování geneticky modifikovaných plodin (James 2004).

3.6.2.7 Slovensko

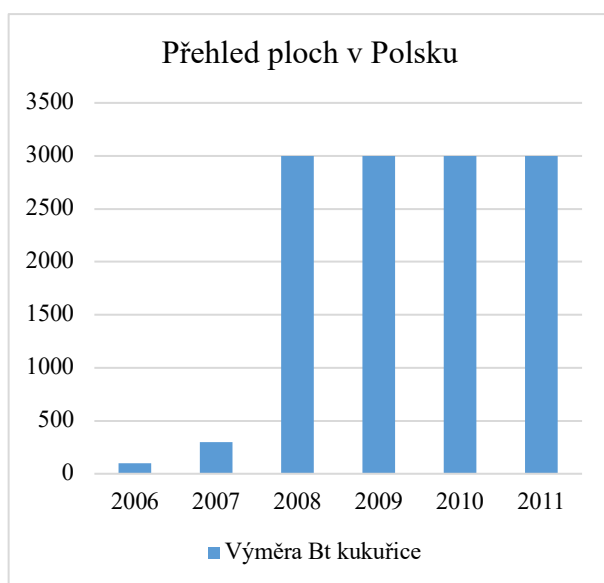
Slovensko je členským státem Evropské unie od roku 2004. S geneticky modifikovanými plodinami se poprvé setkalo v roce 2006, kdy vyselo 30 hektarů Bt kukuřice odolné k zavíječi kukuřičnému. V roce 2007 bylo oseto 900 hektarů. Rokem 2008 Slovensko plochu geneticky modifikované kukuřice více jak zdvojnásobilo na 1 900 hektarů. V roce 2009 však plocha klesla opět na 875 hektarů. V roce 2010 byl zaznamenán další vzestup na 1248 hektarů, ale téhož roku začaly plochy klesat. V roce 2011 se pěstovala Bt kukuřice na 761 hektarech s využitím převážně na zrno pro krmné účely (James 2011). V roce 2012 to bylo pouze 189 hektarů, v roce 2013 byl zaznamenán další pokles na 100 hektarů. Rok 2014 znamenal určité navýšení na 411 hektarů. V roce 2015 se však blíží osetá plocha opět pouze ke stovce hektarů (James 2015). Poslední rok, ve kterém je Slovensko zaznamenáno jako pěstitel geneticky modifikovaných plodin je rok 2016, a na území Slovenska byla Bt kukuřice vyseta na 138 hektarech (ISAAA 2017).



Graf č. 6: Přehled ploch na Slovensku (ISAAA 2018).

3.6.2.8 Polsko

Polsko je v Evropské unii od roku 2004. Geneticky modifikované plodiny pěstovalo v rámci prekomerčního pěstování na 100 hektarech poprvé v roce 2006. V roce 2007 se, již pro komerční účely, jednalo o 300 hektarů. Pro výrazné výhody se předpokládal rychlý vzrůst. Tento předpoklad se potvrdil mezi roky 2008 až 2011, kdy se plocha geneticky modifikované kukuřice držela stabilně na 3 000 hektarech (James 2011). Veškerá produkce byla použita pro krmné účely nebo výrobu ethanolu. V roce 2012 byla pravděpodobně naposled oseta malá plocha, která však není zanesena v databázích. Od roku 2012 nebyly žádné záznamy o pěstování geneticky modifikovaných plodin (James 2014).



Graf č. 8: Přehled ploch v Polsku (ISAAA 2018).

3.6.2.9 Švédsko

Švédsko vstoupilo do Evropské unie v roce 1995. Geneticky modifikované plodiny začalo pěstovat v roce 2010 a to jako první skandinávská země, která tyto plodiny přijala. Jednalo se o geneticky modifikovanou odrůdu Amflory pěstovanou na 80 hektarech. Záznamy o geneticky modifikovaných plodinách na území Švédska jsou pouze z dalšího roku, roku 2011, kdy šlo o 15 hektarů již zmíněné brambory Amflory (James 2011).

3.6.3 Česká republika

Legislativa České republiky týkající se geneticky modifikovaných organismů je ošetřena zákonem č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, který byl v souvislosti s naším vstupem do Evropské unie novelizován zákonem č. 346/2005 Sb. Prováděcím předpisem je vyhláška č. 209/2004 Sb., o bližších podmínkách nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty (Doubková 2008).

V Evropské unii se Česká republika nachází od roku 2004. Tímto vstupem byla ovlivněna naše legislativa, a kromě našich zákonů začaly platit předpisy Evropských společenství. Jedná se o nařízení Evropského parlamentu a Rady. Je to nařízení č. 1829/2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech, které řeší uvádění na trh potravin a krmiv obsahujících geneticky modifikovaný organismus nebo z nich vyrobených, dále 1830/2003 o sledovatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů a sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z geneticky modifikovaných organismů, stanovující povinnosti dovozců, zpracovatelů a prodejců geneticky modifikovaných organismů schválených pro uvádění na trh a dohledatelnost původu. Posledním nařízením Evropského parlamentu a Rady je nařízení č. 1946/2003 o pohybech geneticky modifikovaných organismů přes hranice, které přejímá Cartagenaý protokol o biologické bezpečnosti (Doubková 2008).

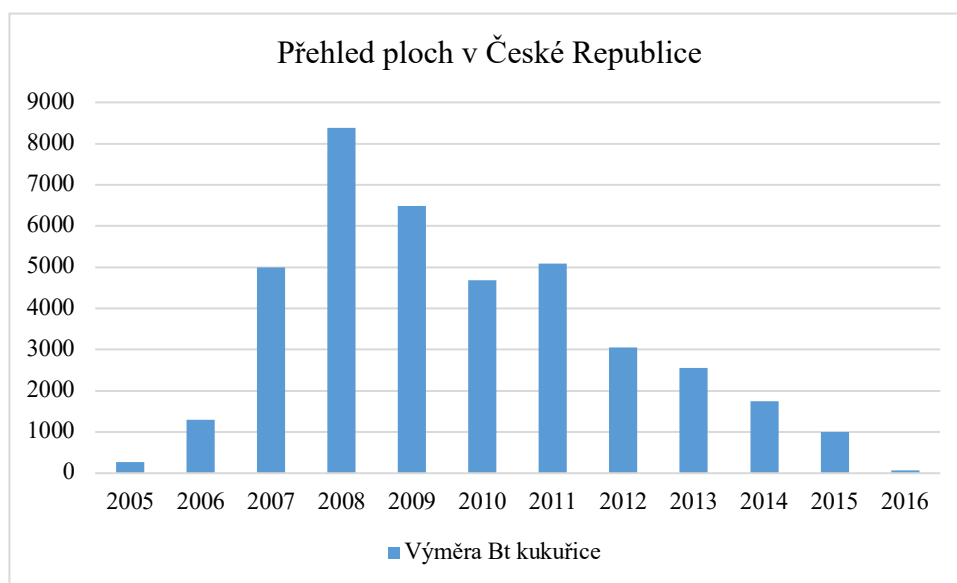
Jak již bylo řečeno geneticky modifikované plodiny se v České republice objevily v roce 2005 (James 2005). Pokusné pozemky se tu však nacházely již od 90. let minulého století, kdy byly testovány brambory, kukuřice a řepka (Doubková 2008). V roce 2005 se tedy jednalo se o Bt kukuřici MON810. Plocha, na které byla pěstována činila 270 hektarů a zapojilo se 51 pěstitelů. Roku 2006 se jednalo o 1290 hektarů, V roce 2007 to bylo už 5000 hektarů (James 2007), k tomu byla na našem území dle Doubkové (2008) zaznamenána plocha 2,6 hektarů s kukuřicí odolnou k herbicidu. A v roce 2008 plocha i počet pěstitelů výrazně stouply na 8380 hektarů se zapojením 167 pěstitelů (Zejdová 2016). V tomto roce se začala testovat brambora Amflora asi na 10 hektarech, pro průmyslové využití (Doubková 2008).

Se stále se zvyšujícími omezeními a legislativními nároky se začalo od pěstování geneticky modifikovaných plodin ustupovat. V roce 2009 pěstovalo tuto kukuřici 121 subjektů na 6480 hektarech, v roce 2010 to bylo 4680 hektarů a 82 subjektů (Zejdová 2016), a k tomu se přidalo pěstování další povolené geneticky modifikované plodiny, a to brambory Amflory na výměře 150 ha (James 2011).

V roce 2011 byl zaznamenán lehký nárůst plochy na 5090 hektarů a však počet pěstitelů klesl na 64. V roce 2012 se jednalo o 3050 hektarů a 41 pěstitelů, v roce 2013 o 2560 hektarů a 31 pěstitelů (Zejdová 2016). Což činilo pouze 1 % veškerých kukuřičných ploch v České republice. Žádný produkt z geneticky modifikované kukuřice nesměl být použit pro potravinářské účely a u nás tak sloužil pouze jako krmivo pro hospodářská zvířata, nebo pro výrobu biopaliv (Froněk & Křístková 2014).

Rokem 2014 u nás plochy začaly klesat výrazně a to na 1754 hektarů s pouhými 18 pěstiteli. V roce 2015 bylo oseto již pouze 997 hektarů s 11 pěstitími subjekty a v roce 2016 se jednalo o směšnou plochu 75 hektarů, kdy se do pěstování pustil pouze jeden člověk (Zejdová 2016). Od roku 2017 není záznam o komerčním pěstování geneticky modifikovaných plodin (ISAAA 2018).

V roce 2019 se na našem území nacházelo pouhých 960 m² geneticky modifikovaných plodin, a to pouze v rámci polních pokusů. Jednalo se o slivoň C5 s modifikací odolnosti k šarce na 550 m², sóju luštinatou s genem LTB na 10 m² a jarní ječmen produkující peptid LL37 na ploše 400 m² (MŽP 2020).



Graf č. 9: Přehled ploch v České republice (Zejdová 2016).

3.7 GM odrůdy a živočišná výroba

Plochy geneticky modifikovaných plodin ve světě výrazně rostou, převážně kvůli větší poptávce pro živočišnou výrobu. Na druhou stranu plochy v Evropské unii zaznamenávají každý rok pokles, i přesto, že dovoz krmiv ze zemí, kde se geneticky modifikované plodiny pěstují je značný (Petr 2011). Nejslabším článkem krmivářskému průmyslu v Evropské unii jsou bílkovinná krmiva. Domácí zdroje pokryjí pouze třetinu celkové potřeby, v České republice dokonce pouze z 10 %. Dovoz je tak na našem území klíčový (Stibal 2011). Extrahovaný šrot z geneticky modifikovaných sójových bobů je bezesporu jedním z nejkonzentrovanejších a nejčastěji zařazovaných proteinových krmiv v krmných dávkách vysoce užitkových dojnic. Pro vysokou koncentraci proteinů a jeho pozvolnou dynamikou odbourávání v bachoru dobře doplňuje nejvíce užívané kombinace objemných krmiv a koncentrátů škrobu. Pro tyto vlastnosti si mnoho chovatelů a výživářů neumí bez této složky krmiva představit krmení svých mléčných krav (Koukal 2016).

Používání geneticky modifikovaných odrůd pro krmivářské účely bylo do roku 2015 schvalováno na úrovni Evropské unie na základě jednoduché žádosti za přítomnosti posudku Evropské agentury pro bezpečnost potravin (EFSA). Tento posudek obsahoval hodnocení rizik na lidské zdraví, životní prostředí, či bezpečnost zvířat a doporučení pro označení, prodej či podmínky užívání. Tato povolení byla udávána na 10 let a byla obnovitelná. V roce 2015 byl předložen Evropskou komisí návrh, ve kterém je pro členské státy možnost individuálně omezit, či zakázat používání geneticky modifikovaných plodin a potravin v rámci jejich území (Ježková 2016).

Vznikají tak konflikty mezi veřejností a legislativou, některé státy jsou striktně proti pěstování geneticky modifikovaných plodin, které jsou Evropskou unií schváleny a prohlášeny za zdraví nezávadné, tím že některý stát tyto plodiny zakáže, například z důvodu ohrožení zdraví, jde tak proti legislativě unie (Petr 2011). Navíc odrůd schválených pro Evropskou unii není mnoho, a schvalovací proces trvá od dvou do deseti let. V Americe takový proces trvá přibližně patnáct měsíců (Stibal 2011).

Pro dovoz geneticky modifikovaných potravin a krmiv platí v Evropské unii striktní pravidla. V roce 2011 byla tolerance pro příměsi nepovolených geneticky modifikovaných plodin nulová. To vyústí v mnoho konfliktů mezi zámořskými exportéry a importéry, což ohrožuje stabilitu evropské krmivové základny (Petr 2011).

Pro krmivářské účely prochází geneticky modifikované plodiny několika testy pro porovnání s negeneticky modifikovanými plodinami. Jde například o to nakolik se geneticky modifikovaná plodina modifikací změnila v podstatě. Testování je prováděno za pomoci takzvané izogenní linie, což je souběžně pěstovaná obdoba geneticky modifikované plodiny bez modifikace. Dále se testují obsahy živin, ale i jejich stravitelnost a využitelnost konzumentem (Petr 2011).

Testuje se i bezpečnost, jelikož veřejnost vyjádřila obavy k přenosu genů, například u rezistencí, a ovlivnění jejich zdraví. Vnášená DNA však pro konzumenta nepřináší žádné riziko, jelikož geny jsou silně degradovány zpracováním a následnou konzumací. Do střeva se tak DNA z většiny dostává zcela rozrušená (Petr 2011). Přesto do České republiky vtrhla lavina požadavků mlékáren, aby jimi dodávaná surovina byla GMO free, tedy bez geneticky modifikovaných organismů. Vyřazení levné geneticky modifikované sóji je však při současných cenách mléka značně neekonomické (Velechovská 2016).

3.7.1 Dovoz

Evropská unie samozřejmě žádné genetické potraviny nevyvází, jelikož je v této oblasti absolutně nekonkurenceschopná. Pro příklad lze uvést, Evropská unie za rok 2017 vyprodukovala 36 milionů tun olejin (Eurostat 2019), z toho 2,7 milionů sóji, ale importovala ze světových zemí přes 30 milionů tun geneticky modifikované sóji. Z 36 milionů tun olejin se jednalo asi o 22 milionů tun řepky olejky, přesto bylo necelých 5 milionů tun geneticky modifikované řepky, převážně pro živočišnou produkci a pro bioenergetický průmysl. Většina geneticky modifikovaných plodin vyprodukovaných na území Evropské unie je využito obdobně (FAS 2018).

3.8 Legislativa GM odrůd polních plodin v Evropské unii

Nakládání s geneticky modifikovanými organismy je na všech úrovních regulováno příslušnou legislativou (Ovesná et al. 2008). Na evropské úrovni je nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty upraveno směrnicemi 2001/18/ES o záměrném uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí a směrnicí 2009/41/ES o uzavřeném nakládání s geneticky modifikovanými mikroorganismy. Dále přímo použitelnými nařízeními ES 1829/2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech, 1830/2003 o sledovatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů a 1946/2003 o přeshraničních pohybech geneticky modifikovaných organismů. Evropské směrnice 2001/18/ES a 2009/41/ES jsou transponovány do české legislativy zákonem č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty.

Dle zákonů platných v České republice je geneticky modifikovaný organismus (GMO) takový organismus (kromě člověka), který je schopný rozmnožování, jehož dědičný materiál byl změněn genetickou modifikací provedenou některým z technických postupů stanovených zákonem. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, ve znění pozdějších předpisů a vyhláškou 209/2004, o bližších podmínkách nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, ve znění pozdějších předpisů. Nakládat s GMO a genetickými produkty lze jen na základě oprávnění podle těchto právních předpisů tak, aby byla zajištěna ochrana zdraví člověka a zvířat, životního prostředí a biologické rozmanitosti (MŽP 2020). Tyto organismy jsou jedním z nejvíce diskutovaných okruhů

genového inženýrství. Probírána je hlavně problematika uvolňování těchto plodin na pole (Vondrejs 2010).

Než se schválí geneticky modifikovaná odrůda, může uběhnout v Evropské unii až deset let. O schválení odrůdy totiž rozhodují političtí zástupci 27 států (Stíbal 2011). Na území Evropské unie se mohou pěstovat pouze takové plodiny, které prošly přísným schvalovacím procesem. Plodiny obdrží povolení na 10 let na území všech členských států. Je možné zakázat pěstování na národní úrovni, toto je možné však pouze tehdy, existuje-li vědecky podložený důkaz o škodlivosti pro místní ekosystém (Froněk & Křístková 2014).

Pokud chce pěstitel v Evropské unii pěstovat jedinou povolenou odrůdu kukuřice MON810, tak musí dodržet několik opatření, pozemek s plodinou musí být uveden ve veřejném registru a plodina musí být v terénu rozpoznatelná. Sousední pěstitelé musí být informováni o pěstování geneticky modifikované plodiny v jejich blízkosti. Pokud je pozemek pronajatý, musí být spraven o tomto počínu jeho majitel. Pokud sousední majitelé zaznamenají nechtěný výskyt geneticky modifikované plodiny na jejich pozemku, musí být náležitě kompenzováni. Pěstitel musí projít speciálním kurzem pro pěstování této plodiny. Sklízecí kombajn musí být vyčištěn před sklizní i po ní. Musí se zaplatit daň za vyšetření geneticky modifikované plodiny, plodina musí být při prodeji viditelně označena jako GMO. Musí být dodržena povinná vzdálenost. Sklizeň a doprava musí být oddělena od konvenčních produktů. V České republice je povinno informovat sousední majitele, označit produkt a dodržet vzdálenost (Křístková 2012).

Než vstoupí jakýkoli produkt obsahující nebo vyrobený z geneticky modifikovaného organismu na trh, musí být schválen na základě vědeckých studií, analýz a testování. Schvalovací proces pro geneticky modifikované produkty v EU patří k nejpřísnějším na světě (Stratilová 2014). Tento úkon zahrnuje posouzení bezpečnosti a zdravotní nezávadnosti konkrétního geneticky modifikovaného organismu a souhlas všech členských států (Ovesná & Demnerová 2014). Žádost je podávána k prozkoumání na národní úrovni. V České republice je za příjem a administraci žádosti odpovědné Ministerstvo zemědělství, konkrétně Úřad pro potraviny – Odbor bezpečnosti potravin. Po kontrole je žádost postoupena Evropskému úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA – European Food Safety Authority). Evropská komise si vyžádá k dané žádosti stanovisko EFSA. Posuzováním žádostí o uvedení geneticky modifikovaných potravin a krmiv na trh se zabývá Panel pro geneticky modifikované potraviny. K samotné žádosti se také může vyjadřovat veřejnost. Je-li žádost kladně posouzena, dochází k hlasování na úrovni Komise, která se skládá ze zástupců členských států (ČS) EU. V případě, že nedojde k podpoře kvalifikované většiny ČS, předá Komise žádost ke konečnému rozhodnutí Odvolací komisi, která rozhodne. Žádostí se rozumí obrovské množství dokumentů, které v součtu tvoří tisíce listů. Uvádění na trh geneticky modifikovaných potravin a krmiv je v Evropské unii poměrně komplikovaný proces, který často trvá i několik let. Jednotlivé kroky jsou definovány Nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 1829/2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech (Stratilová 2014). Nařízení ES 1829/2003 určuje povinné značení těchto potravin, toto nařízení zní: „Předmětem je poskytnout základnu pro zajištění vysoké úrovně ochrany lidského života a zdraví, zdraví zvířat a jejich pohody, zájmům životního prostředí a spotřebitelů ve vztahu ke geneticky modifikovaným potravinám a krmivům, při

zajištění účinného fungování vnitřního trhu.“ (Drobník 2012). Další informace jsou uvedeny v pokynech Evropského úřadu pro bezpečnost potravin z roku 2004 (Garcia-Alonso et al. 2006).

Nejde zde jen o konkrétní plodinu, ale i o odvozené produkty, je tedy třeba vzít v úvahu i nařízení sledující produkty odvozené. Každý geneticky modifikovaný organismus a z něj odvozený produkt musí být označen tak, aby mohl v případě, že by se objevil nežádoucí vliv, stažen z trhu. Je tedy nutné sledovat postup zpracování od prvotní suroviny po konečný výrobek (Zdjelar et al 2013). Je však nutno podotknout, že přísná legislativa pohřbívá veškerý potenciál geneticky modifikovaných plodin. Legislativa i obecné mínění snižují poptávku po těchto plodinách (Blahova et al. 2014).

Dle evropské legislativy musí být všechny potraviny a krmiva, které obsahují více než 0,9 % schválených geneticky modifikovaných organismů, označeny. (Pro příklad v Thajsku je povinnost označovat výrobky jen tehdy, kdy produkt obsahuje více jak 5 % geneticky modifikovaných organismů (Zdjelar et al. 2013).) V České republice je problematika geneticky modifikovaných organismů řešena Zákonem o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty č.78/2004 Sb. (Kadlec et al. 2005).

Detekce schválených plodin je prováděna na základě Rti PCR (Ovesná & Demnerová 2014). Tato metoda, polymerázová řetězová reakce, je jednou z nejběžněji používanou pro detekci geneticky modifikovaného organismu (Zdjelar et al. 2013). Problémem se stává detekce neschválených geneticky modifikovaných organismů pro evropský trh. Očekává se, že bude třeba v kontrolních laboratořích zavést náročnější metody, jako je detailní sekvenování, či celogenomové sekvenování nové generace. Jde zejména o produkty z USA, Kanady, Argentiny, či produkty smíšené s uniklými vzorky z experimentálních zkoušek. (Ovesná & Demnerová 2014).

Zástupci vývojářů moderních zemědělských biotechnologických firem navrhují stupňovitý přístup k hodnocení rizika pro necílové organismy způsobené geneticky modifikovanými organismy v Evropě (Garcia-Alonso et al. 2006).

Každé nakládání s geneticky modifikovanými organismy může probíhat pouze za předpokladu dodržování přísných opatření k zabránění jejich úniku do životního prostředí (Doubková 2007). Jedním z mnoha omezení je dodržení vzdálenosti geneticky modifikovaných plodin od geneticky nemodifikovaných (Blahova et al. 2014). Dále například obsevy nemodifikovanou odrůdou, oddělená sklizeň, doprava i zpracování. Dodržovat značení a zaznamenávat veškerý výrobní proces pro dohledatelnost (Rakouský & Hraška 2007).

3.8.1 Povolení pro pěstování v EU

V současné době je dle směrnice 2001/18/ES a nařízení ES 1829/2003 povoleno pěstovat pouze jednu geneticky modifikovanou plodinu, a to kukuřici MON810, s obchodním názvem YieldGard™ od firmy Bayer (dříve Monsanto) s IR modifikací, neboli rezistencí k hmyzím škůdcům. Tato odrůda je povolena od roku 1998 a stále se do dnes v některých státech Evropské unie aktivně pěstuje. Tento rok bylo podáno několik žádostí na povolení pro pěstování. Jedná se například o povolení pro kukuřici 1507 s obchodním názvem Heculex™ I od firmy Pioneer, dále kukuřice Bt11 s obchodním názvem YieldGard™ (název se shoduje s kukuřicí MON810, jelikož je použit stejný gen, jen je přidána HT technologie s tolerancí k glufosinátu), obě tyto kukuřice disponují IR i HT technologií, konkrétně rezistence vůči zavíječi kukuřičnému a tolerancí ke glufosinátu. Dále se projednávají povolení pro kukuřice odolné k bázlivci kukuřičnému a tolerantní k herbicidu glyfosátu (MŽP 2020).

3.8.2 Povolení pro dovoz a zpracování v EU

Pro dovoz a zpracování na potraviny a krmiva jsou vydána povolení pro následující odrůdy kukuřic. Jedná se o výše zmíněné kukuřice, MON810 a Bt11. Další povolenou je kukuřice NK603 pod obchodním názvem RoundupReady™ 2 od firmy Bayer, která je tolerantní ke glyfosátu. Dále kukuřice s názvy 1507, NK603 x MON810, T25, 1507 x NK603, MIR604, 59122, 1507 x 59122, GA21, 59122 x NK603, MON88017, MON88017 x MON810, MON89034, MON89034 x NK603 a další, všechny tyto kukuřice používají HT, IT nebo kombinaci obou těchto technologií. Konkrétně je to rezistence vůči zavíječi, bázlivci a tolerance ke glyfosátu, či glukosinulátu. Vyjímkou je kukuřice s názvem MON87460 pod obchodním názvem Genuity® DroughtGard™ od firmy Bayer (dříve Monsanto), která používá technologii s názvem DT neboli odolnost k suchu, která je získána expresí proteinu chladového šoku B z bakterie *Bacillus subtilis*. Další zvláštností je kukuřice MON87403 od firmy Bayer, která využívá technologii PR pro zvýšený růst palic a vyšší výnos zrna. Počet geneticky modifikovaných odrůd kukuřice pro dovoz a zpracování je asi 42, tento počet kolísá, jelikož registrace a povolení mají lhůty a často probíhá projednávání o dalších povoleních (MŽP 2020).

Je i řada geneticky modifikovaných odrůd sóji povolená pro dovoz a zpracování, mezi nejužívanější patří sója 40-3-2 s obchodním názvem RoundupReady™ od firmy Bayer, která je tolerantní k herbicidu glyfosátu. Dále je zde 11 odrůd, které disponují pouze HT technologií, a to tolerancí ke glufosinátu, glyfosátu, či herbicidu dicamba. Dále dvě odrůdy s IR technologií s rezistencí vůči škůdcům *Lepidoptera*. Pouze jedna odrůda, která tyto dvě technologie kombinuje a dále 3 odrůdy s technologií PQ, což znamená, že sója má geneticky modifikované složení oleje, je zde nižší obsah mastných kyselin a vyšší obsah kyseliny olejové, což způsobuje větší stabilitu oleje (MŽP 2020).

Pro řepku je dovozen dovoz a zpracování pro 5 geneticky modifikovaných odrůd, 3 z nich jsou modifikovány dle zásad HT technologie a využívá se tolerance k herbicidu glufosinátu nebo glyfosátu. Zbylé dvě odrůdy jsou kombinací HT a PR technologie, což znamená odolnost k herbicidu a modifikovaná pylová sterilita, pro ulehčení pěstování (MŽP 2020).

Můžeme dovážet a zpracovávat třináct odrůd geneticky modifikovaného bavlníku. 5 z nich využívá HT technologie, a to pro toleranci k glyfosátu, glufosinátu, či kanamycinu. Dvě užívají IR technologii proti škůdcům *Lepidoptera*. Zbylých 6 má kombinaci výše zmíněných modifikací (MŽP 2020).

Dále je pro dovoz a zpracování povolena jediná odrůda cukrové řepy pod názvem H7-1, s obchodním názvem Roundup Ready® od firmy Bayer, která je tolerantní k herbicidu glyfosátu (MŽP 2020).

3.9 Detekce GMO

Počet geneticky modifikovaných organismů na trhu neustále roste, proto přichází tlak na zjištění metody pro jejich přesnou detekci (Demeke & Dobnik 2018). Čím přísnější a rozšířenější předpisy týkající se obsahu geneticky modifikovaných plodin v potravinách a krmivech, tím je přeměřováno mnohem více příjmů na společnosti nabízející testy k detekci geneticky modifikovaných složek (Apel 2010).

Pro detekci se používají dvě hlavní metody. Metoda založená na detekci proteinů a metoda založená na detekci DNA. Metoda založená na proteinech je levnější, poskytuje rychlou detekci. Není však zcela přesná, jelikož hladina bílkovin může v buňkách kolísat. Metody založené na DNA využívají polymerázovou řetězovou reakci, neboli PCR. Tyto metody využívají primery a sondy (Demeke & Dobnik 2018).

3.10 Přínosy a rizika pěstování GM odrůd polních plodin

Nárůst lidské populace v současné době opravňuje k obavám. Až miliarda lidí ve světě trpí podvýživou. Organizace spojených národů pro potraviny a zemědělství (FAO) má nejvíce informací a kvalifikaci k hodnocení globální situace. Tato organizace uvádí, že potřeba potravin do roku 2050 vzroste o 70 % (Drobník 2014). Geneticky modifikované plodiny by mohly přispět ke zvýšení produkce a vyšší dostupnosti potravin. Mohou existovat také dopady na kvalitu potravin a složení živin. Pěstování geneticky modifikovaných plodin může ovlivnit příjem zemědělců, a tím i jejich ekonomický přístup k potravinám (Qaim et al 2013).

3.10.1 Potřeba jídla

I přes to, že v některých zemích by geneticky modifikované plodiny vyřešily nedostatek jídla, jsou zde politické a finanční zájmy, které geneticky modifikované plodiny budou odmítat na úkor obyvatel (Apel 2010).

3.10.2 Ekologie, šetření životního prostředí

Ubývá jak orné půdy, tak vody. Na zemědělský průmysl je tedy kladen tlak zvýšit plošný výnos a objem plodiny sklizený z jednotky plochy (Drobník 2014). Proto je žádoucí vyvíjet geneticky pozměněné rostliny odolnější k virům, či abiotickým faktorům jako je sucho (Ovesná & Demnerová 2014). Výnos vzrostl již zavedením průmyslových hnojiv, pesticidů, které omezily ztráty způsobené konkurencí plevelů a škůdci. (Drobník 2014). Od zavedení pesticidů v 50. letech minulého století došlo ke snížení ztrát plodin způsobených hmyzem, chorobami a plevelem, přesto ztráty po sklizni dosahují až 10 % (Oerke et al. 1995). Dle Paolettiho a Pimentela (2000) je použití pesticidů nezbytné, jelikož bez nich by ztráty dosahovaly až 30 %.

Agrotechnickým přínosem geneticky modifikovaných plodin je například zvýšení doby, kdy je vhodné postemergentní ošetření herbicidy, aniž by se poškodila kulturní plodina (Rakouský & Hraška 2007). Pozdější aplikační termín umožňuje zvýšit nabídku potravních zdrojů, a tedy i dostupnost pro ptactvo v zimním období, a pozitivně tak podpořit ekosystém. Termín aplikace má i půdoochranou funkci, kdy nepoužití herbicidu na počátku vegetační doby umožňuje růst polních plevelů, které vytvoří souvislý pokryv a chrání půdu proti větrné a vodní erozi (Čeřovská & Soukup 2009).

Možné interakce s místními ekosystémy, možný přenos genu prostřednictvím pylu na plevelné druhy, či příbuzné kulturní druhy, možný vliv na cílový i necílový hmyz a další živočichy obývající daný agroekosystém. Uvolňování do oběhu dále zvažuje možná rizika ve formě alergenů a toxicity (Ovesná et al. 2008).

Genetické modifikace by v blízké budoucnosti mohli pomoci řešit i problém s globálním oteplováním, lesní dřeviny mají specifické vlastnosti, mezi které patří dlouhověkost a pozdní nástup plodnosti, což výrazně ztěžuje klasické šlechtění. Užití genetické modifikace u dřevin by mohlo výrazně snížit zátěž životního prostředí a snížit odlesňovací plochu v důsledku škůdců. Překážkou v genových manipulacích dřevin je však jejich nízká regenerační schopnost, proto jsou genové manipulace omezeny na snadno regenerovatelné stromy jako jsou topol, osika, bříza a třešeň (Máchová & Malá 2008).

Jednou z možností využití transgenních rostlin pro ochranu životního prostředí je tedy zabránění kontaminace toxickými přípravky. V případech pěstování plodin pro výživu obyvatel je často nutno použít velké množství herbicidů a pesticidů, což může být eliminováno použitím geneticky modifikovaných plodin. Uvažuje se například nad modifikacemi, které naváží organické polutanty a částečně je zdegradují, nebo je dokáží úplně zmineralizovat (Novaková et al. 2008).

Použití širokospektrálních herbicidů bez účinku na HT odrůdy může umožnit přejít na bezorebnou technologii (Rakouský & Hraška 2007). Tato technologie je i výrazný pomocník při řešení erozních situací, jelikož tyto technologické systémy omezují pojezdy, a tím přispívají ke snížení eroze a ztráty vlhkosti půdy, dále snižují využití fosilních paliv a emisí oxidu uhličitého s tím spojené (Lamichhane 2017). Použití odrůd odolným k hmyzu odpadá riziko velkých škod způsobených škůdci, je zde tedy ekonomická úleva v podobě nepotřeby pojištění. Jsou zde také úspory za pojezdy a přípravky, které by se v negeneticky modifikované plodině museli použít (Rakouský & Hraška 2007). Ekonomické úlevy u HT cukrovky jsou v polních pokusech vypočítány až na 4 000 Kč.ha⁻¹, a to i při započítání zvýšené ceny transgenního osiva (Čeřovská & Soukup 2009). Tato finanční a pracovní úleva nejspíše zapříčinila rychlé přijetí HT plodin, napomohlo to k efektivní regulaci jinak velmi vytrvalých plevelů (Lamichhane 2017).

Transgenní rezistence poskytují farmářům i spotřebitelům velkou naději na snížení ztrát způsobenou škodlivými vlivy a patogeny. Tato technologie má potenciál poskytnout rozvojovým zemím tolik potřebné nedostávající se potraviny. Je však nutné podřídit tyto plodiny důkladnému monitoringu (Salava 2017).

Dalším světovým problémem, o kterém se hojně mluví jsou emise CO₂, které tyto modifikace díky snížení pojezdů a potřebných operacích, redukuje. V roce 2012 pro příklad došlo k redukci emisí, oproti konvenčnímu zemědělství, o 26,7 milionů tun CO₂, což činí asi 12 milionů aut vyřazených z provozu na rok (Froněk & Křístková 2014).

Vyšší pracovní komfort, jelikož farmáři nejsou nuceni tak často pracovat a manipulovat s chemickými přípravky (Rakouský & Hraška 2007).

Dalším přínosem může být rozšířená výroba bioplynu z odpadů a nové technologie využívající obnovitelné zdroje, jako příklad může být uvedena modifikace artyčoků, které dorůstají až tři metrů, mají větší produkci energie než uhlí a zároveň je jejich bilance oxidu uhličitého pro životní prostředí příznivější (Vondrejs 2010). I u nás již pěstovaná kukuřice MON810 by mohla mít výrazný vliv na produkci bioplynu, jelikož její výnos je asi 1,5krát vyšší než u konvenční kukuřice. To by mohlo vést k poklesu ceny této energie (Blahova et al. 2014).

3.10.3 Riziko nekontrolovatelného šíření

Rizikem geneticky modifikovaných plodin může být nekontrolované vypouštění těchto organismů do životního prostředí, kde se mohou stát škodlivým plevelem, či invazivním druhem (Raybould 1994). K cizosprášení, hybridizaci, a tedy i k toku genů může docházet jak v rámci jedné plodiny, tak i mezi různými plodinami, či mezi plodinou a příbuznými planými nebo plevelnými formami či druhy (Soukup & Holec 2007). Záleží i na samotném stavu rostliny, spektru genů, které v ekosystému obíhají (van Tienderen 2004). Tedy na úrovni jednotlivých rostlin, odrůd či typů – transgenní nebo netransgenní. Kulturní formy však mají většinou omezenou možnost křížení i s relativně blízkými příbuznými rostlinami. Riziko vstupu samotných transgenních rostlin do přirozeného ekosystému je malé, jelikož ani doposud většina kulturních rostlin není schopna mimo specifické prostředí agroekosystému fungovat, jako nejméně rizikovou plodinu v tomto ohledu bychom mohli brát kukuřici, která v průběhu evoluce ztratila disperzní mechanismy a není schopna samovolného šíření semen ani jejich přežívání v půdní zásobě (Soukup & Holec 2007).

U některých druhů je však tato obava oprávněná z hlediska charakteru druhu, kdy například nekontrolované šíření řepky má až plevelný charakter a mohl by tak vzniknout „superplevel“. Tento únik by reálně mohl proběhnout například únikem semen při logistických úkonech (Vondrejs 2010). V roce 2010 v Severní Dakotě již byl zaznamenán únik geneticky modifikované řepky do volné přírody. Jednalo se dvě odrůdy řepky, odolné proti dvěma herbicidům, a to vůči glyfosátu a glufosinátu. Některé rostliny nesly oba typy rezistence a vznikly pravděpodobně vzájemným křížením těchto dvou odrůd. Řepka rostla podél cest, tedy pravděpodobně došlo ke ztrátám při transtportu sklizených semen. Podél cest však řepka není vystavena žádnému herbicidu, nebudou potom vystavena selekčnímu tlaku a jejich vlastnost genetické modifikace jim neposkytne žádnou výhodu (Petr 2010).

3.10.4 Riziko vzniku rezistentních populací

Existují zde obavy, že používání HT odrůd společně s totálním širokospektrálním herbicidem zapříčiní menší druhovou pestrost plevelů, což by mohlo mít negativní dopad i na živočichy žijící v daném ekosystému. Byl už zaznamenán i výskyt rezistence na glyfosát v souvislosti s pěstováním HT odrůd, kdy bylo používáno nadměrné množství tohoto širokospektrálního herbicidu, jakožto jediného používaného přípravku. Problémem tedy může být i vznik plevelných populací rezistentních k totálnímu herbicidu (Brookes & Barfoot 2013).

Populace herbicidně rezistentních populací se za posledních 30 let výrazně zvýšila, včetně populací, které mají rezistenci vůči dvěma a více rezistencemi na herbicid. Již je zaznamenáno více než 100 plevelů patřících do různých čeledí, které jsou rezistentní až na sedm účinků na herbicidy. Zvýšený selekční tlak způsobený opakovaným používáním stejné účinné látky způsobuje změny v hojnosti a rozmanitosti plevelů na daném stanovišti (Lamichhane 2017).

Specifickým problémem je například plevelná řepa, kde existuje reálné nebezpečí přenosu genu tolerance ke glyfosátu pomocí pylu chladových vyběhlic a plevelných řep. Pokud by

vznikly populace plevelných řep rezistentních ke glyfosátu, tak by se značně zkomplikoval dosavadní způsob jejich hubení. Je tak důležité dodržovat agrotechnické lhůty a osevni postup (Čeřovská & Soukup 2009). Je tak věnována velká pozornost tomu, zda mohou tyto vzniklé populace ovlivnit okolní ekosystémy (Soukup & Holec 2007). Jelikož je zapsáno již 32 druhů plevelů, které mají rezistenci k účinné látce glyfosát. Jsou to například plevele *Ambrosia artemisiifolia*, *Amarantus palmeri* a vybrané druhy *Conyza* a *Lolium*. Převaha glyfosátu při kontrole plevelů přispěla k vývoji mnohorezistentních populací (Lamichhane 2017). Vývin rezistencí se dá ovlivnit střídáním účinných látek, či používání různých směsí. Ani jedna z těchto taktik pravděpodobně není trvalým řešením, ale jako lepší varianta se zdá používání různých herbicidních směsí. (Lamichhane 2017).

3.10.5 Vliv na organismy

Byly zde obavy i z hlediska působení na necílové organismy a vliv geneticky modifikovaných plodin na agroekosystém (James 2005). Ačkoliv se toto v rozsáhlých studiích probíhajících v Irsku a Nizozemsku nepotvrdilo (Lazebnik et al. 2017). Přesto tvůrci geneticky modifikovaných organismů tyto teoretické možnosti nebezpečí pro člověka, hospodářská zvířata, či necílové organismy připouštějí. Všechna tato rizika jsou ale zahrnutá do pečlivého sledování, které předchází každému povolení pro manipulaci s danou odrůdou. Toto zkoušení probíhá i několikaletými testy v izolaci daných vlivů, až poté může být udělena registrace a povolení k pěstování. Větší pozornost se věnuje odrůdám cizosprašných rostlin, u kterých je riziko sprášení jinou odrůdou, plodinou či dokonce plevem (Kadlec et al. 2005).

V několika studiích však bylo prokázáno, že potkani krmeni celý život geneticky modifikovanou kukuřicí trpí nádory a mnohočetným poškozením orgánů. Tyto pokusy vybičují společnost k dalším obavám, jelikož produkty živočišné výroby vyprodukované za pomoci geneticky modifikovaných nemusí být označeny, tj. geneticky modifikované rostliny jsou používány jako krmivo, ale mléko, maso, či vejce od takto krmených zvířat být označeny nemusí (PRO-BIO 2013). Na druhou stranu Kadlec et al. (2005) tvrdí, že nelze prokázat jakýkoliv rozdíl v živočišných produktech zvířat krmených geneticky modifikovanými produkty a produkty zvířat krmených konvenčními krmnými směskami bez geneticky modifikovaných plodin.

V dnešní době je však nutno počítat s tím, že chov hospodářských zvířat v Evropě je v podstatě závislý na dovozech geneticky modifikované sóji. Proto z hlediska ekonomiky a finančních prostředků obíhajících v GM průmyslu, je velmi složité udělat relevantní a nezaujatou studii, ať ze strany příznivců nebo odpůrců genetických modifikací (Šarmír 2013).

Dalším problémem je zpracování geneticky modifikovaných produktů na krmiva, jde zde hlavně o modifikace mířené na rezistence k různým léčivým látkám. V konkrétním případě například o kukuřici s genem, který je zodpovědný za rezistenci vůči antibiotikům, která se používá do krmných směsí pro výkrm kuřat. Je zde teoretická možnost transferu z trávence kukuřice do střevních bakterií, ale takový přesun nebyl doposud prokázán (Kadlec et al. 2005).

Je zvláštní, že neprobíhají boje proti odrudám vzniklým mutací, kde nelze přesně sledovat geny, které byly změněny. I když jsou běžně používané odrůdy vycházející z ječmene Diamant, vzniklého ozářením rentgenem (Vejl 2007). Jelikož geneticky modifikované organismy jsou považovány za bezpečnější než většina obdobných organismů využívaných v zemědělství. Kolektiv vědeckých pracovníků Výzkumného ústavu živočišné výroby v Uhřetěvsi zdůrazňuje, že schválené geneticky modifikované organismy jsou bezpečné, a to hlavně díky testům, které jsou velmi důkladné a trvají sedm až deset let (Kadlec et al. 2005).

3.11 Postoj veřejnosti k pěstování GM odrůd polních plodin

Objektivní informování veřejnosti je klíčovou podmínkou pro modernizaci zemědělství (Drobník 2014). Je nutno říci, že názory na využití geneticky modifikovaných organismů v praxi se značně různí i mezi profesionálními biology (Ondřej 2002). Regulační rozhodování o používání produktů biotechnologie je založeno na vědeckém posouzení rizik. Pro posuzování by měli být brány v potaz různá odvětví jako politika, přínosy pro životní prostředí, či potenciální poškození životního prostředí (Devos et al. 2014).

I po více než třiceti letech je debata o geneticky modifikovaných plodinách stále hluboká a kontroverzní, hlavně ve společnosti Evropské unie. Debaty na toto téma jsou často znehodnoceny jako iracionální, či irelevantní. Veřejné diskuze jsou však z pohledu Evropské unie relevantní a legitimní, jelikož je to důležitý způsob, jak charakterizovat a diskutovat o tom, jak je, nebo by mělo být zemědělství v Evropské unii organizováno (Inghelbrecht et al. 2017).

V roce 1999 v oficiálních průzkumech veřejného mínění se ke genetickým modifikacím stavělo kladně 10 % tázaných. V roce 2005 už 30 % respondentů. V roce 2007 vidělo 25 % občanů Evropské unie konzumaci potravin z geneticky modifikovaných plodin jako možné riziko pro zdraví (Petr 2011).

Veřejné mínění na základě nepochopení může v dnešní době mít vliv i na legislativu (Ondřej 2002). Jelikož technologie v praxi intenzivně formují lidskou činnost a interpretaci, spoluvytvářejí morální standardy a postupy. Je proto důležité zohlednit morální význam zemědělských technologií v Evropské unii při snaze pochopit, proč je konkrétní technologie přijímána a upřednostňována a jiná striktně odmítána (Inghelbrecht et al. 2017).

Všeobecnému mínění pro přijetí geneticky modifikovaných plodin nepřispívá ani to, že Evropská unie zavedla legislativní opatření pro nakládání s geneticky modifikovanými plodinami srovnatelné s opatřeními pro zacházení s jedy a výbušninami. Občanovi tak dává najevo, že nebezpečí je též srovnatelné (Drobník 2012). Veškeré produkty obsahující více jak 0,9 % geneticky modifikované plodiny musí být označeny (Zdjelar 2013). Tato hranice je stanovena nařízením Evropské unie č. 1829/2003 (Demeke & Dobnik 2018). Produkty na sobě nesou nálepku „geneticky modifikováno“ a zákazníci se takto značených potravin bojí (Drobník 2012). Tohoto značení využívají obchodní řetězce, které vydělají na tom, že naopak potravinu označí „bez GM“. Toto chování se ukázalo například v Británii, kde krátce po zavedení geneticky modifikovaných plodin některé řetězce své výrobky reklamovaly jako bez obsahu

geneticky modifikované složky. Tvrzení opět posiluje odpor vůči geneticky modifikovaným plodinám (Apel 2010).

Geneticky modifikované organismy jsou někdy označovány za hříčku přírody, něco zcela nepřírodního. To zapříčiňuje odmítání společnosti celé této technologie (Allchin 2014). Vnímané nebezpečí genetické modifikace plodin spočívá v tom, že hybridy plodin se mohou stát nejen škodlivějším plevem zemědělství, ale mohou se také stát invazivními přírodními společenstvími. Nové informace o rozsahu hybridizace plodin a vlastnostech modifikovaných plodin usnadňují přesnější posouzení těchto rizik (Raybould 1994).

Pro utvoření nezkráceného názoru občana jsou důležité vědomosti o vědeckých poznatcích i o zcela všedních skutečnostech. Například, že denně sní skoro bilion bakteriálních genů, z nichž některé jsou geny necitlivosti na antibiotika. Když toto neví, lehce podlehně poplašným zprávám o ztrátě účinnosti antibiotik kvůli biotechnologickým metodám šlechtění (Drobník 2014). Je zapotřebí si uvědomit, že řada názorů kritizujících genové manipulace jsou vyřčeny laiky bez znalostí základních principů genetiky (Vejl 2007). Takový občan pak bude tlačít na politiky z pozice voliče, aby takové šlechtění zakázali (Drobník 2014). Ekologičtí aktivisté přišli s obavou, že geny pro odolnost k antibiotikům by se mohly dostat zpět do dědičné výbavy bakterií a způsobit odolnost k antibiotikům i u bakterií patogenních pro člověka. V současné době je však zmapováno mnoho genomů bakterií, a není pravděpodobné, že byl nějaký gen přenesen z rostlinného, či živočišného genomu (Ondřej 2002). Proces transgenozy probíhá dle přísných laboratorních postupů, kde je sledován jakýkoliv pohyb použitých materiálů. Současně s tím probíhají přísné testy zdravotnické nezávadnosti produktů (Vejl 2007). Nevědomosti občanů využívají i politici, kteří veřejnost oslovují omezením biotechnologií a sbírají tak voliče a jejich přízeň (Apel 2010).

Mezi největší odpůrce geneticky modifikovaných plodin zpravidla patří špatně informovaní spotřebitelé, či pseudo-vědecké komunity, kteří mají své morální důvody. Jsou zde však i subjekty kterým jde o politické a finanční výhody. Největšími soupeři geneticky modifikovaných plodin jsou chemické společnosti, které nestojí o to, aby na trhu byli plodiny odolné k hmyzu, či chorobám. Tyto plodiny dramaticky snižují prodej chemických pesticidů (Apel 2010). Je paradoxem, že některé použité přípravky fungují na stejné bázi jako geneticky modifikované plodiny. Například výše zmíněná Bt kukuřice a přípravek Bathurin, který se skládá přímo z bakterie *Bacillus thuringiensis*, produkující delta endotoxin neboli Bt toxin. Tento přípravek je schválen i do ekologického zemědělství. V obchodě si tedy koupíte produkt označený jako bez GMO, ekologicky vypěstovaný, ale mohou se v něm nacházet stejné látky jako na produktu označeném GMO (Vejl 2007).

Je prostě jasným faktem, že omezením zemědělské biotechnologie lze vydělat více peněz než jejím přijutím. Ironií je, že na tyto biotechnologie dosáhnou pouze ti, kteří na to mají finance. Ti, kteří ke geneticky modifikovaným plodinám přístup potřebují mají nejmenší politickou i finanční moc a na tyto technologie nedosáhnou. Tito zemědělci nemají na výběr a pěstují plodiny dle svých finančních možností, ekologicky, čímž vytvářejí ideální zdroj biopotravin pro evropský trh (Apel 2010).

Velkou předností České republiky je, že objektivní informování na sebe převzala státní instituce Ministerstvo zemědělství, dle Drobníka (2014) by podobně měla postupovat i Evropská Unie a zorganizovat takový program v celé Evropě.

Plochy plodin, které jsou osety geneticky modifikovanými odrůdami zejména v Severní Americe vypovídají zcela jasně o tom, že genové technologie jsou realitou vyspělého šlechtění, a ne pouhou vědeckou vizí (Vejl 2007). Podle zprávy ISAAA (International Service for the Acquisition of AgriBiotech Applications) jsou geneticky modifikované plodiny bezpečné, udržitelné a ekologické. Konzumace schválených odrůd pro Evropskou unii je bezpečná a zkušenosti farmářů s pěstováním pozitivní. Je otázkou, jak se Evropa postaví k tomuto problému, zda bude nadále prosazovat status GMO-free. Faktem totiž zůstává, že bez dovozu geneticky modifikovaných krmiv z třetích zemí se zatím neobejdeme (Froněk & Křístková 2014).

4 Závěr

Práce měla za úkol zhodnotit současnou situaci genetiky modifikovaných plodin v Evropské unii. K tomuto tématu neoddělitelně patří i postoj veřejnosti a legislativy k pěstování těchto plodin. Plochy genetiky modifikovaných plodin ve světě každý rok narůstají, v Evropě je však trend opačný. Myslím si, že tím se Evropská unie značně ochuzuje a přichází o zisk a příležitost ekonomického růstu. To dokonale ukazuje situace kolem genetiky modifikované sóji. Zatímco v Evropské unii je tato plodina pro pěstování zakázána, její dovoz je povolen, poté na dovozových číslech vidíme, že dovážíme miliony tun ze zemí, které pěstování genetiky modifikovaných plodin nezavrhlly. To vytváří konkurenční prostředí, ve kterém se Evropská unie sama postavila do role nekonkurenceschopné. I přes to, že je zde pěstování genetiky modifikovaných plodin zakázáno, nebo jedná-li se o kukuřici velmi omezováno, tak jsme na těchto plodinách, které dovážíme závislí.

Dle mého názoru, se Evropská unie řídí spíše politickými přesvědčeními než zemědělským rozumem a dá spíše na názory svých voličů, tedy veřejnosti. Bohužel veřejnost vidí genetiky modifikované rostliny jako nepřítele a nebezpečí pro zdraví i ekosystém, je však nutno podotknout, že než se produkt, či vůbec plodina dostane na naše území a území celé Evropské unie, prochází dlouhým testováním všech možných rizikových aspektů, tak aby byla zajištěna bezpečnost ve všech ohledech. Pro příklad lze uvést úplné vymizení pěstování Bt kukuřice na našem území, i přesto, že se jednalo o výrazné usnadnění v technologii chovu mléčného skotu. Bt kukuřice je totiž z hlediska ekonomiky i výživy výhodnější. Díky odolnosti vůči škodlivému organismu je i výnosnější, nevyžaduje tak časté ošetření pesticidy a neobsahuje tolik mykotoxinů.

Věda jde dopředu a neměly bychom stát v cestě novým technologiím, které nám mohou ulehčit životy. Je nutné posuzovat rozumně rizika, ale předně i výhody, které nám tato biotechnologie poskytuje.

5 Literatura

Allchin D. 2014. The American Biology Teacher **76**:639-641. Available at <http://abt.ucpress.edu/cgi/doi/10.1525/abt.2014.76.9.13> (accessed June 20, 2019).

Apel A. 2010. The costly benefits of opposing agricultural biotechnology. *New Biotechnology* **27**/5:635-640.

Bakan B, Melcion D, Richard-Molard D, Cahagnier B. 2002. Fungal growth and Fusarium mycotoxin content in isogenic traditional maize and genetically modified maize grown in France and Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**:728-731.

Belfanti E, Silfverberg-Dilworth E, Tartarini S, Patocchi A, Barbieri M, Zhu J, Vinatzer BA, Gianfranceschi L, Gessler C, Sansavini S. 2004. The HcrVf2 gene from a wild apple confers scab resistance to a transgenic cultivated variety. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **101**:886-890. Available at <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0304808101> (accessed June 21, 2019).

Blahova P, Janda K, Kristoufek L. 2014. The perspectives for genetically modified cellulosic biofuels in the Central European conditions. *Agricultural Economics* **60**/6:247-259.

Bradford KJ, Van Deynze A, Gutterson N, Parrott W, Strauss SH. 2005. Regulating transgenic crops sensibly: lessons from plant breeding, biotechnology and genomics. *Nature Biotechnology* **23**:439-444. Available at <http://www.nature.com/articles/nbt1084> (accessed June 21, 2019).

Brookes G, Barfoot P. 2014. The global income and production effects of genetically modified (GM) crops 1996–2011. *GM Crops & Food* **4**:74-83. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.4161/gmcr.24176> (accessed July 04, 2019).

Cecchini E, Mulligan BJ, Covey SN, Milner JJ. 1998. Characterization of gamma irradiation-induced deletion mutations at a selectable locus in *Arabidopsis*. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* **401**:199-206. Available at <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0027510798000098> (accessed June 21, 2019).

Čeřovská M, Soukup J. 2009. Ekonomika pěstování geneticky modifikované cukrovky. *Listy cukrovarnické a řepářské* **125**/1:13.

Česká tisková kancelář (ČTK). 2012. Plochy GMO stoupily. *Zemědělský týdeník* **15**/7:10.

Demeke T, Dobnik D. 2018. Critical assessment of digital PCR for detection and quantification of genetically modified organisms. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **17**:4039-4050.

Devos Y, Sanvido O, Tait J, Raybould A. 2014. Towards a more open debate about values in decision-making on agricultural biotechnology. *Transgenic Research* **23**/6:933-943.

Doubková Z. 2007. České zkušenosti s GM rostlinami – přehled polních pokusů. Pages 36-42 in Ministerstvo zemědělství. *GMO v agroekosystému a jeho okolí*. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Doubková Z. 2008. Geneticky modifikované organismy používané v ČR a EU. Pages 5-10 in Ovesná J, Pouchová V, editors. *Možnosti využití GMO pro potravinářské i nepotravinářské účely*. Výzkumný ústav, Praha.

Drobník J. 2012. Značení potravin na bruselský způsob. *Výživa a potraviny* **67**/6:142-143.

Drobník J. Předmluva. Pages 3-5. in Stratilová Z. 2014. *GMO bez obalu*, 3., aktualiz. vyd. Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin, Praha.

- Eurostat. 2019. Eurostat regional yearbook. European Union, Belgium.
- FAS biotechnology specialists in the European Union (FAS). 2018. Agricultural Biotechnology Annual. GAIN Report Number: FR1827.
- Froněk D, Křístkový M. 2014. Růst ploch s GM plodinami ve světě pokračuje, Evropě navzdory. *Úroda* 62/9:20-22.
- Garcia-Alonso M et al. 2006. A tiered system for assessing the risk of genetically modified plants to non-target organisms. *Environmental Biosafety Research* 5:57-65. Available at <http://www.edpsciences.org/10.1051/ebr:2006018> (accessed June 21, 2019).
- Gianessi LP. 2005. Economic and herbicide use impacts of glyphosate-resistant crops. *Pest Management Science* 61:241-245.
- Ichim MC. 2019. The Romanian experience and perspective on the commercial cultivation of genetically modified crops in Europe. *Transgenic Research* 28(1): 1-7.
- Inghelbrecht L, Goeminne G, Van Huylenbroeck G. 2017. When technology is more than instrumental: How ethical concerns in EU agriculture co-evolve with the development of GM crops. *Agriculture and Human Value* 34:543-557.
- ISAAA. 2017. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. ISAAA Brief No. 53. ISAAA: Ithaca, NY."
- ISAAA. 2018. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018: Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change. ISAAA Brief 54. ISAAA: Ithaca, New York.
- James C. 1998. Global Review of Commercialized Transgenic Crops. ISAAA Briefs 8. Ithaca, New York.
- James C. 2002. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2001 (Feature: Bt Cotton). ISAAA Briefs 26. Ithaca, New York.
- James C. 2003. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003. ISAAA Briefs 30. Ithaca, New York.
- James C. 2004. Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2004. ISAAA Briefs 32. ISAAA: Ithaca, New York.
- James C. 2005. Global status of commercialized transgenic biotech/GM crops. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, New York.
- James C. 2005. Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2005. ISAAA Briefs 34. Ithaca, New York.
- James C. 2006. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006. ISAAA Brief 35. Ithaca, New York.
- James C. 2007. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2007. ISAAA Brief 37. Ithaca, New York.
- James C. 2008. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. ISAAA Brief 39. ISAAA: Ithaca, New York.
- James C. 2010. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010. ISAAA Brief 42. ISAAA: Ithaca, New York.

James C. 2011. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011. ISAAA Brief **43**. ISAAA: Ithaca, New York.

James C. 2012. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2012. ISAAA Brief **44**. ISAAA: Ithaca, New York.

James C. 2014. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014 ISAAA Brief **49**. ISAAA: Ithaca, New York.

James C. 2015. 20th Anniversary (1996 to 2015) of the Global Commercialization of Biotech Crops and Biotech Crop Highlights in 2015. ISAAA Brief **51**. ISAAA: Ithaca, New York.

Ježková L. 2011. Současné trendy v genové modifikaci rýže. *Biorespect* 21/3:65-68.

Jursík M, Soukup J, Holec J. 2011. Využití HT technologií při regulaci plevelů. *Listy cukrovarnické a řepařské* 127/9-10:286-291.

Kadlec J, Kváčová B, Řehout V, Hradecká E, Čítek J. 2005. Geneticky modifikované plidiny ve výživě člověka a hospodářských zvířat. *Collection of Scientific Papers, Faculty of Agriculture in České Budějovice* 22/2:163-171.

Koukal P. 2016. GMO – strašák nebo východisko? *Náš chov* 76/7:26-27.

Křístková M. 2012. Chtějí pěstitelé v EU geneticky modifikované plidny? *Úroda* 60/3:9-11.

Kuciel J, Urban T. 2016. *Principy genetiky*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Lai J, Li Y, Messing J, Dooner HK. 2005. Gene movement by Helitron transposons contributes to the haplotype variability of maize. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **102**:9068-9073. Available at <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0502923102> (accessed June 21, 2019).

Lamichhane JR, Devos Y, Beckie HJ. 2017. Integrated weed management systems with herbicide-tolerant crops in the European Union: lessons learnt from home and abroad. *Critical Reviews in Biotechnology* 37(4): 459-475.

Lazebnik J, Dicke M, Cajo JF ter Braak, Joop JA van Loon. 2017. Biodiversity analyses for risk assessment of genetically modified potato. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **249**:196-205.

Máchová P, Malá J. 2008. Zhodnocení možností genetických transformací u lesních dřevin. Pages 28-31 in Ovesná J, Pouchová V, editors. *Možnosti využití GMO pro potravinářské i nepotravinářské účely*. Výzkumný ústav, Praha.

Ministerstvo životního prostředí (MŽP). 2020. Available at https://www.mzp.cz/cz/geneticky_modifikovane_organismy (accessed February 21, 2020).

Nedělník J. 2010. Geneticky modifikovanou kukuřicí ke kvalitnější siláži. *Úroda* 58/12:40-42.

Nijs HCM den, Bartsch D, Sweet J. 2004. *Introgression from genetically modified plants into wild relatives*. CABI Pub., Cambridge, MA, USA.

Novaková M, Macková M, Demnerová K, Sylvestre M, Macek T. 2008. Transgenní rostliny, příprava a jejich využití pro ochranu životního prostředí. Pages 36-40 in Ovesná J, Pouchová V, editors. *Možnosti využití GMO pro potravinářské i nepotravinářské účely*. Výzkumný ústav, Praha.

Orke EC, Dehne HW, Scolenbeck F, Weber A. 1995. *Crop Production and Crop Protection Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Elsevier. Amsterdam.

Ondřej M. Geneticky modifikované organismy. Pages 5-46. in Drobník J, Petr J, Ondřej M. 2002. Geneticky modifikované organismy v zemědělství. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.

Ovesná J, Demnerová K, Hodek J. 2008. Nové přístupy k identifikaci GMO. Pages 11-13 in Ovesná J, Pouchová V, editors. Možnosti využití GMO pro potravinářské i nepotravinářské účely. Výzkumný ústav, Praha.

Ovesná J, Demnerová K. 2014. Současné trendy ve stanovení geneticky modifikovaných organismů (GMO). Chem. Listy **108**:1024-1029.

Ovesná J. 2016. Nové techniky ve šlechtění rostlin. Farmář **22/6**:24-26.

Paoletti MG, Pimentel DS. 2000. Environmental risks of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control. J. Agr. Environ. Ethic **12**:279-303.

Petr J. 2010. Únik GM řepky do volné přírody. Úroda **58/11**:29-30.

Petr J. 2011. Krmiva z geneticky modifikovaných plodin. Krmivářství **15/2**:12-15. Ježková A. 2016. Zakážou se geneticky modifikovaná krmiva a potraviny? Krmivářství **20/1**:12.

Polák J, Komínek P, Krška B, Jarošová J. 2018. Metodika dlouhodobého hodnocení transgenní rezistence Biotech švestky, *Prunus domestica* L., cv. „HoneySweet“ a netransgenní rezistence vybraných odrůd peckovin k viru šarky švestky. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

Pribylova R, Pavlik I, Bartos M. 2006. Genetically modified potato plants in nutrition and prevention of diseases in humans and animals: a review. Veterinární medicína **51/5**:212-223.

Ptáček J. 2011. GM odrůdy brambor. Agromanuál **6/2**:52-53.

Qaim M, Kouser S, Alvarez ML. 2013. Genetically Modified Crops and Food Security. PLoS ONE **8**. Available at <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0064879> (accessed June 21, 2019).

Rakouský S, Hraška M. 2007. Transgenní plodiny – realita a perspektivy. Pages 18-23 in Ministerstvo zemědělství. GMO v agroekosystému a jeho okolí. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Raney T. 2006. Economic impact of transgenic crops in developing countries. Current Opinion in Biotechnology **17**:174-178.

Raybould A. 1994. Will hybrids of genetically modified crops invade natural communities? Trends in Ecology & Evolution **9**:85-89. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0169534794902011> (accessed June 21, 2019).

Rotrekl J. 2014. Ochrana kukuřice před zavíječem kukuřičným a bázlivcem kukuřičným. Úroda **62/12**:25-28.

Salava J. 2017. Jak funguje rezistence k virům v GM rostlinách. Rostlinolékař **28/6**:23-24.

Sanvido O, Stark M, Romeis J, Bigler F. 2006. Ecological impacts of genetically modified crops. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Zurich.

Sawyer K, Rhodes H. 2015. Public Engagement on Genetically Modified Organisms: When Science and Citizens Connect: A Workshop Summary. National Academies Press, Washington, D.C.

Schmidt H, van de Weg WE. 2005. Breeding. In Tromp J, Webster AD, Wertheim SJ (eds) Fundamentals of Temperate Zone Tree Fruit Production pp 136– 155. Leiden, The Netherlands: Backhuys

Schouten HJ, Krens FA, Jacobsen E. 2006. Cisgenic plants are similar to traditionally bred plants: International regulations for genetically modified organisms should be altered to exempt cisgenesis. *EMBO reports* 7:750-753. Available at <http://embor.embopress.org/cgi/doi/10.1038/sj.embor.7400769> (accessed June 21, 2019).

Soukup J, Holec J. 2007. Agroekologické aspekty pěstování transgenních plodin. Pages 24-28 in Ministerstvo zemědělství. *GMO v agroekosystému a jeho okolí*. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Stibal J. 2011. Bílkovinná krmiva jako slabý článek evropské produkce. *Krmivářství* 15/2:16-17.

Stratilová Z. 2014. *GMO bez obalu*, 3., aktualiz. vyd. Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin, Praha.

Svaz producentů a zpracovatelů biopotravin PRO-BIO. 2013. *Zemědělství bez GMO*. Zemědělský týdeník 16/1-2:27.

Svobodová Z, Habuštová O, Hussein HM, Sehnal F. 2010. Impact of GM maize MON 88017 on the non target species of invertebrates. Pages 48-49 in in Doškař J, Krupková O, Reichman P, Škoda J, editors. *The student scientific conference on genetically modified organisms*. Masaryk University, Brno.

Šamír I. 2013. Kontroverzná štúdia o GMO. *Zemědělský týdeník* 16/1-2:24-25.

Truhlářová E, Kremláčková B, Vyhnánek T. 2010. The evaluation of agronomically significant traits and characteristics of genetically modified and unmodified maize. Pages 44-45 in Doškař J, Krupková O, Reichman P, Škoda J, editors. *The student scientific conference on genetically modified organisms*. Masaryk University, Brno.

Ústav zemědělské ekonomiky a informací (ÚZEI). 2012. *Zelená GM sóje*. *Zemědělský týdeník* 15/28:12.

Ústav zemědělské ekonomiky a informací (ÚZEI). 2013. *Stoupá pěstování GMO rostlin*. *Zemědělský týdeník* 16/12:10.

van Tienderen PH. 2004. Hybridization in Nature: Lessons for Introgression of Transgenes into Wild Relatives. Pages 7-25 in den Nijs HCM, Bartsch D, Sweet J, editors. *Introgression from Genetically Modified Plants into Wild Relatives*. CAB publishing, Wallingford.

Vejl P. 2007. Geneticky modifikovaný organismus z pohledu genetiky a šlechtění. Pages 3-14 in Ministerstvo zemědělství. *GMO v agroekosystému a jeho okolí*. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Vejl P. 2007. Zamyšlení nad přístupem ke geneticky modifikovaným organismům. Pages 15-28 in Ministerstvo zemědělství. *GMO v agroekosystému a jeho okolí*. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Velechovská J. 2016. Možné řešení výživy bez GMO. *Náš chov* 76/9:17-18.

Vondrášková Š. 2009. Šlechtění na odolnost vůči strupovitosti. *Zemědělec* 17/26:23.

Vondrejs V. 2010. Nové možnosti genových modifikací se vyvíjejí paralelně s novými bezpečnostními opatřeními. *Živa* 58/3:104-106.

Vondrejs V. 2010. *Otazníky kolem genového inženýrství*. Academia. Praha.

Vrzalová J. 2010. Neobávejme se pokrokových technologií. *Úroda* 58/10:8-9.

Walker K, Mendelsohn M, Matten S, Alphin M, Ave D. 2003. The role of microbial Bt products in U.S. crop protections in *Bacillus thuringiensis*: a conerstone of modern agriculture. Pages 31-51. The Haworth Press, New York.

Zdjelar G, Nikolić Z, Vasiljević I, Bajić B, Jovičić D, Ignjatov M, Milošević D. 2013. Detection of Genetically Modified Soya, Maize and Rice in Vegetarian and Heathy Food Products in Serbia. Food Science **31**:43-48.