

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií



**Environmentálně-ekonomická hlediska pěstování  
vybraných geneticky modifikovaných plodin v Evropské  
unii**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:  
prof. Ing. Tomáš Lošák, Ph.D.

Vypracoval:  
Bc. Michal Ševčík

Brno 2017

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci:

vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 17. května 2017

.....

Podpis

## **Poděkování**

Své díky bych chtěl vyjádřit panu prof. Ing. Tomášovi Lošákovi, Ph.D., jehož velmi vstřícný, spravedlivý a profesionální přístup při vedení této práce, mi výrazně pomohl při jejím psaní.

Výzkum byl podporován Interní grantovou agenturou (IGA) FRRMS Mendelovy univerzity pod označením 2016/017 „Produkční, environmentální a ekonomické aspekty pěstování sóje v regionálních podmínkách ČR“.



## **Abstrakt**

ŠEVČÍK, M. *Environmentálně-ekonomická hlediska pěstování vybraných geneticky modifikovaných plodin v Evropské unii*. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Fakulta regionálního rozvoje a mezinárodních studií, 2017.

Diplomová práce se zabývá problematikou pěstování vybraných geneticky modifikovaných plodin v EU. Literární rešerše uvádí do této problematiky popisem populačního vývoje a produkce potravin v Evropě po průmyslové revoluci, přičemž další části jsou orientovány na mechanismus genetické modifikace plodin, potenciální dopady pěstování těchto plodin a také na vnímání této problematiky u veřejnosti a zájmových skupin. Následuje popis minulého a současného stavu pěstování geneticky modifikovaných plodin v EU, přičemž důraz je kladen zejména na legislativní a institucionální rámec uvedené problematiky. Literární rešerši uzavírá srovnání environmentálně-ekonomických dopadů pěstování kukuřice MON810 na území České republiky, Polska a Slovenska a podkapitola pojednávající o potenciálních výhodách pěstování Roundup Ready sóje v EU. V praktické části práce jsou prezentovány výsledky jednoletého nádobového pokusu se sójou, jehož cílem bylo zjistit optimální druh a dávku hnojiva pro co nejvyšší výnos a výživovou hodnotu semene.

**Klíčová slova:** GMO, GM plodiny, EU, kukuřice MON810, sója Roundup ready

## **Abstract**

ŠEVČÍK, M. *Environmental-economic aspects of cultivation of selected genetically modified plants in European Union*. Diploma thesis. Mendel University in Brno. Faculty of Regional Development and International Studies, 2017.

This diploma thesis deals with the topic of cultivation of selected genetically modified crops in the EU. Literature part describes population development and food production in Europe after the Industrial Revolution, while the other parts are focused on the mechanism of genetic modification of crops, the potential impacts of their cultivation, as well as the perception of this issue in the public and interest groups followed by description of the past and current state of GM crop cultivation in the EU, with particular emphasis on the legislative and institutional framework of the issue. The literature part is concluded by comparison of the environmental and economic impacts of growing MON810 maize on the territory of the Czech Republic, Poland and Slovakia, and a subchapter on the potential benefits of growing Roundup Ready Soy in the EU. The practical part of the thesis presents the results of a one-year soybean

experiment with the aim of finding the optimum types and dose of fertilizers for the highest yield and nutritional value of the seed. On the basis of these results, the author of the thesis then estimates the potential of introducing genetically modified soybean - Roundup Ready variety, in EU.

**Key words:** GMO, GM plants, EU, MON810 corn, Roundup ready soybean

## Obsah

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2. CÍL PRÁCE .....</b>	<b>11</b>
<b>3. PRODUKCE POTRAVIN VE VZTAHU K VÝVOJI POPULACE A VYUŽITÍ PŮDY V EVROPĚ.....</b>	<b>12</b>
3.1. Průmyslová revoluce .....	13
3.2. Období 1871-1939.....	16
3.3. Období od roku 1940 až po současnost.....	17
<b>4. GM PLODINY .....</b>	<b>25</b>
4.1. Definice a vznik GM plodin .....	25
4.1.1. Geneticky modifikovaný organismus (GMO).....	25
4.1.2. Historie GMO.....	26
4.2. Mechanismus fungování GM plodin a jejich výhody oproti nemodifikovaným plodinám .....	29
4.2.1. Princip biotechnologií .....	29
4.2.2. Hlubší souvislosti genetiky a GMO .....	30
4.2.3. Vlastnosti rostlin, jež jsou předmětem modifikace .....	33
4.3. Potenciální dopady pěstování GM plodin .....	35
4.3.1. Sociálně-ekonomické dopady.....	35
4.3.2. Environmentální dopady .....	38
4.3.3. Zdravotní dopady .....	40
4.4. Kontroverze okolo GMO.....	41
4.4.1. Postoje veřejnosti .....	41
4.4.2. Motivace zájmových skupin a politických aktivistů .....	44
<b>5. GMO V EU: VÝVOJ A SOUČASNÝ STAV .....</b>	<b>46</b>
5.1. Vývoj problematiky GMO v EU .....	46
5.1.1. 1975 až po současnost .....	46
5.1.2. Současné legislativní zajištění problematiky GMO v EU.....	48
5.2. Využívání a pěstování GMO v členských zemích .....	50
5.2.1. Legalizované GMO plodiny v EU.....	50
5.2.2. Odrůda kukuřice MON810.....	51
5.3. Výsledky pěstování MON810 ve vybraných zemích EU.....	52
5.3.1. Česká republika .....	53

5.3.2. Polsko .....	54
5.3.3. Slovensko .....	55
5.4. Potenciální dopady pěstování Roundup ready sóje v EU.....	56
<b>6. PRAKTICKÝ EXPERIMENT.....</b>	<b>59</b>
6.1. Cíl experimentu .....	59
6.2. Materiál a metody.....	59
6.3. Výsledky experimentu a diskuze.....	61
6.4. Shrnutí nádobového experimentu.....	64
<b>7. DISKUZE .....</b>	<b>65</b>
<b>8. ZÁVĚRY .....</b>	<b>67</b>
<b>9. LITERATURA.....</b>	<b>70</b>
<b>10. SEZNAM TABULEK OBRÁZKŮ A GRAFŮ.....</b>	<b>81</b>
<b>11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>83</b>
 <b>PŘÍLOHY PRÁCE .....</b>	 <b>84</b>



## 1. ÚVOD

Obavy o zajištění dostatečného množství potravin jsou v lidských úvahách přítomny již od dávných časů. Již v roce 1798 se britský ekonom a vědec Thomas Malthus ve své Eseji o principu populace, zabýval vztahem mezi růstem populace světa, a limity její obživy. Malthus se tak do historie zapsal svým nechvalně proslulým populačním zákonem – tedy teorií, která lidské pokolení považovala za zcela závislé na přírodních podmínkách, jež jsou defacto dané a neměnné. Jak je dobře známo, Malthus zastával vědecké stanovisko, že populace světa roste řadou geometrickou, avšak prostředky pro její obživu pouze řadou aritmetickou. Dle Malthuse tak má počet obyvatel na světě tendence k tomu, být v dlouhém období roven tzv. stálému stavu, ve kterém je jakákoliv disproporce mezi počtem obyvatel Země a jejich požadavky na živobytí potlačena omezením populačního růstu.

Ohlédneme-li se zpět a porovnáme-li Malthusovy prognózy z konce osmnáctého století s masivním nárůstem celosvětové populace a zvýšením její životní úrovně v padesátých a šedesátých letech dvacátého století, pochopíme, že Malthus ve své předpovědi zcela katastrofálně podcenil roli rozvoje lidského poznání a schopnosti inovovat. Stejnou chybu po něm však v minulosti zopakovali a stále opakují další vědci, kteří společenskovední výzkumy staví na základě přírodních zákonitostí.

Mylnost Malthusova tvrzení je nejzřejmější na příkladu rozvinutých států, ve kterých je životní úroveň a produktivita práce tak vysoká, že kalorický příjem průměrné osoby v těchto státech zdaleka přesahuje kalorický příjem „nejbohatšího“ obyvatele některých rozvojových zemí. Zdá se tedy, že problém s dostatečnou obživou populace netkví v nízkém množství vyprodukovaných potravin, ale spíše v jejich „prostorové distribuci“.

Již nějakou dobu však vysvitá jistá naděje, že nedostatek potravin v některých zemích světa bude odstraněn. Ničím nelimitovaná lidská povaha, motivovaná ziskem většího množství prostředků obživy dokázala v minulém století přijít na způsob, jakým je možné geneticky modifikovat organismy, jako jsou bakterie, plodiny, ale také zvířata. Mluvíme-li tedy například o polních plodinách či zvířatech, člověk může genom těchto organismů upravovat tak, aby docházelo ke zvýšení jejich produkce či snížení nebo dokonce odstranění některých škod, způsobených vnějšími podmínkami.

Přínosem geneticky modifikovaných organismů (GMO) však není pouze odstranění světového hladu. Lidská činnost zahrnující zemědělské i průmyslové aktivity často poškozují životní prostředí do té míry, že na množství míst na planetě dochází k narušování ekosystémů a jejich služeb. Produkce geneticky modifikovaných hospodářských zvířat a plodin tak může

do jisté míry také snížit množství škodlivých látek, které jsou v souvislosti s lidskými aktivitami vnášeny do životního prostředí a přispět ke zlepšení funkce a stavu přírody.

Je však třeba jmenovat také jisté obavy, ač jsou již oprávněné či nikoliv, které v souvislosti s genetickou modifikací vyvstaly a které lidstvo nutí zamyslet se nad možnými dopady „ovlivňování přírody“ takového rozsahu. Ať je již řeč o snížení biodiverzity v důsledku likvidace planě rostoucích rostlin geneticky modifikovanými, narušení potravinových řetězců některých živočichů či negativní ovlivňování zdraví lidí a živočichů využíváním těchto organismů, můžeme si být jisti, že žádné lidské objevy v minulosti nebyly bez rizika nezamýšlených dopadů na člověka jako živočišný druh, čehož si nejsou vědomy některé zájmové organizace a politická uskupení, snažící se o bezpodmínečný zákaz genetické modifikace a využívání jejich produktů. Tento jev je nejpatrnější zejména na úrovni Evropské unie (EU), kde problematika geneticky modifikovaných plodin zatím neprošla zcela otevřenou debatou, jako tomu bylo např. ve Spojených státech amerických, kde je tato problematika přijímána pozitivněji.

V současnosti je na území států EU pěstována pouze jediná geneticky modifikovaná plodina (GM plodina) – GM kukuřice, avšak v posledních letech je zaznamenáváno neustálé snižování její pěstební plochy, což je v silném kontrastu s celosvětovým vývojem. Budoucnost povolení pěstování dalších GM plodin v EU je značně nejistá, poslední trendy naznačují stále sílící odpor některých států a evropských autorit k využívání GM plodin v potravinách a krmivech pro hospodářská zvířata. Je možné si klást otázku, čím je tento trend způsoben. Jednou z možných odpovědí je fakt, že Evropa je v porovnání s rozvojovými a méně rozvinutými zeměmi, kde se geneticky modifikované plodiny těší značné oblibě, natolik hospodářsky vyspělá, že si evropští spotřebitelé mohou dovolit věnovat dodatečnou peněžní částku na to, aby upřednostnili např. lokální produkty ekologického zemědělství, nevyužívajícího modifikované vstupy, aby tak předešli potenciálnímu zdravotnímu riziku konzumace GM plodin. Proč ale podobné spotřebitelské chování není přítomno například ve Spojených státech amerických, kde je ekonomická úroveň vyšší než v Evropě, a přesto zde GM plodiny zaujímají značný podíl na trhu? Ve výsledku je tedy možné předpokládat, že kupní síla spotřebitelů je pouze jedním kamínkem celé mozaiky a mnohem větší význam na utváření postoje veřejnosti vůči geneticky modifikovaným plodinám a jejich preferencí, může mít angažovanost některých politických a zájmových organizací, předkládajících jednoduchá řešení na složitou problematiku geneticky modifikovaných plodin, kterým je plošný zákaz pěstování i jakéhokoliv využívání GM plodin.

## 2. CÍL PRÁCE

Cílem této práce je zpracování literární rešerše zabývající se problematikou:

- geneticky modifikovaných organismů, zejména GM plodin, z pohledu jejich dopadů sociálně-ekonomických, environmentálních a zdravotních
- využívání GM plodin v EU
- pěstování GM kukuřice odrůdy MON810 ve vybraných středoevropských státech
- potenciálních dopadů pěstování GM Roundup ready sóje v EU

Součástí této diplomové práce bude také prezentace výsledků nádobového experimentu se sójou, na jehož realizaci se autor práce podílel.

Motivací pro zahrnutí problematiky potenciálních dopadů pěstování GM sóje (která v současnosti není v EU ke komerčnímu pěstování povolena) do této práce ovlivnil fakt, že autor byl profesorem Lošákem osloven k účasti na zmíněném nádobovém experimentu se sójou, který byl uskutečněn jakožto výzkumný projekt s podporou interní grantové agentury (IGA FRRMS). Ačkoliv nebylo bohužel možné v rámci výzkumu využít jako jednu z pokusných odrůd GM sóju (Roundup ready), jelikož její pěstování k výzkumným účelům podléhá v rámci EU značným restrikcím, přesto se dá předpokládat, že výsledky nádobového experimentu mohou být zevšeobecněny a vztaženy i ke GM sóje. Dle autorova uvážení je však přesto vhodné, aby byla problematice GM sóje v této práci věnována patřičná pozornost, jelikož její potenciál pro výrobu potravin a krmiv pro hospodářská zvířata je v současnosti zcela nevyužit.

### 3. PRODUKCE POTRAVIN VE VZTAHU K VÝVOJI POPULACE A VYUŽITÍ PŮDY V EVROPĚ

Aby bylo možné nastínit význam geneticky modifikovaných plodin pro budoucnost lidské výživy, je nutné začít s popisem toho, jaké množství potravin je v současnosti primárním sektorem v Evropě vyprodukováno a zda se toto množství v přepočtu na jednoho obyvatele zvyšuje, případně v jakých státech tomu tak není. Současný stav však nelze jednoduše vysvětlit bez toho, aniž bychom stručně zmínili příčiny, které v minulosti vedly k významným změnám v objemu zemědělské produkce. V této kapitole tedy bude pojednáno o časovém vývoji evropské produkce primárního sektoru od doby průmyslové revoluce (18. a 19. století<sup>1</sup>) až po současnost, se zaměřením na důležité historické mezníky, v jejichž rámci docházelo ke zvýšení množství vyprodukovaných potravin na obyvatele a odlivu pracovních sil z primárního sektoru do sekundárního, později terciárního sektoru. Neopomenutelnou dimenzí je také souvislost populačního vývoje a extenzivního využívání zemědělské půdy, ke kterému na Zemi v minulosti hojně docházelo. Pro nastín všeobecného světového vývoje budou některé ukazatele a grafy doplněny i údaji za jiné státy a kontinenty.

V průběhu vývoje civilizace byl člověk svědkem množství technologických, přírodních i společenských změn, které měly za následek zvýšení produktivity práce a snížení podílu osob zaměstnaných v zemědělství. Jedním z historických příkladů může být například hromadný rozvoj zemědělství v neolitické revoluci, která se datuje do období cca 10 000 let př. n. l. Ta byla důsledkem tehdy převládajících společenských i technologických změn, mezi něž můžeme řadit například upuštění od komunitního a kmenového vlastnictví, a vznik vlastnictví soukromého. V důsledku rozvoje zemědělství tehdejší lidé téměř přestali využívat jejich omezené prostředky – tedy úsilí a čas, ke sběru plodin a lovu divé zvěře. Přestože v lidské historii existují další důležité mezníky, které přispěly k současné intenzivní podobě zemědělské produkce, pro účely této práce je nemá smysl všechny rozebírat.

Podrobněji se tedy jen zaměříme na změny v zemědělském výstupu, které v Evropě odstartovala průmyslová revoluce, díky níž se poté pozitivní změny šířily v průběhu dalších století i na další kontinenty. Průmyslová revoluce byla také vzhledem k jiným historickým mezníkům významná v tom, že poprvé došlo ke hromadnému využití jiné než lidské a zvířecí síly. Důležité změny se také odehrávaly na úrovni společenské dělby práce, kdy můžeme

---

<sup>1</sup> Stanovit přesný začátek a konec průmyslové revoluce není vůbec snadné, protože změny, nastávající ve Velké Británii v době, kterou například Židek (2009) rámcově uvádí v rozpětí let 1760-1830, se v některých částech Evropy projeví až se stoletým zpožděním.

hovořit o prohloubení specializace a využívání tzv. úspor z rozsahu v souvislosti s rozvojem manufakturní výroby. Všechny tyto a další nejmenované faktory vedly k tomu, že průmyslová revoluce byla zatím nejvýznamnější proměnou (co do významu srovnatelnou možná pouze se jmenovanou neolitickou revolucí) lidské společnosti, směrem k vyššímu materiálnímu blahobytu.

### **3.1. Průmyslová revoluce**

Ke změnám souvisejícími s průmyslovou revolucí se vyjadřuje například Grigg (1987), který uvádí, že proces industrializace v 19. století byl všude doprovázen růstem populace a jejím stěhováním do nově vznikajících velkých měst, kde se koncentroval průmysl. Tito noví lidé však vytvářeli dodatečnou poptávku po potravinách, která musela být pokryta zemědělskou produkcí, pro niž ve městech tehdejší doby nebyly vhodné podmínky. Dle autora tak v této době docházelo ke komercializaci zemědělství, což v tehdejších podmínkách znamenalo rapidní snížení počtu samostatně hospodařících venkovských domácností, které se začaly více a více zapojovat do tržní směny svých produktů na městských trzích.

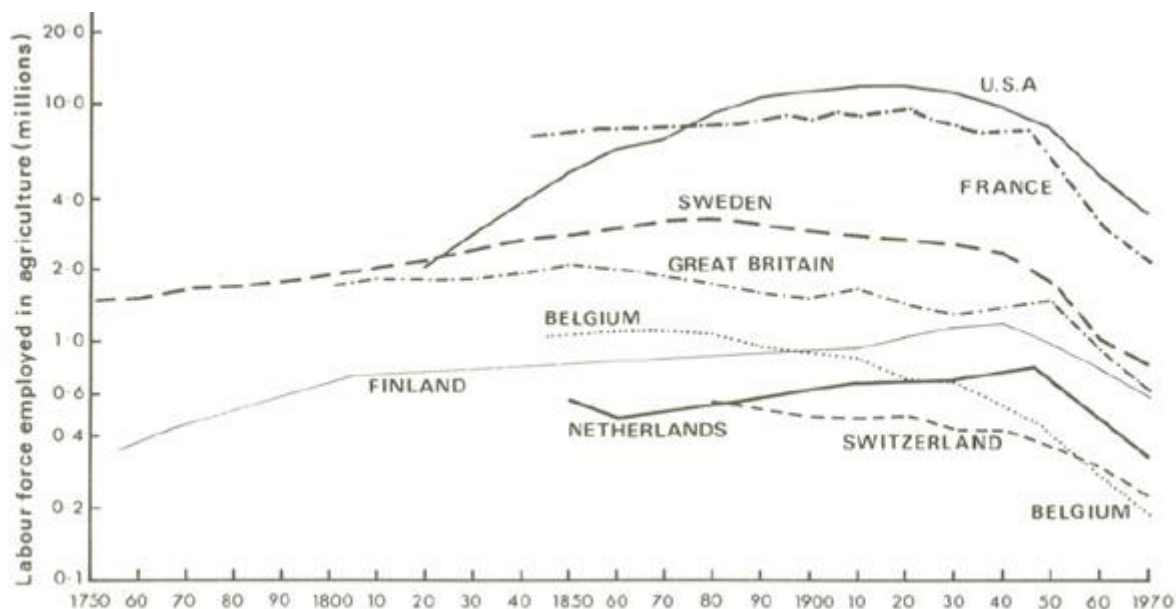
Giovanni (2004) uvádí vývoj produkce agrárního sektoru vybraných zemí, přičemž upozorňuje, že data za první polovinu 19. století je třeba brát s rezervou kvůli technice geometrických průměrů, použité k získání těchto údajů a přesně neodpovídajícího stanovení období pro vývoj produkce a populace v jednotlivých zemích. I tak je ale z tabulky 1 zjevné, že v průběhu sledovaného období docházelo alespoň průměrně ve všech zemích k procentuálnímu zvýšení zemědělské produkce na obyvatele, které přesahovalo tehdejší růst populace (či s ním alespoň udržovalo krok). Výjimkou je pouze Anglie, kde růst obyvatel převyšoval růst zemědělské produkce. Pro porovnání Evropy se zámořím, je v tabulce 1 uveden údaj také za USA.

Grigg (1987) dále ve své práci vytvořil graf, ilustrující vývoj zaměstnanosti obyvatel jednotlivých zemí v sektoru zemědělství, a to na dlouhodobé časové řadě, s počátkem v roce 1750. Industrializace v tomto směru skoro „převrátila“ roli zemědělství v ekonomice západního světa. Na počátku 18. století se zaměstnanost v agrárním sektoru pohybovala v téměř každé sledované zemi na úrovni tří čtvrtin celkové populace. V průběhu průmyslové revoluce 19. století však množství populace zaměstnané ve výrobních, dopravních a těžebních odvětvích vzrostlo o mnoho více než množství populace zaměstnané v zemědělství.

**Tabulka 1 - Tempo růstu zemědělské produkce a populace do roku 1870 (Giovanni, 2004), upraveno autorem**

Země	Zemědělská produkce		Populace	
	Období	růst v %	Období	růst v %
Anglie	1800-1870	1,1	1801-1871	1,3
Belgie	1812-1870	0,6	1816-1866	0,3
Egypt	1821-1878	5,2	1821-1878	1,5
Francie	1803-1870	0,9	1806-1866	0,4
Německo	1800-1870	1,5	1817-1870	0,9
Nizozemí	1808-1870	1,1	1808-1870	0,8
Rakousko	1830-1870	0,6	1840-1870	0,6
Řecko	1848-1870	2,7	1850-1870	2,0
Švédsko	1800-1870	1,4	1800-1870	0,8
USA	1800-1870	2,9	1800-1870	2,9

**Graf 1 - Zaměstnanost primárního sektoru (v mil.) v letech 1750-1970 (Grigg, 1987)**

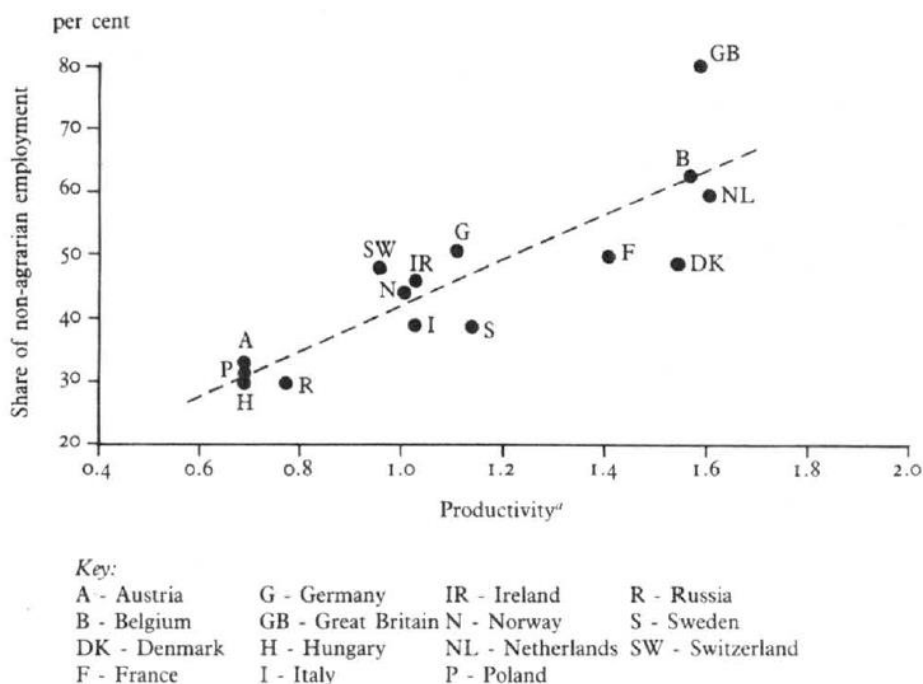


Z grafu 1 je možno odpozorovat, že vůbec historicky první zemí, která začala snižovat podíl zaměstnaných v zemědělství, byla Velká Británie, držící technologické prvenství tehdejší doby. U ostatních zemí není absolutní pokles osob v zemědělství tak markantní, či se nedostavil anebo se dokonce absolutní počet osob zvýšil. Tyto jevy však v této práci nebudou dopodrobna zkoumány. Pro jejich vysvětlení je možno případné zájemce odkázat na použitou literaturu od citovaného autora.

Zajímavé výsledky pro nástin významu průmyslové revoluce v jednotlivých zemích, poskytuje také Van Zanden (1991), jehož model v grafu 2 se zabývá vztahem mezi celkovou zemědělskou produktivitou a podílem osob zaměstnaných v jiném než agrárním sektoru.

Výsledkem je vysoká pozitivní korelace mezi těmito dvěma proměnnými, což jednoznačně potvrzuje, že čím vyšší byl v zemi růst zemědělské produktivity, tím větší podíl jejího obyvatelstva mohl být uvolněn pro práci v jiných odvětvích.

**Graf 2 - Celková produktivita v zemědělství a podíl zaměstnanosti v ostatních sektorech hospodářství, r. 1870 (Van Zanden, 1991)**



Stejný autor dále uvádí, že růst produktivity práce agrárního sektoru v námi sledovaném čase, je možné vysvětlit pomocí zvýšeného využívání nově vyvinutých výrobních vstupů. Těmito rozumíme nová průmyslová hnojiva, která začala být hojně využívána po vzoru Belgie ve Velké Británii. Konkrétně je možné zmínit např. guáno či ledky, importované z oblasti Latinské Ameriky. Vývoj množství využitých hnojiv v jednotlivých zemích je možné vidět v tabulce 2.

**Tabulka 2 - Spotřeba minerálních hnojiv v letech 1870 a 1880 (Van Zanden, 1991), upraveno autorem**

	Spotřeba minerálních hnojiv (kg/ha)	
	1870	1880
Dánsko	0	1
Spojení království	5	7
Nizozemí	0	1
Belgie	-	9
Francie	2	2
Německo	-	4

Otázkou ovšem zůstává, do jaké míry zavádění hnojiv opravdu přispělo k růstu zemědělské produktivity, jelikož výsledky nenaznačují, že země, které nepoužívaly takřka žádná hnojiva (Francie a Dánsko), by v produktivitě za ostatními zeměmi zaostávaly. Je naopak značně nepravděpodobné, že by tak nepatrné změny množství kilogramů využívaného hnojiva mezi léty 1870 a 1880, byly příčinou rychle rostoucí produktivity práce v zemědělství. Stejný závěr platí také pro zavádění zemědělských strojů, jejichž obliba byla v roce 1870 značná jen u bohatých vlastníků půdy. Z toho vyplývá, že zvýšená produktivita práce v období raných technologických pokroků sice na jednu stranu mohla být podpořena rozvojem vynálezů a zaváděním nových hnojiv, avšak pravděpodobně podstatnější byly změny, které se udály na poli legislativy, občanských práv rolníků a celkového vzdělání společnosti (Van Zanden, 1991).

### **3.2. Období 1871-1939**

Vivier (2006) popisuje, že situace v zemědělství se v této etapě lidských dějin vyvíjela od začátku velmi slibně. Zvýšení produkce bylo docíleno jak rozšířením výměry zemědělské půdy, ale také navýšením stavů hospodářských zvířat. Díky rozvoji techniky a hnojiv bylo možné rozšířit produkci i na půdy méně úrodné, což mělo za následek úbytek orné půdy trvale ležící ladem. Pokles na významu zaznamenalo také úhorové hospodářství, v té době nahrazené systémem střídání plodin v jednotlivých regionech. Pro začátek dvacátého století, kdy došlo k významnému růstu vzdělanosti společnosti, bylo specifické, že se většina výzkumů přinášejících nové poznatky, odehrávala na akademických půdách.

Jak uvádí Grigg (1987), do doby rozmachu vysokého školství ve 20. století, byla podstatná část pokroku v zemědělství připisována samotným hospodářům a farmářům, kteří na základě empirie vybírali semena s nejlepším výnosem, dále docilovali lepších vlastností hospodářských zvířat jejich křížením a zaváděli nové plodiny. Se znovuobjevením poznatků Johanna Gregora Mendela v roce 1900, se však začaly ve mnoha zemích zakládat akademická pracoviště, zabývající se křížením rostlin v laboratorních podmínkách. Od této doby začíná éra státem podporovaných výzkumů, jejichž poznatky umožnily rapidní vzrůst zemědělských výnosů minulého století.

Toto období však neprovázely pouze pozitivní události, ale jak uvádí Swinnen (2009) v letech 1880 až 1895 došlo v Evropě ke snížení cen obilí, v důsledku levných dovozů z Ruska, Kanady a Spojených států amerických. Tento okamžik odstartoval masivní protekcionistické vládní intervence evropských zemědělců (dovozní cla a kvóty či exportní dotace), kteří levným



dovozům nedokázali konkurovat<sup>2</sup>. Tento fakt měl poměrně logické vyústění, kdy se v zemích Evropy (bránících „záplavě levné zahraniční produkce“) začaly projevovat náklady protekcionistické politiky, a to sice rostoucí ceny potravin. Takový stav přetrvával i v době první světové války (1914-1918), kdy se ochrana přesunula spíše na spotřebitele, zavedením maximálních nákupních cen potravin.

Po první světové válce byl dle Giovanniho (2004) vývoj zemědělství v jednotlivých státech velmi proměnlivý. Asie byla například válkou téměř nezasažena a její produkce rostla předválečným tempem. V Evropě a v zámoří však produkce stagnovala v důsledku mobilizace mužů a koní, kteří nasazovali své životy ve válce. Dalším důvodem stagnace byla také přeměna továren, do té doby vyrábějících průmyslová hnojiva, na zařízení pro výrobu výbušnin využívaných v bojích.

### 3.3. Období od roku 1940 až po současnost

Druhá světová válka znamenala (alespoň pro země, které se do války zapojily či jí byly jinak ovlivněny) významnou regulaci produkce a spotřeby potravin. Stejně jako za doby první světové války, působil důležitou roli černý trh, na němž bylo možné (ačkoliv za velmi vysokou) potraviny sehnat (Swinnen, 2009).

Dle Harrisona (1998) však i v průběhu druhé světové války docházelo k určitému růstu efektivity. Tento růst byl, jako již v minulosti, způsoben expanzí technologických poznatků a využíváním dokonalejších zemědělských strojů. Přesto však index produktivity práce v době války, např. pro Velkou Británii (tabulka 3, sloupec č. 4) nezaznamenal jednoznačný nárůst.

**Tabulka 3 - Výstup, zaměstnanost a produktivita práce v britském zemědělství, 1939-1946 (Harrison, 1998)**

Období	Hodnota výstupu	Výstup (kcal.)	Zaměstnanost	Výstup na pracovníka	Kcal. na pracovníka
1939/40	104	110	99	105	111
1940/41	106	125	101	105	124
1941/42	98	136	103	95	132
1942/43	111	168	107	104	157
1943/44	115	191	108	106	177
1944/45	108	-	109	99	-
1945/1946	111	-	107	104	-

**Pozn.: 1 – 1937/1939=100, 2 – 1938/1939=100, 3 – 1937/1939=100, 4 – sloupec č. 1 děleno sloupec č. 3, 5 – sloupec č. 2 děleno sloupec č. 3**

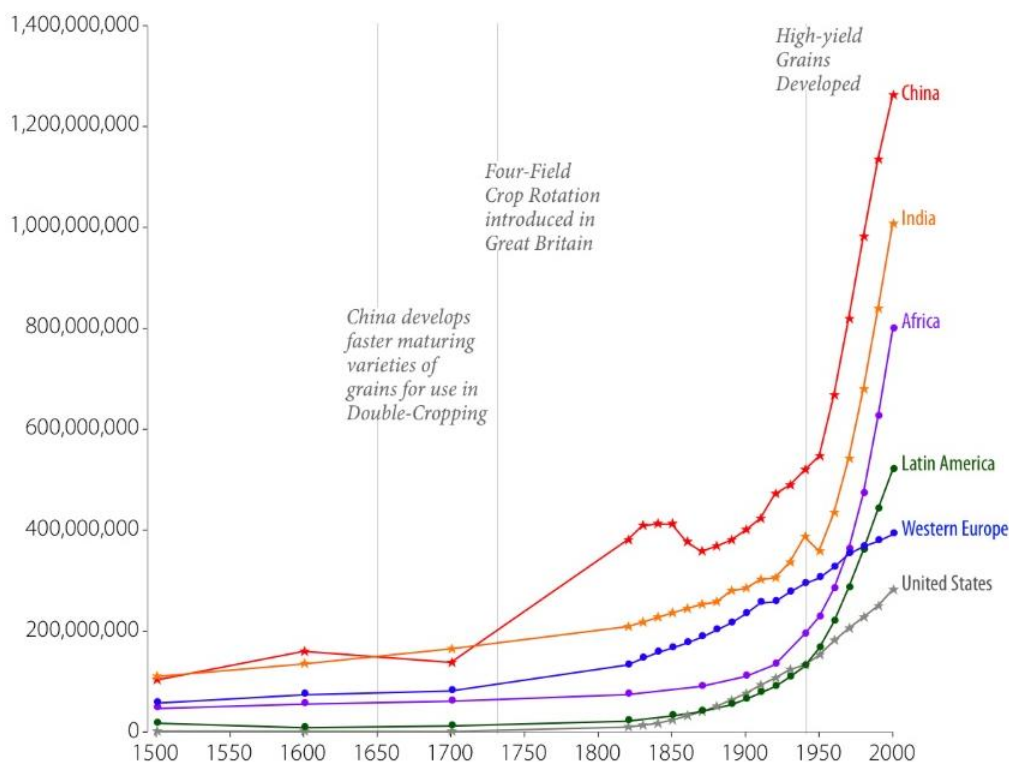
<sup>2</sup> Podobných tendencí jsme v současnosti svědky u Společné zemědělské politiky EU.

Odpověď se však pravděpodobně skrývá v přepočtu dosaženého výstupu na jednotku kalorií. Hlavní snahou válečných politiků bylo totiž zajištění co možná nejlepší a nejvydatnější stravy pro své občany, čemuž v tehdejší době bránily mnohé překážky (např. absence dovozu ze zahraničí). Nebyl tedy kladen tak důraz na objem produkce, jako spíše na kalorický obsah daného výstupu (sloupec č. 2), dále vyjádřeného v podobě počtu „tvorby“ kalorií na jednoho pracovníka v tehdeším britském zemědělství. Tento ukazatel poté skutečně ukazuje značné zvýšení produktivity práce.

V poválečných letech bylo zemědělství považováno za sektor, z něhož mohly být staženy vzácné výrobní faktory do rychle expandujících průmyslových odvětví, těžících z nárůstu vědeckotechnických poznatků druhé světové války a rozvíjejících se vědních oborů. Aby tento proces mohl proběhnout, bylo třeba, aby produktivita v zemědělství dále rostla (Ruttan, 2002).

Padesátá léta dvacátého století byla z demografického hlediska celosvětově významným mezníkem, jehož trend by ale nemohl být trvale udržen bez podpory intenzivního zemědělství. Stručně řečeno, počet obyvatel na Zemi začal v této době rapidně růst, ačkoliv v Evropě a v USA došlo pouze k udržování tohoto trendu. (viz graf 3).

**Graf 3 - Růst populace ve světových regionech, 1500-2000 (mld.) (Visualizing economics, 2007)**



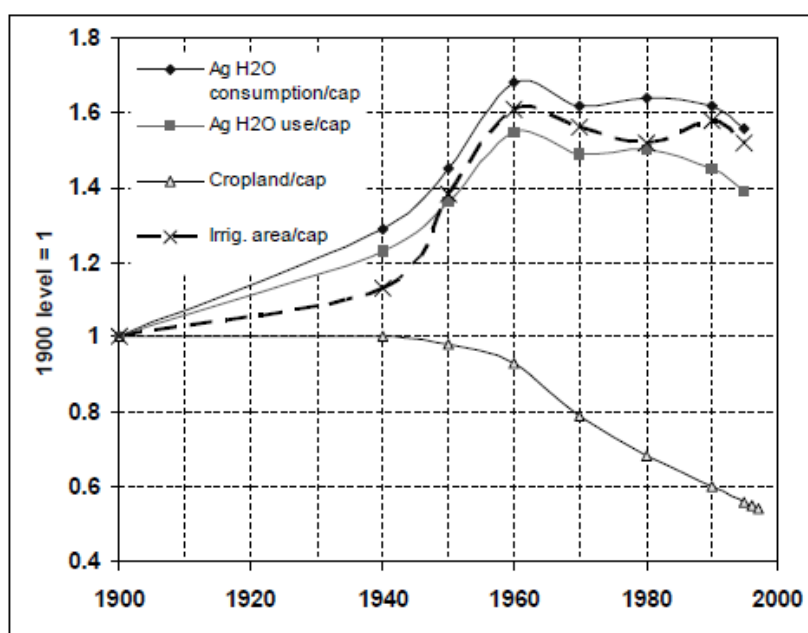
V rozmezí let 1950-2000 se světová populace zvýšila o více než 200 % a zaznamenávala historicky nejvyšší meziroční přírůstky (v průměru 1,7 %). V roce 1950 světová populace čítala

skoro 2,5 miliardy obyvatel, v roce 2006 to bylo např. již 6,6 miliardy.

Tento trend byl zapříčiněn např. zvyšující se nadějí dožití obyvatel a nižší úmrtností novorozenců a jejich matek, odrážející moderní zdravotní péči. Hlavním důvodem však byla tzv. „zelená revoluce“, která proběhla v padesátých letech nejprve v rozvinutých státech a později i v rozvojových zemích. Zelená revoluce nebyla v žádném případě jevem závislým na vyšší míře mechanizace zemědělství, ale spíše na využívání nových druhů pesticidů, hnojiv a šlechtěných odrůd, které bylo možné využívat i v teplejších podnebných pásech a s vyššími výnosy.

Odezvou na výše uvedené změny v zemědělské produkci bylo například i rapidní snížení plochy zemědělské půdy na jednu osobu, ale také navýšení množství vody, potřebného k závlaze a udržování rostlin či pro potřeby chovu dobytka. Graf 4 tyto změny ilustruje a měří jejich význam vzhledem k počátku sledovaného období, roku 1900. Množství vody na jednu osobu, potřebné k zemědělské činnosti, bylo nejvyšší v šedesátých letech, poté lehce kleslo, ale ke konci století bylo stále zhruba o 50 % vyšší, než v roce 1900 (Goklany, 2002).

**Graf 4 - Globální výměra zemědělské půdy (Cropland/cap) a spotřeba vody v zemědělství na osobu (Ag H2O consumption/cap), 1900-2000 (Goklany, 2002)**



Pro evropské země byla padesátá léta dvacátého století významná zejména založením Evropského hospodářského společenství (EHS), jež se později vyvinulo do podoby současné Evropské unie. Šest zakládajících států EHS (Německo, Francie, Itálie, Belgie, Nizozemí a Lucembursko) se po společném jednání dohodlo, že v rámci plánu zajištění společného trhu by bylo vhodné, do této oblasti začlenit také zemědělský sektor. To v praxi znamenalo volný pohyb

zemědělských výrobků, odbourání hraničních kontrol, celní ochrany a zavedení společných pravidel pro obchodování se třetími zeměmi (Bečvářová a Zdráhal, 2013).

Na základě webových dat organizace FAO (Food and Agriculture Organization), která začala být v období po druhé světové válce zveřejňována v rámci ročenek a dalších výstupů, je možné dále popsat světový vývoj produkce primárního sektoru v letech 1960-2000.

Od konce druhé světové války existovala jistá důvěra v to, že intenzivní aplikace moderních technologií, nových odrůd a hnojiv dokáže ve velmi krátkém okamžiku vyřešit problémy nedostatku potravin v rozvíjejících zemích. Ačkoliv bylo v těchto zemích díky zelené revoluci opravdu možné pozorovat růst zemědělské produkce na obyvatele, zakrátko se ukázalo, že tento trend nebude trvalý. Nejenom, že se rostoucí trend zemědělské produkce snížil, ale již zmíněný populační růst v těchto zemích zcela přesahoval růst populace. Dle tabulky 4 je zřejmé, že celosvětový růst populace ve sledovaném období nikdy nepředčil růst produkce potravin. Toto tvrzení však neplatí, srovnáme-li zmíněné ukazatele dle světových regionů. Dle údajů z posledního sloupce tabulky lze konstatovat, že všechny sledované regiony v rozvinutých zemích, kromě Severní Ameriky v letech 1952-1961 zažily ve sledovaném období růst produkce potravin na obyvatele, zatímco regiony rozvojových zemí, a to zejména Afrika, v některých sledovaných obdobích dosahovaly dokonce záporných hodnot tohoto ukazatele. (FAO, 1970).

**Tabulka 4 - Průměrné tempo růstu zemědělské produkce a populace podle světových regionů, 1952-1969 (FAO, 1970), upraveno autorem**

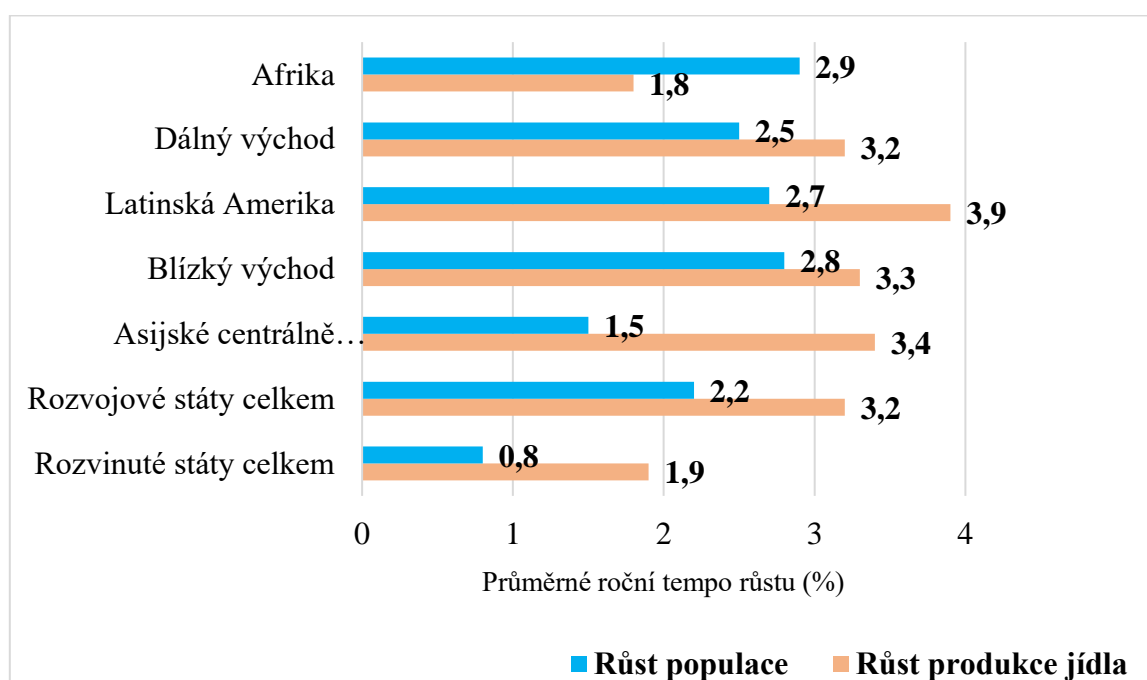
Světový region	Průměrné tempo růstu produkce potravin (%)			Průměrné tempo růstu populace (%)			Průměrné tempo růstu produkce potravin na obyvatele (%)		
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
Západní Evropa	2,4	2,8	2,6	0,8	0,9	0,9	1,6	1,9	1,8
Východní Evropa a SSSR	5,2	3,2	4,1	1,5	1,1	1,3	3,7	2,1	2,8
Severní Amerika	1,7	2,3	2,0	1,3	1,4	1,6	-0,1	0,9	0,4
Oceánie	2,5	3,5	3,4	2,3	2,1	2,2	0,5	1,7	1,1
Latinská Amerika	3,1	3,0	3,1	2,8	2,9	2,9	0,3	0,1	0,2
Dálný východ	3,4	2,4	2,9	3,0	1,9	2,4	1,1	-0,1	0,5
Blízký východ	3,3	2,9	3,1	2,5	2,6	2,5	0,8	0,3	0,5
Afrika	2,1	2,1	2,1	3,1	1,9	2,4	-0,2	-0,4	-0,3
<b>Svět (celkem)</b>	<b>3,1</b>	<b>2,8</b>	<b>2,9</b>	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>

Pozn.: *I* – 1952-1961, *II* – 1959-1969, *III* – 1952-1969

Poměrně zajímavé je to, že růst produkce potravin na obyvatele v Západní Evropě byl ve sledovaném období nižší, než ve Východní Evropě a Sovětském svazu, což jsou regiony, které v úrovni produktivity práce oproti západu výrazně zaostávaly až do pádu železné opony.

Ani v průběhu sedmdesátých let dvacátého století nedošlo u Afriky ke zlepšení její situace. Graf 5 sice ukazuje pozitivní trend světového zemědělství mezi léty 1971-1980 v rozvinutých zemích i ostatních rozvíjejících se zemích, avšak Afrika opět jako jediná nedokázala ve sledovaném období rozvíjet své zemědělství v souladu s růstem populace a tento stav bohužel přetrvává do současnosti (FAO, 1982).

**Graf 5 - Průměrné roční tempo růstu populace a produkce potravin ve světových regionech, 1971-1980 (FAO, 1982), upraveno autorem**



Na konci osmdesátých let došlo k utlumení rostoucího trendu produkce obilovin na obyvatele. Průměrné roční tempo růstu světové produkce obilovin, které činilo 2,7 % v sedmdesátých letech, se snížilo na 0,5 % v devadesátých letech a na pouhých 0,3 % na počátku druhého tisíciletí. K podobnému útlumu došlo během devadesátých let, v rámci potravin jako celku, kdy v rámci tohoto ukazatele činil růst na obyvatele v průměru 2,3 %, zatímco mezi léty 2000-2003 to bylo pouhých 1,6 % (tabulka 5). To ovšem nebyly jediné problémy, které se ve světovém zemědělství na přelomu tisíciletí objevily (Webb, 2008).

Hlavním problémem byl zhoršující se stav přírodních zdrojů. Od poloviny devadesátých let se environmentální škody, způsobené především nesprávným využíváním chemikálií a některých hnojiv, staly potenciální překážkou budoucího udržitelného růstu zemědělství, z jehož pohledu

je nutné nejen zvýšit produkci jednotlivých zemědělských komodit, ale také chránit, konzervovat a dále rozvíjet všechny složky ekosystému, které se zemědělstvím souvisí.

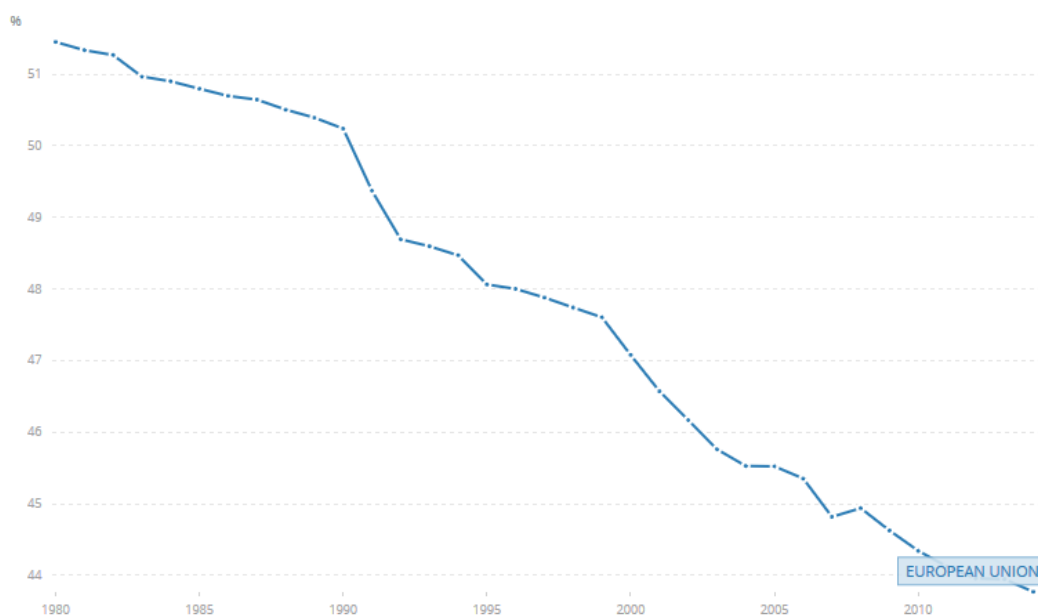
**Tabulka 5 - Průměrné roční tempo růstu populace a produkce potravin, 1970-2003 (Webb, 2008), upraveno autorem**

Světový region	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2003
	<i>růst v %</i>			
Východní/Jihovýchodní Asie	1,4	2,7	3,9	3,0
Jižní Asie	0,4	1,5	1,3	-0,4
Latinská Amerika/Karibik	1,1	0,4	1,7	2,2
Severní Afrika/Blízký východ	0,3	0,7	0,7	1,3
Subsaharská Afrika	-1,7	-0,1	0,4	-0,5
<b>Svět celkem</b>	0,6	0,6	1,0	0,7
Rozvinuté země	1,2	0,3	-0,3	-0,6
Rozvojové země	0,7	1,5	2,3	1,6

Mezi problémy, které se v souvislosti s degradací ekosystémů objevily, je možné řadit ztrátu biodiverzity v důsledku masivního využívání pesticidů a herbicidů, či snížení zemědělské produkce v souvislosti s vyčerpáváním půdních živin. Zde se opět vracíme k dříve zmíněnému termínu „zelené revoluce“, která ačkoliv dokázala pozvednout životní standard, způsobila také některé negativní dopady, které se začaly projevovat až s časem. (Webb, 2008).

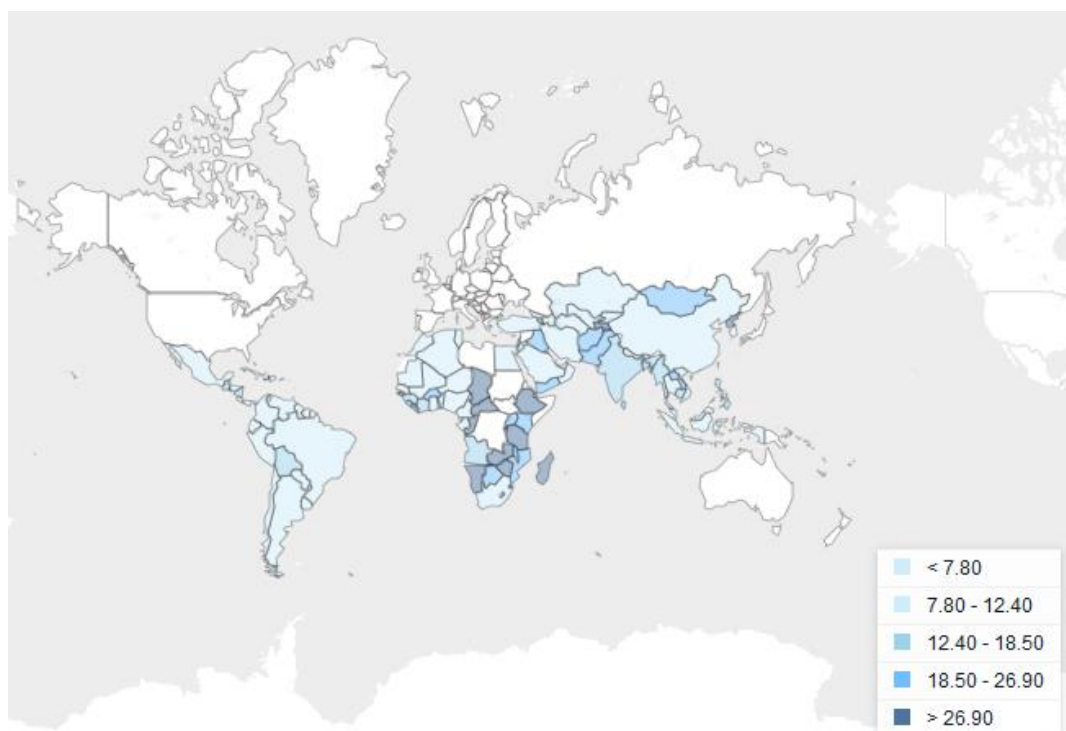
Jak již naznačoval graf 4, celosvětová výměra zemědělské půdy přepočtená na jednu osobu, se jako kombinace přírůstku obyvatelstva a úbytku půdy zástavbou apod., v průběhu druhé poloviny dvacátého století rapidně snižovala, což samozřejmě platí i pro období mezi rokem 1980 a současností. Zajímá-li nás však v tomto období absolutní výměra zemědělské půdy v Evropské unie, graf 6 zaznamenává jasný pokles. V rámci celosvětové rozlohy má celá Evropa trvale nejnižší rozlohu orné půdy – okolo 21 %. Tento fakt však není třeba hodnotit příliš negativně, jelikož území Evropy, samo o sobě již vůči ostatním kontinentům poměrně malé, neposkytuje pro rozsáhlé pěstování plodin tak výhodné podmínky jako např. území Spojených států amerických. Zemědělská půda v Africe sice dosahuje 40 % rozlohy celého kontinentu, avšak produktivita v zemědělství je zde stále velmi nízká, tudíž celkové výnosy na obyvatele musí být také nízké (FAO, 2017).

**Graf 6 - Procento půdy EU využívané k zemědělským účelům (FAO, 2017)**



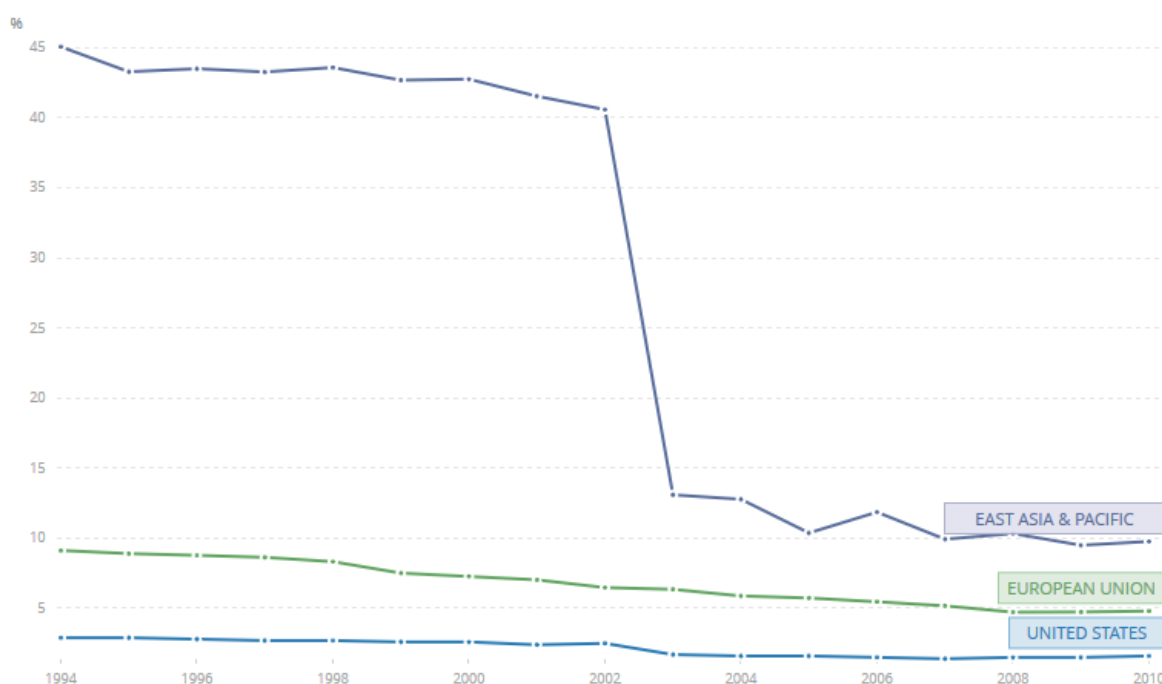
Graf 7 znázorňuje procentuální zastoupení podvyživené populace v jednotlivých státech světa. Na první pohled je již zřejmé, že rozvinuté ekonomiky, a včetně států EU, v tomto ukazateli ani zařazeny nejsou, a proto je jejich území označeno bíle. Pomineme-li roli možných válečných konfliktů, nálezů a environmentálních katastrof, můžeme říci, že v současnosti reálná hrozba nedostatku potravin hrozí pouze v rozvojových zemích, což je v souladu se všeobecně prezentovaným a akceptovaným názorem.

**Graf 7 - Světová podvýživa (% populace), 2015 (FAO, 2017)**



Z pohledu podílu celkového obyvatelstva zaměstnaného v zemědělském sektoru je Evropská unie dlouhodobě pod hranicí 10 % takto zaměstnaných obyvatel všech členských zemí. Vývoj tohoto ukazatele v čase je možné vidět na grafu 8, přičemž je unijní trend možné srovnat se Spojenými státy americkými a regionem Východní Asie a Pacifiku. Region Afriky, který je ve grafu vynechán, se v současnosti stále vyznačuje poměrně vysokým procentem zaměstnaných v agrárním sektoru, jako nutnost pro přežití. To je dáno zejména nízkou kvalitou půdy, nevhodnými klimatickými podmínkami pro růst plodin a také nedostatečnou produktivitou práce, jejíž zvýšení by mohlo uvolnit pracovníky do dalších ekonomických aktivit.

**Graf 8 - Podíl pracovní síly zaměstnané v zemědělství, 1994-2010 (FAO, 2017)**



Výše bylo zmíněno, že v devadesátých letech dvacátého století došlo k uvědomění, že budoucnost lidského zemědělství je za jinak neměnných okolností ohrožena nevhodným využíváním krajiny, používáním nebezpečných látek a jejich vypouštěním do půdy a ovzduší. Tento negativní trend se však nadále zhoršoval i po přelomu tisíciletí. Sektor zemědělství je v současnosti také velkým zdrojem emisí skleníkových plynů, zejména oxidu uhličitého a amoniaku (NH<sub>3</sub>). Přestože se v rámci vědeckých debat stále vedou dohady o zdrojích, dopadech či vlivech vzrůstajícího množství skleníkových plynů v atmosféře, je jisté, že případná klimatická změna bude mít nezanedbatelný vliv na evropské a samozřejmě celosvětové zemědělství. Tento fakt je zde zdůrazněn ve spojitosti s programy a projekty Evropské unie, které jsou často tematicky zaměřeny na „odvrácení“ hrozby globálního oteplování (včetně rizik sucha), jejíž zdůrazňování je v Unii zájmem některých politických uskupení. Pokud ale



Evropská unie shledává v potenciálně nastanuvší klimatické změně jistou hrozbu, není potom zcela jasné, proč brání plošnému povolení geneticky modifikovaných organismů, které klimatickou změnu mohou pomoci odvrátit či alespoň zmírnit. Tomuto problému ale bude věnována hlubší pozornost níže, v příslušné kapitole.

## **4. GM PLODINY**

Tato kapitola se blíže zabývá ústředním pojmem práce, čímž jsou GMO plodiny. V první podkapitole bude uveden stručný popis principů a funkce těchto plodin, spolu s nastíněním jejich historického vývoje. V dalších podkapitolách autor pojedná o mechanismu, na jehož základě GM plodiny fungují, s uvedením hlavních vlastností, které z nich činí vhodnější organismy pro zemědělskou produkci než plodiny nemodifikované. Zmíněny budou dále dopady pěstování GM plodin, které se dle odborné literatury a zkušeností pěstitelů mohou objevit. Tyto dopady budou zkoumány z hlediska sociálně-ekonomického, environmentálního a zdravotního. Nakonec je také nutné prozkoumat postoje veřejnosti a odpůrců GM plodin, kteří se rekrutují jak z aktivistických, tak politických kruhů, jejichž přesvědčení o škodlivosti těchto plodin, které často nemá sebemenší vědecký základ, komplikuje zlegalizování GM plodin v EU. Tato kontroverzní problematika tedy bude součástí poslední podkapitoly.

### **4.1. Definice a vznik GM plodin**

#### **4.1.1. Geneticky modifikovaný organismus (GMO)**

GMO, které jsou významově nadřazeným pojmem GM plodin, nemají žádnou formální, všeobecně přijatou definici, jež by bylo nutné dodržovat. Pro účely této práce postačí, pokud o GMO organismech budeme mluvit jako o

*„živých organismech živočišných, rostlinných i mikrobiálních druhů, do kterých byl vpraven určitý gen; gen jaký se v nich přirozenou cestou nevyskytuje a který byl do nich přenesen z organismu jiného biologického druhu“ (Šmarda, 2005).*

Z výše uvedené definice je tedy patrné, že genetická modifikace je možná i u živočichů, tedy u hmyzu, zvířat a v budoucnu možná i u lidí. Je však třeba zdůraznit, že tato práce se primárně zabývá pouze pěstováním GM rostlinných organismů, tedy plodin.

Na tomto místě postačí předeslat, že spektrum využívaných GMO je poměrně široké. Ačkoliv EU stále nepovolila plošné pěstování těchto organismů, využití GMO v EU (a to včetně ČR) spočívá zejména ve výzkumné a laboratorní činnosti. S GM mikroorganismy, buněčnými

kulturami, rostlinami a laboratorními zvířaty běžně pracují vědci na velkém počtu vysokých škol s přírodovědným zaměřením, ve výzkumných centrech, kontrolních zemědělských a potravinářských institucích atd. (Doubková, 2008).

#### **4.1.2. Historie GMO**

Jak již bylo popsáno výše v kapitole pojednávající o historickém vývoji zemědělského sektoru, v průběhu dějin se zemědělci snažili domestikovat plodiny a zvířata tak, aby co nejlépe sloužily lidským účelům. U těchto organismů lidé zlepšovali a vyvíjeli produkční vlastnosti či odolnost vůči nákazám a pesticidům. V procesu domestikace rostlin byly jejich pozitivní vlastnosti často získány až díky množství náhodných genetických změn, které se odehrály v každé generaci těchto rostlin. Tomuto procesu se říká umělá selekce a je opakem tzv. přirozeného výběru, klíčového pojmu teorie biologa Charlese Darwina. V následku umělé selekce jsou sice rostliny výnosnější či odolnější, avšak naprosto neschopné přežít ve volné přírodě bez zásahu člověka. (Chassy, 2007).

Jak píše Rangel (2015), umělá selekce byla využita u křížení velkého množství rostlin. Nejstarší zmínka tohoto procesu sahá až do roku 7800 př. n. l, ze kterého pochází domestikovaná odrůda pšenice, nalezená archeology v Jihovýchodní Asii. Nejvýznamnějších výsledků však bylo díky umělé selekci dosaženo u kukuřice, která byla vyšlechtěna z divoce rostoucí trávy, nesoucí velmi malý počet drobných zrn. V průběhu tisíciletí byla tato tráva selektivně křížena tak, aby měla těchto zrn více a více. Výsledek tohoto vývoje je nám dnes znám právě jako kukuřice. Podobným procesem prošla brokolice, banány a jablka.

V druhé polovině dvacátého století došlo na poli mikrobiologie k množství významných objevů. V roce 1953, kdy byla poprvé popsána skladba DNA, biologové věděli, že bakterie mohou navzájem měnit své geny prostřednictvím molekul, zvaných plazmidy (Stone, 2010).

Enormní objev v rámci problematiky GMO se však uskutečnil v roce 1973, kdy dva vědci jménem Herbert Boyer a Stanley Cohen spolupracovali na projektu, jehož výsledkem byl první geneticky modifikovaný organismus. Tito vědci stvořili metodu, díky které bylo možné velmi sofistikovaně „vyjmout“ gen jednoho organismu a „vložit“ jej do organismu druhého. Pomocí této metody přenesli gen, kódující antibiotickou odolnost jednoho kmenu bakterií, na bakterii jiného kmene, přičemž tak obohatili antibiotickou odolnost příjemce. O rok později dva významní vědečtí pracovníci Rudolf Jaenisch a Beatrice Mintz opět využili podobnou proceduru u zvířat, když přenesli DNA jiného zvířete do myšího embrya. Přestože tato nová moderní technologie otevřela spoustu možností pro další vědecké bádání, média, představitelé vlády a vědci se brzy začali obávat potenciálního poškození lidského zdraví a narušení

planetárních ekosystémů, v důsledku takovýchto genetických zásahů. Tyto obavy vyústili do uspořádání tzv. Asilomarské konference, která se konala v roce 1975 a jejím ústředním cílem bylo projednat možné nebezpečí, hrozící při provádění experimentů genetického inženýrství. Po třech dnech jednání, se vědci, právníci a vládní představitelé rozhodli, že projekty genetického inženýrství mohou dále pokračovat za předpokladu dodržování jistých pravidel (Rangel, 2015; Grunewald a Bury, 2015).

Na poli výzkumu genetických modifikovaných rostlin byl významný zejména výsledek spolupráce biologů společnosti Monsanto a Washingtonské univerzity, kteří v roce 1983 uspěli v pokusu o přenos genů mezi rostlinnými organismy. V roce 1988 se Čína stala první zemí, pěstující geneticky modifikovanou plodinu pro komerční účely – tabák, speciálně upravený proti tzv. viru tabákové mozaiky. Ve Spojených státech amerických byla první komerční GM rostlina s názvem „Flavr Savr“ vyvinuta v roce 1994. Jednalo se o odrůdu rajčete, které byl vložen gen oddalující hnilobné procesy. V dalších letech se poté objevovaly genetické transformace zajišťující toleranci rostlin vůči herbicidům a odolnost vůči hmyzu. Takto upravená sója, kukuřice a bavlna, byla na přelomu tisíciletí využívána množstvím farmářů ve Spojených státech amerických a Kanadě (Stone, 2010).

Na konci devadesátých let se však situace ohledně GMO začala vyhrcovat. Rozšíření upravených plodin v Západní Evropě nebylo příliš úspěšně přijato, což zvedlo vlnu opozice vůči GM plodinám v různých částech světa. Okolo roku 1999 se debaty ohledně GMO začaly stále více dotýkat významu genetického inženýrství pro rozvojové země. Nové plodiny byly jednou stranou vnímány jako záchrana tamějšího zemědělství a veřejného zdraví, druhou stranou však byly odsuzovány jako nepředstavitelná hrozba. Přestože GM plodiny měly původně sloužit zejména pro velkoplošné a mechanizované zemědělství, výsledky prvních (ačkoliv rozsahově málo významných) pokusů o pěstování GM plodin v prostředí třetího světa získaly velmi pozitivní ohlasy. V médiích i odborných člancích se mluvilo například o rýži, která „zachrání milion dětí ročně“, o sladkých bramborách s vysokým obsahem bílkovin či banánům odolných vůči plísním. Oponenti GM plodin však dále vyrukovali s argumenty, o nebezpečí pro farmáře v rozvíjejících se zemích, kteří takto ztrácejí svoji suverenitu a přispívají k možné degradaci životního prostředí a nízké kvalitě půdy. Přesto se však do roku 2009 GM plodiny rozšířily tak, že v některých rozvojových zemích mnohdy tvoří až 100 % celkové produkce určitých plodin (Stone, 2010).

Obavy z pěstování GMO jsou však v některých zemích mnohdy natolik silné, že rozsáhlé kampaně zdůrazňující negativa a rizika GMO již docílily řady zákazů a omezení. Ve

spojených státech amerických například společnost McDonald's přestala využívat GM brambory, jelikož se bála odmítnutí svých produktů ze strany spotřebitelů. Bylo by vcelku rozumné domnívat se, že ze strany stále rozvíjejících se zemí nebude kvůli tamnímu nedostatku potravin kladen GMO takový odpor, jako je tomu u rozvinutých států. Zkušenost je však ve skutečnosti jiná. Zambie např. v roce 2002 odmítla zahraniční rozvojovou pomoc, sestávající z dodávky GM plodin (Chassy, 2007).

Na tomto místě je také vhodné uvést stručnou historii toho, jaký postoj vůči GMO zaujímala EU, jejíž environmentální politika, v minulosti ovlivňovala a dnes stále ovlivňuje proces přijímání environmentálních opatření na úrovni členských států.

Dle Falknera (2007) se z EU v průběhu druhé poloviny dvacátého století stal klíčový hráč na poli environmentální diplomacie. Zatímco v prvopočátcích environmentalistického hnutí, po první konferenci Organizace spojených národů v roce 1972, EU chyběly přímé kompetence a většina evropských zemí velmi zdoluhavě a nejednotně zaváděla opatření, týkající se ochrany ozónové vrstvy a boje s kyselými dešti, mezinárodní pozice a význam EU se v oblasti environmentálního vyjednávání od roku 1980 značně změnil. V roce 1992 se například v rámci schválené Maastrichtské smlouvy poprvé objevil termín „princip předběžné opatrnosti“, který měl být základem pro environmentální politiku Společenství.

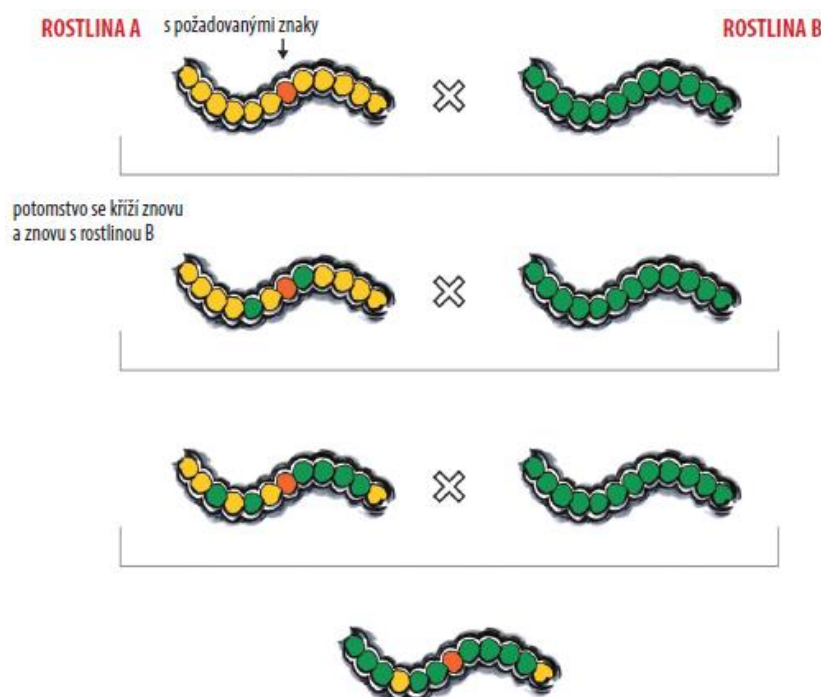
Po skoro dvaceti letech dále EU sehrála významnou roli na další konferenci Organizace spojených národů, kde usilovala o přijetí Kjótského protokolu (zaměřeného na prevenci globální změny klimatu). Na konci devadesátých let se EU projevila jako hlavní zastávce přísných pravidel pro mezinárodní obchod s GMO. EU zastávala jasný postoj, týkající se co nejpodstatnějšího zmírnění jakýchkoliv negativních dopadů, které by se v souvislosti s využíváním a importem GMO ze Spojených států amerických a dalších zemí mohly objevit. Tento postoj se později promítl do finální verze Cartagenského protokolu o biologické bezpečnosti, přijatého v roce 2000 (Kýrová, Ostrý, Laichmannová a Ruprich, 2010).

Ačkoliv se v období po roce 2000 postoj EU ke GMO v některých obdobích značně měnil, tyto změny neměly obvykle dlouhého trvání. Z výše uvedeného popisu je tedy jasné, že postoj Unie k problematice GMO nebyl v historii nikdy zcela otevřený. Jaké pro to byly konkrétní důvody a jak je v rámci EU tato problematika vnímána v současnosti, bude předmětem jedné z nadcházejících kapitol.

## 4.2. Mechanismus fungování GM plodin a jejich výhody oproti nemodifikovaným plodinám

### 4.2.1. Princip biotechnologií

Pro vysvětlení mechanismu genetické modifikace plodin je vhodné začít jednoduchým popisem, čeho se procesem křížení a domestikace vlastně chce dosáhnout. K tomuto účelu nejlépe poslouží schéma Stratilové a Jedličkové (2016), které ve své publikaci uvádějí tak, jak je znázorněno na obrázku 1. Schéma uvádí klasický případ záměrného křížení rostlin, za účelem výběru určitých pozitivních vlastností. Průkopníkem této vědecké metody byl již zmíněný Johann Gregor Mendel, který v devatenáctém století položil základní pilíře genetiky.



Obrázek 1 - Schéma mechanismu křížení (Stratilová a Jedličková, 2016)

V levé polovině obrázku se nachází rostlina A, nesoucí genetický znak, jež propůjčuje rostlině jistou užitečnou vlastnost (například odolnost vůči škůdcům). Mendel zjistil, že tento znak může být po jisté sérii křížení potomstva rostliny A propůjčen i jiné rostlině, se kterou je toto křížení provedeno (rostlina B). Současné metody křížení však oproti Mendelově a dalším pozdějším metodám křížení<sup>3</sup> skýtají značné výhody v tom, že u kříženců se projevují pouze žádoucí a chtěné vlastnosti, k čemuž u předchozích metod nikdy nedocházelo a rostliny tak

<sup>3</sup> Možné je jmenovat např. šlechtění radiací, jehož průkopníkem byl Čech Josef Bouma. Ten ozářil zubařským rentgenem zrna ječmene, přičemž výsledná rostlina měla mimo další benefity o 12 % vyšší výnosy. Tento proces šlechtění je však v současnosti označen za velmi rizikový kvůli jeho nepředvídatelným dopadům na zdraví člověka (Stratilová a Jedličková, 2016).

dědily i vlastnosti nežádoucí. Výše uvedené schéma popisuje obecný princip tzv. **biotechnologií**, což jsou technologie využívající biologický systém, živý organismus či jeho části k výrobě, přeměně nebo jinému využití v potravinářství, medicíně či průmyslu. Biotechnologie původně vychází z vědního oboru genetiky a jednou z jejích mnoha součástí je právě genové inženýrství, kterým se tato práce primárně zabývá (Stratilová a Jedličková, 2016).

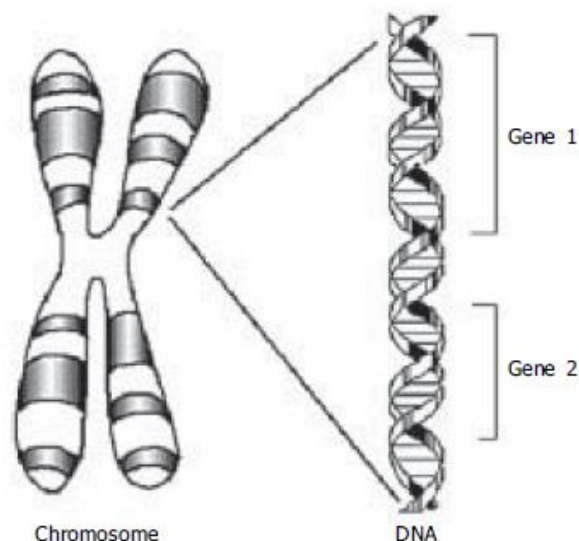
**Genetické inženýrství** v té podobě, v jaké je dnes známé, umožňuje vědci identifikovat část sekvence DNA, ve které se nachází konkrétní gen, vyjmout jej a přenést do dalšího organismu, např. do buňky rostliny. Tímto způsobem je genom organismu rostliny modifikován tak, jak si přeje vědec (Petriccione, 2004).

Z terminologických důvodů je na tomto místě vhodné zmínit, že technika, umožňující přenos genů mezi organismy se nazývá **transgenose**, avšak výsledný produkt této techniky není analogicky nazván transgenní organismus. Zákonodárným procesem bylo stanoveno, že transgenose musí být označována jako genetická modifikace a konečný produkt přenosu genů tedy podle toho musí být nazýván **geneticky modifikovaným organismem – GMO** (Stratilová a Jedličková, 2016).

#### 4.2.2. Hlubší souvislosti genetiky a GMO

Po definici základních pojmů, je nyní možné přejít k podrobnějšímu popisu toho, jakým způsobem probíhá genetická modifikace plodin.

Petriccione (2004) uvádí, že základní funkční jednotkou každého živého organismu je buňka. Většina buněk obsahuje jádro, v jehož vnitřku se nacházejí **chromozómy**, pod nimiž si lze představit velmi dlouhé sekvence molekuly DNA (deoxyribonukleové kyseliny). **DNA** je potom speciální látka, obsahující jedinečnou genetickou informaci, kterou vytváří stejné fyzikální a chemické struktury (přesněji proteiny) v každém živém organismu. Je to právě tato podobnost, umožňující přenos DNA sekvencí z jednoho typu organismu do druhého, čímž se právě vytváří výše zmíněný transgenní organismus (neboli GMO). Každá molekula DNA je vždy složena ze čtyř odlišných nukleových bází, tedy z Adeninu, Cytosinu, Guaninu či Thyminu, uspořádaných v předem dané sekvenci. Toto jedinečné uspořádání nukleových bází ve výsledku určuje výslednou podobu organismu a jeho unikátní vlastnosti. **Genem** je nazývána určitá sekvence DNA (pro přehlednost viz obrázek 2), kódující daný druh proteinu. Proteiny jsou velmi důležité látky, které představují zhruba polovinu hmotnosti buňky. V organismu hrají důležitou roli a zodpovídají za strukturální funkce či slouží jako zdroj energie.



**Obrázek 2 - Stavba chromozomu (Kuruganti a Ramanjanevulu, 2007)**

Genetické inženýrství tedy může být poněkud vědecktější formou také definováno jako *proces, v jehož rámci je ovlivňována skladba proteinů daného organismu tím, že dochází k umělé změně jeho genů*<sup>4</sup>. Proces transferu genu zahrnuje jeho vyjmutí z chromozómu dané rostliny a následovné vložení do buňky druhé rostliny. Nově modifikovaný organismus zahrne nově nabytý gen do svého genofondu, čímž je zajištěno uchování tohoto genu v dalších generacích potomků rostliny (Kuruganti a Ramanjanevulu, 2007).

Není od věci položit si otázku, jakými metodami se samotná genetická modifikace provádí. Věda v současnosti využívá dvě<sup>4</sup> metody (dále vyznačeny tučnou kurzívou), které budou nyní popsány.

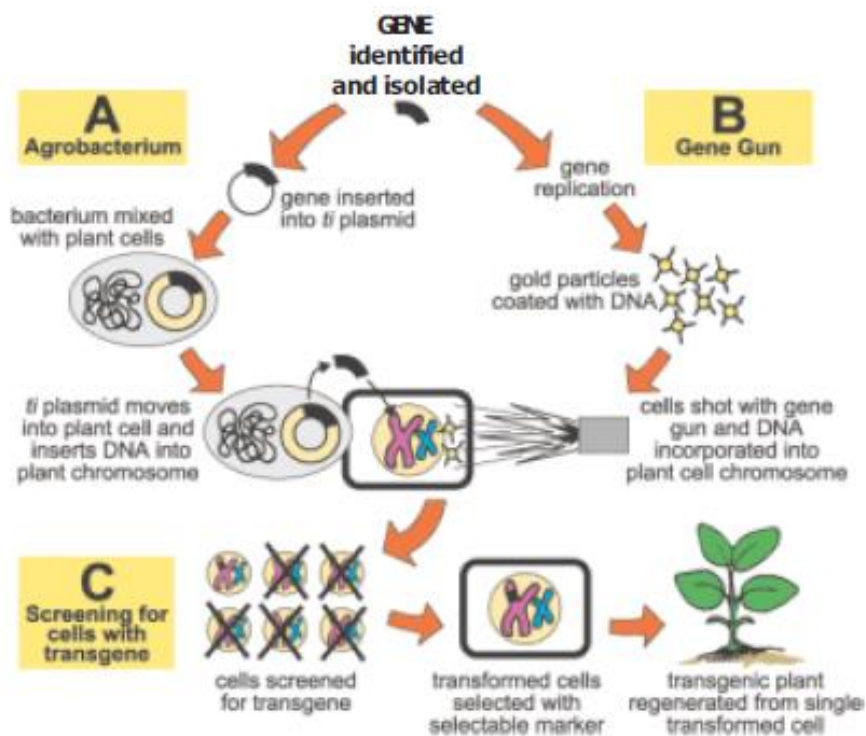
Pro vytvoření geneticky modifikované rostliny je nejprve nutné shromáždit sekvenci DNA, která má být vložena do rostliny. Tato sekvence by měla obsahovat transgen(y), nesoucí určitou požadovanou charakteristiku a dále tzv. genetický marker, díky němuž je posléze možné odhalit mezi množstvím buněk druhého organismu pouze ty, kterým se úspěšně podařilo vložený transgen integrovat (Petriccione, 2004).

Pro vložení transgenu do cílového organismu se využívá speciálního mikroorganismu s názvem *Agrobacterium tumefaciens*, sloužícího jako schránka, v níž je možné transgen dopravit na místo určení, tedy do jádra buňky, kde se nacházejí chromozómy s DNA tohoto cílového organismu.

<sup>4</sup> Ve skutečnosti se často mluví i o třetí metodě, tzv. elektroporaci, která však není u genetické modifikace rostlin často používána a není o ní v této práci dále pojednáno.

Druhou metodou je tzv. „*gene gun*“ (volně přeloženo jako „genové dělo“), díky němuž je možné požadovaný gen, který nejprve pozlacen, „vstřelit“ do buňky cílového organismu. Jakmile se gen dostane do jádra buňky, přirozené procesy zajistí zařazení cizího DNA do DNA cílového organismu (Kuruganti a Ramanjaneyulu, 2007).

Obě dvě metody genetické modifikace, vedoucí k úspěšnému vložení DNA do chromozómu cílového organismu, jsou níže znázorněny na obrázku 3 i s následným procesem monitoringu buněk, kterým se v cílovém organismu úspěšně podařilo integrovat transgen.



Obrázek 3 - Princip metod genetické modifikace (Kuruganti a Ramanjaneyulu, 2007)

Je samozřejmé, že díky hlubšímu porozumění genovému inženýrství na svět přichází nové metody genetické modifikace. Mezi ty patří např. mutagenese pomocí zinkových prstů, mutagenese pomocí oligonukleotidů, roubování GM podnože nebo roubu, cisgenoze nebo reverzní šlechtění. Nejvyhlášenějšími jsou však metody TALEN a CRISPR, které nabízí vysokou přesnost genetických úprav a nabízejí spoustu aplikací jako vpravení a vystřížení genu, úpravy jejich defektů či označování. Tyto metody mají možnost přispět k léčení vrozených chorob lidí. Pomocí metody CRISPR byly např. v Americe vypěstovány nehnědnoucí žampiony. V genomu původních žampionů proběhlo pouze drobné vymazání kódu a výsledný produkt tak díky tomu, že neobsahuje žádnou cizorodou DNA, nespadá do kategorie GMO a netýká se jej tedy ani příslušná legislativa. O to zajímavější je fakt, že EU v současnosti



projednává, zda tyto techniky náleží do oblasti legislativy GMO v Unii (Stratilová a Jedličková, 2016).

Nyní, když byly představeny metody, jimiž se provádí samotná modifikace plodin, je vhodné si položit další dotaz, a to do jaké míry se liší genetická modifikace od běžného křížení rostlin.

Jak může být vyvozeno z výše uvedených poznatků, cílem genetického inženýrství a běžného křížení rostlin, je vyprodukovat rostliny s jistými charakteristikami, které člověk považuje za přínosné tím, že je změněn genom rostliny. Genetické inženýrství tohoto cíle dosahuje vkládáním genů do genomu cílové rostliny, běžná metoda naopak využívá křížení mezi rostlinami s určitými vlastnostmi a následného výběru potomků s požadovanými vlastnostmi, jež zdědí po obou svých rodičích. Je tedy genetická modifikace dokonalým substitutem metody běžného křížení, které je na Zemi známé již po tisíciletí? Odpověď zní ne. Genetickou modifikaci je totiž možné využít jen tehdy, pokud přesně víme, které geny jsou zodpovědné za charakteristiky, jež chceme adoptovat u cílové rostliny. V době, kdy byly GMO poprvé představeny, věděli vědci o konkrétních genech a jejich charakteristikách příliš málo na to, aby tato nová technologie mohla nabrat širšího významu. S vývojem znalostí se situace značně zlepšila, ale v některých případech je stále efektivní využívat původní metodu běžného křížení (The Royal Society, 2016).

Na druhé straně existují také značné důvody, proč genetické inženýrství dokáže přinést sofistikovanější výsledky než běžná metoda křížení. Například se může stát, že gen, nesoucí žádoucí charakteristiku se vůbec nevyskytuje v živočišném druhu, který se dá křížit s rostlinou. Takový gen může klidně pocházet z naprosto odlišné biologické říše, řekněme z říše bakterií. I to je argumentem ve prospěch genetického inženýrství (The Royal Society, 2016).

#### **4.2.3. Vlastnosti rostlin, jež jsou předmětem modifikace**

Stratilová a Jedličková (2016) ve své publikaci dělí GM rostliny do čtyř skupin (generací) podle toho, jakým způsobem je upravena jejich genetická výbava a jaké výhody u těchto rostlin člověk může sledovat. Dělení je následující:

1. **Generace I** – ochrana proti chorobám, škůdcům a plevelům
2. **Generace II** – odolnost k abiotickým stresům (sucho, chlad, zasolení půdy atd.)
3. **Generace III** – rostliny s vyšší nutriční hodnotou (výhodné složené mastných kyselin, upravený obsah vitamínů)
4. **Generace IV** – náhrada fosilních paliv, suroviny pro průmysl (výroba ethanolu, bionafty atd.)

Na základě tohoto dělení, poskytující poměrně detailní a ohraničený pohled na jednotlivé vlastnosti GM plodin, je dále možné uvést některé konkrétní příklady:

**Ad 1)** Odolnost vůči virovým chorobám je založena na zavedení genů, které odpovídají či jsou odvozeny z genů virových patogenů, vůči nimž je cílena ochrana. Výhodou je navíc to, že produkty těchto genů zabraňují přenosu virových patogenů přes hmyzí vektor. Tato genetická úprava sice neposkytne 100% imunitu rostliny vůči danému viru, avšak jejímu poškození je v konečném důsledku zabráněno. V současnosti nejrozšířenější jsou rostliny s genem obalového proteinu (CP), jenž brání viru v jeho rozmnožování. Tato rezistence je účinná proti 11 klasifikačním skupinám virů, které způsobují virózy na bramborách, rajčatech, okurkách, rýži či kukuřici.

V souvislosti s ochranou proti hmyzím škůdcům je možné zmínit gen, kódující protein z bakterie *Bacillus thuringiensis* (Bt). Plodiny s tímto genem jsou po jeho vložení označovány jako Bt-plodiny. Transgen v rostlině stimuluje výrobu tzv. delta toxinu, který způsobuje smrt hmyzu, jež jej pozřou. Delta toxin je však zcela neškodný pro obratlovce, včetně člověka. Mezi nejčastější plodiny nesoucí tento transgen, se řadí kukuřice, bavlník, brambor a rajče (Kocourek, Říha a Stará, 2005).

**Ad 2)** Mezi příklady rostlin modifikovaných vůči abiotickým stresům je možné zařadit odrůdu rajčete, odolnou vůči chladu, do níž byl vložen gen z platýsa – ryby žijící ve velmi studených vodách (Singh, 2014).

**Ad 3)** Proces, jemuž se odborně říká „fortifikace“ a který u cílové rostliny způsobuje nárůst její nutriční hodnoty je například využíván u tzv. Zlaté rýže (Golden rice). Tato odrůda (stále ještě komerčně nevyužitá) je speciálně upravena tak, aby obsahovala vysoký obsah beta-karotenu, stimujícího výrobu pro-vitaminu A v lidském těle, sloužícího poté k syntéze vitaminu A. Potřeba této odrůdy vyvstává z požadavku na zajištění zdroje tohoto vitaminu pro děti ze zemí třetího světa, trpící jeho kritickým nedostatkem. Stejný mechanismus byl použit u odrůdy rýže, obohacené na zvýšený obsah železa (University of Washington, 2013).

**Ad 4)** Biopaliva, tedy paliva, jež jsou ve smyslu jejich původu nějakým způsobem odvozena od biomasy, jsou zodpovědná za tvorbu 65 % obnovitelné energie v EU. Do této skupiny je možné zařadit pevnou biomasu (tzn. zbytky dřeva, uhlí a zemědělský odpad), kapalná paliva (nejčastěji biodiesel a bioalkoholy) a plyny (bioplyn, vodík). Biopaliva jsou v současnosti

většinou považována za více environmentálně šetrné než běžné typy paliv, založené na obsahu minerálních olejů<sup>5</sup> (Stratilová a Jedličková, 2016).

### **4.3. Potenciální dopady pěstování GM plodin**

Problematika GM plodin je ještě stále poměrně mladá na to, aby mohly být vynášeny jakékoliv trvalé a všeobecně platné závěry, a to jak z pohledu zastánců i odpůrců genetického inženýrství. Lze se však zabývat tím jaké charakteristiky, pozorovatelné v sociálně-ekonomické struktuře, na životním prostředí či lidském zdraví, provázejí pěstování modifikovaných plodin, zda jsou v souladu s očekáváními, která v ně byla vložena a zda jsou tyto jevy pozorovatelné pouze díky specifickým podmínkám daného území či se jedná o všeobecně platný jev. Značná variabilita se také objevuje ve výsledcích autorů, zabývajících se výzkumem vlivu GM plodin v jedné konkrétní zeměpisné oblasti, což znemožňuje přijmout tvrzení o jednoznačnosti dopadu GMO. Na druhou stranu však mezi vědci dochází v rámci některých výzkumných otázek ke všeobecné shodě. V těchto případech jsou níže v textu uvedeny odkazy na literaturu, která odkazuje na jejich díla.

Je snad vhodné upozornit, že níže využívané dělení na socioekonomické, environmentální a zdravotní dopady GM plodin je čistě arbitrární a pouze usnadňuje orientaci v této podkapitole. Je evidentní, že komplexita jednotlivých aspektů této problematiky zdaleka přesahuje hranice tohoto členění.

#### **4.3.1. Sociálně-ekonomické dopady**

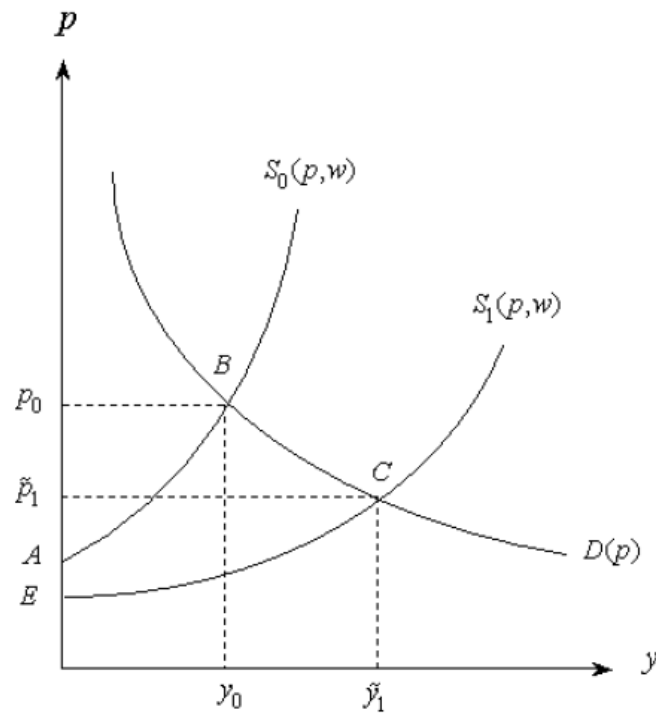
Jak uvádějí Van den Bergh, Holley a Justin (2002), hlavní výhodou aplikace moderních zemědělských biotechnologií obecně, je zvýšení nabídky a kvality potravin (i když kvalita často bývá předmětem sporů a bude o ní více řečeno v rámci zdravotních dopadů). Děje se tak díky úspoře nákladů, jež musí producent vynakládat v souvislosti s pěstováním, sklizní, skladováním a distribucí. Technologii GMO je tak možné popsat jako inovaci, která zvyšuje produktivitu primárních vstupů a umožňuje tak dosáhnout nižších cen zemědělských produktů, potažmo jejich většího množství na obyvatele či spotřebních variant<sup>6</sup>. Tento proces znázorňuje graf 9.

---

<sup>5</sup> V rámci tohoto tvrzení je však třeba zdůraznit slovo „většinou“, jelikož bylo zjištěno, že např. biopaliva první generace nejsou jak ekonomicky výhodná, tak ani environmentálně šetrná. Na celkový proces obhospodařování plodin a následnou výrobu paliva je totiž vynaloženo více energie, než je výrobou biopaliv získáno (pozn. autora).

<sup>6</sup> O tom, jestli vzácné výrobní faktory budou určeny k dalšímu rozšíření výroby potravin či zda budou přesunuty do produkce statků a služeb v jiných sektorech ekonomiky, rozhoduje elasticita poptávky (pozn. autora).

Graf 9 - Ekonomické výhody inovace v zemědělství (Moschini, 2001)



Tento graf v analytickém rámci nabídky a poptávky po potravinách znázorňuje pozitivní nabídkový impuls, způsobený právě technologickou změnou. Zdokonalená produkční metoda (např. snížení variabilních nákladů, v souvislosti se zavedením plodiny tolerantní vůči herbicidům) způsobí posun nabídky doprava dolů z  $S_0(p, w)$  na  $S_1(p, w)$  a příslušné snížení ceny. Tento graf ovšem zcela zásadně vychází z podmínek dokonalé konkurence, dokonalých informací a absence externalit, tudíž je jeho obsah vhodné považovat přinejmenším za ilustrativní, jelikož nezahrnuje například společenské užitky plynoucí z rozvoje vědeckých poznatků a jejich šíření. Ty jsou totiž základem pro další vývoj znalostí v oboru genetického inženýrství a přinášejí tak potenciální výnosy, které lze využít až v budoucnu a pro úplnou kalkulaci nákladů a výnosů by tedy bylo nutné využít metody diskontování a konkrétních počtů (Moschini, 2001).

Je nasnadě, že ekonomické výhody takovýchto opatření jsou závislé na konkrétních tržních politikách, ceně semen modifikovaných plodin, relativní ceně práce či dalších vstupů, jako je např. voda či hnojiva (Van den Bergh, Holley a Justin, 2002).

Jako příklad úsporného a zisk maximalizujícího opatření je možné jmenovat zavedení již zmíněné Bt-bavlníku, jehož nepřímé efekty na zaměstnanost a spotřebu domácností v Indii jsou Qaimem (2010) označovány jako pokračování zelené revoluce. Tato modifikovaná odrůda bavlny však byla adoptována i ve mnoha jiných zemích, což prezentuje tabulka 6. Přestože se

výsledky za uvedené státy poměrně liší, číselné údaje naznačují snížení množství insekticidů, zvýšení sklizně a zisku.

**Tabulka 6 - Dopady pěstování Bt-bavlníku v jednotlivých zemích, rok neznámý (Qaim, 2010), upraveno autorem**

Země	Snížení insekticidu (%)	Růst sklizně (%)	Zvýšení hrubého zisku (US dolary/ha)
Argentina	47	33	23
Austrálie	48	0	66
Čína	65	24	470
Indie	41	37	135
Mexiko	77	9	295
Jižní Afrika	33	22	91
USA	36	10	58

Na sledovaných ekonomických výhodách Bt-bavlníku a dalších Bt-plodin se v rámci vědecké sféry shodlo množství autorů z různých zemí.

I přesto že se v současnosti na mnoha místech ukazuje, že GM plodiny přinášejí po ekonomické stránce své ovoce, někteří autoři stále argumentují v neprospěch GMO poukazováním na jejich nepředvídatelné důsledky, týkající se lidského zdraví i životního prostředí v dlouhém období, které mají určitou spojitost s absencí dokonalých informací veřejnosti a risk managementem. Aslasken a Myhr (2006) tak například uvádějí, že genetická modifikace plodin byla primárně vyvolána „ze strany nabídky“ a to konkrétně z důvodu zvýšení výstupu, raději než „ze strany poptávky“. V současnosti je 71 % GM plodin pěstováno komerčně, chemickými společnostmi. Ty mohou pod vidinou nových příležitostí na trh uvést nové GM plodiny příliš „brzy“, vzhledem ke společenské úrovni rizika, které je s využíváním GMO spojeno.

Situace je tedy dle autorů značně komplikovaná. Na jedné straně zde existuje jednoznačný zájem firem investovat do nových technologií, které v sobě skýtají vysokou rentabilitu, na druhé straně zde však existuje vědecká debata o možných negativních efektech, které mohou nastat s jistou pravděpodobností. Není tedy divu, že informovaná veřejnost žádá co možná největší transparentnost v rozhodovacích procesech, týkajících se GM potravin, aby tak jednotliví laici mohli možná co nejvíce odstranit nejistotu, která s problematikou souvisí (Aslasken a Myhr, 2006).

Van den Bergh, Holley a Justin (2002) také předpokládají, že hrozí riziko oligopolizace na trhu s biotechnologiemi. Původní prodejci semen byli a nadále budou zkupováni velkými nadnárodními společnostmi z oboru chemie biologie (v současnosti je toto odvětví označováno jako „life science“). Tyto společnosti vlastní průmyslová práva na strategické produkty, jako

jsou rostliny odolné vůči insekticidům a pesticidům s tím, že budou moci manipulovat s jejich cenou a vytvářet bariéry pro vstup dalších firem do odvětví. To by znamenalo, že se farmáři stanou závislí na velmi malém množství firem, zodpovědných za prodej veškerých vstupů.

#### **4.3.2. Environmentální dopady**

Jedním ze vstupů potřebných pro obhospodařování zemědělské půdy jsou pesticidy (pod něž můžeme řadit fungicidy, herbicidy či insekticidy), které představují jak náklady čistě peněžní, tak též environmentální, ale v jisté podobě i zdravotní – jelikož tyto látky, jež se běžně aplikují na rostliny, obsahují jisté škodliviny pro člověka (o zdravotních účincích pesticidů viz níže).

Jak uvádějí Wesseler, Scatata a Fall (2011) herbicidy jsou v zemědělství využívány pro kontrolu růstu plevelu a dalších nežádoucích rostlin. Minimalizací množství pesticidů při zemědělské činnosti je tak možné dosáhnout relativně nižšího znečištění životního prostředí a zvýšení diversity hmyzu a opylovačů na dané zemědělské ploše. Mluvíme-li o dopadu pesticidů na ekosystém, britská Královská společnost pro ochranu ptactva zaznamenala v souvislosti s masivním využíváním pesticidů úbytek ptáků na britských farmách.

Přestože se snížení množství využívaných pesticidů a jejich závažnosti jeví jako důležitý aspekt GM plodin v souvislosti s udržitelným zemědělstvím, stále nebyl vyřešen problém, jak výsledky tohoto procesu měřit. Jedním z využívaných indikátorů je např. Environmental Impact Quotient (EIQ), který v sobě zahrnuje negativní dopad pesticidů na životní prostředí, pracovníky v zemědělství a spotřebitele. Je-li např. indikátor EIQ aplikován na GM sóju tolerantní vůči herbicidům, jejíž světová rozloha činí okolo 26 milionů hektarů a která je v současnosti jednou z nejvýznamnějších GM plodin, EIQ indikuje celkově pozitivnější environmentální dopad GM odrůdy než odrůdy nemodifikované. Přestože byl ukazatel EIQ využit v mnoha studiích a aplikován na množství plodin, nelze jej stejně jako všechny indikátory považovat za dokonale vypovídající o realitě. EIQ například zcela zanedbává dočasné vlivy, jako např. dopady využívání pouze jednoho druhu herbicidu (glyfosát) či změny využívaných insekticidů v souvislosti s růstem odolnosti plevelu vůči některým látkám (Wesseler, Scatata a Fall, 2011).

Dalšími vstupy s možným negativním environmentálním dopadem, jejichž snížení se v souvislosti s GM plodinami uvažuje, jsou hnojiva. Ta slouží ke zvyšování kvality a kvantity pěstovaných plodin. K tématu GM plodin a jejich náročnosti na hnojiva lze dodat, že empirické důkazy jednoznačně nesvědčí v prospěch tvrzení, že modifikované plodiny využívají méně

hnojiv. Výzkumy provedené na GM bavlníku, sóje a řepce naznačují spíše neutrální výsledky v porovnání s jejich nemodifikovanými alternativami (Wesseler, Scatasta a Fall, 2011).

Dle skupiny vědců zabývajících se distribucí vody na planetě Zemi, GM plodiny mají pozitivní dopady na hospodárné využívání vody. Genetická modifikace dokáže například snížit požadavky na závlahu u základních obilovin tím, že do těla rostliny bude vložen gen zodpovědný za prodloužení kořenového systému napomáhajícího efektivnějšímu čerpání půdní vláhly či gen, který zapříčiní nižší ztráty vody při výparu. To má za následek snížení množství vody, které je využíváno pro zemědělskou činnost, což by mohlo být řešením pro některé regiony, potýkající se s nedostatkem vody (Mission 2017, 2017).

Dalším poměrně nečekaným pozitivním dopadem genetické modifikace pramení z toho, že některé rostliny nejsou přímo určeny jako plodiny pro lidskou konzumaci. Znečištění půdy a podzemních vod je v současnosti problém ve všech částech světa, a proto jsou některé druhy stromů – konkrétně topoly, modifikovány tak, aby přispívaly k vyčištění půdy od těžkých kovů neboli fytořemediaci. (Whitman, 2000).

Problematika globální klimatické změny byla již zmíněna v první kapitole této práce. Nyní zde zbývá objasnit, jakým způsobem GM plodiny mohou pomoci bojovat proti globální změně klimatu, ať již její dopady pro člověka skýtají devastující hrozbu či bude v případě jejího skutečného zásahu nutné společnost pouze „aklimatizovat“.

Jak uvádí Kaur, Kohli a Jaswal (2013), klimatická změna pro lidstvo představuje výzvu, jelikož může způsobit vzrůst hladin oceánů, tání ledovců, sucha, záplavy, ztrátu biodiverzity a šíření nálezů. Jelikož je interakce mezi klimatem a zemědělstvím velmi silná, není těžké pochopit, že je vyvíjena určitá snaha o zmenšení dopadů klimatické změny právě na agrární sektor. Jistým východiskem ze situace může být pěstování GM plodin, odolným vůči abiotickým stresům tam, kde vlivem klimatické změny dojde ke značnému oteplení. V tomto smyslu můžeme mluvit o tzv. Climate-Ready Crops. Pěstování plodin, jež jsou odolné vůči hmyzím škůdcům a herbicidům mohou potom dále snížit celkovou uhlíkovou stopu v zemědělství. Nižší využívání pesticidů znamená méně jejich výroby, uskladňování, dopravy a aplikace, což pozitivně přispívá ke snížení skleníkových plynů v atmosféře. Dalším prvkem, který je možné využít v boji proti klimatické změně, jsou biopaliva – čistější verze klasických fosilních paliv, jež navíc nezpůsobuje takové množství emisí. Z praktických důvodů by však bylo zřejmě značně složité zvýšit výměru plodin, potřebných k výrobě biopaliv do takové míry, aby plně nahradily funkci fosilních paliv.

Na druhé straně je také nutné zmínit jisté negativní dopady, které mohou kvůli plošnému rozšíření GM plodin nastat. Zde se můžeme setkat s častým tvrzením, že zavádění takovýchto plodin může snížit genetickou diverzitu důležitých plodin. Je tedy možné, že pokud v přírodě nějakým způsobem dojde ke křížení GM plodiny s její příbuznou odrůdou, čímž tak dojde k přenosu transgenů, příbuzná odrůda může s ostatními divokými plodinami soupeřit o živiny a půdu, což nakonec může vést až k zániku těchto plodin. Stejně tak si lze představit hrozbu, vyvstávající z nepřímé škodlivosti GM plodiny k necílovým druhům, např. zprostředkovaně potravním řetězcem (Whitman, 2010).

### **4.3.3. Zdravotní dopady**

Zřejmě nejmarkantnějším dopadem pěstování GM plodin a jejich vlivem na lidské zdraví člověka, je zlepšení nutričních podmínek v zemích třetího světa, kde byli lidé v dřívějších dobách zcela závislí pouze na jedné plodině, jako je například rýže, která tak představovala hlavní obilovinu jejich stravy. Problémem však je, že rýže neobsahuje dostatečné množství všech esenciálních živin, aby se její konzumací dalo předejít podvýživě (Whitman, 2000). Tomuto účelu by právě mohla posloužit odrůda modifikované Zlaté rýže, která však v současnosti stále neopustila výzkumné ústavy.

Stejným způsobem jako byly výše zmíněny negativní účinky pesticidů na životní prostředí, je také nutné popsat účinky pesticidů na lidské zdraví. Odhaduje se, že každý rok dojde kvůli otravě pesticidy k úmrtí zhruba 10000 až 20000 pracovníků v americkém zemědělství. Riziko otravy je horší v rozvojových zemích, kde není tak kvalitní vzdělání a povědomí o nebezpečných účincích pesticidů (Phipps a Park, 2002).

Jak uvádí Wesseler, Scatasta a Fall (2011), snížení množství pesticidních postřiků v souvislosti s využíváním GM plodin tolerantních vůči herbicidům či některým insekticidům, má za následek nižší riziko otravy či poškození organismu pracovníků v zemědělství. Dalším zdravotním benefitem je to, že ochrana rostlin modifikovaných za účelem snížení negativního působení škůdců a plísni, může podstatně přispět k redukci úrovně mykotoxinů v potravinách a krmivu, vyráběném z těchto plodin.

Jedním z problémů, který souvisí se zařazením GM potravin do lidského jídelníčku, je také obava, že modifikované potraviny mohou způsobit u určitých lidí alergické reakce. U řady lidí, jež pozřeli GM sóju s transgenem z ořechu, se takto například objevila alergická reakce na ořechy. Bez řádného ošetření tohoto rizika a označení složení či původu GM výrobků, se pravděpodobnost podobných alergických reakcí v budoucnu jeví jako poměrně velká a



spotřebitelé tak mohou utrpět alergickou reakci bez toho, aniž by věděli, co tuto reakci způsobilo. Dalším problémem je také možnost, že vložení transgenu do rostliny může vést k vědci neočekávané reakci, vedoucí k tvorbě toxinů v této rostlině. U GM plodin je však výhodou, že podrobná znalost transgenu usnadňuje toxikologické testy v porovnání s testováním plodin, jež jsou kříženy standardním způsobem (Van den Bergh, Holley a Justin, 2002).

Neméně závažným se jeví riziko ovlivnění lidského či zvířecího organismu v důsledku přítomnosti antibiotických genů v GM plodinách. Tato antibiotika neslouží u koncového produktu (potravin) k žádnému speciálnímu účelu, byla použita pouze pro podpoření růstu plodiny. Dojde-li však k požití takovéto potravin, antibiotické geny mohou přijít do kontaktu s bakteriemi v trávicím ústrojí člověka či zvířete a vytvořit tak v těchto bakteriích rezistenci vůči zmíněnému typu antibiotik. To může poté vyústit v případnou neefektivnost některých typů antibiotik na lidský organismus, pokud jsou podávána z léčebných důvodů. Riziko negativního vlivu GMO na bakterie v zažívacím ústrojí je však dle autorů velmi malé ve srovnání s tím, jakým způsobem dochází v současnosti k nadužívání některých druhů antibiotik, která jsou lékaři předepisována na stále větší a větší spektrum lidských nemocí (Van den Bergh, Holley a Justin, 2002).

#### **4.4. Kontroverze okolo GMO**

Vzhledem k výše diskutovaným benefitům a hrozbám využívání GM plodin je nyní vhodné analyzovat, jakým způsobem je tato problematika přijímána jednotlivými aktéry ve veřejném prostoru. Mezi vcelku užitečné zdroje informací v tomto směru patří dotazníková šetření, jejichž cílem je odhalit vnímání přínosů a rizik GMO u respondentů, ovšem i ta mají své limity.

Jinou kapitolou jsou často zaznívající názory politiků a představitelů zájmových skupin různých zaměření, kteří se mnohdy nesnaží o zcela objektivní prezentaci výsledků vědeckých výzkumů a manipulují s veřejným míněním za účelem získání jistých výhod (např. vyšší volební potenciál). Pozoruhodným je v tomto případě zejména fakt, že role lobbistických a ekologických neziskových organizací je silná právě na úrovni EU, zatímco ve Spojených státech amerických tomu tak není.

##### **4.4.1. Postoje veřejnosti**

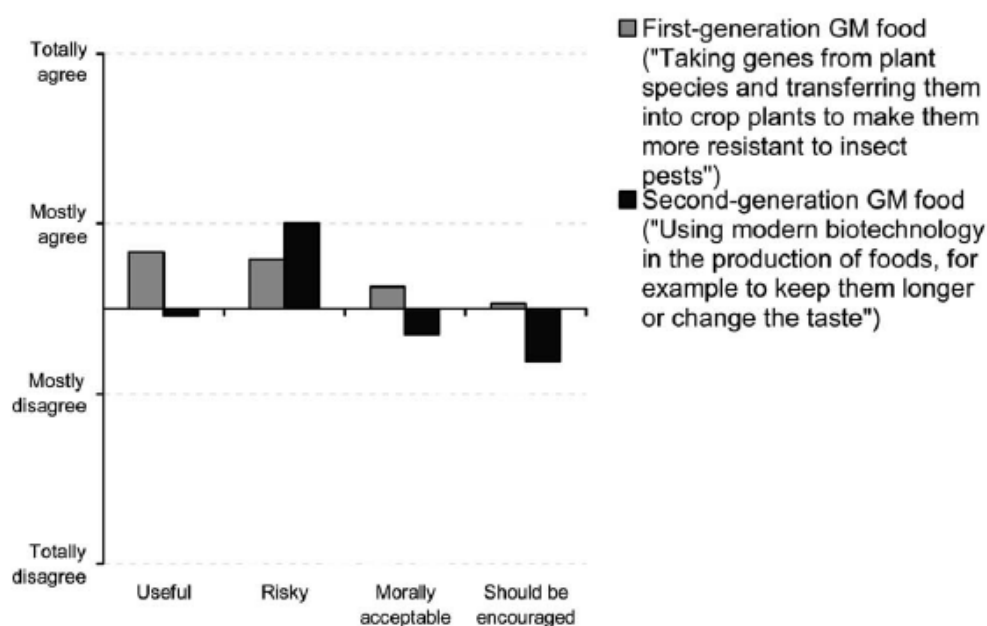
U výzkumu postojů veřejnosti je problémem fakt, že nelze zcela přesně vyhodnotit, zda jsou názory veřejnosti založeny na znalosti vědeckých argumentů či spíše na mediálním obrazu a politických argumentech, s kterými většina veřejnosti přichází do styku výrazně častěji. Tento

problém je dále zesílen i tím, že mezi jednotlivými vědci stále neexistuje na účinky GMO jednoznačná shoda.

Co se týče postojů evropské veřejnosti, která je pro tuto práci zcela nejpodstatnější, bylo za účelem jejich zkoumání vytvořeno několik unijních šetření, které se nazývají Eurobarometry a slouží právě ke zjištění postojů občanů EU na určitá témata. V souvislosti s problematikou GMO je možné zmínit Eurobarometr z roku 1999, který zjišťoval postoje 16 000 Evropanů vzhledem ke GM potravinám první a druhé generace (toto dělení bylo vysvětleno výše v textu). Respondenti měli možnost se vyjádřit ke čtyřem dimenzím, zahrnujících užitečnost, riziko, morální hledisko, a zda by využití mělo být podporováno (viz graf 10).

Z hlediska užitečnosti, morálního hlediska a toho, zda by mělo být využití GM potravin podporováno, byla první generace GM potravin hodnocena lehce nadprůměrně a druhá lehce podprůměrně. Obě tyto generace byly dále hodnoceny jako relativně rizikové. Výsledky nasvědčují tvrzení, že Evropané jsou vůči genetickému inženýrství jakožto technologii, názorově poměrně neutrální. Vcelku překvapivým se jeví však výsledek, že druhá generace byla Evropany v průměru vnímána hůře než generace první, což je v přímém kontrastu s očekáváními množství pravomocných evropských hodnostářů z oblasti vědy a průmyslu. Je však třeba zdůraznit, že srovnání, založené na „průměrném postoji“ evropského respondenta je značně zavádějící, jelikož přehlíží postoje členských států, jejichž občané mají tendenci být vůči GMO značně skeptičtí a naopak (Frewer et al., 2004).

**Graf 10 - Postoje Evropanů ke geneticky modifikovaným potravinám (Frewer et al., 2004)**



V roce 2001 byly asociací Public Acceptance of Agricultural Biotechnologies (PABE) v některých zemích EU uskutečněny „focus groups“, zkoumající povědomost občanů o problematice GMO a jejich postojů k ní. Autoři výsledné studie uvádějí, že v rozhovorech byla speciální pozornost věnována tvrzením a postojům respondentů, korespondujícím s výroky některých zájmových skupin, jež se zakládají na neprokázaných mýtech o škodlivosti GMO a všeobecně negativních názorech veřejnosti na tuto problematiku. Autoři však uvádějí, že respondenti tyto postoje nesdílí

Prvním ze zkoumaných mýtů byla údajná názorová vyhraněnost veřejnosti vůči problematice GMO s tím, že většina Evropanů je zcela proti jejich využívání. Dle PABE však respondenti vyjadřovali víceméně ambivalentní postoje a důsledně rozlišovali mezi různými druhy GMO. Dalším mýtem, který je často prezentován zájmovými skupinami a politiky je domněnka, že občané vyžadují nulové riziko v souvislosti s konzumací GM potravin. Autoři popisují, že účastníci focus groups nikdy nevyžadovali nulové riziko a byli si zcela vědomi, že jejich životy jsou plné rizik, která musí být vyvažována potenciálními benefity. To podporuje již výše jednou uvedenou tezi, která svědčí o jisté důležitosti risk managementu v rámci této problematiky, který je běžnou reakcí člověka, čelícího nejisté budoucnosti (Marris, 2001).

Aktuálnější výsledky šetření Eurobarometru, pocházejí z roku 2010. Když byli respondenti dotazováni na názor ohledně dopadu genetického inženýrství v příštích dvaceti letech, optimistické názory zcela převážily ty pesimistické – 53 % respondentů odhadovalo pozitivní efekt GMO, 11 % žádný efekt a 20 % negativní efekt. Tento postoj je však v kontrastu s tím, co většina respondentů tvrdila o prospěšnosti využívání genetického inženýrství v zemědělství a potravinářství. 23 % respondentů bylo pro, aby GMO byly v těchto odvětvích využívány, 61 % však bylo proti využívání GMO. Většina negativních postojů se objevuje u občanů zemí, které dosud nepovolily pěstování Bt-kukuřice (např. Rakousko, Německo a Francie). Přesně naopak tomu bylo u zemí, které tuto modifikovanou odrůdu v minulosti již povolily (Španělsko, Portugalsko).

Je možné namítnout, že dotazníková šetření a průzkumy nejsou zcela relevantními zdroji informací o tom, jak se spotřebitelé budou rozhodovat v konkrétních tržních situacích. To platí zejména v Evropě, kde většina GM potravin není běžně prodávána, a občané s těmito potravinami nejsou v každodenním kontaktu. Několik studií se tedy zaměřilo na chování spotřebitelů v reálných tržních podmínkách. V simulovaném experimentu, uskutečněném na území Švédska, Francie, Belgie, Anglie a Německa, byly záměrně blízko sebe umístěny stánky s ovocem, pocházejícím z organického a konvenčního zemědělství i genetické modifikace (s

názvem „GM odrůda bez postřiků“). Při stejných jednotkových cenách všech typů ovoce, se GM odrůda podílela na celkových tržbách pouze z 20 % (Lucht, 2015).

Již bylo naznačeno, že důležitým prvkem, ovlivňujícím rozhodování veřejnosti v otázkách GMO, je dostatek kvalitních a objektivních informací. Kdo ale může tyto informace pro veřejnost zajistit?

Dle současných vědeckých výzkumů týkajících se GMO, panuje mezi jejich autory poměrně jasný konsenzus o výhodách a limitech genetického inženýrství. Biotechnologové a další vědci tak mohou sehrát poměrně významnou roli v procesu, jehož cílem bude seznámit veřejnost s neaktuálnějšími poznatky této problematiky. Činnost související s informováním veřejnosti je však pro mnohé vědce poměrně nákladná z toho důvodu, že je připravuje o čas, který by mohl být z jejich strany věnován výzkumu. Druhým důvodem je to, že veřejné debaty často nejsou zaměřeny na témata jako „GMO a jejich rizika pro člověka“, životní prostředí či zvířata, v jejichž rámci příslušní vědci mohou bez problémů odpovídat na otázky, jež se přímo týkají jejich odbornosti a vědeckého zájmu. Daleko častěji se však tyto debaty týkají témat, jako jsou zemědělské politiky, malí farmáři versus nadnárodní společnosti, patenty atd. Je jasné, že vědec zabývající se celý život exaktním výzkumem nejvyššího kalibru nemůže k této problematice říci více než ekonom či politik.

Dle uvedených autorů však nemůže ani případné prohlubování informovanosti vědci stačit k tomu, aby veřejnost nebyla ovlivněna názory, které zaznívají např. v médiích. Výzkum komunikace mezi vědci a veřejností ukázal, že rozšiřování lidských znalostí neovlivňuje u veřejnosti názorová stanoviska ohledně GMO. Zásadním poznatkem je to, že pokud lidé o GMO organismech smýšlejí negativně, odsoudí vědecké poznatky jako nevěrohodné či překroučí informaci ve prospěch svých vlastních přesvědčení (Blancke, Grunewald a Jaeger, 2017).

#### **4.4.2. Motivace zájmových skupin a politických aktivistů**

Ačkoliv spotřebitelé, producenti a environmentální skupiny mají napříč jednotlivými zeměmi západního světa řadu podobností, zájmy spotřebitelů a zemědělců, jichž se problematika GM plodin týká, jsou v rámci Spojených států amerických a EU značně odlišné. Postoj amerických spotřebitelů vůči GMO je dle organizace International Food Information Council na základě předchozích zkušeností s jejich konzumací poměrně pozitivní, přičemž velká část respondentů má důvěru v tamní instituce zabývající se potravinovou bezpečností. Jak bylo již naznačeno výše, spotřebitelské postoje v EU nejsou tak pozitivní jako ve Spojených státech amerických. Zemědělství producenti na druhé straně mohou získat značné benefity z aplikace GM plodin

pouze při určité velikosti farmy či zemědělského podniku. Zde však vyvstává problém související s odlišným stupněm a rozsahem ochrany přírody, přičemž v Evropě, která je oproti USA poměrně hustě osídlená, je zákonem chráněných lokalit velké množství, což potenciální benefity z aplikace GM plodin prodražuje. Dalším, spíše politicko-ekonomickým hlediskem je zájem pěstitelů GMO v USA, kteří velkou část svojí produkce exportují, aby jak domácí, tak i zahraniční trhy exportních zemí byly co nejméně regulované.

Zájmy evropských farmářů a pěstitelů jsou však již méně jasné. Ačkoliv mohou získat přímé výhody z více produktivních technologií, pěstební plocha Bt-kukuřice – jedné z mála GM plodin povolených v EU, stále hraje v zemědělství velmi malou roli. Do budoucna tedy bude nutné přehodnotit postoj, zda je strategie „GMO-free“ vhodná pro udržení konkurenceschopnosti vůči zemím, které pěstování a obchodování s GMO praktikují (Anderson a Jackson, 2003).

Za negativní postoj velké části evropských spotřebitelů ke GM plodinám, mohou anti-GMO hnutí, která svými kampaněmi úspěšně dokázala ovlivnit vnímání veřejnosti. Tento úspěch byl dle autorů podložen zejména tím, že zájmové skupiny využily jednak samotného tématu GMO, které již samo o sobě vzbuzuje v občanech jisté obavy, ale také dlouhodobé nedůvěry v regulační autority EU. Mezi takovéto neziskové organizace a anti-GMO hnutí je možné řadit například některé mezinárodní environmentální hnutí, jako jsou Přátele Země (Friends of the Earth) či Greenpeace, ale také politické partaje, např. Green Party UK, ale i lobbistické skupiny spotřebitelů, ekologických zemědělců, strany žen v zemědělství atd. Celý seznam těchto organizací je příliš dlouhý na to, aby zde mohl být uveden, a je možné jej najít v citované literatuře.

Otázkou však zůstává to, proč tyto skupiny vytvářejí ohledně problematiky GMO takový rozruch, když vědecké argumenty ukazují, že u současných druhů GM potravin nehrozí žádné riziko konzumace. Odpovědí by zde mohlo být, že zájmové skupiny chtějí poukázat na industrializaci zemědělství a nadvládu velkých biochemických a potravinářských společností, což jsou témata, která mohou rezonovat s názory anti-globalizačních aktivistů, zastánců tradičního zemědělství a skupin spotřebitelů (Anderson a Jackson, 2003).

To, do jaké míry zájmové skupiny podávají relevantní a objektivní argumenty či pouze rozšiřují zakořeněné mýty o škodlivosti GMO, se poté samozřejmě promítá do postojů konkrétních spotřebitelů. Politické strany si na druhou stranu mohou díky negativnímu postoji vůči GMO zajistit dostatečnou voličskou základnu osob, jež tyto postoje sdílejí také. To, že

politická strana ve svém programu slibuje regulativní přístup v této problematice, však vůbec nemusí nic vypovídat o následném chování a plnění závazků této strany poté, co bude zvolena.

## **5. GMO V EU: VÝVOJ A SOUČASNÝ STAV**

Na základě informací z minulých kapitol, jež jednak nastínila budoucí potenciál GM plodin pro boj s globální klimatickou změnou a znečištěním životního prostředí, ale také pro účely ekonomické a humanitární, lze nyní přejít k detailnějšímu rozboru legislativního a regulativního rámce, ve kterém se GMO na úrovni EU pohybují.

Po krátké historické vsuvce, pojednávající o vývoji oficiálních postojů a stanovisek vůči GMO, které byly v minulosti orgány EU zastávány, se tato kapitola zabývá současnou úrovní regulace v záležitostech ohledně GMO, legislativními dokumenty, jež vymezují hranice pro nakládání s GMO, a nakonec také principem předběžné opatrnosti.

Jedinou GM plodinou, která může být momentálně v rámci EU pěstována, je kukuřice MON810, nesoucí gen, chránící ji proti hmyzím škůdcům. Tato plodina bude v příslušné kapitole blíže představena i s uvedením členských zemí, které ji pěstují a celkové výměry osevních ploch.

Další celosvětově pěstovaná GM plodina, jež není zatím v EU k pěstování povolena, je sója. Význam této plodiny pro EU je však značný. V příslušné části tedy bude autorem popsán současný stav pěstování a importu nemodifikované sóje v rámci EU a její využití pro jednotlivé účely. Na základě teoreticko-empirických poznatků jednotlivých citovaných autorů, týkajících se pěstování herbicid tolerantní GM sóje, jsou v této části také uvedeny potenciální dopady pěstování, jež mohou být při případném pěstování GM sóje v EU očekávány.

### **5.1. Vývoj problematiky GMO v EU**

#### **5.1.1. 1975 až po současnost**

Rosendal (2005) datuje počátky unijní politiky zaměřené na regulaci GMO do období rozvoje moderních biotechnologií v sedmdesátých letech dvacátého století, kdy se zástupci vědecké sféry, politikové a průmyslníci dohodli, že je kvůli nepředvídatelným důsledkům dalšího výzkumu GMO potřeba ustanovit jednotný regulativní rámec pro nakládání s těmito organismy. Téma bylo poté na globální úrovni projednáváno v rámci tzv. Asilomarské konference, která se konala v roce 1975 v Kalifornii. Tato konference sice dopomohla k debatě mezi jednotlivými státy, avšak v jejím důsledku nedošlo k přijetí žádných závazných pravidel či regulací v žádném ze světových států.

V roce 1978 Evropská komise (přesněji její těleso – Generální ředitelství pro výzkum a inovace) navrhovala vydat nařízení, jehož účelem by bylo zabránit jakékoliv práci či výzkumu na rekombinantní DNA, pokud by tyto činnosti nebyly předem oznámeny a schváleny národními autoritami. Tento návrh však byl v roce 1980 nahrazen novým návrhem nařízení, které vyžadovalo pouhou oznamovací povinnost. Přesto však tyto snahy Evropské komise nevedly k přijetí zamýšleného nařízení, vedly pouze k přijetí normativního aktu EU nižší síly, tedy nezávazného doporučení. To bylo zapříčiněno vetováním návrhu nařízení ze strany Velké Británie, která byla v té době na světové špičce v rámci výzkumu GMO (Morris a Spillane, 2010).

Další snahy o nastolení jednotného legislativního prostředí pro GMO pokračovaly založením Biotechnology Steering Committee (BSC) v roce 1984, která však sloužila jako platforma pro diskusi, než aby skýtala jakoukoliv závaznou pravomoc. Ke změně však došlo v roce 1985, kdy se BSC rozhodla vytvořit Biotechnology Regulations Interservice Committee (BRIC), složenou z několika Generálních ředitelství a která měla sloužit jako agent pro tvorbu legislativy GMO, informování členských států o této problematice a shromažďování dat, jež by mohla být podkladem pro posouzení rizika GMO (Patterson a Josling, 2002).

Zájmy průmyslu však již nedokázaly zastavit přijetí návrhů dvou směrnic podaných Evropskou komisí v roce 1988, jež byly přijaty Radou EU v roce 1990. První z nich – Směrnice Rady 90/219/EHS poskytovala právní úpravu o nakládání s GMO, zatímco druhá – Směrnice Rady 90/220/EHS regulovala záměrné uvolňování GMO do životního prostředí EU (Morris a Spillane, 2010).

Rosendal (2005) však uvádí, že Směrnice Rady 90/220/EHS nesklidila příliš velký úspěch, jelikož neodrážela poměrně dosti heterogenní postoje k otázce GMO mezi jednotlivými členskými státy. To vedlo k tomu, že skupina členských států skládající se z Dánska, Francie, Řecka, Rakouska, Itálie, Lucemburska, Belgie a Německa, které měly společné za a) silné postavení v EU a za b) negativní postoj proti GMO, v roce 1998 vytvořila neoficiální moratorium na udělování povolení dalším GMO a zakázala také dovoz řady GM produktů ze Spojených států amerických. Před vyhlášením tohoto moratoria dostalo povolení k výzkumům či pěstování celkem 18 GMO, zejména plodin.

V devadesátých letech tak EU kvůli vzrůstajícím obavám o zdraví, bezpečnost spotřebitelů a environmentální udržitelnost, vytvořila nejstriktnější regulační režim pro autorizaci, obchodování a označování GMO na světě (Kelemen, 2010).

K tomuto je vhodné zmínit, že celý legislativní a administrativní proces byl naprosto

odlišný jak v EU, tak ve Spojených státech amerických, kde se problematika GMO začala oficiálně řešit na začátku osmdesátých let. Spojené státy na začátku zastávaly poměrně přísný regulativní postoj, který se však později usměrnil. Naproti tomu EU ve stejném období zastávala nejprve poměrně liberální postoj, po přijetí výše zmíněných nařízení, se však tento postoj stal více konzervativním (Patterson a Josling, 2002).

V roce 2003 poté došlo k přijetí dvou nařízeních (1829/2003 a 1830/2003), týkajících se GMO potravin a krmiva a označování a sledovatelnosti GMO (viz další podkapitola). Další témata, jimiž se EU v této době zabývala, byla koexistence GM a běžných plodin, aby tak mohlo být ukončeno moratorium na udělování povolení pro další GMO (Rosendal, 2005).

Moratorium EU však bylo přinejlepším jen z části úspěšné. V roce 2003 donutily Spojené státy americké, Kanada a Argentina k akci WTO, které zcela právoplatně obvinilo EU, že její moratorium poškodilo světová obchodní pravidla. V následujícím roce tedy EU své moratorium odvolala a začala povolovat udělovat povolení množství GM produktů, zejména krmivům pro hospodářská zvířata (Kelemen, 2010).

Přestože je postoj EU ohledně GMO od roku 2003 liberálnější, než byl v minulosti, což je mimochodem legislativně zakotveno právě v nařízeních z roku 2001 a 2003, které stanovují možnosti rozhodování jednotlivých členských států a příslušných unijních orgánů v otázce GMO, postoj jednotlivých členských států se značně liší, což odráží také zájmy jejich vnitřních zájmových skupin a politických stran (Morris a Spillane, 2010).

### **5.1.2. Současné legislativní zajištění problematiky GMO v EU**

#### *Legislativní dokumenty*

Evropská unie vytvořila zákonný rámec pro zajištění bezpečných podmínek rozvoje moderních biotechnologií, speciálně GMO. Cílem tohoto zákonného rámce je (European Commission, 2017):

- chránit zdraví člověka, zvířat a životního prostředí
- dodržovat sjednocené procedury posuzování rizika a autorizace GMO
- zajistit jasné označování GMO na trhu, za účelem informovanosti tržních subjektů
- zajistit sledovatelnost GMO na trhu

Mezi základní legislativní dokumenty, ošetřující problematiku GMO v EU patří (European Commission, 2017; Kuiper a Davies, 2010):



- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/18/ES, o záměrném uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí a o zrušení směrnice Rady 90/220/EHS
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1829/2003, o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2015/412, kterou se mění směrnice 2001/18/ES, pokud jde o možnost členských států omezit či zakázat pěstování geneticky modifikovaných organismů (GMO) na svém území
- Nařízení (ES) č. 1831/2003, o sledovatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů (GMO) a sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z GMO
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/41/ES, o uzavřeném nakládání s geneticky modifikovanými mikroorganismy

#### *Rozhodovací proces týkající se GM plodin*

Schéma aktuálně platného legislativního postupu pro schválení možnosti pěstování GM plodin či výroby GM potravin a zvířecích krmiv v členském státě EU, je uvedeno v přílohách práce (příloha 1).

#### *Princip předběžné opatrnosti*

Myhr (2007) uvádí, že princip předběžné opatrnosti byl akceptován mnohými národními vládami jako základ pro politické rozhodování a v současnosti slouží jako důležitá část mezinárodního environmentálního práva a mezinárodních smluv. S odkazem na regulaci GMO byl tento princip vložen do Cartagenského protokolu o biologické bezpečnosti (kapitola 26), což je mezinárodní dohoda o bezpečnostních opatřeních, která je nutno v souvislosti s problematikou GMO dodržovat a tento princip je také zmíněn v Úmluvě o biologické rozmanitosti z roku 1992.

Princip předběžné opatrnosti je možné popsat jako normativní princip, sloužící k přijímání rozhodnutí, za podmínek nejistoty či neúplnosti vědeckého poznání. Základní součástí tohoto principu jsou následující (Myhr, 2007):

- 1) Nutnost preventivního jednání vůči danému stupni nejistoty.
- 2) Důkazní břemeno náleží navrhovateli potenciálně ohrožující aktivity.
- 3) Zvážení jiných, méně rizikových možností, které je možné využít k naplnění daného cíle.

4) Do rozhodování je třeba zahrnout všechny dotčené strany.

Tait (2001) ve své práci popisuje, jak je princip předběžné opatrnosti aplikován pro biotechnologický průmysl:

- uvažované odvětví a jeho produkty podléhají systému kontroly, stanovené za účelem předejití potenciálním rizikům
- tato rizika jsou analyzována již před konkrétním vývojem nebo uvedením produktu na trh, tzn. dříve, než o těchto rizicích existuje jakýkoliv empirický důkaz
- bezpečnostní standardy a další opatření jsou součástí vývoje daného odvětví stejným způsobem, jako jeho produkty

Princip předběžné opatrnosti je v rámci unijní legislativy zakotven např. v Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2001/18/ES, o záměrném uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí a o zrušení směrnice Rady 90/220/EHS. Klíčovým orgánem EU, který dohlíží na dodržování principu předběžné opatrnosti v souvislosti s problematikou pěstování a využívání produktů GM plodin, je Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA), jehož role je uvedena ve schématu rozhodovacího procesu v příloze č. 1 (Krämer, 2013).

Ačkoliv je hlavním cílem principu předběžné opatrnosti ochrana před potenciálními hrozbami, pokud bychom dovedli jeho mechanismus do extrému, tak by nebylo možné usilovat o žádné vědecké poznání, jelikož vyšší stupeň poznání lidstva je vždy spojen s jistým rizikem nebezpečí. Není tedy překvapením, že je princip předběžné opatrnosti častým předmětem kritiky představitelů nejen z EU (Tait, 2001; European commission, 2008).

## **5.2. Využívání a pěstování GMO v členských zemích**

### **5.2.1. Legalizované GMO plodiny v EU**

Z přílohy č. 1 je patrné, že v rozhodovacím procesu týkajícím se GM plodin, je jednoznačně odlišen status:

- 1) komerčně pěstovaných GM plodin – tedy takových plodin, které se pěstují na půdě libovolného členského státu EU
- 2) GM plodin určených pro komerční výrobu potravin a krmiva.

**Ad 1)** V rámci EU je nyní povoleno pěstování pouze jediné komerční GM plodiny, kukuřice MON810, jež je modifikována za účelem zvýšení odolnosti proti zavíječi kukuřičnému.

Zde je však nutné poznamenat, že členské státy mají možnost přijmout tzv. ochrannou klauzuli, která umožňuje zákaz pěstování GM plodin na celém území daného státu či v jeho jednotlivých regionech. Argumentem pro přijetí klauzule mohou být socioekonomické-aspekty, územní plánování, zemědělská politika či riziko pro zdraví a životní prostředí. K přijetí této klauzule v minulosti přistoupilo zatím osm členských států EU – Rakousko, Bulharsko, Řecko, Německo, Maďarsko, Itálie, Lucembursko a Polsko (Česká technologická platforma pro ekologické zemědělství, 2015).

Na tomto místě lze zmínit zajímavost, že Rumunsko před svým vstupem do EU v roce 2007 velkoplošně pěstovalo k herbicidům tolerantní sóju. Po jejím vstupu však od pěstování musela odstoupit, jelikož pěstování této GM plodiny zatím není v EU povoleno (EuropaBio, 2010).

**Ad 2)** Ke dni 15. 4. 2017 je v EU povoleno využít v rámci potravinového a krmného řetězce následující množství jednotlivých druhů GM plodin: 10 druhů bavlny, 25 druhů kukuřice, 4 druhy řepky olejky a 15 sóje. Před samotným povolením je nutné dané druhy plodin podrobit kontrole, kterou vykonává EFSA (Evropská komise, 2017).

### **5.2.2. Odrůda kukuřice MON810**

Jak uvádí VIB (2010), kukuřičná odrůda MON810 byla genetická modifikována tak, aby vytvářela vlastní přírodní insekticid – Bt-toxin. Tento insekticid mimo jiné likviduje larvy evropského zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*), který se řadí k významným škůdcům, způsobujícím ztráty na objemech sklizně kukuřice. MON810 byla vyvinuta vložením genu bakterie *Bacillus thuringiensis*, který je zodpovědný za tvorbu toxinu, do běžné odrůdy kukuřice. Existují také další varianty této kukuřice, jako je například MON863, Maize 1507 a Bt11, které jsou modifikovány vůči škodlivému působení jiných druhů hmyzu. Tyto odrůdy jsou však v rámci EU povoleny pouze jako možné složky potravin či zvířecích krmiv, pěstovat je tedy zatím nelze.

Then a Bauer-Panskus (2016) však píší, že EU v současnosti projednává, zda budou moci být Bt11 a Maize 1507 pěstovány již v roce 2017.

Odrůda MON810, vyvinutá americkou nadnárodní společností Monsanto, byla vyvinuta a poprvé využita v roce 1997. V EU byla jakožto plodina určená k pěstování schválena roku 1998, ale k samotnému pěstování poprvé došlo až v roce 2003 (Monsanto, 2016). V tabulce 7 lze vidět konkrétní výměry této odrůdy v jednotlivých členských zemích EU, kde je její pěstování povoleno, mezi léty 2009-2016.

**Tabulka 7 - Pěstování MON810 v členských zemích EU (ha), 2009-2016 (Knight, 2017), upraveno autorem**

	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>Španělsko</b>	76057	76575	97326	116307	136962	131538	107749	129081
<b>ČR</b>	6480	4680	5091	3080	2560	1754	997	75
<b>Portugalsko</b>	5094	4868	7724	9278	8171	8542	8017	7069
<b>Slovensko</b>	875	1248	761	189	100	411	400	112
<b>Rumunsko</b>	3244	822	588	217	220	771	2,5	-
<b>Polsko</b>	3000	3000	3000	neznámo	-	-	-	-
<b>Celkem</b>	94750	91193	114490	129071	148013	143016	117165,5	136337

Využívání MON810 je z pohledu ekonomiky i životního prostředí výhodné zejména z toho důvodu, že farmářům umožňuje sklídit to, co zasadili, aniž by došlo k výrazným ztrátám na kvalitě či kvantitě produkce. Státem, který má v EU nejdelší zkušenost s pěstováním MON810 je Španělsko. Výzkumy ukazují, že za normálních podmínek se příjem tamních farmářů, využívajících tuto odrůdu zvyšuje o 15 %. Tento jev nastává z důvodu úspor za pesticidy, jejichž množství je možné díky MON810 snížit, čímž tedy dochází i ke zlepšení kvality životního prostředí (z důvodů popsaných výše v kapitole o dopadech pěstování GMO) a dále z důvodu zvýšení hektarového výnosu.

Výhodou MON810 je také zvýšená kvalita kukuřice a jejich zrn, jelikož rostlina utrpí menší škody způsobené larvami zavíječe kukuřičného. V průměru tak Bt-plodiny obsahují nižší množství mykotoxinů, tedy škodlivých látek (VIB, 2010).

Tyto předpoklady budou testovány v rámci další podkapitoly, zabývající se výsledky pěstování MON810 ve třech středoevropských zemích mezi léty 1998-2006.

### **5.3. Výsledky pěstování MON810 ve vybraných zemích EU**

Veškeré údaje uvedené v této podkapitole vycházejí z díla Brookese (2007), v němž jsou uvedeny ekonomické a environmentální dopady pěstování GM Bt-kukuřice odrůdy MON810 na farmách v České republice, Polsku a na Slovensku. Jako měřítko srovnání těchto dopadů slouží běžná odrůda kukuřice s aplikovaným insekticidem, respektive její jednotlivé charakteristiky (výnos, cena atd.) zprůměrované za regiony, ve kterých byla GM odrůda pěstována. Neměřitelné dopady a další kvalitativní charakteristiky byly v rámci výzkumu zjišťovány pomocí rozhovorů s majiteli farem či s jinými zodpovědnými osobami. Výzkum započnul v roce 1998, kdy byla odrůda MON810 poprvé schválena ke komerčnímu pěstování

a skončil v roce 2006 sklizní a následnou tvorbou odhadů rentability pěstování MON810 pro farmáře.

### 5.3.1. Česká republika

Údaje za Českou republiku pocházejí z farmy u města Brna, kde bylo pěstováno 20 ha kukuřice MON810. V České republice je zavíječ kukuřičný nejvýznamnějším škůdcem kukuřice. Je odhadováno, že i při použití pesticidů je vlivem tohoto škůdce poškozeno až 10 % sklizně.

*Náklady a výnosy*

**Tabulka 8 - Očekávané dopady pěstování MON810 v ČR (euro/ha) (Brookes, 2007)**

	Běžná odrůda	MON 810	Rozdíl mezi běžnou odrůdou a MON 810
<b>Výnosy</b>			
Cena (euro/ha)	103	103	0
Objem sklizně (tuna/ha)	7,2	7,92	+0,72
Celkové příjmy	742	816	+74
<b>Variabilní náklady</b>			
Osivo	52	87	+35
Hnojiva	59	59	0
Ochrana rostliny	55	37	-18
Další variabilní náklady	132	124	-8
Celkové náklady	298	307	+9
<b>Hrubý zisk</b>	<b>444</b>	<b>509</b>	<b>+65 (+15 %)</b>

*Dopady na životní prostředí*

Odrůda MON810 snížila množství insekticidů využívaných při procesu pěstování do té míry, že ušetřené množství insekticidů by potenciálně stačilo na postřik 34 000 ha půdy. V porovnání s běžnou odrůdou bylo dále zaznamenáno podstatné snížení množství mykotoxinů v zrně GM odrůdy.

### Neměřitelné dopady

Neměřitelné dopady jsou stejné jako u ostatních zemí – tedy pozitivní dopad na flexibilitu managementu<sup>7</sup> a nižší riziko související se ztrátou množství vypěstované produkce. Z rozhovorů s pěstiteli v ČR také vyšlo najevo, že v souvislosti s pěstováním GM varianty není nutné kukuřici prohledávat a zjišťovat tak úroveň poškození zavíječem kukuřičným.

#### 5.3.2. Polsko

V rámci Polska byla odrůda MON810 pěstována na dvou lokalitách v Jihovýchodním Polsku, v celkové výměře 30 ha. Pro tuto zem bylo v rámci výzkumu specifické, že v některých letech nebyly při pěstování běžné odrůdy kukuřice využívány žádné pesticidy. To má příčinu zejména v lišících se množstvích škůdců, kteří se ve sledovaných letech objevili. Dalším důvodem může být také nedostatek potřebného nářadí, jež se pro účely aplikace pesticidů používá či malá rozloha polí, limitující využívání leteckých prostředků určených k rozprašování pesticidů.

#### Náklady a výnosy

Tabulka 9 - Očekávané dopady pěstování MON810 v Polsku (euro/ha) (Brookes, 2007)

	Běžná odrůda	MON 810	Rozdíl mezi běžnou odrůdou a MON 810
<b>Výnosy</b>			
Cena (euro/ha)	128	128	0
Objem sklizně (tuna/ha)	5,75	5,84 až 7,19	+0,9 až +1,44
Celkové příjmy	736	748 až 920	+12 až +184
<b>Variabilní náklady</b>			
Osivo	95	140	+45
Hnojiva	166	166	0
Ochrana rostliny	62	62	0
Další variabilní náklady	235	235	0
Celkové náklady	558	603	+45
<b>Hrubý zisk</b>	<b>178</b>	<b>145-317</b>	<b>-33 až +139 (-18 % až +78 %)</b>

<sup>7</sup> Flexibilitou managementu je v tomto případě myšleno snížení pracovní zátěže vedoucích a řídicích pracovníků, kteří se tak po zavedení kukuřice MON810 mohli věnovat důležitějším pracovním úkonům v rámci podniku (pozn. autora).

V letech, kdy je celková populace zavíječe kukuřičného nízká, docházelo u MON810 k získání téměř stejného objemu produkce jako u běžné odrůdy, avšak s proporcionálně vyššími náklady, což by mělo za následek snížení hrubého zisku. Opačný princip platí v letech relativního přemnožení zavíječe kukuřičného, kdy by se pěstování MON810 vyplatilo.

#### *Dopady na životní prostředí*

Kvůli zanedbatelnému množství využívaných pesticidů byly dopady zavedení GM odrůdy poměrně malé. Zajímají-li nás výskyt mykotoxinů, lze říci, že GM odrůdy obsahovala v porovnání s nemodifikovanou odrůdou opět nižší množství škodlivin.

#### *Neměřitelné dopady*

Neměřitelné dopady jsou stejné jako u ostatních zemí – tedy pozitivní dopad na flexibilitu managementu a nižší riziko související se ztrátou množství vypěstované produkce.

### **5.3.3. Slovensko**

Kukuřici MON810 na Slovensku pěstovaly tři farmy v okolí města Bajč, Lipové (Nitrianský kraj) a Borovce (Trnavský kraj). Celkem se jednalo o výměru 30 ha. Škoda způsobená zavíječem kukuřičným, je na Slovensku skutečně masivní. Odhaduje se, že je jeho vlivem každoročně poškozeno či zcela znehodnoceno až třetina národní produkce kukuřice – tedy 50 000 ha. Stejně tak jako v Polsku, i na Slovensku není při pěstování kukuřice používáno dostatečné množství pesticidu. Důvody jsou stejné jako u výše zmíněného Polska.

#### *Náklady a výnosy*

**Tabulka 10 - Očekávané dopady pěstování MON810 na Slovensku (euro/ha) (Brookes, 2007)**

	Běžná odrůda	MON 810	Rozdíl mezi běžnou odrůdou a MON 810
<b>Výnosy</b>			
Cena (euro/ha)	96	96	0
Objem sklizně (tuna/ha)	6,97	7,67 až 7,99	+0,7 až +1,02
Celkové příjmy	669	736 až 767	+67 až +98
<b>Variabilní náklady</b>			
Osivo	90	125	+35
Hnojiva	79	79	0

Ochrana rostliny	60	60	0
Další variabilní náklady	79	79	0
<b>Celkové náklady</b>	<b>308</b>	<b>343</b>	<b>+35</b>
<b>Hrubý zisk</b>	<b>361</b>	<b>393 až 424</b>	<b>+32 až +63 (+8,9 % až +17,5 %)</b>

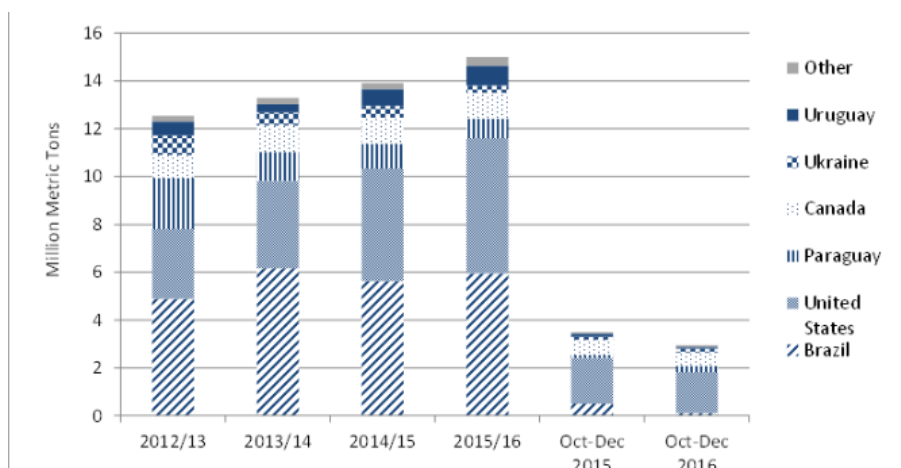
#### *Dopady na životní prostředí*

Kvůli zanedbatelnému množství využívaných pesticidů byly dopady zavedení GM odrůdy poměrně malé. O úrovni mykotoxinů v GM odrůdě nejsou dostupná žádná data.

#### **5.4. Potenciální dopady pěstování Roundup ready sóje v EU**

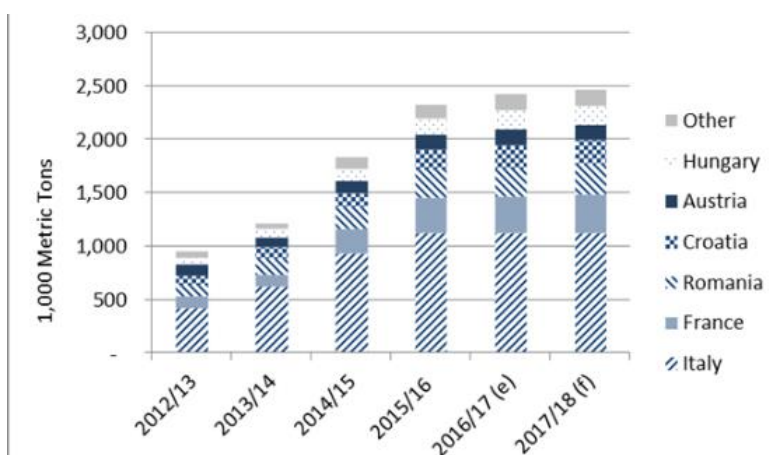
Štranc, Štranc a Štranc (2013) uvádějí, že sója je čtvrtou nejvýznamnější plodinou a druhou nejvýznamnější luskovinou na světě. Důvodem pro rozsáhlé pěstování sóje je zejména její výživová hodnota (především vysoký obsah bílkovin) a při správných podmínkách také neobyčejně vysoké výnosy (v USA až 8 tun/ha). Pro účely této práce byla sója vybrána z toho důvodu, že její význam pro EU je poměrně značný. EU je po Číně druhým největším světovým importérem sóje, která je v členských státech využívána zejména v podobě bobů či extrahovaných šrotů, jako součást potravin, ale hlavně jako krmivo pro hospodářská zvířata. Důležitost této plodiny pro EU dokumentují grafy 11, 12 a 13.

**Graf 11 - Dovoz sóje v rámci EU-28, vybrané roky (GAIN, 2017)**

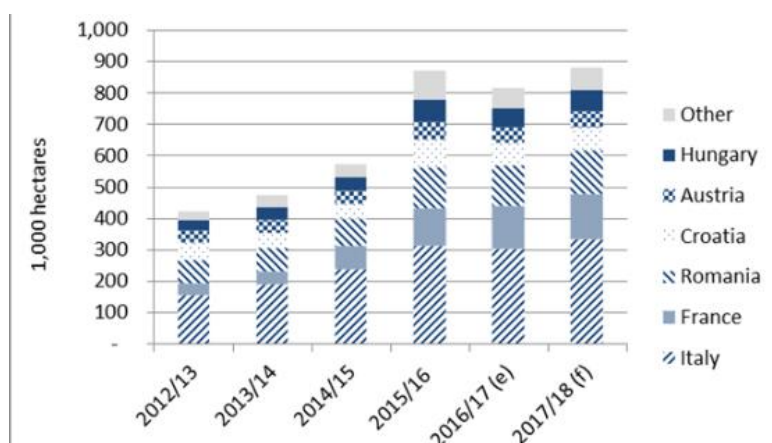




**Graf 12 - Produkce sóje v rámci EU-28, vybrané roky (GAIN, 2017)**



**Graf 13 - Pěstební plocha sóje v rámci EU-28, vybrané roky (GAIN, 2017)**



Růst produkce a s ní související pěstební plochy sóje je v posledních letech patrný zejména díky pobídkám Společné zemědělské politiky EU, které jsou zacíleny na větší soběstačnost členských zemí v rámci pěstování této plodiny. Jak je možné vidět v grafu 12, produkce sóje v EU, se bude mezi léty 2017/2018 dále navyšovat, a to konkrétně ve všech členských zemích, kromě Chorvatska. Největšími producenty sóje v EU je Itálie, Francie a Rumunsko, podílející se na celkové produkci EU téměř ze 70 %. Celková produkce sóje v EU je však ve srovnání s importem této luskoviny vcelku nevýznamná. Kvůli významnému poklesu dovozu sóje v letech 2015 a 2016, který nebyl vykompenzován zvýšením nabízeného množství ze strany evropských pěstitelů, se celková nabídka sóje v EU významně snížila (GAIN, 2017).

Princip herbicid-tolerantní GM sóje (HT sója) tkví podle Bečky a Jozefyové (2005) ve vnášení genů, které u této plodiny způsobují toleranci k neselektivním herbicidům. Tímto herbicidem bývá nejčastěji glyfosát či glufosinát, jež je účinnou látkou herbicidů Roundup, vyvinutých

firmou Monsanto. Tyto herbicidy jsou sice velmi efektivní, co se týče eliminace plevelů, avšak samy způsobují poškození sóje tzv. rezidui, tedy zbytky účinných látek glyfosátu a glufosinátu, což v konečném důsledku může znamenat ztráty výnosu, sníženou kvalitu semena či zdravotní rizika pro konzumenty<sup>8</sup>. Genetická modifikace u Roundup ready sóje (tedy HT sóje) primárně snižuje riziko poškození rostliny, což stejně jako u pěstování Bt-kukuřice, vede ke zvýšení výnosu plodiny na jednotku plochy. Důležitou výhodou je také fakt, že HT sója obsahuje stejné nutriční hodnoty a může být využita tak, jako nemodifikovaná odrůda sóje.

Dle Felsota (2000) je možné uvést následující výhody pěstování HT sóje:

- efektivnější využití aplikovaného herbicidu na rostlině
- vyšší výnos semene sóje
- redukce počtu herbicidních opatření na okolní vegetaci
- redukce spotřeby nafty díky menšímu množství postřiků

Mezi nevýhody HT sóje je možné uvést riziko potenciální selekce rezistentních populací plevelů ke glyfosátu nebo glufosinátu, pokud je HT sója pěstována opakovaně. Tento problém však v EU zatím nehrozí, jelikož pěstební plocha sóje je zde ve srovnání s jinými světovými regiony poměrně malá.

Zajímáme-li se potom o konkrétní podmínky v rámci České republiky, dle Chodové a Salavy (2004) zatím nebyla u plevelů v našich podmínkách zjištěna rezistence ke glyfosátu či glufosinátu.

V rámci studií, které proběhly v zahraničí (Reddy a Whiting, 2004) bylo zjištěno, že pěstování Roundup ready sóje je ve srovnání se standardně herbicidně ošetřenou sójou, ekonomicky efektivnější. Roundup ready sóje dosáhla výnosu 3,02 t/ha a čistého zisku 407 \$/ha, nemodifikovaná sója s klasickým Roundup herbicidem dosáhla výnosu 2,77 t/ha a čistého zisku 317 \$/ha. V souladu s předpokladem o stejné nutriční hodnotě Roundup Ready a nemodifikované sóje, který byl učiněn v kapitole „Cíl práce“, autorům studie vyšlo, že složení oleje, bílkovin a antinutričních látek nebylo mezi těmito dvěma odrůdami odlišné.

---

<sup>8</sup> V celku běžnou je v současnosti diskuze o tom, zda využívání glyfosátu a z něho odvozených herbicidů zvyšuje riziko rakoviny. Množství odborníků a institucí včetně evropského úřadu EFSA, však tuto možnost na základě výsledků výzkumu nepotvrzuje (pozn. autora).

## 6. PRAKTICKÝ EXPERIMENT

### 6.1. Cíl experimentu

Cílem nádobového experimentu bylo posoudit reakci ověřivé geneticky nemodifikované odrůdy sóje VANESSA na aplikaci odlišných dávek dusíku (0-1-3 g N/nádoba) a jeho forem (amonná a amidová) aplikovaných ve dvou dusíkatých minerálních hnojivech (síran amonný a močovina) na:

- Růst rostlin
- Výnosovou úroveň semene
- Kvalitativní parametry semene

Výzkum vycházel z následujících vědeckých úvah či hypotéz:

- a. s dávkou dusíku bude stimulován růst rostlin, výnos i kvalita semene
- b. výnos a kvalitativní parametry budou lepší po aplikaci síranu amonného oproti močovině

### 6.2. Materiál a metody

Vegetační nádobový experiment byl založen ve venkovní vegetační hale Botanické zahrady a arboreta Mendelovy univerzity v Brně (obrázek 4). Mitscherlichovy vegetační nádoby byly naplněny 5 kg středně těžké zeminy charakterizované jako fluvizem 25. dubna 2016; Tabulka 11 uvádí základní agrochemické charakteristiky použité zeminy na základě analýz dle metody Mehlich 3 – 0,015 M NH<sub>4</sub>F + 0,2 M CH<sub>3</sub>COOH + 0,25 M NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + 0,013 M HNO<sub>3</sub> (Mehlich, 1984). Výměnná půdní reakce byla stanovena v 0,01M CaCl<sub>2</sub>.

Tabulka 11 - Agrochemické parametry zeminy použité do experimentu (mg/kg)

pH/ CaCl <sub>2</sub>	mg/kg		
	P	K	Mg
7,4	47	226	322
Alkalická	nízký	vyhovující	dobrý

Do experimentu byla cíleně zvolena dusíkatá minerální hnojiva vhodná pro základní (předseťové) hnojení: síran amonný (20,5 % N, 24 % S) a močovina (46 % N). Síra (S) se stala v posledních letech limitující živinou ve většině regionů (především v souvislosti s ekologickými opatřeními, např. odsířením tepelných elektráren apod.), přičemž její

nedostatek v rostlině může redukovat fixaci vzdušného dusíku (Scherer a kol., 2008), proto bylo do experimentu záměrně zařazeno hnojivo obsahující kromě dusíku také síru – síran amonný.

Tabulka 12 ukazuje jednotlivé varianty experimentu, přičemž každá z variant byla 4x opakována.

**Tabulka 12 - Varianty experimentu**

Var. č.	Popis	Dávka dusíku (g/nádoba)	Použité hnojivo
1	Kontrola	0	-
2	SA 1	1	síran amonný
3	SA 2	3	síran amonný
4	Moč 1	1	močovina
5	Moč 2	3	močovina



**Obrázek 4 - Vegetační hala v botanické zahradě (Lošák, 2016)**

Dusík byl aplikován do nádob 25. dubna 2016 po rozpuštění hnojiv formou zálivky. Výsev 10 semen na nádobu následoval 5. května 2016 do hloubky 3-4 cm. Odrůda VANESSA byla získána z University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria (Department of Crop Sciences, Division of Plant Breeding), vyznačuje se úzkými listy a nejedná se o keříčkový typ (obrázek 5 a 6).



**Obrázek 5 - Detail nádoby s rostlinou sóje odrůdy VANESSA (Lošák, 2016)**



**Obrázek 6 - Pěstování sóje odrůdy VANESSA (Lošák, 2016)**

Rostliny byly vyjednoceny na 2 kusy na nádobu 3. června 2016. V průběhu vegetace byly nádoby zalévány na úroveň 60 % maximální kapilární kapacity a udržován bezplevelný stav. Sklizeň proběhla v plné zralosti dne 15. září 2016, přičemž obsah proteinů a oleje byl stanoven na University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, pracoviště Tulln an der Donau a obsah polyamidu spermidinu na Technologické fakultě Tomáše Bati ve Zlíně.

### **6.3. Výsledky experimentu a diskuze**

Úvodem je možno konstatovat, že z jednotlivých studií (rešerší) byly dosud získány rozporuplné výsledky ohledně vhodnosti dusíkatého hnojení sóje z hlediska jeho efektivity

při pěstování této luskoviny (Salvagiotti a kol., 2008). Z tohoto důvodu byl rovněž založen náš popisovaný nádobový experiment.

Všechny luskoviny se (oproti jiným druhům) vyznačují jiným systémem výživy dusíkem. Sója se řadí mezi plodiny, které dokáží formovat na svých kořenech hlízky (noduly) a využít atmosférický dusík (N<sub>2</sub>) ve spojení s rhizobii, bakteriemi poutajícími vzdušný dusík, pro svoji výživu. (Ohyama a kol., 2013). Biologická N<sub>2</sub> fixace (BNF) a dusík z půdní zásoby či minerálních hnojiv jsou tedy hlavními zdroji pro pokrytí požadavků vysoce výnosných odrůd (Streeter, 1988). Sója vyžaduje tzv. startovací dávku dusíku na počátku vegetace pro překonání tzv. hladového období, tedy periody, kdy se hlízky na kořenech začínají teprve formovat. Okamžitě přijatelný dusík z hnojiv se pozitivně odrazí na vývoji rostliny a následně výnosu semene (Touchton a Rickerl, 1986). Nicméně vysoké dávky dusíku na počátku vegetace mohou redukovat tvorbu hlízek na kořenech a tím i fixaci dusíku rostlinou (Beard a Hoover, 1971).

Pro pěstitele jsou rozhodující výnosové výsledky z hlediska kvantity i kvality. Rozhodující výnosově-kvalitativní parametry jsou uvedeny v tabulkách 13-14.

**Tabulka 13 - Výnos semene sóje (odrůda VANESSA)**

<b>Var.</b>	<b>Popis</b>	<b>Dávka dusíku</b>	<b>Výnos semene</b>
<b>č.</b>		<b>(g/nádoba)</b>	<b>(g/nádoba)</b>
1	Kontrola	0	12,94 ab
2	SA 1	1	15,58 a
3	SA 2	3	8,34 c
4	Moč 1	1	15,11 a
5	Moč 2	3	9,38 bc

Odlišná písmena ve sloupci (a, b, ...) vykazují průkazné difference mezi variantami při P=95 %

**Tabulka 14 - Kvalitativní parametry semene sóje (odrůda VANESSA)**

<b>Var.</b>	<b>Popis</b>	<b>Dávka dusíku</b>	<b>Obsah proteinů</b>	<b>Obsah oleje</b>	<b>Obsah spermidinu</b>
<b>č.</b>		<b>(g/nádoba)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mg/kg SH)</b>
1	Kontrola	0	35,21 b	19,87 a	228,4 a
2	SA 1	1	37,93 ab	19,54 a	277,1 a
3	SA 2	3	41,07 a	17,96 a	276,7 a
4	Moč 1	1	38,36 ab	19,15 a	268,9 a
5	Moč 2	3	39,74 ab	17,77 a	245,5 a

Odlišná písmena ve sloupci (a, b, ...) vykazují průkazné difference mezi variantami při P=95 %

Pro dosažení požadovaných výnosů je nezbytný vysoký výkon fotosyntézy a akumulace dostatečného množství dusíku v semenech (Sinclair, 2004). V průběhu našeho pokusu byly

pozorovány od fáze tvorby lusků vizuální symptomy deficiencie dusíku (světle zelená až žlutá barva spodních = starších listů) u kontrolní, dusíkem nehnojené varianty. Z hlediska výnosu semene (tabulka 13) je zřejmé, že nejvyšší dávka dusíku aplikovaného v síranu amonném (var. 3) statisticky průkazně snížila výnos semene v porovnání se všemi ostatními variantami. Podobných výsledků bylo dosaženo u nejvyšší dávky N aplikovaného v močovině (var. 5), která se projevila poklesem výnosu semene oproti nižší dávce N aplikovaného v obou hnojivech (var. 2 a 4). Vysoká dávka N tedy způsobila luxusní až toxický efekt na rostliny, který je nežádoucí z důvodů ekonomických (zbytečně vynaložené finance za nákup a aplikaci hnojiv) i environmentálních (riziko kontaminace podzemních vod dusičnany z aplikovaných minerálních hnojiv). Je známo, že pokud jsou hlízkové bakterie na kořenech vystaveny vysokým koncentracím dusíku, dochází k potlačení jak jejich tvorby, tak i aktivity. Nitráty, hlavní forma anorganického dusíku v půdách, velmi silně omezují nodulaci a  $N_2$  fixační aktivitu (Gibson a Harper, 1985; Imsande, 1986; Ohyama a kol., 2012; Streeter, 1988). Inhibiční působení nitrátů bylo popsáno řadou efektů, včetně působení na počet hlízek na kořenech sóje, jejich velikost, fixační aktivitu, jakož i rychlost stárnutí a rozkladu hlízek. Proto tato inhibice růstu rostlin působením nitrátů, resp. nitrátového dusíku nemůže být vysvětlena jednoduchým či zjednodušeným způsobem (Harper, 1987; Mizukoshi, 1995). Deibert a kol. (1979) uvádějí 26 až 48 % snížení fixace vzdušného dusíku, pokud dávka aplikovaného dusíkatého hnojiva byla příliš vysoká.

Rostliny sóje vyžadují vysoká množství dusíku, protože semena jsou bohatá na proteiny (35–40 %) a celkové množství asimilovaného N ve stoncích při sklizni je v proporcích k výnosu semene (Ohyama a kol., 2013). Nízký obsah proteinů může být způsoben nepříznivými environmentálními podmínkami a sníženou úrovní fixace vzdušného dusíku. Je odhadováno, že pouze 40 až 52 % z celkového odběru dusíku rostlinou pochází ze symbiotické fixace  $N_2$ , zatímco zbytek je příjem dusíku z půdy (Schweiger a kol., 2012). Negativní bilanci dusíku při pěstování sóje vykazuje 80 % studií (Salvagiotti a kol., 2008), proto je tato tematika nadále předmětem vědeckého bádání, poněvadž má svůj ekonomicko-environmentální kontext. Obsah proteinů v našem experimentu (tab. 3) byl nejnižší u kontrolní nehnojené varianty (35,21 %), přičemž k signifikantnímu navýšení došlo pouze ve spojení s vyšší dávkou dusíku aplikovaného v síranu amonném (41,07 %), var. 3. Síra je navíc součástí některých aminokyselin (cystein, methionin) a podílí se na proteosyntéze.

Obsah oleje v semeni (tab. 3) byl vyrovnaný u všech variant (17,77-19,87 %) a bez vzájemných signifikantních diferencí. Při nejvyšší dávce N u obou hnojiv (var. 3 a 5) nastalo (nepřukazné)

snížení olejnatosti semene. Tento výsledek bývá dáván do souvislosti s negativní korelací mezi výnosem a obsahem oleje, resp. mezi obsahem proteinů a olejnatostí. Dalším vysvětlením je redukováná přístupnost uhlohydrátů pro syntézu oleje při vyšších dávkách dusíku (Rathke et al., 2005). Nicméně sója je v našich podmínkách především hodnocena jako zdroj proteinů, proto je obsah oleje až druhotným kvalitativním znakem.

Sója je (oproti jiným plodinám) významným zdrojem polyaminu spermidinu (Kalač et al., 2005, Kalač, 2014), který má řadu pozitivních vlastností na lidské zdraví, mimo jiné tzv. anti-aging efekt (Sagara et al. 2017). Obsah polyaminu spermidinu byl stanoven navíc, a to s hypotézou, že po aplikaci dusíkatých hnojiv bude jeho obsah průkazně narůstat, což se nepotvrdilo (tab. 3). Přesto byl u všech hnojených variant obsah spermidinu (neprůkazně) navýšen na 245,5-277,1 mg/kg oproti nehnojené kontrole (228,4 mg/kg), přičemž nejvyšších hodnot bylo dosaženo po aplikaci síranu amonného (var. 2-3), což je možno odůvodnit zapojením síry do procesu biosyntézy spermidinu. Další výzkum v tomto směru považuji za velmi smysluplný.

#### **6.4. Shrnutí nádobového experimentu**

Z hlediska statistického vyhodnocení experimentu vyplývá, že kontrolní (nehnojená) varianta vykazala srovnatelné kvalitativní parametry se všemi ostatními (hnojenými) variantami z hlediska obsahu oleje a polyaminu spermidinu v semeni sóje a u třech variant i z pohledu obsahu proteinů v semeni. Výnos semene u kontrolní varianty byl srovnatelný pouze s variantami s nižší dávkou dusíku, přičemž při vyšší dávce dusíku nastala výnosová deprese. Přesto jsou patrné určité pozitivní tendence z hlediska vlivu dusíkaté výživy na výnos semene, obsah proteinů i spermidinu, které jsou pro pěstitele velmi slibné a je třeba je dále prověřit i v polních podmínkách. Z praktického hlediska je možno pěstitelům u této odrůdy doporučit zvážit aplikovat pouze nízkou dávku dusíku před setím sóje, tedy do 40 kg N/ha, což je současně i max. limit pro tzv. zranitelné oblasti (tzn. oblasti s vyšším obsahem dusičnanů ve vodách, což je 50 % výměry zemědělské půdy v ČR).



## 7. DISKUZE

Jak je z předchozího textu zřejmé, autor zastává vůči pěstování GM plodin v EU poměrně kladné stanovisko. Má-li však přístup autora být zcela objektivní, je nutné podrobit kritickému zhodnocení uvedené poznatky, jejichž platnost nemusí být konečná.

Co se týče čistě ekonomických benefitů pěstování GM kukuřice, situace je poměrně jasná a za předpokladu toho, že využívání GMO nepředstavuje žádné závažné environmentální či zdravotní rizika, je ekonomický benefit jejich využívání obrovský pro celý svět.

Budoucnost této problematiky v EU však z velké části závisí na vývoji protekcionistických tendencí a stupni podpory unijních zemědělců v rámci Společné zemědělské politiky. Pokud by i přes případné snížení cen potravin a krmiv v důsledku pěstování GM plodin v EU nebyla cena za hmotnostní jednotku dostatečně nízká, aby EU mohla konkurovat na světovém komoditním trhu, existuje zde riziko, že dojde k navýšení subvencí evropským zemědělcům či k uzákonění dovozních cel vůči třetím zemím (v rámci celní unie toto samozřejmě není možné).

Tyto třetí země jsou však nejčastěji státy, které mají komparativní výhodu v zemědělství (není-li jejich produkce také dotována) a EU tak tímto umělým a vynuceným zdražováním potravin brání přesunu výrobních faktorů do odvětví, kde mají komparativní výhodu ony. Ve výsledku je tedy průměrný evropský spotřebitel chudší – má nižší kupní sílu. I přes tento uvedený fakt je však možné najít jednu situaci, kdy by dovoz zahraničních GM potravin nemusel být pro spotřebitele v EU výhodný. Díky značnému rozšíření pěstování GM plodin v některých rozvojových zemích (které mají díky velkému množství využitelné půdy a relativnímu nadbytku levné pracovní síly právě komparativní výhodu v zemědělství), existuje riziko, že tyto plodiny budou díky případné nákaze, neadekvátnímu ošetření či zpracování představovat zdravotní zátěž pro evropské spotřebitele. Do úvahy, zda jsou tedy potraviny z dovozu doopravdy levnější, je třeba zahrnout také podobná rizika.

Jak je však známo, volba konzumace a využívání GM plodin je zcela determinována spotřebitelským chováním, jelikož právě spotřebitelé na základě svých preferencí a hodnot určují, zda jsou ochotni přijmout riziko, že tyto levnější a mnohdy nutričně bohatší i zdravější GM plodiny mohou představovat riziko, které dosud nebylo vědeckými metodami zjištěno. V současnosti v EU ale převládá spíše trend, kdy je pěstování GM plodin na ústupu. Legislativní proces, týkající se schvalování nových GM plodin pro pěstební účely, však této skutečnosti poměrně nahrává.

Je sice pravdou, že legislativní iniciativa je na straně členských států, které svoje žádosti

o pěstování GM plodiny posílají nejprve úřadu EFSA (Evropský úřad pro bezpečnost potravin), avšak pokud tento úřad případnou GM plodinu schválí, stále je nutné, aby tento návrh ještě prošel přes hlasování Evropské komise a Rady pro životní prostředí, složené z ministrů životního prostředí jednotlivých členských států hlasujících kvalifikovanou většinou. Hlasování jednotlivých komisařů je ale v mnohých případech „formováno“ požadavky lobbystických skupin, které se snaží při legislativních procedurách prosadit své zájmy. Podobný problém hrozí také při hlasování Rady pro životní prostředí, jelikož její členové na národní úrovni zastupují politické strany, které se zavazují k plnění určitého volebního programu. Stačí tedy, aby se hlasování této Rady v záležitostech GMO, účastnila nadpoloviční většina ministrů členských zemí, kteří projeví svůj nesouhlas, a návrh neprojde.

Dá se tedy tvrdit, že rozhodnutí o tom, zda bude konkrétní GM plodina v rámci EU pěstována, není závislé na přímém vyjádření voličů, kteří by mohli do problematiky zásadně vstoupit. Tento problém je však patrný i u jiných rozhodovacích procesů v EU a netýká se tak pouze GMO. Poměrně zajímavým je také fakt, že pokud chce určitý členský stát EU povolit pěstování GM plodiny na svém území, nevyhnutelnou podmínkou je souhlas nadpoloviční většiny ministrů, zastupujících další členské státy. Tento postup by se dal pochopit, pokud by v rámci rozhodování byl nutný souhlas s pěstováním u zemí, které bezprostředně sousedí s dotčeným státem, jež chce plodinu zavést. Argumentem by bylo, že riziko přeshraničního křížení GM plodin s jinými druhy rostlin je stále aktuální, a nepodařilo se jej zatím vědecky vyvrátit. Jaký má však praktický význam, že například ministr životního prostředí Finska rozhoduje o tom, jestli Polsko bude moci pěstovat kukuřici MON810?

V předchozích odstavcích bylo předpokládáno, že GM plodiny nepředstavují žádné zásadní ohrožení jak pro člověka, tak ani pro životní prostředí. Tento předpoklad však v současnosti stále nebyl potvrzen. I přes množství odborné literatury a vědeckých článků, které je v současnosti na toto téma dostupné, je vhodné poznamenat, že může být stále ještě příliš brzo na to, aby se negativní dopady GM plodin projevíly. Předpokládá se také, že potenciální negativní dopady se budou objevovat postupně tak, že jednotlivé státy dokáží na případné hrozby včas a flexibilně zareagovat. Je ale také možné, že únosná kapacita evropských ekosystémů bude pod vlivem pěstování GM plodin překročena nečekaně v jeden moment a následné dopady tak budou dlouhodobé a ireverzibilní.

## 8. ZÁVĚRY

Na základě dílčích poznatků jednotlivých kapitol, je nyní v závěru práce možné uvést závěry, které jsou dle autora zásadní pro zhodnocení současné a budoucí situace pěstování GM kukuřice a sóje v EU.

- Od počátku průmyslové revoluce, kdy došlo k masivnímu rozvoji technologií a nových vynálezů, jsme v Evropě svědky trvale rostoucí životní úrovně, která se projevuje jednak růstem množství konzumovaných potravin na obyvatele, ale také poklesem zaměstnanosti v primárním sektoru (zemědělství) a klesající výměrou využitelné půdy k pěstování plodin a dobytka.
- Na GMO (respektive GM plodiny) může být v duchu předchozího odstavce nahlíženo, jako na další technologickou inovaci, která umožňuje člověku efektivněji nakládat se vzácnými zdroji a zvýšit produkci potravin. Přínosy GM plodin mohou být spatřeny i v oblasti životního prostředí, kdy pěstováním některých GM plodin dochází ke snížení množství pesticidů. Existují také důkazy, že používáním GM plodin je možné snížit množství vody nutné pro závlahu plodin. Nižší množství využívaných pesticidů je prospěšné také pro zdraví pracovníků v zemědělství a konzumentů potravin. Přestože velká část vědecké obce obecně zastává názor, že GM plodiny nepředstavují pro člověka ani životní prostředí riziko, někteří autoři upozorňují na možnost snížení biodiverzity v důsledku pěstování GM plodin.
- Vnímání GMO a GM plodin v EU je výrazně odlišné, než je tomu např. ve Spojených státech amerických. Největší odpor k pěstování GM plodin mají zcela pochopitelně obyvatelé zemí EU, které pěstování GM plodin v minulosti již zakázaly. Je nutné předpokládat, že laická veřejnost stále nedisponuje množstvím kvalitních a objektivních informací o této problematice, čímž se stává snadnou „kořistí“ pro politické strany a lobbystické skupiny, které se na úrovni EU snaží o zákaz pěstování i využívání GMO.
- V současnosti je možné na úrovni EU pěstovat jako jedinou GM plodinu pouze Bt-kukuřici odrůdy MON810. Její výměra v členských státech se však neustále snižuje. EFSA však v současnosti povoluje na území EU využívat a prodávat potraviny či krmiva pro hospodářská zvířata, která obsahují jednu z 54 povolených GM plodin.

Z údajů uvedených v rámci studie (podkapitola 5. 3.) byl potvrzen pozitivní dopad pěstování MON810 jak po ekonomické stránce, což vychází z hypotetických kalkulací zveřejněných jednotlivými podniky (farmami), tak i po stránce šetrnosti této odrůdy k životnímu prostředí a

lidskému zdraví, přičemž tyto environmentální dopady (obsah mykotoxinů) byly analyzovány v příslušných vědecko-výzkumných ústavech uvedených států. Na základě zmíněných výsledků lze učinit následující závěry:

- Všechny uvedené farmy v důsledku zavedení plodiny MON810 dosáhly v porovnání s průměrem běžné odrůdy za daný region zvýšení množství sklizených tun kukuřice na 1 ha a to konkrétně: v ČR o 10 %, v Polsku o 13 % a na Slovensku o 12 %, což je průměrné zvýšení výstupu na jednu zemi o 11,6 %. Lze tedy poznamenat, že předpoklad o zvýšení výnosu odrůdy MON810 byl v tomto případě správný. Zde je však nutné uvést, že důležitým aspektem, který určuje rozdíl ve velikosti sklizně mezi dvěma zmíněnými odrůdami je to, do jaké míry je v daném roce a na daném místě koncentrace zavíječe kukuřičného.
- Průměrný dopad na rentabilitu v jednotlivých lokalitách by byl následující: ČR +15 %, Polsko +30 % a Slovensko +13 %, což je v průměru zvýšení zisku o 19,3 %. Průměr je však v tomto případě nepříliš vhodný ukazatel, jelikož např. polské farmy v letech, kdy populace zavíječe kukuřičného nebyla příliš přemnožená, nezvýšily dostatečně objem sklizně tak, aby byl vykompenzován nárůst nákladů za GM osivo. Ukazuje se, že v těchto letech by polské farmy zaznamenaly oproti průměru běžné kukuřice až 18% pokles zisku.
- Úspory pesticidů jsou ze zkoumaných států přítomny pouze v ČR, jelikož další státy z výše uvedených důvodů insekticidy masivně nevyužívají. V souvislosti se zavedením MON810 došlo v ČR ke snížení množství pesticidů až o 33 %.
- Snížení množství škodlivých mykotoxinů bylo patrné zejména u MON810 pěstované v ČR a Polsku. Konkrétní údaje však v rámci výzkumu nebyly uvedeny.
- V dalších zemích EU, kde byla odrůda MON810 v rámci tohoto výzkumu pěstována (Španělsko, Francie, Německo a Portugalsko), Brookes (2007) odhalil podobné dopady jak po ekonomické, tak po environmentální stránce. Dle velikosti rozlohy, na které se MON810 v uvedených zemích pěstuje, je možné říci, že z pozitivních dopadů pěstování MON810 může nejvíce těžit Španělsko, jež v roce 2016 pěstovalo 129801 ha této odrůdy. Naopak farmy v Polsku, již na území tohoto státu kvůli plošnému zákazu od roku 2013, GM odrůdu v současnosti pěstovat nemohou.

Dle zprávy eAGRI (2015), však v roce 2015 došlo v rámci EU k opětovnému snížení pěstované výměry MON810, což je trend, který je patrný již delší dobu, o čemž nás může přesvědčit např. tabulka 7. Jedinými zeměmi, které tak v současnosti pěstují MON810 ve větším měřítku jsou

ČR, Španělsko a Portugalsko. Důvodem toho klesajícího trendu je jednak úbytek zavíječe kukuřičného, což je bezpochyby pozitivní zpráva, ale také přísná politika EU. GM kukuřice se tedy pěstuje ve stále menším měřítku a tím pádem se často nevyplatí osivo dovážet.

V podkapitole 5. 4. byly autorem práce uvedeny potenciální dopady pěstování Roundup ready sóje v EU. Výsledky pěstování nemodifikované sóje, s využitím jednotlivých typů hnojiv, jsou dále zmíněny v kapitole 6. Na základě těchto zmíněných částí práce, je nyní možné učinit následující závěry:

- EU je v současnosti takřka závislá na dovozu sóje, která je využívána zejména jako složka krmiv pro hospodářská zvířata.
- Roundup Ready odrůda sóje je modifikována jako vůči herbicidům tolerantní, což znamená, že hojně využívaný herbicid Roundup s účinnou látkou glyfosát, nezpůsobuje u GM sóje znehodnocení části úrody tak, je tomu u sóje nemodifikované. Nevýhodou (která se však může projevit i při pěstování nemodifikované odrůdy) je fakt, že v průběhu času je možné u některých plevelů sledovat budování tolerance k tomuto herbicidu, což dále vede k nutnosti vyvíjet nové účinné látky či zvyšovat dávku herbicidu.
- Potenciální pěstování Roundup ready sóje v EU by mohlo určitou měrou přispět ke snížení emisí skleníkových plynů, které vznikají v důsledku využívání zemědělské techniky při aplikaci herbicidních postřiků a jež dále vznikají spalováním fosilních paliv během importu sóje do EU ze zahraničí.
- Na základě provedeného nádobového experimentu se sójou je možné potenciálním pěstitelům jak GM, tak i nemodifikované sóje doporučit nižší počáteční dávku dusíkatého hnojiva, která se pozitivně odrazila jak na výnosu semene, tak i na jeho vybraných kvalitativních parametrech.

## 9. LITERATURA

ANDERSON, K., & JACKSON, L.A. Why are US and EU policies toward GMOs so different? In: *Journal of agrobiotechnology management and economics* [online]. 2003, **6**(3) [cit. 2017-04-19]. ISSN 1522-936X. Dostupné z: <http://www.agbioforum.org/v6n3/v6n3a02-jackson.htm>

ASLAKSEN, Iulie a INGEBORG, Anne Myhr. *Ecological Economics* [online]. 2007, **60**(3), 489-497 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2006.07.021. ISSN 09218009. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921800906003612>

BEARD, B.H., HOOVER, R.M. *Effect of nitrogen on nodulation and yield of irrigated soybean*. *Agronomy Journal*, 1971, **63**, 815-816.

BEČKA, David a JOZEFYOVÁ, Lucie. *Geneticky modifikovaná sója* [online]. In: „*Perspektivy sójy v ČR*“, 17. 2. 2005 Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Agronomická fakulta, 2005 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: [http://www.agris.cz/Content/files/main\\_files/76/154374/06\\_Becka\\_GENETICKY\\_MODIFIKOVANA\\_SOJA.pdf](http://www.agris.cz/Content/files/main_files/76/154374/06_Becka_GENETICKY_MODIFIKOVANA_SOJA.pdf)

BEČVÁŘOVÁ, Věra a ZDRÁHAL, Ivo. *Rozvoj zemědělství a venkova v evropském modelu agrární politiky: formování strategie v kontextu změn prostředí*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. ISBN 978-80-7375-771-7.

BLANCKE, Stefaan, GRUNEWALD, Wim a DE JAEGER, Geert. De-Problematising ‘GMOs’: Suggestions for Communicating about Genetic Engineering. *Trends in Biotechnology* [online]. 2017, **35**(3), 185-186 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1016/j.tibtech.2016.12.004. ISSN 01677799. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016777991630227X>

BROOKES, Graham. *The benefits of adopting genetically modified, insect resistant (Bt) maize in the European Union (EU): first results from 1998-2006 plantings* [online]. Dorchester, GB: PG Economics, 2007 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [www.pgeconomics.co.uk/pdf/Benefitsmaize.pdf](http://www.pgeconomics.co.uk/pdf/Benefitsmaize.pdf)

ČESKÁ TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA PRO EKOLOGICKÉ ZEMĚDĚLSTVÍ [online]. *Schválení evropské směrnice o GMO impulsem k zahájení kvalifikované diskuze*. Olomouc, 2015 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://www.ctpez.cz/cz/clanky/schvaleni-evropske-smernice-o-gmo-by-melo-byt-impulsem-k-zahajeni-kvalifikovane-diskuze>

DEIBERT, E.L., BIJERIEGO, M., OLSON, R.A., *Utilization of 15N fertilizer by nodulating and non-nodulating soybean isolines*. *Agronomy Journal*, 1979. 71, 717-723.

DOUBKOVÁ, Zuzana. *Možnosti využití GMO pro potravinářské i nepotravinářské účely: Praha, 13. březen 2008* [online]. Praha: Crop Research Institute, 2008 [cit. 2017-04-18]. ISBN 978-80-87011-43-0. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-43-0.pdf>

EAGRI [online]. *Geneticky modifikované kukuřice se v České republice vypěstovalo téměř o polovinu méně než v předchozím roce*. Praha, 2015 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2015\\_geneticky-modifikovane-kukurice-se-v.html](http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2015_geneticky-modifikovane-kukurice-se-v.html)

EUROPABIO. *Socio-economic impacts of green biotechnology* [online]. Bruxelles, Belgium, 2010 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/plant\\_gmo-socio-economic\\_considerations-europabio\\_contribution\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/plant_gmo-socio-economic_considerations-europabio_contribution_en.pdf)

EUROPEAN COMMISSION, JRC. *1st Global Conference on GMO Analysis*. 1. vyd. Itálie, 2008. 134 s.

EUROPEAN COMMISSION [online]. Brussel, Belgium, 2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/dgs/health\\_food-safety/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/dgs/health_food-safety/index_en.htm)

FALKNER, Robert. The political economy of 'normative power' Europe: EU environmental leadership in international biotechnology regulation. *Journal of European Public Policy* [online]. 2007, **14**(4), 381-400 [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.1080/13501760701314326. ISSN 1350-1763. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.anthro.012809.105058>

FAO. *The state of food and agriculture, 1970*. Rome, 1970. Dostupné také z: <http://www.fao.org/docrep/017/a4700e/a4700e.pdf>

FAO. *The state of food and agriculture, 1981* [online]. Rome: FAO, 1982 [cit. 2017-04-18]. ISBN 92-5-101201-6. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/a-ap661e.pdf>

FAO: FAOSTAT [online]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistic Division, 2017 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>

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

FOURNIER a WOLMAN. The Industrial Revolution and Land Transformation. *Land Transformation in Agriculture* [online]. 1. SCOPE, 1987, s. 79-109 [cit. 2017-03-04]. ISBN 9780471912880. Dostupné z:

[https://dgc.carnegiescience.edu/SCOPE/SCOPE\\_32/SCOPE\\_32\\_1.4\\_Chapter4\\_79-109.pdf](https://dgc.carnegiescience.edu/SCOPE/SCOPE_32/SCOPE_32_1.4_Chapter4_79-109.pdf)

FREWER, L. et al. Societal aspects of genetically modified foods. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2004, **42**(7), 1181-1193 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1016/j.fct.2004.02.002. ISSN 02786915. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691504000419>

GAIN. *EU-28: Oilseeds and Products Annual* [online]. Vienna, 2017 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Oilseeds%20and%20Products%20Annual\\_Jakarta\\_Indonesia\\_3-15-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Oilseeds%20and%20Products%20Annual_Jakarta_Indonesia_3-15-2017.pdf)

GIBSON, A.H., HARPER, J.E., *Nitrate effect on nodulation of soybean by Bradyrhizobium japonicum*. *Crop Science*, 1985. 25, 497-501.

GIOVANNI, Federico. THE GROWTH OF WORLD AGRICULTURAL PRODUCTION, 1800–1938. *Research in Economic History* [online]. 2004, **22**, 1-121 [cit. 2017-03-04]. ISSN 0363-3268. Dostupné z: <http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1016/S0363-3268%2804%2922003-1>

GOKLANY, Indur M. Comparing 20 th Century Trends in U.S. and Global Agricultural Water and Land Use: Sources and Constraints. *Water International* [online]. 2002, **27**(3), 321-329 [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.1080/02508060208687012. ISSN 0250-8060. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02508060208687012>

GRIGG, David. *Land transformation in agriculture* [online]. New York: Published on behalf of the Scientific Committee on Problems of the Environment of the International Council of Scientific Unions by Wiley, c1987 [cit. 2017-04-18]. SCOPE report, 32. ISBN 978-047-1912-



880.

Dostupné

z:

[https://dgc.carnegiescience.edu/SCOPE/SCOPE\\_32/SCOPE\\_32\\_1.4\\_Chapter4\\_79-109.pdf](https://dgc.carnegiescience.edu/SCOPE/SCOPE_32/SCOPE_32_1.4_Chapter4_79-109.pdf)

GRUNEWALD, W. a BURY, J. *The GMO Revolution*. Leuven: Lannoo Campus, 2015. 179 s. ISBN 978-94-014-3219-1.

HARPER J.E., Nitrogen Metabolism. In: Wilcox J.R., (editor). *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Inc.-Crop Science Society of America, Inc.-Soil Science Society of America, Inc.; Madison, WI, USA: 1987. pp. 497–533.

HARRISON, Mark. *The economics of World War II: six great powers in international comparison* [online]. New York: Cambridge University Press, 1998 [cit. 2017-04-18]. ISBN 05-216-2046-5.

Dostupné

z:

[https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=ZgFu2p5uogwC&oi=fnd&pg=PR10&dq=agriculture+production+ww2&ots=5FipOIItByN&sig=-yfQ1d-lgBURztv61LTuWDlQshg&redir\\_esc=y#v=onepage&q=agriculture%20production%20ww2&f=false](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=ZgFu2p5uogwC&oi=fnd&pg=PR10&dq=agriculture+production+ww2&ots=5FipOIItByN&sig=-yfQ1d-lgBURztv61LTuWDlQshg&redir_esc=y#v=onepage&q=agriculture%20production%20ww2&f=false)

CHASSY, B. M. The History and Future of GMOs in Food and Agriculture. *Cereal Foods World* [online]. 2007, , - [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.1094/CFW-52-4-0169. ISSN 0146-6283. Dostupné z: <http://www.aaccnet.org/publications/plexus/cfw/pastissues/2007/abstracts/CFW-52-4-0169.html>

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

IMSANDE, J., *Inhibition of nodule development in soybean by nitrate or reduced nitrogen*. Journal of Experimental Botany, 1986. 37, 348-355.

KALAČ, P. (2014): Health effects and occurrence of dietary polyamines: a review for the period 2005 – mid. 2013. Food Chemistry, 161: 27-39.

KALAČ, P., KRIZEK, M., PELIKANOVÁ, T., LANGOVÁ, M., VESKRNA, O. (2005): Contents of polyamines in selected foods. Food Chemistry, 90: 561-564.

KAUR, KOHLI a JASWAL. Genetically modified crops and climate change linkages: An Indian perspective. *Agricultural Sciences* [online]. 2013, **04**(10), 541-548 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.4236/as.2013.410073. ISSN 2156-8553. Dostupné z: <http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/as.2013.410073>

KELEMEN, R. Daniel. Globalizing European Union environmental policy. *Journal of European Public Policy* [online]. 2010, **17**(3), 335-349 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1080/13501761003662065. ISSN 1350-1763. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13501761003662065>

KOCOUREK, F., ŘÍHA, K. a STARÁ, J. *Hodnocení rizik geneticky modifikovaných rostlin pro životní prostředí* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2005 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.phytosanitary.org/projekty/2004/vvf-07-04.pdf>

KRÄMER, Ludwig. *Genetically Modified Living Organisms and the Precautionary Principle* [online]. Munich: TEST Biotech, 2013 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://www.testbiotech.org/sites/default/files/GMO%20and%20precaution.pdf>

KUIPER, Harry A. a DAVIES, Howard V. The SAFE FOODS Risk Analysis Framework suitable for GMOs? A case study. *Food Control* [online]. 2010, **21**(12), 1662-1676 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.02.011. ISSN 09567135. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713510000721>

KURUGANTI, Kavitha a RAMANJANEYULU, G. V. *Genetic Engineering in Indian Agriculture: An Introductory Handbook* [online]. Tamaka: Centre for Sustainable Agriculture, 2007 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: [http://econpapers.repec.org/paper/esswpaper/id\\_3a1896.htm](http://econpapers.repec.org/paper/esswpaper/id_3a1896.htm)

KÝROVÁ, V., OSTRÝ, V., LAICHMANNOVÁ, L. a RUPRICH, J. An occurrence of genetically modified foodstuffs on the Czech food market. *Acta Alimentaria*. 2010. sv. 39, č. 4, s. 387--396. ISSN 0139-3006.

LUCHT, Jan. Public Acceptance of Plant Biotechnology and GM Crops. *Viruses* [online]. **7**(8), 4254-4281 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.3390/v7082819. ISSN 1999-4915. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1999-4915/7/8/2819/>

MARRIS, Claire. Public views on GMOs: deconstructing the myths. *EMBO reports* [online]. 2001, 2(7), 545-548 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1093/embo-reports/kve142. ISSN 1469221x. Dostupné z: <http://embor.embopress.org/cgi/doi/10.1093/embo-reports/kve142>

MEHLICH, A., *Mehlich 3 soil test extractant: a modification of the Mehlich 2 extractant*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1984, 15, 1409-1416.

MISSION 2017: *Global Water Security* [online]. 2017 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://12.000.scripts.mit.edu/mission2017/>

MIZUKOSHI, K., NISHIWAKI, T., OHTAKE, N., MINAGAWA, R., IKARASHI, T., OHYAMA, T., *Nitrate transport pathway into soybean nodules traced by tungstate and  $^{15}\text{NO}_3^-$* . Soil Science and Plant Nutrition, 1995, 41, 75-88.

MONSANTO EUROPE S.A. *Annual monitoring report on the cultivation of MON 810 in 2015* [online]. Bruxelles, Belgium, 2016 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/gmo\\_rep-stud\\_mon-810\\_report-2014.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/plant/docs/gmo_rep-stud_mon-810_report-2014.pdf)

MORRIS, Shane and SPILLANE, Charles. *EU GM Crop Regulation: A Road to Resolution or a Regulatory Roundabout?* (January 4, 2011). European Journal of Risk Regulation, Vol. 4, p. 359, 2010. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1734909> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1734909>

MOSCHINI, Gian Carlo. *Biotech—Who Wins? Economic Benefits and Costs of Biotechnology Innovations in Agriculture*. In: *The Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy* [online]. 2001, 2(1) [cit. 2017-04-18]. ISSN 1496-5208.

MYHR, Anne Ingeborg. In: *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* [online]. 2007, 15(1), 73-86 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1023/A:1013814108502. ISSN 11877863. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1023/A:1013814108502>

OHYAMA, T., FUJIKAKE, H., YASHIMA, H., TANABATA, S., ISHIKAWA, S., SATO, T., NISHIWAKI, T., OHTAKE, N., SUEYOSHI, K., ISHII, S., et al., *Effect of Nitrate on Nodulation and Nitrogen Fixation of Soybean*. In: El-Shemy H.A., (editor). *Soybean Physiology and Biochemistry*. InTech; Rijeka, Croatia: 2012. (pp. 333–364).

OHYAMA, T., MINAGAWA, R., ISHIKAWA, S., YAMAMOTO, M., HUNG, N.V.P., OHTAKE, N., SUEYOSHI, K., SATO, T., NAGUMO, Y., TAKAHASHI, Y., *Soybean Seed Production and Nitrogen Nutrition*. In Board J.E., (editor). *A Comprehensive Survey of International Soybean Research-Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships*. InTech; Rijeka, Croatia: 2013. (pp. 115-157).

PATTERSON, Lee Ann and JOSLING, Tim (2002). *Regulating biotechnology: comparing EU and US approaches*. *European Policy Papers #8*. [Policy Paper]

PETRICCIONE, B. B. *Introduction to GMO: technique and safety* [online]. Genève: RIBios - Réseau Interdisciplinaire Biosécurité, 2004 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.ruigian.org/ressources/Brochure1GMO.pdf>

PHIPPS, R. a PARK, J. Environmental benefits of genetically modified crops: Global and European perspectives on their ability to reduce pesticide use. *Journal of Animal and Feed Sciences* [online]. 2002, **11**(1), 1-18 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.22358/jafs/67788/2002. ISSN 1230-1388. Dostupné z: <http://www.journalssystem.com/jafs/Environmental-benefits-of-genetically-modified-ncrops-Global-and-European-perspectives-on-their-nability-to-reduce-pesticide-use,67788,0,2.html>

QAIM, Matin. Benefits of genetically modified crops for the poor: household income, nutrition, and health. *New Biotechnology* [online]. 2010, **27**(5), 552-557 [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.1016/j.nbt.2010.07.009. ISSN 18716784. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1871678410005364>

RANGEL, Gabriel. From Corgis to Corn: A Brief Look at the Long History of GMO Technology. *SITN: Science in the News* [online]. USA, 2015 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2015/from-corgis-to-corn-a-brief-look-at-the-long-history-of-gmo-technology/>

RATHKE G.W., CHRISTEN O., DIEPENBROCK W. (2005): Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown indifferent crop rotations. *Field Crop Research.*, **94**: 103-113.

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

ROSENDAL, G. Kristin. *Governing GMOs in the EU: A Deviant Case of Environmental Policy-making? Global Environmental Politics* [online]. 2005, **5**(1), 82-104 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1162/1526380053243530. ISSN 1526-3800. Dostupné z: <http://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/1526380053243530>

RUTTAN, Vernon W. Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints. *Journal of Economic Perspectives* [online]. 2002, **16**(4), 161-184 [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.1257/089533002320951028. ISSN 0895-3309. Dostupné z: <http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/089533002320951028>

SAGARA T., FIECHTER G., PACHNER M., MAYER H.K., VOLLMANN J. (2017): Soybean spermidine concentration: Genetic and environmental variation of a potential 'anti-aging' constituent. *Journal of Food Composition and Analysis*, **56**: 11-17.

SALVAGIOTTI, F., CASSMAN, K.G., SPECHT, J.E., WALTERS, D.T., WEISS, A., DOBERMANN, A., *Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review*. *Field Crops Research*, 2008, **108**, 1-13.

SCHERER, H.W., PACYNA, S., SPOTH, K.R., SCHULZ, M., *Low levels of ferredoxin, ATP and leghemoglobin contribute to limited N<sub>2</sub> fixation of peas (Pisum sativum L.) and alfalfa (Medicago sativa L.) under S deficiency conditions*. *Biology and Fertility of Soils*, 2008, **44**, 909-916.

SCHWEIGER, P., HOFER, M., HARTL, W., WANEK, W., VOLLMANN, J., *N<sub>2</sub> fixation by organically grown soybean in Central Europe: Method of quantification and agronomic effects*. *European Journal of Agronomy*, 2012, **41**, 11-17.

SINCLAIR, T.R., *Improved carbon and nitrogen assimilation for increased yield*. In H.R. Boerma and J. E. Specht (Eds.), *Soybeans: Improvement, Production and Uses*, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, 2004, (pp. 537-568).

SINGH, Ajay. "Genetically Modified Food: A Review on Mechanism of Production and Labeling Concern". *Advances in Plants* [online]. 2014-8-13, **1**(4), - [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.15406/apar.2014.01.00020. ISSN 23736402. Dostupné z: <http://medcraveonline.com/APAR/APAR-01-00020.pdf>

STONE, Glenn Davis. The Anthropology of Genetically Modified Crops. *Annual Review of Anthropology* [online]. 2010, **39**(1), 381-400 [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.1146/annurev.anthro.012809.105058. ISSN 0084-6570. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.anthro.012809.105058>

STRATILOVÁ, Zuzana a JEDLIČKOVÁ, Michaela. *GMO BEZ OBALU* [online]. 4. aktualizované vydání. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2016 [cit. 2017-04-18]. ISBN 978-80-7434-295-0. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/483410/GMO\\_bez\\_obalu\\_2016.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/483410/GMO_bez_obalu_2016.pdf)

STREETER, J., *Inhibition of legume nodule formation and N<sub>2</sub> fixation by nitrate*. CRC Critical Reviews in Plant Sciences, 1988, 7, 1-23.

SWINNEN, Johan F. M. The Growth of Agricultural Protection in Europe in the 19th and 20th Centuries. *World Economy* [online]. 2009, **32**(11), 1499-1537 [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.1111/j.1467-9701.2009.01247.x. ISSN 03785920. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-9701.2009.01247.x>

ŠMARDA, Jan. *Transgenní rostliny (GMO): ano či ne?*. In: *Universitas - revue Masarykovy univerzity*, Brno: Masarykova univerzita, 2005, roč. 42, č. 1, s. 61-64. ISSN 1211-3387.

ŠTRANC, Přemysl, ŠTRANC Jaroslav a ŠTRANC Daniel. *Produkce sóji ve světě, v EU a ČR*. In: *Sója 2013* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: [http://konference.agrobiologie.cz/2013-08-20/pdf/01-Stranc-Stranc-Stranc\\_PRODUKCE\\_SOJI\\_VE\\_SVETE,\\_V\\_EU\\_A\\_CR.pdf](http://konference.agrobiologie.cz/2013-08-20/pdf/01-Stranc-Stranc-Stranc_PRODUKCE_SOJI_VE_SVETE,_V_EU_A_CR.pdf)

TAIT, Joyce. More Faust than Frankenstein: the European debate about the precautionary principle and risk regulation for genetically modified crops. *Journal of Risk Research* [online]. 2001, **4**(2), 175-189 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1080/13669870010027640. ISSN 1366-9877. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13669870010027640>

THE ROYAL SOCIETY. *GM plants: Questions and answers* [online]. London: The Royal Society Science Policy Centre, 2016 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <https://royalsociety.org/~media/policy/projects/gm-plants/gm-plant-q-and-a.pdf>

THEN, Christoph a BAUER-PANSKUS, Andreas. *Cultivation of genetically engineered maize: Risks not under control: Why the EU should not allow the cultivation of transgenic maize engineered to produce insecticidal toxins* [online]. TESTBIOTECH, 2016 [cit. 2017-04-19].

Dostupné z:  
<https://www.testbiotech.org/sites/default/files/Reasons%20against%20cultivation%20of%20GE%20maize%20in%20the%20EU.pdf>

TOUCHTON, J.T., RICKERL, D.H., *Soybean growth and yield response to starter fertilizers*. Soil Science Society of America Journal, 1986, 50, 234-237.

UNIVERSITY OF WASHINGTON. *Genetically Modified Organisms: Fast Facts about* [online]. Washington: The Center for Ecogenetics and Environmental Health, 2013 [cit. 2017-04-18]. Dostupné z:  
[https://depts.washington.edu/ceeh/downloads/FastFacts\\_GMOs\\_FINAL.pdf](https://depts.washington.edu/ceeh/downloads/FastFacts_GMOs_FINAL.pdf)

VAN DEN BERGH, J.C.J.M a HOLLEY, J.M. *An environmental–economic assessment of genetic modification of agricultural crops*. *Futures* [online]. 2002, **34**(9-10), 807-822 [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.1016/S0016-3287(02)00028-9. ISSN 00163287. Dostupné z:  
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016328702000289>

VAN ZANDEN, J. L. The First Green Revolution: The Growth of Production and Productivity in European Agriculture, 1870-1914. *The Economic History Review* [online]. 1991, **44**(2), 215- [cit. 2017-04-18]. DOI: 10.2307/2598294. ISSN 00130117. Dostupné z:  
<http://www.jstor.org/stable/2598294?origin=crossref>

VIB. *MON810 Scientific Background Report* [online]. Belgium, 2010 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: [http://www.vib.be/en/news/Documents/VIB\\_Dossier\\_MON810\\_ENG.pdf](http://www.vib.be/en/news/Documents/VIB_Dossier_MON810_ENG.pdf)

VISUALIZING ECONOMICS [online]. *Comparing Population Growth: China, India, Africa, Latin America, Western Europe, United States*. 2007 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <http://visualizingeconomics.com/blog/2007/12/09/comparing-population-growth-china-india-africa-latin-america-western-europe-united-states>

VIVIER, Nadine. In: *Agriculture and economic development in Europe since 1870* [online]. London: Routledge, 2006 [cit. 2017-04-18]. ISBN 978-041-5424-875. Dostupné z: <http://www.helsinki.fi/iehc2006/papers2/Vivier.pdf>

WEBB, Patrick. *More Food, But Not Yet Enough: 20 th Century Successes in Agriculture Growth and 21 st Century Challenges*. Massachusetts USA, 2008. Dostupné také z: [http://nutrition.tufts.edu/sites/default/files/fpan/Food\\_Webb\\_08\\_05\\_13.pdf](http://nutrition.tufts.edu/sites/default/files/fpan/Food_Webb_08_05_13.pdf)

WESSELER, Justus, SCATASTA, Sara a FALL, El Hadji. *Chapter 7 The Environmental Benefits and Costs of Genetically Modified (GM) Crops* [online]. , 173 [cit. 2017-04-19]. DOI: 10.1108/S1574-8715(2011)0000010012. Dostupné z: [http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/S1574-8715\(2011\)0000010012](http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/S1574-8715(2011)0000010012)

WHITMAN, Deborah. *Genetically Modified Foods: Harmful or Helpful?* [online]. , 1-13 [cit. 2017-04-19]. Dostupné z: <https://biomed.brown.edu/arise/resources/docs/GM%20foods%20review.pdf>

ŽÍDEK, Libor. *Dějiny světového hospodářství. 2. rozšířené.* Plzeň: Aleš Čeněk, 2009. 400 s. ISBN 978-80-7380-184-7.



## 10. SEZNAM TABULEK OBRÁZKŮ A GRAFŮ

### Seznam tabulek

Tabulka 1 - Tempo růstu zemědělské produkce a populace do roku 1870 .....	14
Tabulka 2 - Spotřeba minerálních hnojiv v letech 1870 a 1880.....	15
Tabulka 3 - Výstup, zaměstnanost a produktivita práce v britském zemědělství, 1939-1946. 17	
Tabulka 4 - Průměrné tempo růstu zemědělské produkce a populace podle světových regionů, 1952-1969.....	20
Tabulka 5 - Průměrné roční tempo růstu populace a produkce potravin, 1970-2003 .....	22
Tabulka 6 - Dopady pěstování Bt-bavlníku v jednotlivých zemích,.....	37
Tabulka 7 - Pěstování MON810 v členských zemích EU (ha), 2009-2016.....	52
Tabulka 8 - Očekávané dopady pěstování MON810 v ČR (euro/ha) .....	53
Tabulka 9 - Očekávané dopady pěstování MON810 v Polsku (euro/ha).....	54
Tabulka 10 - Očekávané dopady pěstování MON810 na Slovensku (euro/ha) .....	55
Tabulka 11 - Agrochemické parametry zeminy použité do experimentu (mg/kg) .....	59
Tabulka 12 - Varianty experimentu.....	60
Tabulka 13 - Výnos semene sóje (odrůda VANESSA) .....	62
Tabulka 14 - Kvalitativní parametry semene sóje (odrůda VANESSA) .....	62

### Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma mechanismu křížení .....	29
Obrázek 2 - Stavba chromozomu .....	31
Obrázek 3 - Princip metod genetické modifikace .....	32
Obrázek 4 - Vegetační hala v botanické zahradě .....	60
Obrázek 5 - Detail nádoby s rostlinou sóje odrůdy VANESSA .....	61
Obrázek 6 - Pěstování sóje odrůdy VANESSA .....	61

### Seznam grafů

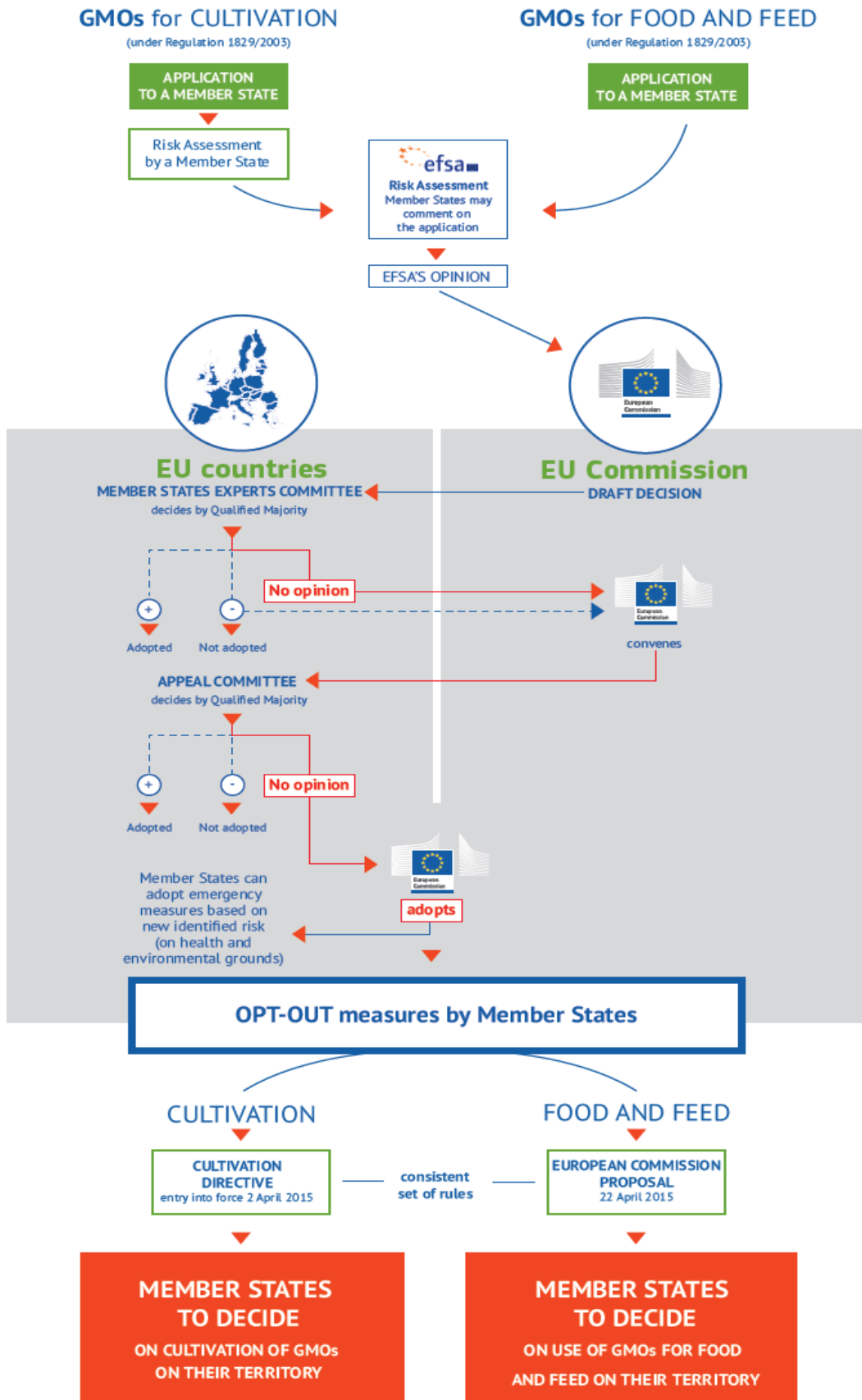
Graf 1 - Zaměstnanost primárního sektoru (v mil.) v letech 1750-1970.....	14
Graf 2 - Celková produktivita v zemědělství a podíl zaměstnanosti v ostatních sektorech hospodářství, r. 1870 .....	15
Graf 3 - Růst populace ve světových regionech, 1500-2000 (mld.) .....	18
Graf 4 - Globální výměra zemědělské půdy (Cropland/cap) a spotřeba vody v zemědělství na osobu (Ag H2O consumption/cap), 1900-2000 .....	19
Graf 5 - Průměrné roční tempo růstu populace a produkce potravin ve světových regionech, 1971-1980 .....	21
Graf 6 - Procento půdy EU využívané k zemědělským účelům.....	23
Graf 7 - Světová podvýživa (% populace), 2015 .....	23
Graf 8 - Podíl pracovní síly zaměstnané v zemědělství, 1994-2010 .....	24
Graf 9 - Ekonomické výhody inovace v zemědělství .....	36
Graf 10 - Postoje Evropanů ke geneticky modifikovaným potravinám.....	42

Graf 11 - Dovoz sóje v rámci EU-28, vybrané roky .....	56
Graf 12 - Produkce sóje v rámci EU-28, vybrané roky.....	57
Graf 13 - Pěstební plocha sóje v rámci EU-28, vybrané roky.....	57

## 11. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BNF	biologická fixace N <sub>2</sub>
BRIC	Biotechnology Regulations Interservice Committee
BSC	Biotechnology Steering Committee
CP	obalový protein
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
EHS	Evropské hospodářské společenství
FAO	Food and Agriculture Organization
GMO	geneticky modifikovaný organismus
HT	herbicid tolerantní
PABE	Public Acceptance of Agricultural Biotechnologies
WTO	Světová obchodní organizace

## **PŘÍLOHY PRÁCE**



Příloha 1 - Legislativní proces EU ve vztahu ke GM plodinám (European Commission, 2017)