

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra ekonomiky**



**Bakalářská práce**

**Identifikace ekonomických souvislostí zemědělského  
pěstování vybrané GM plodiny - případová studie  
západní Kanady**

**Sofia Artemova**

© 2021 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Sofia Artemova

Ekonomika a management  
Provoz a ekonomika

Název práce

**Identifikace ekonomických souvislostí zemědělského pěstování vybrané GM plodiny – případová studie západní Kanady**

Název anglicky

**Identifying the economic context of agricultural cultivation of selected GM crop – a case study of Western Canada**

---

### Cíle práce

Cílem této práce je vyhodnocení potenciálních ekonomických přínosů souvisejících s pěstováním vybrané GM plodiny prováděné na základě analytického porovnání ekonomiky pěstování geneticky upravené rostliny s jejím konvenčním protějškem. Dílčí cíle pak jsou: charakteristika specifik pěstování vybrané plodiny, obecné analytické pojetí problematiky GMO s akcentem na jejich uplatnění v rostlinné výrobě, popisný přehled současného stavu rostlinné výroby v Kanadě, provedení analýzy změn v GM odrůdách na teritoriu západní Kanady se zaměřením především na hledisko jejich nákladovosti, určení dalších faktorů případně ovlivňujících budoucí pěstování GM plodin. Provedené vyhodnocení povede ke stanovení doporučení pro budoucí uchopení problematiky pěstování GM plodin.

### Metodika

Práce se skládá z části teoretické a praktické. Teoretická část je vytvořena na základě rešeršního zpracování podkladových literárních a internetových zdrojů se zaměřením na dosažení teoretického zázemí pro realizaci praktické části. Praktická část pak zahrnuje vypracované analýzy, jež jsou nezbytné pro řádné naplnění stanovených dílčích cílů, vždy doprovázené stručným komentářem k dosaženým výsledkům v rámci analýzy. Výsledky jsou komentovány i ve vzájemných souvislostech a s využitím metody syntézy s použitím odborných publikací. Podkladová data pro analytickou část práce jsou primárně čerpána z oficiálních zdrojů a statistik vybraného státu i jednotlivých provincií, z výzkumných prací, případně z jiných internetových zdrojů. Ke zpracování vyhodnocení výsledků je použito i grafické a tabulkové vyjádření. Závěrem práce je shrnutí informací a zjištění získaných v průběhu práce, na jejichž bázi jsou následně formulovány doporučení ve smyslu cíle práce.

## Doporučený rozsah práce

40 – 60 stran

## Klíčová slova

geneticky modifikované organizmy, GM plodina, pěstování GMO, transgenní canola, ekonomika pěstování canoly, západní Kanada, případová studie

---

## Doporučené zdroje informací

BRANKOV, T., LOVRE, K. GM Food Systems and Their Economic Impact. Boston: CABI, 2018. ISBN 9781789240566

Canola Council of Canada. An Agronomic and Economic Assessment of Transgenic Canola. 2001.

DAUN, J. K., ESKIN, N.A.M., HICKLING, D. Canola: chemistry, production, processing, and utilization. Urbana: AOCS Press, 2011. ISBN 9780128043486

GUSTA, M., SMYTH, S.J., BELCHER, K., PHILLIPS, P.W.B., CASTLE, D. Economic benefits of genetically-modified herbicide-tolerant canola for producers. AgBioForum 14:1–13. 2011.

HALFORD, N. G. Genetically Modified Crops. London: Imperial College Press, 2012. ISBN-13 978-1-84816-838-1

HENDL, J. *Přehled statistických metod zpracování dat : analýza a metaanalýza dat*. Praha: Portál, 2006. ISBN 80-7367-123-9.

ISAAA. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2019. ISAAA Brief No. 55. ISAAA: Ithaca, NY. 2019.

KRIMSKY, S. GMO's Decoded. A Skeptic's View of Genetically Modified Foods. Cambridge: The MIT Press, 2019. ISBN 9780262039192

---

## Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

## Vedoucí práce

Ing. et Ing. Ondřej Škubna, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 14. 2. 2021

**prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2021

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Identifikace ekonomických souvislostí zemědělského pěstování vybrané GM plodiny – případová studie západní Kanady " jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 15.03.2021

---



### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Ondřeji Škubnovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, za jeho věcné poznámky k obsahu práce a za morální podporu v průběhu zpracování mé bakalářské práce.

# **Identifikace ekonomických souvislostí zemědělského pěstování vybrané GM plodiny - případová studie západní Kanady**

## **Abstrakt**

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na zjištění ekonomických souvislostí pěstování geneticky modifikované (GM) herbicid tolerantní (HT) canoly a na následnou identifikaci konkrétních podmínek a mechanismů určujících charakter ekonomických dopadů adaptace vybrané technologie a dobu jejich případného přetrvání. V teoretické části jsou shrnuty teoretické poznatky ze všech souvisejících s tématem oborů za účelem komplexního pochopení zkoumané problematiky a maximálního přiblížení se k nezkrácenému určení kauzálních závislostí.

Zatímco v teoretické části je vytvořeno širší a obecnější pozadí pěstování vybrané plodiny, praktická část práce již bezprostředně udává ekonomické zhodnocení a komparace pěstování konvenčních a transgenních odrůd. Přístup k realizaci ekonomického vyhodnocení je několikastupňový a je podrobněji popsán v úvodu praktické části.

V závěru práce je udáno shrnutí vybraného tématu a realizováno stručné zhodnocení dosažených výsledků. Na základě zjištěných zákonitostí jsou rovněž předloženy návrhy a doporučení vztahující se k problematice pěstování vybrané plodiny.

**Klíčová slova:** geneticky modifikované organismy, GM plodina, pěstování GMO, transgenní canola, ekonomika pěstování canoly, západní Kanada, případová studie, brukev řepka, výnosy, náklady.

# **Identifying the economic context of agricultural cultivation of selected GM crop - a case study of Western Canada**

## **Abstract**

The presented bachelor thesis is focused on recognizing the economic context of growing genetically modified (GM) herbicide tolerant (HT) canola and on the subsequent identification of specific conditions and mechanisms determining the nature of economic impacts of adaptation of selected technology and their possible persistence. The theoretical part summarizes theoretical knowledge from all the disciplines related to the chosen topic to provide a comprehensive understanding of the researched issues and the maximum approach to the undistorted determination of causal dependencies.

While in the theoretical part a broader and more general background of growing a selected crop is presented, the practical part of the work already proposes an economic assessment and comparison of the cultivation of conventional and transgenic varieties. The approach to conducting the economic evaluation is multifaceted and is described in more detail in the introduction to the practical part.

A summary of the topic selected is given at the end of the work and a brief evaluation of the achieved results is proposed further. Based on the identified principles and relations, conclusive proposals and recommendations related to the issue of growing the selected crop are also presented.

**Keywords:** genetically modified organisms, GM crop, growing GMO, transgenic canola, economics of growing canola, Western Canada, case study, rapeseed, benefits, costs.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a metodika .....</b>	<b>11</b>
2.1	Cíl práce.....	11
2.2	Metodika.....	11
<b>3</b>	<b>Teoretická východiska.....</b>	<b>12</b>
3.1	Vymezení pojmů .....	12
3.2	Geneticky Modifikované Organismy (GMO) .....	14
3.2.1	Úvod do problematiky GMO .....	14
3.2.2	Vymezení pojmů: Biotechnologie, GE, GMO. ....	15
3.2.3	Krátký historický přehled vývoje GM a metodik genetického inženýrství. ....	17
3.2.4	Základní metody genové úpravy rostlin.....	20
3.2.5	Alternativní klasifikace biotechnologií. Klasifikace GM rostlin a s nimi související uplatnění 22	
3.2.6	Legislativa v zemích světa v oblasti nakládání s GMO .....	27
3.3	Obecná charakteristika vybrané rostliny .....	32
3.3.1	Původ a vývoj vybrané rostliny .....	32
3.3.2	Biologická a botanická charakteristika.....	35
3.3.3	Agrotechnika pěstování řepky .....	38
3.4	Přehled rozvoje industrie. ....	41
3.4.1	Historie a současný stav industrie.....	41
3.4.2	Stručný historický přehled industrie v Kanadě.....	45
3.4.3	Oblasti využití rostliny a jejich sekundárních produktů. ....	46
3.5	Stručný přehled přínosů a rizik souvisejících s GM canolou. ....	47

3.5.1	Ekonomické souvislosti pěstování GM-canoly na příkladě Kanady. ....	47
<b>4</b>	<b>Vlastní práce .....</b>	<b>62</b>
4.1	Úvod .....	62
4.2	Struktura praktické části .....	62
4.3	Zdroje dat a používané metody .....	63
4.4	Analýza struktury vybraných skupin .....	66
4.5	Analýza historického vývoje vybraných skupin.....	69
4.6	Analýza závislosti výši výnosů zkoumané plodiny na zvoleném pěstitelském systému .....	76
4.7	Analýza nákladovosti a rentability vybraných skupin .....	80
4.7.1	Analýza nákladových položek.....	83
<b>5</b>	<b>Závěr a doporučení.....</b>	<b>108</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>110</b>
	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>122</b>
	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>122</b>
	<b>Seznam grafů.....</b>	<b>123</b>
	<b>Seznam diagramů .....</b>	<b>124</b>
	<b>Přílohy.....</b>	<b>125</b>

# 1 Úvod

Dle ISAAA v roce 2019 se geneticky modifikované (GM) plodiny pěstovaly na 190.4 mil. hektarů ve 29 zemích světa a vzhledem k tomu, že první GM odrůdy byly zavedeny do zemědělských postupů až na konci minulého století, jsou stále považovány za nejrychleji adaptovanou technologii v agrárním sektoru. Jako každé nové technologie se ovšem i GM technologiím nepodařilo vyhnout ukvapeného odporu veřejnosti a racionálně skeptického dohledu badatelů, dokonce i do teď GM problematika je stále velmi diskutovaná jednak obecně ve světové komunitě, jednak i poněkud překvapivě v akademických kruzích. Biotechnologie se i nadále neustále vyvíjejí a otázka bezrizikovosti a oprávněnosti uvolňování geneticky modifikovaných organismů (GMO) do okolního prostředí i přes třicetileté zkušenosti neztrácí své aktuálnosti.

Zkoumání veškerých dopadů GM technologie na všemožné sféry lidského života není bohužel v rámci dané práce realizovatelné, i přesto ale bude pokoušeno o zachycení alespoň jedné tisíce daného rozsáhlého tématu: bylo proto rozhodnuto prozkoumat zákonitosti pěstování jedné z nejvíce rozšířených GM plodin a tak zodpovědět na dvě základní otázky – zda alespoň ve zvoleném ekonomickém aspektu mohou být GM technologie prospěšné a čím jsou nakonec nejvíce podmíněny následky zavedení vybrané plodiny do zemědělství.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem této práce je vyhodnocení potenciálních ekonomických přínosů souvisejících s pěstováním vybrané GM plodiny prováděné na základě analytického porovnání ekonomiky pěstování geneticky upravené rostliny s jejím konvenčním protějškem. Dílčí cíle pak jsou: charakteristika specifik pěstování vybrané plodiny, obecné analytické pojetí problematiky GMO s akcentem na jejich uplatnění v rostlinné výrobě, popisný přehled současného stavu rostlinné výroby v Kanadě, provedení analýzy změn v GM odrůdách na teritoriu západní Kanady se zaměřením především na hledisko jejich nákladovosti, určení dalších faktorů případně ovlivňujících budoucí pěstování GM plodin. Provedené vyhodnocení povede ke stanovení doporučení pro budoucí uchopení problematiky pěstování GM plodin.

### **2.2 Metodika**

Práce se skládá z části teoretické a praktické. Teoretická část je vytvořena na základě rešeršního zpracování podkladových literárních a internetových zdrojů se zaměřením na dosažení teoretického zázemí pro realizaci praktické části. Praktická část pak zahrnuje vypracované analýzy, jež jsou nezbytné pro řádné naplnění stanovených dílčích cílů, vždy doprovázené stručným komentářem k dosaženým výsledkům v rámci analýzy. Výsledky jsou komentovány i ve vzájemných souvislostech a s využitím metody syntézy s použitím odborných publikací. Podkladová data pro analytickou část práce jsou primárně čerpána z oficiálních zdrojů a statistik vybraného státu i jednotlivých provincií, z výzkumných prací, případně z jiných internetových zdrojů. Ke zpracování vyhodnocení výsledků je použito i grafické a tabulkové vyjádření. Závěrem práce je shrnutí informací a zjištění získaných v průběhu práce, na jejichž bázi jsou následně formulovány doporučení ve smyslu cíle práce.

### 3 Teoretická východiska

V dané části práce bude pečlivě prostudován teoretický základ stanoveného problému, který poskytne utvoření představy o procesech a technologiích studované industrie (respektive několika industrií podílejících se na vyhotovení cílového výrobku), o ekonomických a přírodních podmínkách pro pěstování vybrané plodiny a o vnitrostátních a mezinárodních právních aktech, které určují podmínky distribuce a prodeje GMO-obsahujících výrobků či potravin. Dokončení tohoto základu je kriticky nutné pro následnou analýzu historických a moderních trendů ve zvoleném odvětví kanadského agrárního sektoru, jakož i pro posouzení ziskovosti podnikání s tradičními a GM plodinami a přínosnosti jejich realizace a pro všeobecné porovnání účinnosti použitých technologií a pěstitelských systémů z ekonomického hlediska.

#### 3.1 Vymezení pojmů

Začátkem práce bude nevyhnutelně nutné vypořádat se s pojmy využívanými v průběhu celé práce a jasně definovat, o jakých typech vybrané plody se jedná. Pro jednoduchost formulace se nejprve obrátíme k definici „canola“ uvedené v cambridgeském slovníku: canola je triviálně nazývána krytosemenná rostlina se žlutými květy, z níž se vyrábí olej a krmiva. (Cambridge Dictionary 2021). Z osmého dílu druhého oddílu Codex Alimentarius stanovujícího kodexový výbor pro tuky a oleje ovšem zjistíme, že termínem Canola Oil je označován pouze olej s nízkým obsahem kyseliny erukové, jenž byl získán z olejnatých semen odrůd *Brassica napus* L., *Brassica campestris* L. (B.rapa od roku 1990) a *Brassica juncea* L. (alternativně jsou také využívána označení „low erucic acid turnip rape oil“, „low erucic acid colza oil“). (FAO 2001) Canolou se pak logicky rozumí rostlina, z jejichž semen lze extrahovat olej s požadovanou kvalitou. Obecně název „canola“ také předpokládá snížené množství glukosinolátů v řepkových pokrutinách a je vztahován primárně k jarním odrůdám plodiny, zatímco se v relaci k zimním odrůdám řepky odpovídajícím daným požadavkům obvykle hovoří o odrůdách tzn. dvounulového typu („00“). (Bečka 2007) CFIA, jakož i USDA uvádějí



maximální hodnoty pro zmíněné složky: obsah kyseliny erukové v oleji by neměl překročovat 2%-ní hranici, v řepkových pokrutinách by neměl být zaznamenán obsah glukosinolátů přesahující hodnotu 30,0 mikromolů na gram. Samotný termín „Canola“, jenž je zkratkou výrazu „Canadian Oil“, navrhla a následně předala CCC společnost The Western Canadian Oilseed Crushers Association (nyní – Canadian Oilseed Processors Association) v roce 1978 (McInnis 2004) původně pro pojmenování odrůd B napus a B. rapa dvounulového typu; podobného chemického složení bylo následně dosaženo i u B. juncea. Výrazný důraz na odlišení pojmů „canola“ a „řepka dvounulového typu“ je kladen z důvodu rozdílných chemických vlastností semene a odlišné vegetační doby daných typů plodiny. Tržní požadavky na kvalitu řepky typu „canola“ a „00“ jsou shrnuty v tabulce číslo 1.

Tabulka 1 Požadavky na kvalitu řepky.

Požadavek	Řepka, řepice (ČSN 462300-2)	Řepka „Canola“ (AOF – CSO – 1)
<b>Olejnatost (% při 8% vlhkosti)</b>	42	40
<b>Vlhkost nejvýše (%)</b>	8,0	8,0
<b>Nečistoty nejvýše (%)</b>	2,0	3,0
<b>Max. obsah kyseliny erukové (%)</b>	2,0	2,0
<b>Porostlá a poškozená semena (%)</b>	max. 5,0	max. 5,0 + 3,0 + 2,0 zelená + 7,0 zlomků
<b>Glukosinoláty (GSL) „00“ odrůdy: tržní typ A tržní typ B</b>	do 30 (μmol/g beztuk. sušiny) nad 30 (μmol/g beztuk. sušiny)	max. 30 (μmol/g beztuk. sušiny)

Zdroj: Bečka&kol., 2007.

Vedle konvenčních odrůd vybrané plodiny splňujících výše uvedené požadavky se v Kanadě v současné době pěstují odrůdy navíc disponující tolerancí k herbicidům, tyto odrůdy lze vždycky roztrždit do třech skupin, jimiž jsou Clearfield (CL) odrůdy vyvinuté tradičními

šlechtitelskými postupy a prokazující odolnost vůči herbicidům třídy imidazolinon (Odyssey, Absolute, Solo, Ares, Tensile) a dvě třídy GM odrůd – Roundup Ready odrůdy (odolnost vůči glyfosátu, RR) a LibertyLink (odolnost vůči glufosinátu amonnému, LL). Procento výměry tradičních plodin canoly typu „00“ jsou zanedbatelné a podle údajů CCC z roku 2008 nepřesahují 1 %. (CCC n. d.) Za zmínku také stojí říci, že od roku 2018 téměř čtvrtina světové osevní plochy řepky připadá na Kanadu, druhým a třetím největším producentem zkoumané plodiny jsou ČLR a Indická republika. Pěstování druhů řepky, které se vyznačují vysokým obsahem kyseliny erukové (HEAR), je v evropských zemích zcela rozšířené, finální produkt řepky daného složení se používá při výrobě plastů, maziv, laků a detergentů (Kandel 2015). V rámci této práce nás budou ovšem zajímat (až na pár výjimek) pouze plodiny typu canola.

## **3.2 Geneticky Modifikované Organismy (GMO)**

### **3.2.1 Úvod do problematiky GMO**

Dle 55. výroční zprávy „Global Status of Commercialized Biotech/GM crops“ publikované neziskovou organizací ISAAA světová plocha biotechnologických plodin v roce 2019 dosáhla necelých 191 milionů hektarů, což je oproti předchozímu roku nepatrným poklesem přibližně o 1.3 miliony hektarů. Nehledě na mírnou klesající tendenci zaznamenanou v předloňském roce stále lze hovořit o biotechnologiích v oblasti globálního zemědělství jako o nejrychleji přijímaných technologiích, a to především vzhledem k celkem 112-násobnému nárůstu [na rok 2019] plochy GM kultur ve srovnání s rokem 1996. (ISAAA 2019) Prudké kvantitativní zvýšení celkových ploch určených pro pěstování GM plodin je ovšem vysvětlováno nejenom přitažlivostí daných technologií, akcelerací historie, zvýšením životní úrovně (alespoň v rozvinutých zemích) a specifikem demografického vývoje, ale též i skutečností, že geneticky upravené organismy jsou legislativně považovány za bezpečné v státech s relativně velkou rozlohou (vyjma Ruské Federace) a dobře rozvinutým zemědělstvím (viz. obrázek č.1). Realitou ale je, že ve převládajícím množství zemí GM-produkty jsou buď zcela zakázány, nebo jejich dovoz a případné pěstování GM-kultur jsou striktně regulovány.

V této souvislosti je možno hovořit o tom, že využití metod genetického inženýrství za účelem modifikace potenciálních zdrojů výživy je stále velmi diskutabilním tématem vyvolávajícím rozepře mezi státy i obecně ve společnosti, a to i za podmínek určitého vědeckého konsenzu ohledně této problematiky. Za jeden z důvodů pokračování ostré polemiky McHughen považuje kromě nedostatku přesných informací a relativní uzavřenosti vědecké komunity a řady dalších příčin též nedostatek jasnosti v běžně využívané terminologii. (McHughen 2008) Tímto úvodem se daná práce snaží jednak krátce popsat současnou situaci s GM-plodinami a naznačit možné neshody v postojích vůči nim široké veřejnosti, jednak podotknout důležitost diferenciaci rozličných termínů, jimž bude věnována následující kapitola.

### **3.2.2 Vymezení pojmů: Biotechnologie, GE, GMO.**

Ve výše uvedeném textu byl vůči geneticky modifikovaným plodinám využit pojem „biotechnologické“, a to především i z toho důvodu, že daný termín je běžně využíván v publikacích ISAAA. Nicméně lze se oprávněně domnívat, že v kontextu zadané problematiky biotechnologickými plodinami jsou míněny primárně sorty rostlin vyvíjené pomocí metod genetického inženýrství předpokládajících přímou manipulaci s genomy organismů. Sice tento termín není nesprávným, stále dokáže být částečně zavádějícím, v souvislosti s čímž je třeba provést dělicí čáru mezi pojmy biotechnologie, genetické inženýrství a genové modifikace.

Pojmem biotechnologie se dle OECD rozumí aplikace vědeckých poznatků a současně dostupných technologií na živé organismy, tedy i na jejich části, na výrobky a modely, k úpravě živých či neživých materiálů s cílem získání znalostí, zboží a služeb. (OECD 2005). Obdobnou definici uvádí FAO, v níž je ovšem navíc odrážena sociálně ekonomická orientace využití biotechnologických postupů a důrazněji akcentován účel uplatňování různých biologických procesů, jenž spočívá ve vytvoření statků a služeb přispívajících ke zvyšování prosperity lidské společnosti. FAO navíc udává druhou definici, v níž je již chápání biotechnologií zúženo primárně na realizaci vědeckých manipulací a technik zejména na molekulárně genetické úrovni. (Zaid 1999) Biotechnologií jest tímto způsobem jakákoli lidská činnost či lidský zásah do biologických systémů a živých organismů zahrnující jednak konvenční způsoby usměrňování

vývoje biologických jednotek (např. využití procesů fermentací, klasické metody šlechtění rostlin), jednak metody moderního genetického inženýrství (např. rDNA, transdukcce aj.). Analogicky biotechnologiemi v relaci ke zemědělství mohou být míněny jak přímé „úpravy genomů rostlin a živočichů“, tak i „mikropropagace rostlin a obrácení pohlaví“. (FAO 2011) Pohodlné pro zachycení spektra biotechnologických metod a z historického hlediska přesné schéma navrhuji Tatjana Brankov a Koviljko Lovre, v němž autoři rozlišují biotechnologie na antické, klasické a moderní. (Brankov 2019) Dle této klasifikace v její aplikaci na sféru zemědělství lze geneticky modifikované organismy (či přesněji – GEO) zařazovat do metod moderních biotechnologií, kdežto obecné postupy konvenčního zemědělství jsou zástupci klasických biotechnologií.

Dalším poněkud zavádějícím pojmem je pojem genetické modifikace, za niž dle Blaira a Regensteina lze pokládat ovlivňování genomů organismů prostřednictvím introdukcce, eliminace či přeskupování jednotlivých genů za použití metod moderní molekulární biologie a genového inženýrství (Blair 2015), tedy v souladu s danou definicí ke skupině geneticky modifikovaných organismů nenáleží druhy organismů, specifická kombinace genů kterých byla dosažena metodami mutagenese, polyploidizace, hybridizace či jinými metodami tradičního šlechtění. Nicméně mnozí autoři považují za genovou modifikaci jakoukoli manipulaci antropogenního charakteru, v důsledku, které došlo k přirozeně nemožné změně genomu konkrétního organismu, tedy do skupiny GMO je třeba zahrnovat, jak uvádí kupříkladu Vondrejs, i dříve vyjmenované konvenční způsoby šlechtění včetně metod buněčných manipulací. (Vondrejs 2010) Sémantické rozdělení GMO tak zvaných GEO (tj. genetically engineered organisms) se též nezávazně stanoví USDA (USDA n. d.) podle něhož je pojetí GEO přísně limitováno na organismy s upraveným genovým materiálem technologiemi genového inženýrství, zatímco GM je širší koncepcí vztahující se i k organismům s genovou modifikací dosaženou metodami klasických biotechnologií. V Cartagenském protokolu o biologické bezpečnosti od roku 2001 se vzhledem k absence jednotného vymezení GMO zavádí zcela nový pojem LMO (living modified organisms), jimž se označují živé organismy vlastnící „nové kombinace genetického materiálu získané za použití moderních biotechnologií“. (Machenzie 2003) V rámci této práce se ve vztahu ke geneticky upraveným sortám canoly bude využívat pojmů GE i GM canola s tím, že pojmem GM budou stále myšleny pouze rostliny s užitečnými vlastnostmi zabezpečenými

genovými technologiemi, tedy bude obecně aplikována definice navrhovaná USDA a považující GEO za součást GMO, přičemž toto rozhodnutí je objasněno stálým zaměřováním těchto pojetí a neexistencí veškeré dohody ohledně jejich rozdělení jak v literatuře, tak i v povědomí veřejnosti.

### **3.2.3 Krátký historický přehled vývoje GM a metodik genetického inženýrství.**

#### 3.2.3.1 Historie genového inženýrství

Dle Směrnice Rady 98/81/EC od roku 1998 techniky modifikací genů či též obecně genové inženýrství jak takové lze definovat jako „formování nových kombinací genetického materiálu insercí molekul nukleových kyselin (tj. DNA, RNA a jejich úseků) produkovaných mimo organismus jakýmkoli prostředky do... jakéhokoli vektorového systému a následného začlenění (uměle zkonstruované genové kazety) do hostitelského organismu, ve kterém se (tyto nukleové kyseliny) běžně nevyskytují, ale jsou schopny další propagace“. (Brankov 2019)

Z historicko-technologického hlediska je genetické inženýrství svérázným derivátem zkumulovaným na bázi předchozích poznatků pocházejících primárně z genetiky, biochemie, molekulární a buněčné biologie, mikrobiologie a virologie. Obrátíme-li se k dříve prozrazené tabulky „The Timeline of Agriculture“, lze mezi zásadní pro rozvoj genového inženýrství úspěchy klasické biotechnologie zařazovat C. Darwinovou publikaci *On the Origin of Species* a stanovení evoluční teorie C. Darwinem a A. Wallecem, formulaci Mendelových zákonů dědičnosti a izolaci nukleinu F. Miescherem koncem devatenáctého století. Poté následoval prudký rozvoj molekulární genetiky umožněný především stanovením chromozomové teorie dědičnosti, jež byla prve zformulována T. Boverim a U. Suttonem a slavně dovršena T. Morganem a jeho kolegy A. Sturtevantem, C. Bridgesem a H. Mullerem v roce 1930, spolu s dalšími objevy virologie a bakteriologie, zejména pak vynalezením bakteriofágů nezávisle F. d'Hellerem a F. Twortem a popsáním procesu bakteriální transformace F. Griffithem v roce 1941 a později i jiných typů horizontálního transferu genového materiálu (resp. transdukce a konjugace) v padesátých letech; identifikace transpozonů Barbarou McClintoc, které jsou nyní

široce používány v roli genového nástroje pro inzerční mutagenezi, potvrzení klíčové funkce DNA v přenosu dědičné informace (A. Hershey, M. Chase) v roce 1952 a hned potom v následujícím roce odhalení trojrozměrné struktury B-DNA J. Watsonem a F. Crickem (na základě výsledků rentgenové krystalografie uskutečněnou M. Wilkinsem, R. Franklinovou a R. Goslingem). V druhé polovině padesátých let dvacátého století též aktivně probíhal proces objevování různých intracelulárních struktur: polynukleotidu fosforylázy (enzymu odpovědného za degradaci RNA, 1955, S. Ochoa), DNA polymerázy-I (1956, A. Kornberg), mRNA (F. Jacob, S. Brenner) aj.

Před vědci tohoto období kromě identifikace buněčných molekul i organel přímo zapojených do procesu kódování a přenosu dědičných informací primární úlohou bylo určit samotný princip a podmínky fungování těchto molekul, stanovit mechanismy tvorby a degradace jednotlivých struktur a odhalit pravidla a zákonitosti jejich regulování. K tomu přispěly zejména práce M. Nirenberga a H. Khorana na dešifrování genetického kódu a jimi poskytnutá objasnění obecných principů řízení biosyntézy, Khoranem byly syntetizovány všechny triplety, charakterizace J. Monodem a F. Jacobem Lac operonu a stanovení principů syntézy enzymů (prokázali, že syntéza fermentů je řízena vnějšími podmínkami prostřednictvím regulačních proteinů stimulujících nebo naopak potlačujících transkripci DNA), formulace centrální dogmy molekulární biologie (F. Crick) a pozdější popis reverzní transkriptázy u retrovirusů H. Teminem v roce 1969, nakonec vypracování technologie in-situ hybridizace M. Pardue a J. Gallera.

Posledním detailem mozaiky genového inženýrství stalo objevení souborů nástrojů nutných k realizaci genových manipulací, především izolace restriční endonukleázy druhého typu H. Smithem a T. Kelly v roce 1970 umožňující štěpení DNA na specifických místech a izolace DNA ligázy schopné spojovat fragmenty DNA (tj. látek používaných hlavně v technologii rDNA), vypracování metod mapování DNA gelovou elektroforézou (D. Nathans, K. Danna, 1971), vynalezení transformujících schopností Ti-plazmidu, vypracování metod elektroporace a biolistiky aj. (Волкова 2017) Vývoj různých metod pokračoval již po introdukci prvních transgenních organismů.

Rozkvět genového inženýrství podmíněně započal rokem 1972, kdy v laboratoři Paula Berga byl poprvé proveden splicing genů: vytvořená rekombinantní DNA obsahovala jeden úsek z genomu onkoviru SV40 a další úsek již z genomu bakteriofágu  $\lambda$  s *gal* operonem tyčinkovité bakterie *E.coli* produkujícím enzym nutný pro metabolismus galaktózy. V roce 1973 S.Cohen a A.Chang (spolu s H. Boyerem a R. Helligem) demonstrovali možnost replikaci rekombinantního plazmidu v buňce bakterie a bezvadné exprese požadovaného cizorodého genu, čímž byla prokázána uskutečnitelnost introdukci téměř libovolného genu do jiného organismu prostřednictvím jeho integrace do plazmidového vektoru. (Halford 2012) Následné četné objevy a experimenty v oblasti genetického inženýrství určily široké uplatnění jeho technik v mnoha sférách: v medicíně, průmyslu, zemědělství aj.

### 3.2.3.2 Krátká historie GMO v zemědělství a na trhu

První transgenní rostlinou stal v roce 1938 tabák (*Nicotiana*) vytvořený M. Bevanem, R. Flavellem a M. Chiltonou prostřednictvím modifikace tabákové buňky Ti-plazmidem nesoucím gen antibiotické rezistence. (Болкова 2017) Nicméně komercializace produktů GMO začala o dekádu později až v roce 1994 uvedením na trh americkou společností Calgene geneticky modifikovaného rajčete Flavr Savr se prodlouženou životaschopností, jež byla získána potlačením genu odpovědného za syntézu enzymu polygalakturonázy štěpícího pektin. (Halford 2012) Sice první GE plodina bez významného úspěchu byla stáhnuta z trhu po třech letech po její zavedení, řada dalších GE rostlin naopak zaznamenala vysokou míru adaptaci. (viz. Obrázek 1). Na rok 2020 celkem 526 GMO odrůd bylo schváleno pro veřejné použití (viz. ISAAA Approval Database), z nichž kolem devadesáti procent sumárně činily GM odrůdy kukuřice, bavlníku, sójových bobů, canoly, brambor, rajčat a karafiátu, zbylých 10% připadlo na sorty rýže, papáje, vojtěšky, jablek, čekanky obecné, baklažánu aj. (Brankov 2019) GMO první generace zejména disponovaly pouze jedním užitečným znakem (nejčastěji znakem rezistence vůči hmyzím škůdcům či plevelům), zatímco později vyvinuté organismy druhé a třetí generace dost často kombinovaly dva či více znaků, přičemž běžnější praktikou genových inženýrů stalo vytvoření znaků udělujících rostlinám imunitu proti určitým chorobám. Kombinování několika

znaků je logicky účinnější jednak z hlediska souběžného zabránění několika problémům, jednak například z hlediska předcházení potenciálního vyvinutí rezistenci u škůdců v případě plodin s IR znakem. (Juma 2014)

### 3.2.4 Základní metody genové úpravy rostlin

Metodický postup genové transformace rostlin zahrnuje řešení následujících třech úloh: vytvoření genového konstruktů, implementace hotového konstruktů do cílové rostlinné buňky či pletiva za použitím vektorového systému či jiného způsobu transformace a finální regenerace transgenní rostliny. (C.Bansal 2014) Uvedený postup může být dále specifikován jeho doplněním o etapu výběru úspěšně modifikovaných buněk před jejich regenerací a o závěrečnou etapu důkladného testování transgenní rostliny. (Krimsky 2019)

Podmíněná genová kazeta musí obsahovat osm strukturních složek: SAR, promotor, UTR, SP, požadovaný transgen, KDEL, terminátor, SAR, nejdůležitějšími z nich jsou pak pochopitelně promotor, úsek cizorodého genu a terminátor. Promotor je částkou, která zahajuje samotnou transkripci vybraného transgenu, v důsledku čehož výběrem vhodného promotoru lze částečně určit podmínky exprese nově zavedeného genu. Nejběžněji používaným pro modifikaci dvouděložných rostlin je promotor CAMV35S viru mozaiky květáku konstitutivního typu (tj. gen je aktivní za všech podmínek), v rámci modifikace jednoděložných rostlin je, na druhou stranu, častou volbou promotor z aktinu 1 rýže, přičemž tyto promotory jsou většinou preferovány vzhledem k jejich vysoké expresivní aktivitě. (Urreta 2012) Regulované promotory, na rozdíl od konstitutivních, podmiňují transkripci genu pouze za splnění specifických podmínek, např. tkáňově specifické promotory či indukovatelné promotory (tj. promotory, jež jsou spuštěny určitými chemickými či environmentálními stimuly). Nepředkládaná oblast (UTR) je zabudována do konstruktů za účelem zvýšení účinnosti translace. Sekvence je ukončena terminačním kodonem, v kazetách směřovaných do rostlinných organismů je typické využití kodonu genu nopaliny syntázy bakterie *A. tumefaciens* pro dvouděložné i jednoděložné rostliny. (Urreta 2012) Mimo jiné do kazet jsou často implementovány genové markery určené k identifikaci buněk obsahujících žádaný transgen.



Zprostředkování začlenění umělého konstruktu neboli proces transformace, v rámci rostlinného inženýrství je vykonáván primárně dvěma způsoby: pomocí již několikrát zmíněného Ti-plazmidu bakterie *A. tumefaciens*, alternativně – biolistickým nastřelením.

Transformace za pomoci *A. tumefaciens* je založena na exploataci přírodního mechanismu přenosu T-DNA nacházející v Ti-plazmidu dané půdní bakterie uskutečňovaným v průběhu bakteriální infekce postižené rostliny: ve chvíli infikování hostitelské rostlinné buňky uvolňují fenolické sloučeniny interagující s geny virulence (*VIR*) obsaženými v Ti-plazmidu a provokující připojení bakterii k buněčné stěně s následným uvolněním komplexu T-DNA do buněčné cytoplazmy a její začleňování do genomu hostitelské buňky za účelem jejího využití v roli svérázné biotovárny. Zaměňováním původní sekvence zapsané v T-DNA je tak umožněna *přímá* integrace transgenů s genomem zvoleného organismu a aktivní syntéza požadovaných látek. (Halford 2012) Daný způsob transformací, sice vylučuje riziko výskytu v genomu několika kopií transgenů, stále má své limity, kterými jsou nízká četnost úspěšně transformovaných rostlin, nízký rozsah genotypů rostlin, jež lze daným způsobem upravit (transformace jednoděložných rostlin nebyla dlouhodobě vůbec možná), ohraničenost škály potenciálních hostitelů, (specifita jednotlivých Agrobacterií vůči různým botanickým druhům), dlouhá doba regenerace transformovaných rostlin (transformace pomocí *Agrobacterium* vyžaduje identifikaci tkáňové kultury s vysokou regenerační schopností), náhodný charakter integrace (Baltes 2017), nutnost likvidaci bakteriální infekce, závislost úspěšné transformace na řadě dalších faktorů, např. typ a stáří tkáně, velikost rostlinného explantátů, doba kokultivace aj. (C.Bansal 2014)

Biolistické nastřelení je dalším nástrojem rostlinné transformace, jenž spočívá v navázání molekuly DNA na mikročástice vzácného kovu (obvykle zlata nebo wolframu) a jejich následné inkorporaci do nuclea rostlinné buňky. Bezprostřední vnesení DNA-konstruktů je realizováno za použitím tak zvaného biolistického děla fungujícího na principu stlačeného hélia a doručujícího vybavené genovým komplexem mikročástice do cílové buňky. Jednou z nepochybných výhod této metody, jež je nejčastěji vyzdvižována různými autory, je možnost vnesení cizorodé DNA nejenom do dediferencovaných rostlinných buněk, ale též do embrya, pylu, meristému (Vejl 2007), metoda je rovněž aplikovatelná na chloroplasty nebo mitochondrie. (Baltes 2017) Dalšími výhodami souvisejícími s touto metodou je přímé působení na cílovou tkáň

bez využití jiného vektorového systému, možnost vnesení větších DNA úseků, větší škála látek vhodných k přenosu (např. mRNA, proteiny), možnost vnesení více plazmid zabezpečujících kotransformaci dvou či více genů, je zároveň historicky osvědčeným způsobem modifikace základních jednoděložných užitkových rostlin. Nicméně se i tato poněkud přesnější metoda nevyhýbá četné kritice především vzhledem k stále nahodilosti zabudování DNA a z toho plynoucí nepředvídatelnosti působení vneseného transgenu. Dalšími problémy dané technologie se také ukázaly být relativně nízký počet zdařile dopravených mikročástic a větší cenová nákladnost jejího využití ve srovnání s vektorovou alternativou. (Baltes 2017)

Pro účely genové modifikace lze též využít elektroporaci (elektroporace je realizována aplikací intenzivních elektrických pulsů za účelem vytvoření v buněčné membráně otvorů umožňujících přenesení genového materiálu), mikroinjektáže, PEG metody (přenos genového materiálu pomocí polyetylenglykolu) aj. (C.Bansal 2014)

### **3.2.5 Alternativní klasifikace biotechnologií. Klasifikace GM rostlin a s nimi související uplatnění**

Klasifikace či systémové třídění komplexních kategorií na jednodušší subkategorii je běžným nástrojem pro kvalitativně přesné postřehnutí vnitřní struktury té či jiné soustavy či – obecněji – systému. Tak v relaci k biotechnologiím kromě dříve uvedenému rozlišování biotechnologií dle historických epoch a jim odpovídajících vynálezů a inovací je relativně běžné rozčlenění biotechnologií na základě sféry využití koncového biotechnologického produktu, jež je zásadně představeno dvěma kategoriemi, konkrétně „červenou biotechnologií“, která je využívána v lékařství či lékárnictví za účelem produkování potřebných ve zdravotnictví látek (např. výroba HM inzulínu, výroba lidské rekombinantní deoxyribonukleázy-1 atd.), a „zelenou biotechnologií“ označující veškeré biotechnologické metody aplikované v zemědělství (McHughen 2008), tj. GMO jsou vlastně zástupci zelené třídy moderní biotechnologie. Brankov a Lovre dále identifikují „bílou“ biotechnologii nacílenou na industriální použití, „šedou“, tj. biotechnologii uplatňovanou primárně pro vyřešení environmentálních problémů včetně zachování biodiverzity a odstranění antropogenního znečištění i nakonec

„modrou“ biotechnologii zaměřenou na problematiku zachování mořských a vodních zdrojů. (Brankov 2019)

V souvislosti s geneticky modifikovanými organismy je pozorována tendence rozdělení GMO do generací na základě jejich specifických atributů a potenciálního způsobu jejich zužitkování, které se sice v moderní literatuře zmiňuje spíše méně, nicméně vzhledem ke své teoreticko-systematické pohodlnosti a historické obsaženosti bude v dané práci aplikováno. Je třeba též podotknout, že různí autoři uvádějí různé klasifikace s často odlišným počtem vymezovaných generací a odlišnými podmínkami začleňování do nich jednotlivých organismů. (viz. např. S.Rakouský). V rámci se již dříve lehce naznačené klasifikace rozlišují pouze tři generace, přičemž se za první generaci pokládají GM organismy vyznačující se těmi unikátními vlastnostmi, jež jsou výhodné pro zemědělskou činnost a zemědělskou produkci, k jejíž usnadnění, jakož i nepřímo k odlehčení a ke snížení zátěže životního prostředí, jsou primárně určeny. (Ovesná 2005) Vycházejíc z této definice, je pak logické zařazovat do této skupiny nejvýznamnější GM rostliny, o nichž se bude podrobněji mluvit v nadcházejícím výkladu, s herbicidní, insekticidní či patogenní rezistencí. Druhou generací dle Ovesné tvoří organismy charakterizované již na základě svých finálních produktů, ve výsledném složení kterých by mělo docházet ke změnám poskytujícím přímé výhody pro koncového uživatele (Ovesná 2005), jakými jsou například vyšší v porovnání s analogickým průměrným konvenčně produkovaným představitelem téhož druhu organismem obsah bílkovin, mikroživin či jiných fotochemikálií, vyšší obsah polysacharidů a nenasycených mastných kyselin, tj. v rámci realizované modifikace by měla být realizována kvalitativní přeměna nutriční hodnoty organismů (Magana-Gomez 2009) či jsou dosahovány vlastnosti zaručující industriální privilegium. Ke komerčně dostupným zástupcům druhé generace lze odnést sorty brambor se sníženým obsahem akrylamidu či odrůdy kukuřice seté se zvýšeným podílem esenciálních aminokyselin. (ISAAA 2020) Do třetí generace jsou běžně zařazovány organismy nalézající uplatnění ve farmaceutickém průmyslu a medicíně (např. tzn. „farmaplanty“ („pharmaplants“), výroba biopaliv a plastů, monoklonálních protilátek, vakcín apod.) (Kamle 2017), někdy též organismy s vyvinutými vlastnostmi zabezpečujícími vyšší odolnost upravených organismů vůči abiotickým stresům, tj. stresům abiotického původu, např. stresům z nadměrných či kriticky

nízkých teplot, přebytku či nedostatku zásadních chemických prvků, zasolování půdy apod. (Ovesná 2005) (Magana-Gomez 2009)

V rámci dané práce je prostředním tématem vliv typických představitelů herbicidně tolerantní skupiny genově modifikovaných organismů, tedy GMO první generace, proto jsou transgenní organismy této generace v následující podkapitole probrány detailněji; explicitně zdůraznění této kategorie je též podmíněno její primární aplikací v oblasti zemědělství a významným podílem celkových ztrát na výnosech plodin způsobených jmenovitě hmyzími škůdci, plevele či plošnou aplikací herbicidů, a chorobami: tak se předpokládá, že průměrná ztráta výnosů plodin na kanadském území (alespoň do zavedení odrůd s náležitými rezistencemi) vyvolaná plevele, škůdci či patogeny činila popořadě 10.5, 12.5 a 15.5% od celkových ztrát. (Howard 1994) Nakonec si nejvyšší míry světového přijetí užily zvláště plodiny s IR a HT vlastnostmi. (Kamle 2017)

#### 3.2.5.1 HT GMO

Herbicidně tolerantní transgenní plodiny jsou dítětem metodik genového inženýrství (včasnou poznámkou bude připomenutí, že tolerance k některým látkám může být předurčena přirozeným profilem genomu konkrétní plodiny, např. IMI-tolerantní odrůdy rýže (Krimsky 2019) neboli může být podnícena v důsledku aktivace u rostlin hypersenzitivní reakce a následného nabytí systémové rezistence, nebo též nahodile indukována působením na buňky mutagenními faktory, např. odrůdy s Clearfield vlastností) vykazující toleranci vůči širokému spektru herbicidů (např. glyfosátu, glufosinátu amonnému, dikambě) a tím navrhuje účinnější metody kontroly plevelů. (USDA 2020) Jejich introdukce celkem pozitivně ovlivnila postupy v zemědělství, jelikož umožnila částečné vyřešení řady problémů běžně vznikajících při pěstování konvenčních odrůd, mezi něž jsou obvykle zahrnována vysoká toxicita některých typů herbicidů, dlouhodobá perzistence jiných herbicidů v půdě, technicky náročné oseední postupy aj. (Halford 2012) Mechanismus působení glyfosátu, toleranci ke kterému se vyznačuje většina současně pěstovaných HT-plodin, tkví v jeho schopnosti inhibovat rostlinný enzym 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntázy (EPSPS) katalyzující reakci šikimat-3-fosfátu s fosforečným esterem pyrohroznové kyseliny za vzniku 5-enolpyruvylšikimát-3-fosfátu

(EPSPS), v důsledku čehož dochází k interferenci šikimátové dráhy rostlin a následnému přerušení syntézy aromatických aminokyselin vedoucímu k narušení biologických funkcí až po zánik organismu. (Halford 2012) Účinek glufosinátu, rezistence, ke kterému po glyfosátu byla druhou komerčně nejúspěšnější vlastností HT-rostlin, spočívá v utlumení glutamin syntetázy, což zapříčiňuje aktivní akumulaci vysoce toxického amoniaku spolu se zastavením syntézy glutaminu a glutamátu, čímž je podmíněno zamezení procesu fotorespirace a následné zahynutí organismu. (Duke 2014) Princip odolnosti GM-rostlin vůči daným herbicidům je založen na porozumění výše uvedeným biochemickým procesům a zjednodušeně se zakládá na zavedení do rostlinného genomu genů kódujících biosyntézu látek těmto procesům odporujícím. První GR-sorta (tj. glyphosate-resistant) GTS 40-3-2 sójových bobů byla vyvinuta společností Monsanto v roce 1996 insercí do genomu plodiny související se tvorbou rezistentní formy EPSPS úseku DNA získané od půdní bakterie *Agrobacterium tumefaciens*. Rostlinné organismy s tolerancí vůči glufosinátu jsou zhotovena zavedením *bar* genu extrahovaného z již dalšího druhu bakterií *Streptomyces hygroscopicus* a produkujícího enzym PAT, jenž deaktivuje působení fosfínotricinu. (C.Bansal 2014)

Kromě již zmíněných opodstatněně enviromentálních výhod zavedení herbicidně tolerantních plodin se též vymezují následující možné enviromentální a ekonomické přínosy implementaci HT-systému: praktika bezorebného pěstování, integrované přístupy ke kontrole plevelů, snížení celkových operativních nákladů. (Dekker 1995) Některá z těchto tvrzení jsou diskutabilní a bude jim věnována oddělená kapitola.

### 3.2.5.2 IR GMO

Rozšířenou aplikaci v zemědělství též získaly transgenní rostliny s genovou modifikací zajišťující rezistenci modifikovaných plodin vůči hmyzím škůdcům (viz. tabulka 1) získanou díky inkorporaci do genového materiálu cílového organismu genu kódujícího tvorbu *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) krystalinových (*Cry*) proteinů, jenž byl extrahován z genomu stejnojmenné půdní bakterie. Pesticidy obsahující Bt-toxiny, které byly uvedeny na trh ve dvacátých letech minulého století, jsou i do teď obšírně používány v rámci organického zemědělství vzhledem k jejich biologickému původu, toxicity vůči několika kmenů včetně kmenu Lepidoptera, Diptera

a Coleoptera a zároveň úzkou škálou přímo postiženého hmyzu, celkové neškodlivosti pro lidi či jiné živočichy a snadnému rozložení. Zavedením *Cry* genu přímo do genomu rostlin je tedy umožněno vlastní vyprodukování konkrétní rostlinou toxických pro hmyzí škůdce proteinů, čímž je zároveň vyřešena řada nedostatků souvisejících s aplikací Bt-pesticidů, kterými dle Halfordu jsou specifická účinku *Cry* proteinů produkovaných různými kmeny bakterií (tj. rozličné varianty daného proteinu jsou smrtící pouze pro ohraničené spektrum hmyzů), celkově krátká doba trvání efektu po aplikaci pesticidu (zejména kvůli snadné degradaci slunečním zářením), pravděpodobnost usmrcení necílového hmyzu (za podmínek pěstování Bt-plodin hyne pouze hmyz přímo výsev napadající). (Halford 2012) První komerčně schválenou Bt-plodinou byla odrůda brambor NewLeaf rezistentní vůči Mandelince bramborové vyvinutá afilací Monsanto NatureMilk, jež byla dostupná na trhu od roku 1995. Dále následovala adaptace řady jiných plodin včetně Bt-rýže, Bt-alfalfa aj. s největším komerčním úspěchem registrovaným u Bt-kukuřice a Bt-bavlníku. Introdukce Bollgard I (transgenní odrůda bavlníku ve Spojených Státech) přispěla ke 25-procentnímu snížení množství aplikovaných chemických insekticidů v USA (Castagnola 2013), v Číně a Indii předpokládaná míra snížení insekticidů po zavedení Bt-systémů činila 70-80%. (C.Bansal 2014) Bt-odrůda kukuřice MON810 je též jedinou povolenou k pěstování GE-plodinou na teritoriu EU.

Enviromentální rizika spojované s pěstováním Bt-odrůd včetně potenciálního ohrožení zdraví lidí či hospodářských zvířat konzumujících jejich produkt byla dlouze diskutována již od začátku komerčního zavedení daných plodin. Mezi teoretická rizika jsou nejčastěji zahrnovány nežádoucí působení Bt-plodin na necílové organismy, ovlivnění Bt-plodinami navigace včel, případná alergenita či toxicita jedlých částí Bt-rostlin, únik transgenních druhů do prostředí, vznik rezistence vůči endotoxinům u hmyzích škůdců, pozitivní či negativní tlak na biodiverzitu, nárůst dříve minoritních škůdců, případně jiná. (Krimsky 2019). Nicméně zdravotní nezávadnost Bt-rostlin byla potvrzena řadou oficiálních organizací, např. US EPA. (USEPA 2001), podstatný vliv Bt-rostlin na jiné organismy (včetně včel) či biosféru nebyl zatím zaznamenán (viz. lze najít např. v (Castagnola 2013), toto téma není probráno důkladněji vzhledem k jinému zaměření dané práce). Riziko úniku transgenních odrůd sice není vyloučeno, ovšem je značně omezováno biologickými a nebiologickými strategiemi, riziko vyvíjení rezistence u škůdců je pozdržováno použitím refugií, rotací Bt-plodin (v závislosti na typu jimi

exprimovaných endotoxinů), pyramidováním *Cry* genů. (Krimsky 2019) Jiná zmíněná rizika nemohou být se stoprocentní jistotou vyřazena, ovšem by v tomto případě měla být zvažována i v rámci realizaci pochodů v tradičním zemědělství.

### **3.2.6 Legislativa v zemích světa v oblasti nakládání s GMO**

#### **3.2.6.1 Nadnárodní regulace GMO**

Na nadnárodní úrovni hlavním regulačním subjektem zakládajícím pravidla obchodního jednání mezi jednotlivé státy a určujícím legislativní rámec mezinárodního obchodu je Světová Obchodní Organizace (WTO), jež byla zřízena v roce 1995 jako nástupce GATT. Kromě regulace mezinárodních vztahů v rámci mezinárodní obchodní činnosti a rozřešení případných sporů vznikajících mezi členy organizace WTO je také primárním orgánem odpovědným za spravování zásadních dohod týkajících se částečně i principů nakládání s GMO, resp. od roku 1995 platí dvě dohody vztahující se k transgenním technologiím a jejich výtvorům, jimiž jsou TRIPS a SPS. (Brankov 2019) Dohoda SPS (The Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures) obecně stanoví základní pravidla v oblasti bezpečnosti potravin a určuje veškerá opatření zaměřená na ochranu života lidí, zvířat a rostlin, ve vztahu k GMO daná dohoda článkem 3 prosazuje standardy (jinak nezávazných principů stanovených Codexem Alimentarius, jenž předpokládá předprodejní hodnocení GM produktů z hlediska především jejich toxicity, alergenicity, specifických vlastností jejich komponentů, stability vneseného genu (či genů), nežádoucích účinků aj. včetně zkoumání potenciálních následků vyvolaných insercí cizorodého genu. Standardy předložené Codexem Alimentarius jsou též podporovány WHO. (Strauss 2006) Mimo jiné WTO v oblasti bezpečnosti potravin nařizuje další dva standardy, konkrétně OIE (World Organization for Animal Health) a IPPC (International Plant Protection Convention). Dohoda TRIPS, na druhou stranu, předpisuje minimální práva k duševnímu vlastnictví a ve znění 27. článku zajišťuje IPR i transgenních invencí (Brankov 2019), nicméně tentýž článek zavádí výjimku, dle které členové organizace smí z patentovatelnosti vyloučit vynálezy, prevence jejichž komercializace je nezbytná pro „ochranu veřejného pořádku nebo

morálky, včetně ochrany života nebo zdraví lidí... nebo za účelem zabránění vážným škodám na životním prostředí, nedochází-li k takovému vyloučení pouze proto, že je jejich komercializace je zakázána (místním zákonem)“ (Kawamura 2011) Další dohodou uloženou WTO je TBT dohoda nepřímou zasahující procesy nakládání s GMO, jenž usiluje o poskytování členským státům postačujícího množství informací za účelem eliminaci zbytečných překážek pro mezinárodní obchod.

Dalším regulačním nástrojem ovlivňujícím mezinárodní nakládání s GMO je Cartagenský protokol o biologické bezpečnosti, jenž je platný od roku 2003. Hlavním cílem daného protokolu je ve světovém měřítku zajistit odpovídající úroveň ochrany životního prostředí a biodiverzity proti potenciálním nežádoucím účinkům LMO. V rámci Cartagenského protokolu doplňujícím CBD (Convention on Biological Diversity) jsou primárně regulovány procesy zacházení, využívání a přenosu LMO, konkrétně jsou například určovány procedurální opatření a předpisy v rámci přeshraničního přenosu LMO (AIA – Advance Informed Agreement), Cartagenská úmluva rovněž podrobuje LMO povinným procedurám hodnocení rizik souvisejících s introdukcí LMO do životního prostředí. (Norer 2016)

### 3.2.6.2 Regulační aparát Kanady

Mechanismus regulace biotechnologie a dozoru nad organismy s tzv. NPT (Novel Property Trait) je na území Kanady tvořen třemi agenturami: Agenturou pro kontrolu potravin (CFIA), Agenturou Health Canada a Agenturou Environment. V daném regulačním trojúhelníku vedoucí role je odváděna CFIA hodnotícím primárně hnojiva, krmiva a semena z hlediska jejich bezpečnosti pro lidské zdraví a životní prostředí před jejich zavedením na trh, CFIA je zároveň orgánem obecně odpovědným za ochranu potravin, rostlin a živočichů na kanadském území. (Pechlaner 2012) Agentura Health Canada je, na druhou stranu, agenturou realizující veškerá hodnocení potravin z hlediska jejich celkové bezpečnosti a výživové přiměřenosti a sledující potenciální rizika spojená s novými produkty vykonáním přípravných posouzení produktů zkoumající jejich chemické a fyzikální vlastnosti, míru toxicity aj. (Blair 2015) Jak logicky vyplývá i z názvu, Environment Agentura je pověřena posuzovat rizika



související s dopadem využití nově s doposud neznámými vlastnostmi zaváděného do životního prostředí organismu na eko- a agroekosystémy, obecněji na jeho okolí.

Regulační aparát Kanady v podstatě implementuje politiku v oblasti biotechnologií praktikovanou Spojenými Státy, jejíž zásadním přístupem je vyhodnocení výtvorů genových manipulací zejména na základě výsledného produktu (či-li „product-based“ hodnocení), nikoli na základě procesů, jež ke vzniku produktu přivedly (tzv. „process-based“ hodnocení). Mimo jiné v roce 1998 orgány státní moci byla zřízena nezávislá poradenská komise pro biotechnologie CBAC (Canadian Biotechnology Advisory Committee), jež je určována k poskytnutí objektivních informací a poradenských služeb v oblasti GMO problematiky. (Pechlaner 2012)

Obecně lze shrnout, že jedinou restrikcí v rámci současné kanadské legislativy je povinné zpracování posouzení rizik na různých úrovních před uplatněním produktu na trhu, což je mandatorní záležitostí i pro netransgenní substance, tudíž pokud zemědělská činnost farmářů neporušuje zásadní provinční a federální zákony a předpisy, aplikace GM systémů není žádným způsobem pronásledována a je pouze subjektem soukromého sektoru. (Norer 2016)

### 3.2.6.3 Legislativa v jiných zemích

Způsoby jednání jednotlivých států s GMO lze podmíněčně rozdělit do dvou táborů, jejichž lídři jsou Spojené Státy Americké aktivně podporující vývoj „genové“ industrie a Evropská Unie naopak přistupující k implementování GM řešení velice obezřetně. Ve srovnání s USA, kdež celkové plochy používané pro pěstování geneticky upravených plodin přesáhly hranici 70 mil. hektarů na rok 2019, v rámci území členských států EU jedinou plodinou oficiálně povolenou ke kultivaci kukuřici MON810 pěstovalo pouze Španělsko (107 tis. ha) a Portugalsko (pouhých 4,75 tis. ha). (ISAAA 2019)

Ve Spojených Státech Amerických legislativní rámec zacházení s biotechnologií je stanoven dokumentem the Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology vysvětlujících aplikací existujících norem a zákonů v kontextu transgenních organismů. Dále jsou v dokumentu přiděleny pravomoci spravovat regulační a dozorčí procesy vztahující se k GMO na teritorii US třem agenturám, konkrétně USDA-APHIS (USDA's Animal and Plant

Health Inspection Service), EPA (Environmental Protection Agency), FDA (the Department of Health and Services' Food and Drug Administration), jejichž primárním cílem musí být za použitím všech potřebných nástrojů v mezích současného zákonodárství zabezpečit ochranu národního zemědělství od hmyzích škůdců, škodlivých rostlin a plevelů, od výskytu chorob (v jurisdikci USDA-APHIS), ochrany životního prostředí, zdraví a bezpečí lidí a jiných živých organismů a neživých složek okolního prostředí od pesticidů, jejich nepříznivých vlivů, kontaminace, včetně pesticidů produkovaných transgenními organismy (v jurisdikci EPA), nakonec zajištění bezpečnosti potravin a hospodářských krmiv a náležité označení všech produktů rostlinného původu, slouží-li rostlinným základem geneticky upravené organismy (bez ohledu na to, zda k úpravě došlo v procesu konvenčního či molekulárního zemědělství). (USDA 2020)

V rámci dané legislativy v USA jsou GE a GM organismy *de facto* považovány za zcela ekvivalentní s netransgenními zástupci a zcela bezpečné, tj. GRAS (Generally Regarded as Safe), došlo-li ke schválení organismu či výrobku pro následnou komercializaci.

Základními kameny právních předpisů na úrovni EU v oblasti zacházení GMO jsou: směrnice 2001/18/ES o záměrném uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí, nařízení (ES) 1829/2003 o GM potravinách a krmivech, směrnice (EU) 2015/412 rozšiřující směrnici 2001/18/ES, nařízení (ES) 1830/2003 o sledovatelnosti a označování GMO a směrnice 2009/41/ES doplněná řadou dalších pravidel a pokynů. V souvislosti předvedených předpisů se členské státy zavazují dodržovat legislativní rámec zavedení GMO do kultivace, tj. kultivace geneticky upravených organismů může být provedena pouze po odsouhlasení konkrétního organismu oprávněnými institucemi, tedy po zhodnocení individuálních rizik s ohledem na potenciální přímé či nepřímé, okamžité či opožděné účinky introdukce GM organismu do životního prostředí a po následném potvrzení bezpečnosti introdukce pro životní prostředí, lidské zdraví a zdraví a bezpečí jiných organismů; rovněž se členské státy souhlasí s povinným označováním výrobků obsahujících stopy GMO či zcela jimi jsoucími, berou do úvahy povinnost účelně či neúčelně nepropagovat GMO do států, ve kterých jsou GMO zakázané, a zavazují se ve případě pěstování GMO předcházet jejich šíření přes hranice státu aj. (EC 2018)

Je třeba dále dodat, že v porovnání s procedurami schválení GMO uplatňovanými v legislativním modelu Spojených Států proces schvalování GMO v Evropské Unii je mnohem obtížnější a přísnější. Na rozdíl od USA jsou EU rovněž uznávána velká rizika související s lehkovážným uvolňováním GMO a je podotčena přítomnost zásadních rozdílů mezi tradičními a transgenními formami organismů. Mnozí autoři se domnívají, že současná legislativa EU je *de facto* moratoriem na kultivaci genově upravených rostlin a jejich množení, obzvláště vzhledem k nedávným úpravám přijatým v rámci směrnice 2015/412 dovolující členským státům zcela zakázat GMO na jejich území (tak, v současné době je zapověděna kultivace GMO a prodej GM výrobků ve Francii, Německu, Uhersku, Rakousku a řadě dalších evropských zemí).

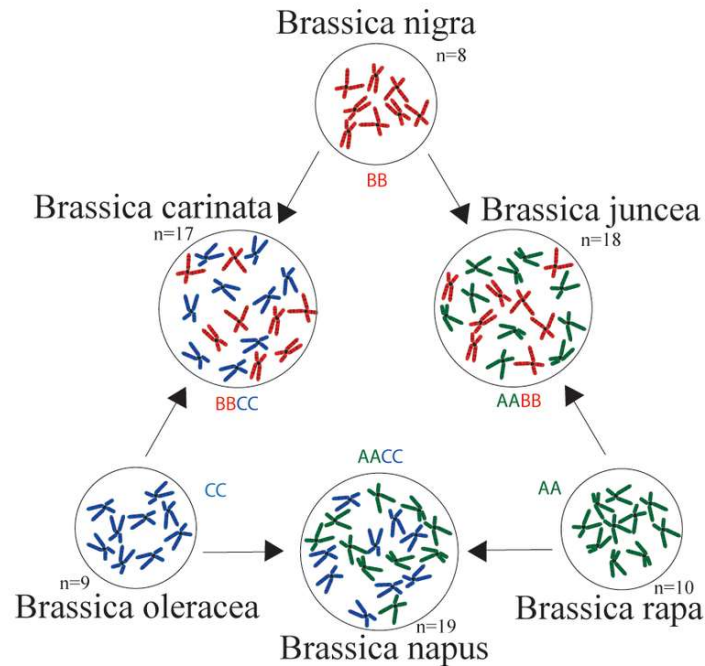
Většina států se v rámci regulace geneticky modifikovaných organismů přibližují buď americkému, nebo evropskému modelu: zcela je pozorována široká aplikace GMO v severní a jižní Americe, v jihovýchodní Asii, na australském kontinentu, tendence k zákazu GMO či totální zákaz (např. Rusko) lze sledovat převážně v Eurasii, GMO jsou též málo využívány v zemích Afriky. (ISAAA 2019)

### 3.3 Obecná charakteristika vybrané rostliny

#### 3.3.1 Původ a vývoj vybrané rostliny

Genetický vztah mezi kultivovanými taxony rodu *Brassica* byl aktivně studován různými cytology od počátku 20. století a v roce 1935 U shrnul dosažené výsledky předložením tzn. „trojúhelníku U“ (viz. obrázek č.1): podle jím navrženého konceptu, *B. carinata*, *B. juncea* a *B. napus* jsou alotetraploidními druhy vzniklými hybridizací mezi diploidními rodičovskými druhy *B. Nigra* (sada haploidních chromozomů:  $n = 8$ ), *B. rapa* ( $n = 10$ ) a *B. Oleracea* ( $n = 9$ ). (Diederichsen 2011) Na základě hybridogenního původu některých druhů čeledi Brassicaceae lze také dedukovat, že křížové opylování je možné mezi různými taxony *Brassica* nehledě na různé sady chromozomů u jednotlivých zástupců, zároveň přežití sterilního alotetraploidního potomka je vysvětlováno jeho schopností samoopylení. Povědomí o evolučním původu těchto druhů a jejich fakultativní cizosprašnosti jsou hlavními důvody zvýšené opatrnosti a skepticismu existujícími v některých zemích ve vztahu k GM canole: pěstování řepky s pozměněným genomem je tak spojováno s vysoce pravděpodobným neúmyslným proniknutím cizorodých genů transgenních odrůd do jiných kultivovaných nebo divokých druhů čeledi Brassicaceae.

Obrázek 1 Trojúhelník U ukazující genetické vztahy mezi šesti druhy rodu Brassica



Zdroj: Wikipedia (2021)

Jak je již známo, po celém světě se dnes pěstují nejenom rozličné druhy Brassica, ale i řady různých odrůd v mezích jednotlivých druhů, jež kolísají od odrůd s vysokým či nízkým obsahem kyseliny erukové, „0“, „00“ odrůd aj. Původně pěstované řepkové odrůdy se vyznačovaly chemickým složením poněkud nevhodným k lidské spotřebě: vysoká hladina kyseliny erukové sice poměrně dlouho nebyla přímo spojovaná se zdravotními riziky a řepkový olej byl v průběhu mnohých let bezzávadně konzumován v asijských zemích, v západní hemisféře, též západoevropských státech, kdež lidská strava byla obecně charakterizována vyšším procentem konzumovaných tuků, řepkový olej vyvolával všeobecné znepokojení a zůstával losem chudých vrstev obyvatelstva. (Duan 2011) V sedmdesátých letech 20. století bylo nakonec prokázáno, že zvýšená spotřeba erukové kyseliny může vést k srdečním lézím, což pobídlo vyšlechtění odrůd se sníženým obsahem erukové kyseliny. Vysoký obsah glukosinolátů v převládajícím množství prvních kultivarů (resp. v extrahovaných řepkových

šrotech) také podmiňoval nevhodnost jejich využití k produkci krmiv pro hospodářská zvířata, jelikož biologický účinek štěpných produktů glukosinolátů předpokládá narušení metabolismu xenobiotik, poškození interních orgánů (především jater, ledvin, nadledvinek), nakonec některé produkty degradace glukosinolátů mají strumigenní účinek. (Bellostas 2007) Vývoj plodin s nízkým obsahem kyseliny erukové stal možným díky identifikaci pomocí plynové chromatografie jednotlivých rostlin s nízkými hodnotami kyseliny erukové: první rostlina *B. napus* s požadovanou vlastností byla rozpoznána v roce 1968, po třech letech následoval vynález rostliny druhu *B. campestris* s toutéž vlastností; již v roce 1977 kultivace odrůd „0“ typu byla prohlášena povinnou. (Gupta 2007) Introdukce odrůd s obsahem glukosinolátů pod deset procent byla umožněna téměř analogicky díky nalezení kultivaru „Bronowski“ přirozeně obsahujícího malý počet mikromolů glukosinolátů na gram v roce 1967. Vývoj „00“ odrůd byl nadále pouze pouhou otázkou času. Dalším příkladem úspěšné realizace tradičních šlechtitelských postupů je vývoj vysoce výnosné a odolné vůči mrazu odrůdy *B. napus* křížením zimního kultivaru *B. napus* „Rapol“ s jarní *canolou* „Oro“. Genová kombinace zodpovědná za toleranci vůči triazinovým herbicidům byla též nalezena v odrůdách *B. rapa* a zpětným křížením přenesena do odrůd *B. napus*, tolerance vůči imidazolinonovým herbicidům u některých odrůd byla vytvořena pomocí mikrosporové mutagenese. (Aghintori 2007) Obecně lze tedy konstatovat, že první odrůdy řepky s privilegovanými charakteristikami byly získány výhradně pomocí tradičních šlechtitelských metod a neměly nic společného s GM odrůdami. Možnost získávat hybridy vyžadované kvality bez obrácení se na přímé genetické úpravy metodami genového inženýrství podmínilo úspěšný rozvoj výroby řepky a přetrvání plodiny ve všech zemích mírného pasu.

Na území Kanady se historicky pěstovaly odrůdy tří druhů rostlin rodu *Brassica*, konkrétně – odrůdy *Brassica napus* L., *Brassica campestris* L. a *Brassica juncea* L., přičemž časovým rámcem, v němž se realizovala postupná introdukce jednotlivých odrůd do kanadského zemědělství, je vysvětlována krátkodobá dominance *B. rapa* na zemědělských pozemcích země v počátečních fázích vývoje výroby řepky. Výsadní postavení *B. rapa*, zajištěné dřívější dobou zavedení tohoto druhu však bylo otřeseno, když řada četných testů (a pravděpodobně i zkušenosti zemědělců) potvrdila, že průměrné výnosy odrůd *B. napus* jsou vyšší v porovnání s jim příbuznými odrůdami *B. rapa*: v roce 1990 osázené plochy *B. rapa* činily již pouze 15–20%

celkové produkční plochy (Gupta 2007) a podle informací zveřejněných na webových stránkách kanadského státu se v současnosti B. rapa do osevních postupů prakticky nezařazuje a vyskytuje se hlavně ve své divoké formě nebo jako plevel v porostů žita a brambor. (PBRA 2017) Důvodem pro další redukci kultivovaných oblastí B. rapa byla skutečnost, že v genofondu druhu B. rapa chyběly geny, které by potenciálně mohly umožnit vývoj odolnosti vůči herbicidům u příslušných odrůd, a že se v rámci počátečních testování možností technologií genového inženýrství ukázalo zvýšené riziko alogamie B. rapa s plevelnými rostlinami, což donutilo vývojové společnosti zdržet se zavedení cizorodého genu do rostlinného genomu. (Duan 2011) Dále jsou v kontextu zvoleného tématu prostředním předmětem zájmu především druhy rostlin, mezi nimiž byly zaznamenány odrůdy podrobené genetické modifikaci: podle databáze ISAAA nejsou rozšířeny GM formy B. juncea, převážnou většinu osevních ploch GM řepky v Kanadě a ve světě tvoří odrůdy druhu B. napus, z B.rapa jsou současně registrovány k využití pouze čtyři odrůdy s RR znakem. (ISAAA 2021)

První GE odrůda řepky byla představena v roce 1995, jež disponovala rezistencí vůči herbicidům na bázi glufosinátu amonného. Od té doby byly postupně vyvinuty tři GM HT-systémy: pěstitelské systémy, v nichž pěstovaná plodina je odolná vůči jednomu či více herbicidům z následujících třech – glufosinátu (Liberty Link), glyfosátu (Roundup Ready), bromoxynil. (PBRA 2017)

### 3.3.2 Biologická a botanická charakteristika

Jako zástupci čeledi brukvovité, vybrané olejninu spadají do třídy vyšších dvouděložných, mají typický čtyřčetný aktinomorfni květ žlutého obarvení klasické křížové formy, samotné květy jsou většinou oboupohlavné, plodem je klasická lysá šešule válcovitého tvaru, s 15-40 kuželovitými až vejcovitými olejnatými semeny. Rostliny jsou většinou jednoleté, případně dvouleté (B.napus), v půdě vytvářejí mohutný kulový kořen; výška rostlin kolísá v rozmezí 60 až 120 centimetrů. Květenství je hroznovité, kvetení rostliny začíná od nejnižšího pupenu a pokračuje nahoru podél stonku. (Snowdon 2007).

Řepkové rostliny rostou v průběhu celého vegetačního období: růst standardně začíná semenem, dále se rozvíjejí listy a stonky, následuje formování květů a lusků. Délka každého

stádia růstu je ovlivněna typem odrůdy, plodností, přístupností živných látek, vlhkostí, teplotou půdy a vzduchu, délkou dne a intenzitou slunečního záření. (CCC 1983) Vzhledové odlišení B. rapa a B. napus mezi sebou může být poněkud obtížné kvůli přítomnosti společných morfologických rysů vysvětlovanou příbuznými vztahy mezi rostlinami existujícími, nicméně určité rozdíly jsou stále pozorovatelné: listy B. napus jsou bez chlupů, hladké, mají modrozelenou barvu, zatímco listy B. rapa jsou většinou barvy žlutozelené, květy B. rapa jsou menší, mívají ve srovnání s květy B. napus tmavší odstín, nakonec u B. napus se pupeny umísťují přímo nad otevřenými kvítky, zatímco u B. rapa jsou pupeny neseny pod otevřenými kvítky v hrozně. (PBRA 2017)

Dále se běžně, jak již bylo poznamenáno, u B. rapa a u B. napus rozlišují jejich jarní a ozimé formy: dané rozdělení je stanoveno na základě toho, zda budoucí zdařilé kvetení rostliny je podmíněno a musí být stimulováno jarovizačním procesem. Jelikož jarní formy rostlin nevyžadují vernalizaci, jsou běžně vysévány v jarních měsících a sklizeny počátkem podzimu, optimální doba výsevu je přitom odvozeninou z řady faktorů, především z klimatických podmínek konkrétního roku, půdních podmínek, předpokládaných podmínek v období sklizně, podmínek určených geografickou polohou výsadby aj. (Booth 2004), obecně ovšem jsou jarní odrůdy sety v průběhu prvního měsíce jary v Evropě a v průběhu května na území Kanady, vegetační doba tak trvá 90 až 160 dnů. Výsadba ozimých forem se nejčastěji realizuje ve druhé polovině letního období, tj. v srpnu či září, s celkovou vegetační dobou přesahující 300 dnů. Proces jarovizace pozorovaný u zimní řepky je běžně asociován s vyššími výnosy, čímž je vysvětlována statistická převaha úrody zimních forem řepky na jednotku plochy: kupříkladu v roce 2008 průměrné hektarové výnosy řepky ozimé činily 1930 kg, současně u jarních forem plodiny pro totéž období byly zaznamenány průměrné hodnoty výnosů ve výši 1406 kg/ha, což je výnos nižší o 27 %. Řepka olejná se ve své zimní formě pěstuje primárně v Evropě a Asii, pro klimatické podmínky Kanady, severní Evropy a Austrálie jsou naopak vhodné pouze jarní formy, a to buď z důvodu extrémních zimních teplot ohrožujících hladké přežití rostlinou chladného období (Kanada, severní Evropa), nebo kvůli horkému aridnímu podnebí (Austrálie). (Snowdon 2007)

Teplota sama o sobě se také jeví jedním z nejdůležitějších environmentálních faktorů ovlivňujícím specifiku růstu a vývoje rostliny. Je logické, že ideální teploty jsou určovány



především formou pěstované odrůdy (resp. zda je ozimá či jarní), dále jejím druhem (B. Napus, B. Rapa atd.). Obecně lze hovořit, že ozimé formy řepky začínají klíčit již při teplotě +1°C, nadzemní biomasa se rozvíjí při +5°C. (Vašák 2000) Jarní formy řepky obvykle vyžadují pro začátek klíčení teploty přesahující +10°C; odrůdy B.rapa jsou poněkud odolnější proti nízkým teplotám, optimální teplota tak pohybuje v rozmezí 12 až 20°C, odrůdy B.napus jsou naopak teplomilné, za optimální hodnoty pro daný druh se proto považují teploty nad 20°C. (PBRA 2017)

Na rozdíl od svých diploidních předků B.rapa a B. oleracea vykazujících obligátní alogamii B. napus je druhem fakultativně cizosprašným s tím, že mezi současné odrůdy je stále převažující opylování vlastním pylem, nicméně v letech, v nichž je zaznamenáván zvýšený počet potenciálních opylovačů řepky, může docházet k výrazně vyššímu podílu případů cizosprašení. Průměrné procento křížového opylení B.napus se odhaduje přibližně na 30% s tím, že na jednotlivých řepkových polích vlivem množiny různých činitelů mohou být pozorována kolísání kolem průměrné hodnoty v rozmezí 12 až 55%. (Beckie 2003) Jak již bylo uvedeno dříve, B. rapa je obligátně cizosprašným druhem, u něhož je samoopylování zcela vyloučeno kvůli přítomnosti genetického mechanismu daný proces zabraňujícího.

Hlavními zprostředkovateli křížového opylování jsou zpravidla včely či jiný hmyz; pyl také může být nahodile přenesen z prašníku jedné rostliny do stigma rostliny jiné vlivem řady abiotických faktorů (primárně v důsledku anemofilie, jež zůstává základním prostředníkem genového toku na velké vzdálenosti) nebo kvůli bezprostřední vzájemné blízkosti kvetoucích rostlin. Obecně bylo prokázáno, že procento přesunu pylových zrn se zvýšením vzdálenosti prudce klesá a řádné dodržování 33 až 2000-metrových rozstupů mezi plochami osetími řepkou snižuje pravděpodobnost genového přenosu do necílové populace na 0.015%; rozestupy, které jsou menší než levostranná hranice uvedeného intervalu, zvyšují celkovou pravděpodobnost opylení necílových rostlin na přibližně 0.03% až 0.05%. (Rieger 2002) Je vhodnou poznámkou, že modifikace rostlinného genomu vnášející gen toleranci vůči herbicidům neovlivňuje intenzitu genového toku.

### 3.3.3 Agrotechnika pěstování řepky

Zohlednění agrotechniky pěstování řepky je nutným předpokladem pro pozdější pochopení nákladové struktury samotné výroby, případně jiných faktorů tím či jiným způsobem ovlivňujících ekonomiku výroby řepky. Důležitým poznámenáním je, že se v následujícím výkladu primárně hovoří o specifiky pěstování *B. napus*, a to z toho důvodu, že, jak bylo vystihnuto dříve, tento druh je v současné době nejrozšířenějším, dále i proto, že příbuznost zkoumaných rostlin předpokládá obdobnost pěstitelských požadavků.

Řepka se může pěstovat na širokém spektru zemských povrchů a je dostatečně flexibilní pro kultivaci v nejrůznějších klimatických podmínkách. Obvykle se uvádí, že se za vhodné k pěstování považují nadmořské výšky 0 až 700 metrů, skoro libovolné půdy, lehké až středně těžké, hlinitopísčité až hlinité, do jisté míry, jak bylo prokázáno v kapitole výš, i poměrně široké intervaly teplot. (Bečka 2007) Mezi nejpříznivější půdy jsou nicméně obvykle zahrnovány půdy písčitohlinité se středně těžkým mechanickým složením vzhledem k jejím retenčním schopnostem a vysokým nárokům dané rostliny na vlhkost. Nevhodné jsou půdy s kyselou reakcí ( $\text{pH} < 5$ ) a vysokou hladinou podzemních vod, nežádoucími jsou také půdy příliš solné a zásadité. (Hammond 2011)

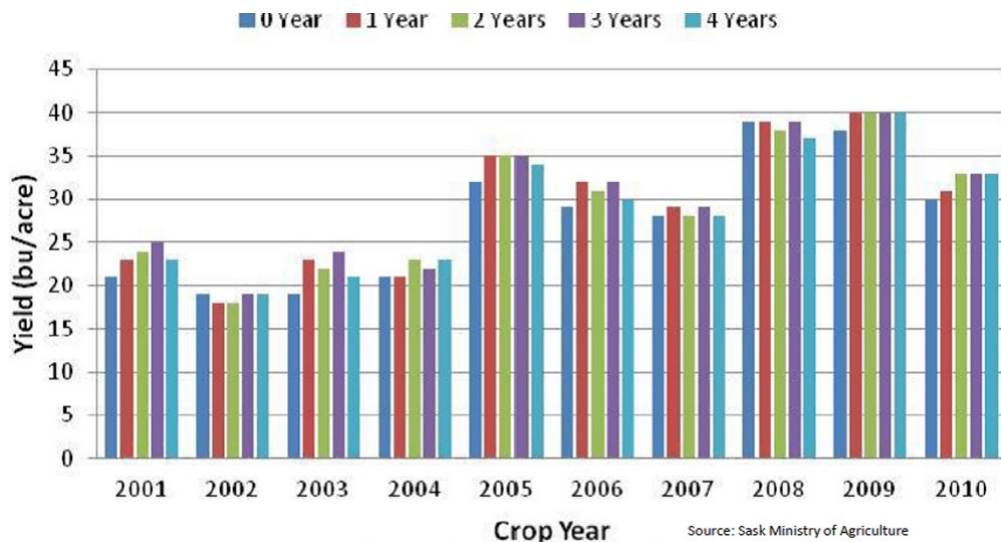
Výsledné výnosy řepky jsou také výrazně ovlivňovány správnou aplikací hnojiv: klíčovým pro dostatečně vysokou úrodu je přiměřené dodání dusíkatých hnojiv, jimiž je zabezpečováno poměrně vysoké zvýšení celkové úrody a vyšší obsah bílkovin v semenech a řepkových pokrutinách; existující negativní korelace mezi procesy akumulace oleje a bílkovin v řepkovém semene ovšem podmiňuje strategickou nevhodnost nadbytečné aplikace dusíkatých hnojiv. Druhým popořadě nejdůležitějším druhem hnojiva jsou hnojiva fosforečná, jež jsou nezbytná pro vytváření rostlinou mohutného kořenového systému; fosforečná hnojiva též přispívají k zvýšení výnosů a celkovému zrychlení zrání rostliny. Tradičně, jak i většina ostatních rostlin, odrůdy řepky také vyžadují dodání určitého množství síry, jež podporuje samotný vývoj rostliny, standardně příznivě ovlivňuje výši výnosů a celkově zlepšuje jakost řepkového semene, u něž při náležitém přidání fosforečných směsí může být pozorováno navýšení obsahu oleje i bílkovin. Hnojení sírou je ale také spjata se zvýšením hladiny glukosinolátů snižujícím nutriční i tržní

hodnotu řepkových pokrutin. Dle řady výzkumů se obecně ukazuje, že přidávání draselných hnojiv naopak nevyvolává, nejedná-li se o výjimečně málo úrodné půdě, skoro žádnou ekonomickou reakci u dané plodiny, což se odráží i ve vnitřní struktuře přímých vstupů souvisejících s koupí chemických látek, směsí a přípravků. (Hammond 2011)

Je zásadní zmínkou, že fosfor a dusík jsou živinami majícími zvýšené riziko odtoku do vodních zdrojů, což následně může zapříčinit aktivnější růst vodních rostlin a řas a tak i značné poklesnutí estetické hodnoty přiléhajících povrchových vod a redukci kyslíku ve vodní hladině (CCC n. d.), což je dalším důvodem pro využívání přiměřeného množství dusíkatých a fosforečných hnojiv zachycujícím i podklad pro zajištění ekologicky udržitelného stavu vodních ekosystémů.

Dalším ukazatelem, jenž by měl být nutně brán v úvahu, je dodržování vhodného osevního postupu při pěstování vybrané plodiny. Správné střídání polních plodin, uvažuje-li se obecně o zařazení řepky do osevního sledu, zabraňuje hromadění patogenů, škůdců a semínek plevelů brukvovitých rostlin. Základním fyto-sanitárním opatřením, jímž by ideálně měl být řízen proces plánování osevního sledu na konkrétním pozemku, stanoví, že by se podíl řepky a jiných odrůd podléhajícím stejným nemocím (tj. nemocím brukvovitých) neměl přesahovat 25-procentní hranici, jinými slovy, by se kultivace daných rostlin na stejném pozemku měla provádět ideálně s 3-4 ročními přestávkami. Je naprosto logické, že opětovné vysazení řepky ovlivňuje i ekonomickou stránku podnikání s danou plodinou, a to tak, že se jí zvyšují výdaje na chemické prostředky nicméně dovolující alespoň částečné zachování kladných výsledků hospodaření, a že se nevyhnutelně snižuje úroda plodin. Jak je vidět z diagramu č. 5, pěstování řepky po sobě je spojováno se skoro pravidelným poklesem výnosu někdy i do 15 %. Je si třeba uvědomit, že se znázorněné v diagramu č.5 údaje vztahují již k období, ve kterém došlo k adaptaci v kanadském zemědělství HT-systémů výrazně usnadňujících regulaci plevelů a tím i zabezpečujících vyšší úrodu, tedy lze předpokládat, že by se za použitím tradičních pěstitelských systémů jednalo o tím razantnější rozdíl.

Diagram 1 Výnosy kanoly v provincii Saskatchewan v závislosti na rozměru zvolené fyto-sanitární přestávky pro opětovné pěstování vybrané plodiny.



Zdroj: Canola Council of Oil (2021)

Ve vztahu k HT-systémům je využití krátkodobých fyto-sanitárních přestavek také spjato s nepříznivým dlouhodobým účinkem spočívajícím v formování u plevelů rezistenci vůči používaným chemickým látkám.

Výsadba osiva by měla být prováděna ve chvíli, když je v půdě vytvořeno optimální mikroklima pro bobtnání a následné klíčení semen. Přitom by teplotní režim půdy na hloubce uložení semen měl být 5–8°C. Řepkové semene je poměrně malé, a proto k získání jednotných výhonků vyžaduje řepkové semene vlhké, jemně hrudkovité, dobře usazené a zhuštěné seťové lůžko, mnoho autorů rovněž doporučuje vyhnout se dalším zbytečným úpravám půdy, např. orby, vláčení, diskování aj., neboť mohou vést k velké a někdy nenapravitelné ztrátě produktivní vlhkosti, hrudkovitým a nerovným povrchovým půdním podmínkám. (Hammond 2011)

### 3.4 Přehled rozvoje industrie.

#### 3.4.1 Historie a současný stav industrie.

Na celkovém trhu olejnaté kultury řepky z rodu *Brássica* a – diskurzivně – jejich deriváty zaujímají prominentní postavení: z hlediska roční produkce si řepka po celá desetiletí trvale drží druhou pozici mezi všemi olejninami, její podíl z celkového počtu olejnatých plodin vyprodukovaných ve světě za rok 2018 dosáhl necelých 10%, ustoupiv prvenství pouze sóji luštinaté. V tabulce č. 2 v rámci názorné ukázky je zaznamenána světová produkce hlavních druhů olejnin v posledních letech.

Tabulka 2 Světová produkce hlavních olejnatých semen (v mil. tun)

Rok	2016/2017	2017/2018	2018/2019
<b>Olejninny</b>	Celková produkce (v mil.tun)		
<b>Kopra</b>	5,2	5,8	6,0
<b>Palmová jádra</b>	16,2	17,5	18,1
<b>Bavlníkové semeno</b>	39,8	44,6	43,4
<b>Podzemnice olejná</b>	41,9	42,3	40,7
<b>Slunečnicové semeno</b>	50,1	50,3	53,6
<b>Řepkové semeno</b>	71,5	75,9	73,1
<b>Sójové boby</b>	350,5	345,1	365,6
<b>Celkem</b>	575,2	581,5	600,5

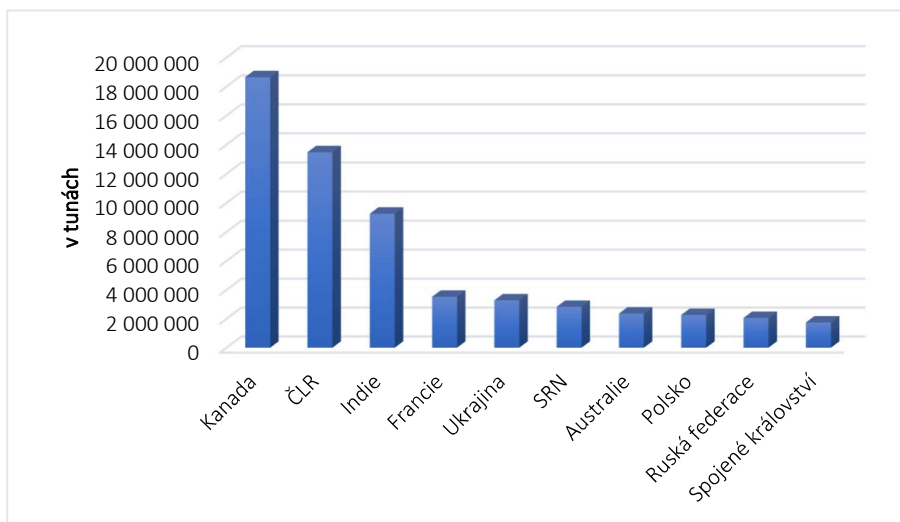
Zdroj: FAO

Kultury rodu *Brassica* se začaly používat v předkřesťanské éře: využití rostlinných odrůd tohoto rodu se podle některých zdrojů datuje rokem 1500 před naším letopočtem v Indii a rokem 1000 př. Kr. v Číně (Booth 2004), podle J. Bellu zápisky řeckých autorů také zaznamenávají použití hořčice (pravděpodobně *Brassica nigra*) a různých odrůd zelí (*Brassica oleracea*) v Evropě během stejného období. (Bell 1982) Údaje o časném používání konkrétně řepky ukazují

na poměrně dlouhou historii této plodiny v lidské kultuře: například G. Boutler tvrdí, že podle sanskrtských dokumentů byla řepka využívána v Indii a později v Číně v teplé i studené kuchyni a v roli pohonné látky pro olejové lampy již od 2000 Př.n.l. Řada autorů se také shoduje na tom, že rozšířené pěstování řepky v Evropě začalo až ve středověku (kolem 13. století našeho letopočtu), přičemž sporadické dřívější použití rostliny nadále spočívalo ve výrobě z její semen oleje zužitkovaného jako zdroj energie a v jejím využití pro produkci mýdla. (Boutler 1983) Historický rozkvět výroby řepky v Evropě byl zaznamenán v 19. století, když v roce 1862 výroba v jedné Francii se konala na 200 tis. hektarů (za účelem referenčního porovnání uvedeme, že v roce 1939 plocha výroby spadla na 6 tis. hektarů, v roce 2019 již činila přes 1100 tis. hektarů), nicméně evropská produkce k polovině dvacátého století výrazně poklesla v důsledku umíněné odezvy na vývoj využití ropných olejů a zemního plynu pro osvětlení. (Baranyk 1999) K zpětnému nárůstu produkce a rozmachu industrie na území Evropy došlo až v druhé polovině 20. století, což bylo spuštěno hlavně hořkou zkušeností přerušení pravidelného importu oleje během válečného období a s tím související snahou zajištění potravinové soběstačnosti. (Duan 2011) Pěstování řepky na Skandinávském poloostrově a na teritorii východní Evropy a Asii bylo široce adaptováno již k počátku 19. století, přičemž zatímco ve většině východoevropských zemích v posledních letech dochází k celkovému vzestupu osevních ploch a sklizní, v nordických státech celkové množství produkce řepkového semene spíše stagnuje.

V současné době (na rok 2019) se řepka světově pěstuje na více jak 34 mil. hektarů a celková světová produkce řepkového semene se pohybuje kolem 70 mil. tun ročně. Hlavním producentem, jak bylo řečeno úvodem práce, je Kanada (neagregujeme-li jednotlivá území do uskupení), za níž následuje ČLR a Indická republika. Desítka největších producentů řepkového semene v roce 2019 je zachycena v diagramu č.1.

Diagram 2 Hlavní světoví producenti řepkového semene, 2019.

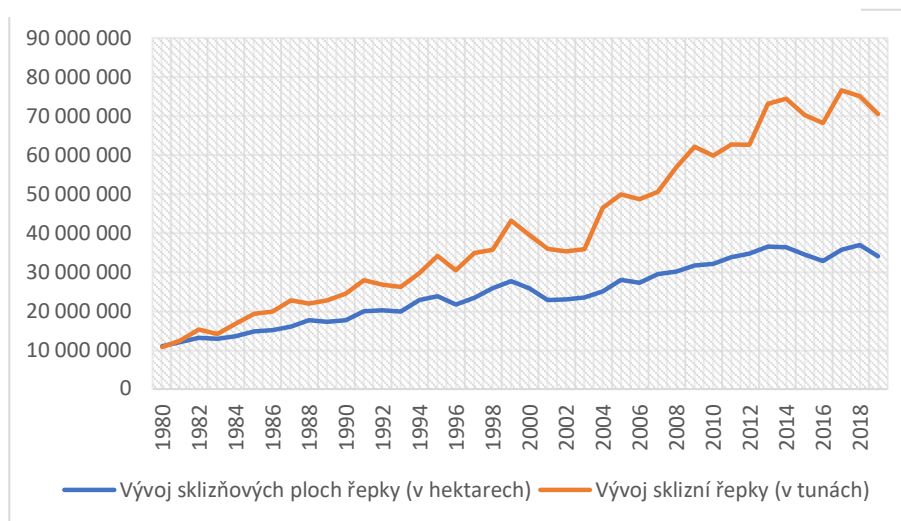


Zdroj: FAO

Počítáme-li se sjednocenými prvky, stále největším producentem řepky zůstává Evropa (23.2 mil. tun, 2019), z toho na EU (včetně Velké Británie) připadá 17, 02 mil. tun celkové produkce, s tím, že již 2 roky po sobě samotná Kanada vyrábí více řepkového semene než celá EU.

Graf č.1 zachycuje historický vývoj sklizňových ploch a celkových sklizní ve světovém měřítku: prudký nárůst světové produkce je, jak je zřetelné z grafu, definitivně spojován s vývojem vysoce výnosných kultivarů a účinnějšími pěstitelskými systémy a zemědělským praktikami. Nemalou část z pozorované expanze řepkových ploch lze také přisuzovat lepším (v rámci historického porovnání) vlastnostem oleje a řepkových pokrutin u nově vyvinutých odrůd a rostoucím zájmem o biopaliva.

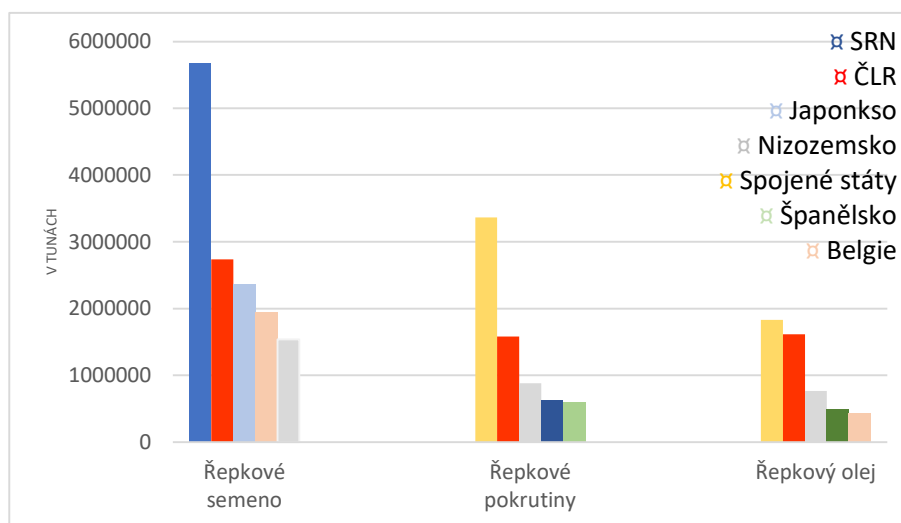
Graf 1 Vývoj sklizní a sklizňových ploch vybrané zemědělské plodiny.



Zdroj: FAO (2021)

Hlavní importéři řepkového semene a jeho sekundárních produktů za rok 2019 jsou znázorněni v diagramu níž. Jak je dobře vidět z diagramu, hlavním dovozcem řepkového semene zůstává SRN, řepkové pokrutiny a řepkový olej je v největším množství dovážen Spojenými Státy Americkými, stále významným dovozcem je Čína, jež importuje přibližně jednu šestinu světového objemu importovaných řepkových produktů.

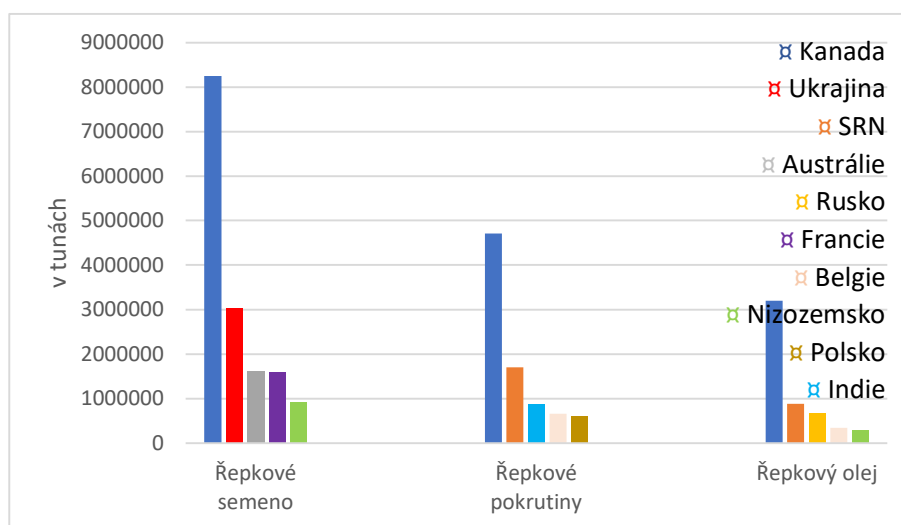
Diagram 3 Hlavní světoví importéři řepkového semene, řepkového oleje a řepkových pokrutin. Zdroj: FAO (2021)





Hlavními exportéry řepkového semene a jeho derivátů nepřekvapivě zůstávají Kanada, Ukrajina a Austrálie, přičemž podle odhadu budou tyto země do roku 2026 pokrývat 75% světového vývozu. Ročně se z Kanady a Austrálie vyváží více než polovina tuzemské produkce řepky. (FAO/OECD 2020)

Diagram 4 Hlavní světoví exportéry řepkového semene, řepkového oleje a řepkových pokrutin.



Zdroj: FAO (2021)

### 3.4.2 Stručný historický přehled industrie v Kanadě.

Trh s řepkou konkrétně v Kanadě se začal plně rozvíjet až v devatenáctém století: příchod průmyslové revoluce a vývoj parních strojů vyvolaly prudký nárůst poptávky po mazivech, k výrobě kterých řepkový olej dokázal být vynikající ingrediencí vzhledem k jeho olejnatosti, vysoké viskozitě a poměrně vysoké teplotě vzplanutí (Громов 1958), tyto vlastnosti v značné míře souvisejí s vysokým obsahem kyseliny erukové; jelikož řepkové kultury nebyly původní taxonomickou jednotkou Severní Ameriky, jejich zástupce byly v průběhu 19. století do země pouze importovány a jejich bezprostřední pěstování nebylo zahájeno až do vypuknutí druhé světové války, v podmínkách které došlo ke značnému omezení zahraničního obchodu a simultánnímu prudkému růstu poptávky po průmyslovým olejům. (CCC 2018) Synergické

působení těchto dvou faktorů podnítilo, jak bude i graficky prokázáno v následující kapitole, výrazné zvýšení produkce řepky.

Po skončení válečného konfliktu propagace pěstování řepky byla nadále aktivně stimulována státem z důvodu velkého potenciálu dané plodiny pro průmyslové i hospodářské využití, teoretické možnosti adaptace rostliny k lidské spotřebě, usilování státu o nabytí komoditní soběstačnosti a o diversifikaci prérijního agrárního sektoru a velkých nevyužitých produkčních kapacit. Detailně rozebírat řady výzkumných programů zaměřených na rozvoj řepkové industrie není účelem dané práce, proto zde budou vyznačeny pouze zásadní cíle, jež byly stanoveny zřízeným v roce 1964 Federálním Úřadem Industrie. Určenými úlohy a směry dalšího vývoje industrie konkrétně byly:

- (i) Expanze a zefektivnění drticích systémů;
- (ii) Dosažení požadované kvality řepkového semene a jeho sekundárních produktů;
- (iii) Vyšlechtění kultivarů nabízejících zemědělcům jasnou ekonomickou výhodu oproti alternativním olejnatým plodinám. (Bell 1982)

Lze s určitou jistotou tvrdit, že úspěšná realizace všech výše vyjmenovaných cílů zajistila současný rozkvět produkce řepkového semene v Kanadě a její vedoucí postavení na světovém trhu.

### **3.4.3 Oblasti využití rostliny a jejích sekundárních produktů.**

Výhody vybrané plodiny jsou nepopíratelné: je široce používána především v oblastech průmyslu a zemědělství, přičemž určitému využití jsou podrobeny skoro všechny části rostliny, z toho důvodu lze do jisté míry hovořit o bezodpadovou metodu výroby. Hlavním produktem získávaným po lisování řepkových semen je, jak by již mělo být očividné z předchozího výkladu, řepkový olej; po lisování jsou také obdržovány řepkové pokrutiny a šroty, jež jsou běžně využívány ke krmení hospodářských zvířat. Zelená hmota rostliny může být zužitkována pro ekologické hnojení, případně jako zdroj obnovitelné energie nebo též krmivo. (Vašák 2000)

Oblasti spotřeby řepkového oleje či té či jiné formy jeho zužitkování jsou poměrně rozsáhlé a jeho aplikace může být nalezena především ve studené či teplé kuchyni, v medicíně při výrobě léčiv, v kosmetické výrobě, v průmyslu, kdež je olej s vysokým obsahem kyseliny erukové spotřebováván v procesu výroby biologicky odbouratelných průmyslových maziv aj.

Převážná většina řepkového oleje je stále rafinovaná pro použití v potravinářství. Zařazení rostlinného oleje a živočišných tuků do lidské výživy je nesmírně důležité a ve dnešní době může být nenáležitě podceňováno. Lipidy jak takové jsou strukturními složkami buněčných membrán, slouží zásadním zdrojem energie, vytvářejí rezervu energetického materiálu, podílejí se na vykonávání řady regulačních funkcí, dále přispívají k asimilaci některých vitamínů (A, B, E, K), dodávají esenciální mastné kyseliny aj. (Leticia 2012)

Nakonec v poslední době roste veřejný zájem o využití řepkového oleje k výrobě MEŘO (metylester řepkového oleje), jenž je součástí motorové biologické nafty.

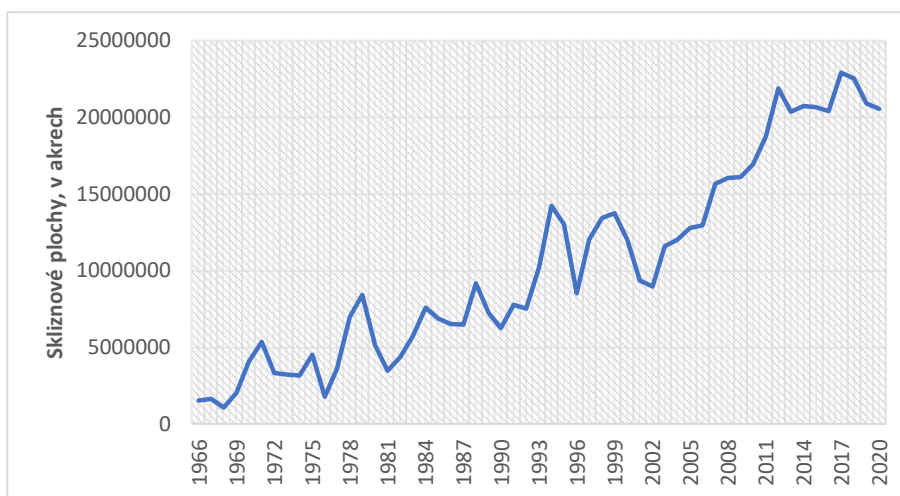
### **3.5 Stručný přehled přínosů a rizik souvisejících s GM canolou.**

#### **3.5.1 Ekonomické souvislosti pěstování GM-canoly na příkladě Kanady.**

Ekonomickou hodnotu a úspěch toho či onoho nového produktu lze podmíněčně ocenit za pomoci několika ukazatelů: rozsah výroby, cena výroby, rentabilita výroby, bilance zahraničního obchodu s produktem. Aplikací daného přístupu k rostlinné výrobě a další disagregací jednotlivých složek lze stanovit následující kritéria pro hodnocení ekonomického dopadu nové odrůdy/druhu plodin na mikro- a makro- ekonomiku: změna v osevních plochách plodiny, změna průměrného výnosu, rozdíl v nákladech na vstupy, změna nutriční hodnoty, změna hodnot exportu a importu. Jelikož vyhodnocení ekonomického dopadu pěstování GM-canoly místo canoly konvenční bude provedeno v praktické části práce, v dané kapitole bude pouze krátce zohledněn obecný ekonomický efekt implementace transgenních systému do zemědělského sektoru vybrané země.

V odborné literatuře je často uváděno, že jedním ze zásadních ekonomických přínosů pěstování transgenní canoly je umožnění zasévání dříve nedostupných (vzhledem k náročnosti canoly na kontrolu plevel) ploch a tím i posílení celého národního hospodářství. Následující graf ilustruje vývoj osevních ploch vybraných druhů rodu Brassica v období 1965-2020 a, jak se ukáže z jeho analýzy, tuto tezi potvrzuje. (Pechlaner 2012)

Graf 2 Vývoj skliznových ploch řepky v Kanadě, 1966-2020



Zdroj: Canola Council of Canada

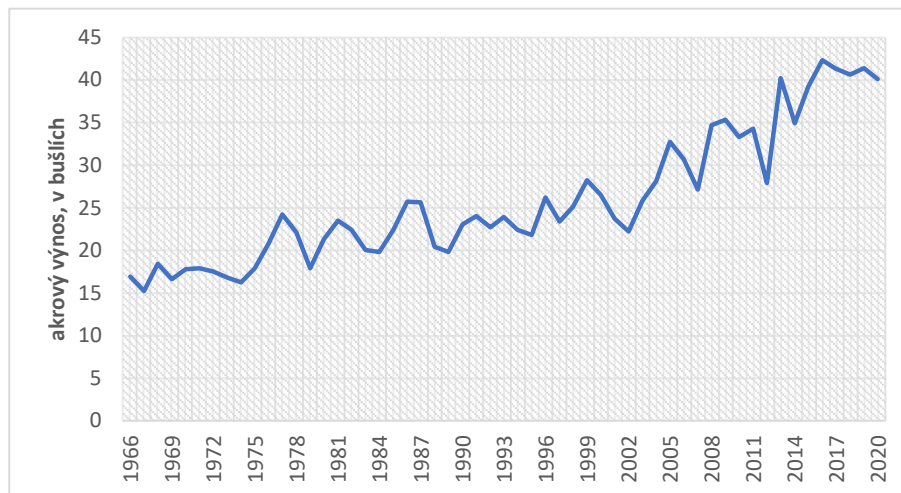
Jak již bylo zmiňováno na začátku kapitoly, do vypuknutí druhé světové války ani Brukev řepák, ani Brukev řepka se na teritoriu Kanady nepěstovaly (resp. pouze v minimálních množstvích v individuálních domácnostech), a rozšíření ploch jejich pěstování bylo spuštěno prudce vzniklými potřebami vojensko-průmyslového komplexu a odpovídalo celkové expanzi zbrojního průmyslu, zřetelný nárůst produkce brukví byl pak logicky pozorován hlavně ve válečném období a v prvních poválečných letech s vrcholným množstvím produkce zaznamenaným v roce 1948. (Bell 1982) Za dobu války se kanadskému vojenskému sektoru podařilo dosáhnout necelých osmi procent sumární munice vyrobené pro Britské společenství národů z prakticky nulových hodnot průmyslové výroby v předcházejících válce rocích, největšího úspěchu bylo docíleno v produkci motorových vozidel, jež činila 20% celkové výroby Velké Británie, Kanady a Spojených států. (Stacey 1970) V první polovině padesátých byly naopak registrovány již pouze mizivé plochy oseté brukví vzhledem k snížené poptávce po

mazivech. Bohužel konkrétní údaje pro období do roku 1965 nejsou přístupné a nelze popsané tendence převést do grafického zobrazení.

V předloženém grafu lze již ovšem pozorovat celkový rostoucí trend sklizňových ploch, jenž má po většinu sledovaného období přibližně lineární podobu s periodickými výkyvy s největší pravděpodobností vysvětlovanými nepříznivým počasí jednotlivých let. Z grafu je také viditelné, že se od počátku 21. století, neboli od chvíle prosazení GM canoly v kanadském zemědělství, sklon vývojové křivky stává strmější a zároveň je pozorováno celkové snížení intenzity ročních fluktuací.

V důsledku implementace GM-systémů také došlo ke zvýšení průměrných akrových výnosů přibližně o 50-60%. Tato skutečnost je zase zachycena v grafu č.3. Podrobněji porovnání úrody transgenických a konvenčních plodin bude uskutečněno v rámci praktické části práce.

Graf 3 Průměrné hektarové výnosy řepky v Kanadě, 1966-2020



Zdroj: Canola Council of Canada

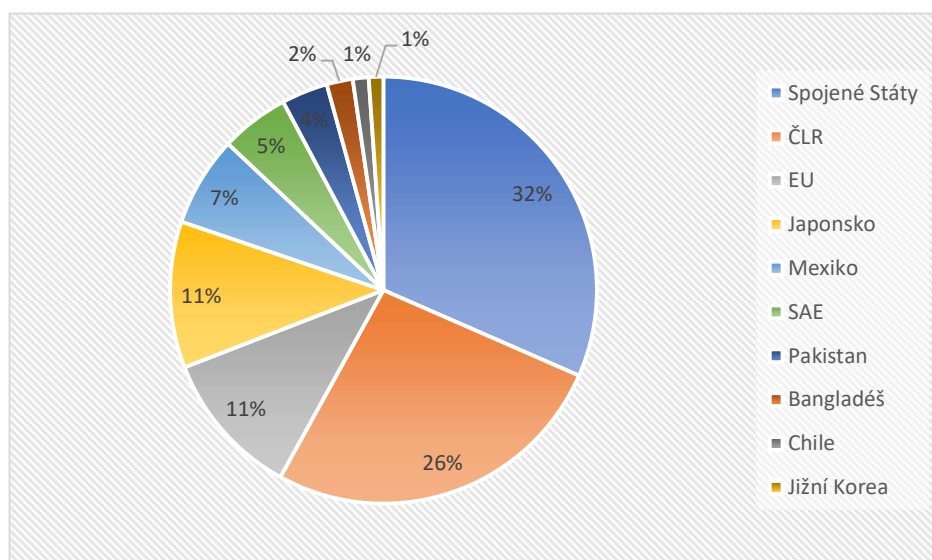
Z grafu č.3 je také zřejmé, že průměrné akrové výnosy konvenčních plodin též vzrostly, a to zase vzhledem k rozsáhlým šlechtitelským programům v Kanadě a díky vývoji mnoha hybridních odrůd, jež mají agronomické výhody oproti nehybridním typům. (Duan 2011)

Obecně tedy lze dedukovat, že hlavním ekonomickým přínosem GM odrůd je intenzifikace výroby a zvýšení hektarových výnosů v obou případech docílených díky značnému usnadnění

regulace plevelů. K analogickým výsledkům přichází většina výzkumů, jež jsou vyjmenovány začátkem praktické části a, aby se předešlo nadměrným duplikacím, se nebudou tady uvádět.

Dodržujeme-li dříve uvedený postup, je dále vhodné krátce popsat zahraniční obchod s vybranou plodinou: jedním z hlavních dovozců řepkového semene dlouhodobě zůstává Japonsko, jež v současné době vykoupí 19,5% celkové hodnoty kanadského exportu. V posledních letech se významnějšími odbytovými trhy ovšem stávají EU, Mexiko a SAE, nejvyšší množství řepkového semene je dlouhodobě importováno ČLR. Počítáme-li pak i s exportem sekundárních produktů, největší hodnotu importu vykazují Spojené Státy (11.9 bil.dolarů), ČLR (3.1 bil. dolarů), EU a Japonsko (1.3 bil.dolarů). Hlavní dovozci kanadské canoly jsou znázorněny v diagramu č.

Diagram 5 Hlavní dovozci kanadské canoly v roce 2019



Zdroj: Canola Council of Canada

Globálních změn odbytových trhů po přechodu kanadského zemědělství na transgenní systémy se neobjevilo; se zvýšením sklizní a osevních ploch pak logicky vzrostla i hodnota exportu, a to přibližně o 186%. (FAO, 2021)

Zhodnocení celkového ekonomického efektu implementace GM-systémů je poněkud obtížné, nicméně se někteří autoři pokoušejí o jeho vyjádření. Brookes a Barfoot tak stanoví, že celkově adaptace GM-canoly za období 1996-2018 vnesla do ekonomiky Kanady 6,608 mil.

dolarů s tím, že průměrný čistý zisk z hektaru v uvedeném období činil 58 dolarů. Jak je jasné (Brookes 2020)

### 3.5.2 Stručný přehled ostatních dopadů

Na rozdíl od některých jiných GM plodin, jejichž enviromentální dopady jsou zcela jasné, resp. se prostá většina autorů shoduje v konečných úsudcích, problematika vlivu GM canoly na životní prostředí je stále velice kontraverzní především vzhledem ke snadnému křížení B. napus s příbuznými druhy, tendenci druhu k sekundární dormanci a snadné perzistenci rostliny v pěstitelských systémech. Dalším kontraverzním tématem ve vztahu ke geneticky upravené canole se občas stává otázka nutriční hodnoty výsledného oleje a řepkových pokrutin, ovšem řadou výzkumu bylo prokázáno, že genetická modifikace nemá žádný vliv na jakost sekundárních produktů. Sociální dopady canoly jsou těžko zjistitelné a výzkumů zabývajících se danou problematikou je poměrně málo. V rámci dané kapitoly budou zohledněny pouze ty nejktraverznější dopady pěstování GM canoly.

#### 3.5.2.1 Aplikace herbicidů

Ve své nedávné publikaci zabývající se zkoumáním různých souvislostí mezi herbicidy a HT GM canoly kanadská nezávislá organizace CBAN (Canadian Biotechnology Action Network) předkládá data potvrzující značné zvýšení celkových prodejů herbicidů na kanadském území: drastický nárůst prodejů byl zaznamenán zejména za období 2006-2017 s celkovým přibližně 2,5-krátím navýšením počtu prodaných jednotek. (CBAN 2020) Další instituce CAREX (CARcinogen EXposure) hostující na univerzitě Simona Frasera na svých webových stránkách sděluje údaje odrážející prudký nárůst množství prodaného glyfosátu v první dekádě 21. století, tendenci pozorovanou ve mnoha provinciích Kanady a očividně znepokojující vědeckou komunitu a širokou veřejnost. (CAREX n. d.) V této souvislosti je třeba položit dvě základní otázky: jaké dopady na životní prostředí a okolní organismy mají látky s herbicidním účinkem, jejichž aplikace se výrazně zvýšila, a je-li pozorované zvýšení přímým následkem zavedení do agrosystémů geneticky modifikovaných odrůd.

Glyfosát je hlavní účinnou látkou přípravku Roundup a je širokospektrálním silným herbicidem velice toxickým pro téměř všechny druhy plevelů napříč mnoha různými rody plodin, mechanismus jehož působení byl představen v předchozích kapitolách. Budeme-li se držet dříve vymezeného schématu, je třeba prvně vyhodnotit rizika spojovaná s nezáměrným proniknutím glyfosátu do lidského organismu buď v průběhu jeho aplikace nebo spotřebou výrobků obsahujících stopy herbicidní hmoty. V této souvislosti se během posledních desetiletí vzniklo několik seriózních kontroverzí: vyslovovali se podezření, že využívání herbicidu může vyvolávat řadu závažných nemocí, včetně například Parkinsonovy choroby, rakoviny a neplodnosti. (Gillam 2013) D. Buffin a T. Jewell ve svém reportu dále prohlašují, že glyfosát prokazuje vysokou toxicitu a je častým důvodem akutní otravy. (Buffin 2011) Některé studie dále spojují působení reziduí glyfosátu v trávicí soustavě člověka s rozličnými chronickými onemocněními, mimo jiné, například s obezitou, kardiovaskulárními onemocněními, depresí a Alzheimerovou chorobou aj., které dle autorů vznikají v souvislosti se schopností glyfosátu inhibovat hemoproteinové enzymy ze skupiny CYP 450 zastávajících vážnou roli především v různých oxidačních endogenních i exogenních reakcích a v metabolismu xenobiotiků. (Sansel 2013) Obavy jsou též odedávna vyjadřovány vůči domněle karcinogennímu charakteru látky: jednou z prvních studií zmiňujících potenciální karcinogenitu glyfosátu stal výzkum, jenž se pokoušel posoudit souvztažnost některých pesticidů a formování Non-Hodgkinových lymfomů – v rámci této studie bylo zaregistrováno, že expozice glyfosátu zvyšuje riziko NHL, ovšem vzhledem k celkem nízkému počtu exponovaných subjektů (experimentální skupina n=4, kontrolní skupina n=3) konečné závěry nemohly být vyvozeny. (Hardell 2000) Výsledky řady studií také předpokládalo genotoxicitu glyfosátu: v jedné studii kupříkladu bylo prokázáno cytogenetické poškození myší kostní dřeně při její expozici glyfosátu i Roundupu. (Bolognesi 1997) Žádná z daných studií nicméně nedisponuje dostatečnou důkazní základnou: posudky kanadské agentury Health Canada (HC), Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA), agentury Spojených států pro ochranu životního prostředí (EPA), organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (FAO) a Světová zdravotnická organizace (WHO) usuzují, že glyfosát je bezpečný, jelikož ani samotný glyfosát, ani primární produkt jeho rozkladu kyselina aminomethylfosfonová (AMPA) nejsou spojeny se žádnými známými účinky na lidské zdraví, hladina reziduí glyfosátu v potravinách je nízká a



nepředstavuje žádné ověřené ohrožení zdraví lidí či jiných živočichů, především i proto, že glyfosát narušuje šikimátovou cestu, jež neexistuje u vyšších živočichů a lidí. (Kolakowski 2020); dříve citována studie Sansela a Sennefa také prokázala nemít postačující evidenční a vědeckou základnu, viz. R. Masnage a M.N.Antoniou. (Mesnage 2017) Je třeba ovšem podotknout, že ve vyšších koncentracích je glyfosát toxický a může způsobit, dojde-li k expozici, podráždění očí a kůže, závrať či žaludeční nevolnost, polykání může vést k snížení krevního tlaku, abdominální bolesti aj., potenciální výsledky jsou závislé na délce expozice a na dávce, s mediální letální dávkou (orální) 4,320 mg/kg, tj. je glyfosát relativně málo toxický. (USDA 1997) Vzhledem k znepokojení široké veřejnosti HC publikovalo přehodnocení bezpečnosti glyfosátu s důkladným rozbořením studií předpokládajících karcinogenitu či genotoxicitu glyfosátu, agentura opakovaně potvrdila bezpečnost látky, jsou-li dodržovány limity expozice a MRLs (Maximum Residue Limits) v potravinách stanovené HC. (PMRA 2017) Předmětem diskusí se též často stává surfaktant polyoxy-ethylenamin (POEA), nicméně u výrobků obsahujících POEA nebyla zjištěna žádná rizika, pokud POEA nepřesáhne 20% od celkové hmoty. (PMRA 2017)

Obdobné kontroverze vznikají ohledně dopadů glyfosátu a jeho obsahujících herbicidů na životní prostředí, celkovou tendenci lze nicméně shrnout následujícím způsobem: při použití podle revidovaných pokynů na etiketě se neočekává, že by přípravky s účinnou látkou glyfosát představovali riziko pro životní prostředí a necílové rostliny či organismy. (PMRA 2017) Nejvíce byla zpochybňována bezpečnost glyfosátu pro necílové sladkovodní, mořské či říční organismy, například byla prokázáno, že nízké dávkou glyfosátu vyvolávají značné negativní efekty na hrotnatky velké (*Daphnia Magna*). (Cuhra 2013) Ovšem za předpokladu správného využití a předcházení vstupu vysokých dávek herbicidů do vodních ekosystémů se averzní efekty na vodní organismy neočekávají, celkově expozice glyfosátu životního prostředí v koncentracích spojovaných s běžnou aplikací herbicidu nebo například s úletem postřikové kapaliny neměla by být závažnou. (Duke 2008) Výzkum bezprostředně uskutečněný na teritoriu Kanady (Ontario) uvádí, že z přibližně 500 vzorků povrchové vody žádný prokázal koncentraci glyfosátu přesahující stanovenou mez 65 mikrog. a.e./L. (Struger 2008)

Hlavní regulační agentury stále považují glyfosát a jeho formulace za bezpečné především vzhledem k tomu, že je snadno absorbován povrchy rostlin, pevně se váže do půdy, riziko jeho

uvolňování (též uvolňování AMPA) do vodních systémů je nízké, glyfosát je celkově méně biologicky dostupný než jiné herbicidy, není perzistentní, je snadno degradován bakteriemi a houbami v půdě (Kolakowski 2020), je pouze lehce toxický pro ptáky a savce, prakticky netoxický pro ryby a včely. (EPA 1993) Nicméně navzdory výhodám glyfosátu k úplnému vyhodnocení jeho účinků jsou zapotřebí další údaje.

O glyfosátu se v relaci k HT – GM – canole hovoří proto, že, jak již bylo uvedeno na začátku, se zavedením plodin tolerantních k glyfosátu míra využití daného přípravku se prudce vzrostla, zároveň dle některých autorů vzrostla intenzita využití pesticidů celkově. Interpretaci pozorované změny lze provádět na úrovni patřičně nuceného využití jediné vhodné látky, která je málo toxická pro okolí a rovněž neúčinná vůči cílové rostlině, ovšem též i růstem celkových ploch zrovna těch plodin, jež jsou ke konkrétnímu herbicidu rezistentní. Někteří autoři naopak spojují zvyšující se aplikace herbicidů přímo s GM plodinami, proto je za potřebí určit, zda pozitivní korelace mezi implementací GM systémů a zvednutím aplikované dávky skutečně existuje. V rámci dané problematiky se také objevuje otázka rezistence vůči herbicidům necílových plevelů a únik canoly či výskyt canoly jako plevelu, čemuž budou věnovány pozdější odstavce.

C. Benbrook ve své studii zabývající se dopady pěstování HR plodin na teritorium Spojených Států na sumární množství využívaných herbicidů přichází k závěru, že v dlouhodobém měřítku kultivace HR plodin nevyhnutelně vyvolá vzrůst aplikování herbicidů v důsledku (i) postupného snižování aplikační dávky jiných herbicidů než glyfosát na plodiny bez HR znaku, (ii) vzniku a rapidního šíření plevelů majících rezistenci vůči glyfosátu. Dále Benbrook na základě údajů NASS odhaduje podstatný nárůst aplikace herbicidů v USA v období 1996-2011, jenž kumulativně činil 239 milionů kg. (Benbrook 2012) Sice se zmíněné trendy skutečně odehrávají, jejich příroda pravděpodobně může dokázat být natolik komplexnější, že stanovení bezvadného kauzálního vztahu bude velmi problematické, rovněž je obtížné definovat skutečný vývoj využití herbicidů zemědělci, nedošlo-li by ke změně pěstitelských systémů. Ve svých výpočtech se Benbrook patrně nepočítá s potenciálním vznikem rezistenci i u plevelů konvenčních plodin vůči herbicidům, jejichž vlivu by byly osevnické plochy podrobeny v průběhu několika let, zapříčiňující další nárůst nanášených herbicidů či potřebu zásadních změn pěstitelských praktik.

Na druhou stranu, kvantitativní prvenství glyfosátu teoreticky mohlo výrazně urychlit proces adaptace k němu plevelů.

Jedná z prvních studií na teritoriu Kanady porovnávajících celkový výkon geneticky upravené canoly s canolou tradiční, jež byla provedena v roce 2000, tj. v období, kdy podíl osevních ploch transgenní a konvenční canoly byl přibližně stejný (50:50), identifikovala, že herbicidní vstupy u transgenních systémů byly o 40% nižší než u konvenčních (resp. v peněžním vyjádření 16,22\$ na akr pro transgenní systémy, 21.72\$ pro konvenční). (CCC 2001) Přibližně ke stejnému závěru dospívají T. Geil (Brimner) a její kolegové, jež zaznamenaly 43-procentní pokles herbicidní zátěže za období 1995-2000 (1995–100% konvenční canola, 2000–20% konvenční, 25% – HT Clearfield) (Geil 2004) Nedávný výzkum Brooksa a Barfoota předpokládá reálnější snížení použití herbicidů o 24% (o 3 mil. kg. účinné látky) za období 1995-2015 ve srovnání s rozumně očekávaným množstvím herbicidů, jež by byl použit, kdyby byla tato oblast vysazena konvenční canolou. Zpomalení tempa snížení využití herbicidů je vysvětlitelné již několikrát zmíněným vyvinutím herbicid rezistentních plevelů a šířením se celkových osevních ploch canoly. Dále Brookes uvádí, že v porovnání s rokem 2006, kdy pouze ¾ tolerantních vůči glyfosátu plodin byla ošetřena kromě glyfosátu i jiným přípravkem (2,4-D trifluralinem, pendimethalinem či jiným), v roce 2015 na všechny pozemky s canolou byl aplikován alespoň jeden přípravek navíc (acetochlor, diuron, parakvat aj.) (Brookes 2017)

V souvislosti s aplikací herbicidů se také často mluví o koeficientu EIQ (Environmental Impact Quotient) navržený k určení dopadu nejčastěji používaných pesticidů na životní prostředí. Některé aspekty působení glyfosátu a glufosinátu na okolní prostředí již byly probrány výš, ovšem bez náležitějšího kontextu enviromentálního vlivu ostatních často využívaných herbicidů. Dříve udaná studie Brooksa předpokládá snížení EIQ koeficientu o 36% za uvedené období alespoň zčásti díky implementaci HT systémů. Brookes rovněž uznává, že účinnost HT-systémů v průběhu času klesá v důsledku aktivního usazování rezistentních plevelů, následkem toho se zvyšuje množství použitých herbicidů a zhoršuje se koeficient EIQ, zároveň Brookes tvrdí, že se průměrné aplikované množství herbicidní účinné látky ve stejném období u konvenční canoly zvedlo o 84%. (Brookes 2017) S těmito tvrzeními by se nicméně též mělo zacházet s určitou mírou skepticismu. O snížení EIQ více než o 40% v důsledku užívání HT-

systemů též hovoří několik dalších autorů (Smyth 2011), ovšem za kratší dobu zkoumání environmentálních efektů transgenních systémů canoly (resp. 1995-2006).

K nejpravděpodobnějším výsledkům dochází J. Lesson, jež ve svém studiu uspořádala namísto imobilního předpokladu aplikace herbicidů v nejnižších doporučených dávkách dotazník zjišťující skutečně aplikované hodnoty. Na základě 500 obdržených odpovědí Lesson oceňuje pokles použití herbicidů o 11.6% a snížení EIQ o 22%. (Lesson 2006)

Jak je patrné z přechozích úvah, stanovit přesnou úroveň změn v herbicidních dávkách v důsledku implementace HT-systémů je obtížné, ovšem se většina autorů shoduje na tom, že alespoň na počátečních etapách HT-systémy mohou mít příznivý vliv na životní prostředí vzhledem k jednodušší regulaci plevelů; nedochází-li ke značnému poklesu herbicidních dávek v dlouhodobém měřítku, je stále málo pravděpodobné, že by k poklesu či stagnaci mohlo dojít při zachování konvenčních systémů. Lze nepochybně usoudit, že transgenní plodiny nejsou žádnou panaceou a na rozdíl od licoměrných prohlášení producentů nenavrhují bezvadné řešení všech problémů s plevelem, zároveň zmenšení EIQ koeficientu lze stále spíše přisuzovat méně škodným účinkům glyfosátu a širokému využití Roundup Ready canoly, pro srovnání v tabulce níže je představen EIQ vypočtený Kovachem pro různé herbicidy, z předvedené tabulky je jasné, že LibertyLink canola teoreticky může mít horší dopady na životní prostředí než herbicidní kombinace používané u konvenčních plodin. Dále je též třeba poznamenat, že se výsledné EIQ mohou lišit v závislosti na východiskách používaných různými autory, EIQ tedy pouze zachycuje relativní hodnotu. Někteří výzkumníci považují EIQ za zcela nevhodný vzhledem k tomu, že je založen na přiřazených hodnotách, ne na kvantitativních údajích. (Kniss 2015) Nicméně EIQ slouží alespoň přibližným indikátorem odrážejícím vzájemné postavení různých herbicidů z hlediska jejich působení na životní prostředí.

Poněkud pochybným se jeví i samotné vyhodnocení dopadů GM v představených výše souvislostech, jelikož stejné problémy vznikají i v netransgenních systémech (např. využití konvenčních systémů, herbicid tolerantních systémů Clearfield), genetické modifikace plodin tedy pouze zajišťují vyšší flexibilitu a poskytují možnost zmenšení dávek herbicidů díky používání účinnějších neselektivních látek bez poškození cílové plodiny. Tak mnozí zemědělci označují, že se pěstování canoly stalo možné v těch místech, jež byly dříve pro plodinu

nepřístupné vzhledem k velice obtížné regulace plevelů. (Pechlaner 2012) Základem ovšem zůstávají rozmanité a správné pěstitelské praktiky, např. zahrnování do systému více druhů herbicidů, jejich střídání, dodržování vhodných osevních postupů aj. Zaměňování některých z výše vymezených pojetí hrozí bud nadbytečnými očekáváním, příp. poškozením agrosystémů, nebo promarněním možnosti dosáhnout lepšího zemědělského výkonu z obou environmentálního i ekonomického hlediska.

### 3.5.2.2 Úprava půdy

Další často uváděnou výhodou implementace HT GM systémů je rozšíření bezorebného obdělávání půdy (tj. „no-tillage agriculture“, též „conservation agriculture“). Běžné zpracování půdy předpokládá převrácení povrchu půdy pomocí náradí tažených traktorem (např. radličný pluh, diskový pluh) za účelem zaorání posklizňových zbytků, zapravení do půdy hnojiv, zamezení aktivnímu růstu plevelů (Egan 2014), nicméně praktika orební činnosti v zemědělství je spojována s půdní erozí, narušením edafonu, nepřímým ovlivňováním klimatu v důsledku uvolnění oxidu uhličitého do ovzduší. Implementace bezorebného obdělávání by mohlo značně zmírnit vyjmenované efekty, ovšem v rámci konvenčního zemědělství jeho eskalaci ztěžuje potřeba častého využití chemikálií a herbicidů, snadné šíření škůdců, chorob i plevelů, nejsou-li osevní plochy včas ošetřovány, komplikovanější hnojení. Možnost aplikace neselektivních herbicidů poskytnutá úpravou genomu rostlin zajistila hromadný přechod zemědělců na šetrnější způsoby pěstování. Dle Smytha v letech 1999 až 2006 došlo u canolových polí k velkému posunu v postupech zpracování půdy od kultivace, orby, vláčení k používání bezorebného zemědělství, autor dále na základě jim provedeného šetření vyvodí, že se ve srovnání s rokem 1999 přibližně o 40% vyrostl počet zemědělců (využívajících jednu z možných HT technologií či jejich kombinaci) praktikujících bezorebné zemědělství. (Smyth 2011) Brzká studie CCC již na počátečních etapách odhalila, že střední počet operací na akr u transgenních plodin činil 1.79, zatímco konvenční plodiny vyžadovaly v průměru 2.63 operací. (CCC 2001) Základní trend je zcela očividný, ale je třeba vnést několik poznámek poněkud svrhujících celkové nadšení: první poznámkou je připomínka Egana o tom, že propagace bezorebných praktik byla zlehčena nejenom adaptací GM rostlin, ale též i jinými faktory. (Egan 2014) Neméně důležitým doplněním je již diskutována problematika vzniku herbicid

rezistentních plevelů, nyní v jiném kontextu: Owen tvrdí, že zdánlivá jednoduchost regulace plevelů spolu se zmenšenými náklady na energii nabízenými bezorebnými technologiemi polevily ostražitost zemědělců a negativně ovlivnily rozmanitost agrotechnik a přizpůsobivost agroekosystémů (Owen 2009) Zanedbání technik IWM (Integrated Weed Management) vedlo k dnes často pozorovanému množení plevelů rezistentních vůči řadě herbicidů, následně ovšem nejenom k postupnému zpětnému zvýšení herbicidních dávek, ale též k případné potřebě návratu ke konvenčnímu zemědělství v tom či jiném rozsahu. (Brookes 2017)

Na závěr lze říci, že odmítání zřejmého pozitivního efektu HT systémů na šetrnější způsoby obdělávání, jež značně přispívají k retenci vody půdě, zvyšují míru sekvestraci uhlíku, nepřímo snižují emisí plynů díky nižší spotřebě energie, celkově redukuje enviromentální zatížení prostředí, zároveň poskytují zemědělcům vyšší ekonomickou flexibilitu zajišťovanou snížením celkových nákladů (náklady na strojní zařízení, časové náklady, výdaje na pohonné hmoty aj.) je poněkud spekulativní. Nicméně je zapotřebí si uvědomovat, že příznivý účinek HT systémů může být zcela převrácen nadměrným spolehnutím na nich a homogenizací zemědělských praktik.

### 3.5.2.3 Otázka biodiverzity

Úmluva o biologické rozmanitosti uvádí definici biodiverzity v následující podobě: „Biodiverzitou se rozumí variabilita mezi živými organismy libovolného původu včetně, inter alia, suchozemských, mořských a jiných vodních ekosystémů, ekologických komplexů, jejichž součástí dané organismy jsou; variabilitou se (v daném kontextu) míní variabilita mezi druhy a ekosystémy a uvnitř nich“. (CBD 2006) Během posledních několika desetiletí otázka zachování maximální biodiverzity stala jednou z klíčových v důsledku pochopení významnosti biologické rozmanitosti pro blahobyt všeho živého a vzájemnou propojenost všech ekosystémů, biodiverzita je tedy pramenem ekonomických, estetických, zdravotních a kulturních přínosů. (Ammann 2009) V této souvislosti není ku podivu, že rozumovost zavádění GM plodin do životního prostředí je zpochybňována i z hlediska jejich potenciálního vlivu na biodiverzitu. Při obvinění GM systémů z poškození rozmanitosti ekosystémů kritikům se často uniká několik aspektů:

- (i) libovolná zemědělská činnost je zásahem do přírodních ekosystémů apriori je modifikujícím a ohrožujícím místní biodiverzitu; běžně uváděným znázorněním této skutečnosti je fakt, že z přibližně 7000 druhů plodin vhodných k lidské stravě, pouze čtyři kryjí až polovinu spotřebovaných kalorií (odhad)
- (ii) druhová a genetická rozmanitost v jakémkoli agroekosystému bude nevyhnutelně nižší než v přirozených či polopřirozených ekosystémů (iii) potenciální vliv GM plodin na biodiverzitu (bud pozitivní, nebo negativní) není zásadně odlišný od jakékoli jiné změny v zemědělské praxi (Conner 2003) (iv) perzistence transgenní rostliny uvolněné do životního prostředí závisí na typu transgenu, ohrožení ekosystému je pak závislé na charakteristikách konkrétní rostliny (především pravděpodobnost genové introgrese) a na výhodách zabezpečených vneseným transgenem. V tomto ohledu canola nejriskantnější modifikovanou plodinou vzhledem k její schopnosti křížit se s jinými druhy a k relativní nedávnosti její domestikace.

Některé obavy se vyjadřovaly ohledně toho, jak HT canola působí na druhy plevelů nezbytné pro řadu bezobratlých, ptáků a savců, tedy i na biodiverzitu okolního prostředí. Série výzkumů zkoumajících daný problém vzniklo jako reakce na britský článek, v němž bylo stanoveno, že ve srovnání s porostem konvenčních odrůd porosty transgenních sort canoly po aplikaci herbicidů vykazovaly o třetinu nižší biomasu plevelů a semen v půdě, hustota dvouděložných plevelů v případě konvenčních systémů byla o 89% vyšší, jednoděložných plevelů bylo též o 63% více než u transgenních systémů. Významný rozdíl byl zaznamenán v početnosti motýlů se značným snížením v jejich populacích v transgenních systémech, též bylo popsáno několik méně výrazných sezonních variací, na druhou stranu, žádná korelace nebyla objevena mezi počtem býložravců a plevelné biomase, ani nebyla prokázána závislost mezi počtem škůdců a jejich predátorů pro oba systémy. (Firbank 2003) Ke stejným závěrům dochází Brooks a jeho kolektiv. (Brooks 2007) Nicméně je třeba si uvědomit, že pozorované rozdíly jsou přímo spojovány s rozdíly v aplikovaných herbicidech, technologiích zpracování půdy, odlišných osevních postupech aj., nikoli s vnesenými geny. Pidgeon ve svém výzkumu dále odhaduje, že nepříznivé vlivy GM plodin (nebo s nimi spojovaných herbicidů) mohou být redukovány jednoduchými zemědělskými mechanizmy, resp. vyloučením 2% poševních ploch

z postřikové oblasti postačujícím pro kompensaci zásoby semen plevelů, jimiž se živí ptáci, nebo 4% pro zmírnění dopadu na biomasu plevelů, tj. podporu škůdců, jež tvoří potravu některých jiných druhů ptáků. (Pidgeon 2007)

GM plodiny by také mohly teoreticky ovlivnit počet a typ mikroorganismů v rhizosféře nebo v půdě. Logicky položenou na základě předchozích úvah otázkou pak zase je, zda by jakýkoli účinek na druhy, které se při přežití spoléhají na zemědělské praktiky, měl být považován za narušení „přirozené“ rovnováhy v druhové rozmanitosti.

Výzkumů zabývajících se analýzou potenciálních dopadů GM canoly na biodiverzitu je zatím poměrně málo, což lze vysvětlovat komplexitou a multidimenzionalitou uvažovaného problému a nepřesností teoreticky možných experimentů, naopak je v kvantitativně převážejícím množství publikací diskutováno o zřetelných přínosech implementace HT systémů do zemědělských oběhů: Schulman (a mnozí jiní autoři) argumentují, že vzhledem k tendenci pěstování monokultur v podmínkách drtivé většiny agroekosystémů, skutečné ohrožení přírodní biodiverzity závisí na rozmachu obdělávaných ploch, vztah mezi tyto veličiny může být charakterizován přímou úměrností, chránění biodiverzity se tedy stává otázkou maximálně realizovatelného ohraničení zemědělské výroby, k čemuž lze přispět vyšší intenzifikace a koncentrace výroby na menších rozlohách. Kultivace GM plodin umožňující dosahování stejné výši výnosů na menších pozemcích se tak může stát jedním z zásadních pilířů v systému ochrany biodiverzity. (Schulman 2020) Metaanalýza provedená Klumperem a Qaimem predikuje průměrný ~9-procentní růst výnosů mezi HT GM plodinami, tím odhalující i potenciál GM plodin při správném zacházení přispět k celkové biodiverzitě. (Klumper 2014) Někteří autoři dále tvrdí, že příznivý vliv transgenních plodin na biodiverzitu také tkví v používání šetrnějších k životnímu prostředí herbicidů a aplikace bezorebného zpracování půdy vedoucího k větší dostupnosti rostlinných zbytků zajišťujících zdroj stravy pro hmyz, ptáky a malé savce (Carpenter 2011), dané problematice a potenciální krátkodobosti efektu byly věnovány odstavce výš. Silná nekonzistence a heterogenita výsledků veřejně dostupných studií, stejně jako snaha mnoha výzkumníků hájit svoji lobby, teoreticky schopná vést k zaujaté interpretaci výsledků, nedovolují s jistotou přijmout ani názor, jenž agituje pro nevýslovné výhody GM pro biologickou rozmanitost, ani znevažování nových technologií v absolutní destruktivnosti pro ekosystémy, které nedokáže obstát proti racionální kritice. Z větší části lze souhlasit s O.



Sanvidem, že dosud dostupné údaje neposkytují žádnou vědeckou základnu ukazující na to, že by komerční pěstování GM plodin způsobovalo dopady na životní prostředí nad rámec těch dopadů, jež již byly způsobeny nebo mohou být způsobeny konvenčními monokulturami. (Sanvido 2007)

Obecně se zdá být rozumné dospět k závěru, že šíření moderního zemědělství založeného na geneticky úzkých populacích uniformních hybridů je stejnou hrozbou pro genetickou rozmanitost, jestli ne větší, jako jsou geneticky upravené plodiny. Základem je zase diversifikace zemědělských postupů a kombinování rozmanitých přístupů v regulaci plevelných druhů. Ve své publikaci ve vztahu k probíranému tématu Conner formuluje velmi intrikující úsudek, hovoře, že vnímané hrozby nebo potenciální přínosy GM plodin pro biodiverzitu budou ve mnohem záležet na sociálně-ekonomickém a politickém kontextu jejich využití. (Conner 2003)

## **4 Vlastní práce**

### **4.1 Úvod**

Praktická část této práce je představena logicky propojeným postupným zjišťováním stávajících zákonitostí vývoje rozličných složek tím či jiným způsobem vztahujících se na vybranou plodinu s tím, že hlavní důraz je stále kladen na kvantitativní, případně kvalitativní komparaci konvenčních a transgenních plodin za účelem stanovení statisticky podložených ekonomických přínosů souvisejících s upřednostňováním pěstování transgenní canoly místo canoly konvenční. Nicméně vzhledem k přítomnosti více druhů transgenních odrůd, rovněž vzhledem k existenci rostlin s genomem pozměněným indukovanou mutagenezí je také v rámci praktické části snahou charakterizovat zvláštnosti rozdělení kultivarů korespondujících se zkoumanými pěstitelskými systémy z obecně strukturního a územního hledisek, a to za účelem lepšího uchopení předložené problematiky a formulace vhodných doporučení a návrhů. Zaměřenost praktické části je po celou dobu prováděného studia udržována na stanovení ekonomických souvislostí pěstování vybrané plodiny pouze na dříve určeném území, tj. na území především západní Kanady, případně Kanady jak takové, v souladu s cíle dané bakalářské práce a autor vřele varuje před bezkontextovou interpretací dosažených výsledků a jejich aplikací vůči zemím s apriori odlišnými agronomickými zvyky a právními předpisy a svébytným stavem zemědělského sektoru a ekonomiky konkrétního státu.

### **4.2 Struktura praktické části**

Praktická část předložené práce je tvořena ze dvou kapitol: první kapitola je zaměřena na zjištění všeobecných trendů, jimiž je dnešní výroba canoly ve zvolené zemi ve smyslu využívaných pěstitelských systémů specifikována, zatímco druhá kapitola je naplňována identifikací a rozbořem nákladových struktur typických pro transgenní a non-transgenní systémy a je propletena paralelní komparací těchto systémů z různých hledisek a v různých

měřících s cílem dosažení maximálně precizního pochopení soustavy odlišností GM- a non-GM- praktik v zemědělství neprostředně ovlivňující hodnoty nákladových položek a výslednou rentabilitu realizované výroby. První sekce této části je tak zrcadlovou mlčenlivou ilustrací směrů a svéráznosti vývoje pěstitelských systémů v západních provinciích Kanady, tedy je sekcí spíše deskriptivní, částečně predikující, působící v prostoru velmi blízké minulosti, přítomnosti a blízkého budoucna a je tak strukturou vysvětlovanou, naproti tomu druhá sekce je poněkud analytičtější útvarem protahujícím se zejména z minulosti po současnost a již mající roli vysvětlující. Druhá kapitola je mimo jiné určena ke zjištění, zda lze předpokládat, že odhalené v podmínkách kanadského zemědělství zákonitosti jsou, respektive budou, platné i v jiných prostředích, čili zda a s jakými výhradami jsou konzistentní v čase a prostoru. Daná úloha je promyšlena cestou jednoduchého porovnání skutečností odkrytých pro Západní Kanadu se zkušenostmi jiné země (konkrétně – České republiky) s pěstováním vybrané plodiny.

Každá z objevujících se v rámci praktické části kapitola či podkapitola je doprovázena krátkým závěrem neboli úsudkem, jehož úlohou je shrnutí a vysvětlení pozorovaných souvislostí. Na konci praktické části je rovněž uveden celkový zobecněný přehled rozpoznávaných tendencí směřujících se k požadované formulaci závěrečných posudků a doporučení.

### **4.3 Zdroje dat a používané metody**

V rámci každé kapitoly je preferován individuální přístup a je tak zvolena individuální metoda zkoumání konkrétního faktoru (či více faktorů) vyplývající především z požadavků pokládaných na jednotlivé úlohy a z jejich cílového zaměření a v neposlední řadě z charakteru dat používaných v rámci dané konkrétní úlohy ovlivňovaným primárně množstvím a jakostí veřejně přístupných zdrojů a informací vztahujících se k určité v okamžik analýzy popisované problematice. Používané metody jsou vždy objasněny bezprostředně před jejich faktickou aplikací.

Společným bodem pro každou realizovanou metodu je způsob klasifikace GM a konvenčních plodin. Jak již bylo uváděno v části teoretické, za geneticky upravené (nebo též geneticky modifikované, transgenní) plodiny jsou považovány rostliny, do jejichž genomu byl pomocí metod genetického inženýrství vnesen cizorodý gen (nebo transgen) darující dané

rostlině privilegovaný znak (či více znaků). Krátkým opakováním bude připomenutí, že GM rostliny jsou běžně rozdělovány do třech generací, přičemž do generace první jsou obvykle řazeny zemědělské rostliny disponující rezistencí k hmyzím škůdcům nebo tolerancí k požadovaným chemickým látkám. Při zkoumání transgenní canoly v rámci této práce bude tedy využito primární rozdělení jednotlivých odrůd v koordinátách pouze generace první (skupina herbicid tolerantních rostlin), tj. se bude využívat standardního rozřídění transgenních odrůd canoly do dvou skupin, kterými jsou plodiny se znakem Liberty Link (tolerance ke glufosinátu) a Roundup Ready (tolerance k glyfosátu). Je si třeba ovšem uvědomit, že některé ze současně pěstovaných odrůd canoly jsou GM organismy manifestujícími se příznaky již starších generací a vlastníci v této souvislosti více výhradních znaků (tzv. „stacked“ transgeny), tato skutečnost bude poněkud ignorována, a to především vzhledem k tomu, že:

- (i) každá z nyní pěstovaných transgenních plodin je ve případě kanadského zemědělství skoro se stoprocentní jistotou vybavena tolerancí k jednomu ze dvou vyjmenovaných herbicidů,
- (ii) všechny veřejně dostupné srovnávací studie či jiné relevantní statistiky využívají popsáního třídění transgenní canoly.
- (iii) v rámci současné fázi vývoje biotechnologické industrie a stávajícího prodejního sortimentu agrobiotechnologických a agrochemických společností agrární sektor Kanady není příliš ovlivňován přítomností dodatečných transgenů v genovém materiálu některých odrůd a skoro všechny vývojové procesy a přeměny v kanadském zemědělství byly ve své převážné většině vyvolány zrovna herbicid tolerantními systémy.

Dalším připomenutím je, že za konvenční jsou brány rostliny získané tradičním šlechtěním, vzhledem ovšem k tomu, že privilegované znaky kvalitativně odpovídající svými vlastnostmi transgenním plodinám mohou být poskytovány rostlinám i některými „konvenčními“ způsoby, konkrétně ve případě HT canoly – mutagenézí – lze hovořit o jistém stupni překryvu dopadů účinných konvenčními a transgenními pochody, nicméně podobné rozporuplné plodiny v rámci dané práce nebudou zahrnovány do žádné z dvou vyhraněných skupin a budou počítány za skupinu oddělenou a nezávislou, a to z následujících důvodů:

- (i) již zmíněná kvalitativní nápodoba transgenním plodinám, nicméně podmíněná vědeckým a socioekonomickým kontextem nemožnost spojování daných skupin,
- (ii) nízká úroveň rozšíření Clearfield rostlin a stále přetrvávající pokles jejich podílu na osevních plochách.

Do dané skupiny pochopitelně spadají odrůdy se znakem Clearfield (imidazolinon tolerantní odrůdy), jejichž pěstování bylo zahájeno přibližně současně s plodinami transgenními.

V rámci první kapitoly se tedy bude počítat s čtyřmi základními skupiny canoly: Roundup Ready canola (RR), Liberty Link canoly (LL), Clearfield canola (CL), konvenční odrůdy canoly. Z analýz rozpracovávaných v kapitole druhé CL canola bude zcela vyloučena.

Zdroji dat pro všechny nadcházející analýzy posloužily především následující publikace a statistiky:

- (i) An Agronomic and Economic Assessment of Transgenic Canola: studie připravená pro organizaci Canola Council of Canada v spolupráci Serecon Management Consulting Inc. a Koch Paul Associates (2001).
- (ii) Economic benefits of genetically-modified herbicide-tolerant canola for producers. Gusta, M., Smyth, S.J., Belcher, K., Phillips, P.W.B., Castle, D. (2011)
- (iii) Statistika jednotlivých provincií Kanady anebo oficiální statistiky států nebo organizací přístupné z příslušných webových stránek:
  - Statistics Canada: <https://www.statcan.gc.ca/eng/start>
  - Manitoba Government <https://www.gov.mb.ca/agriculture/>
  - Government of Saskatchewan: <https://www.saskatchewan.ca/>
  - Government of Alberta: <https://www.alberta.ca/index.aspx>
  - Manitoba Agricultural Services Corporation: <https://www.masc.mb.ca/masc.nsf/index.html>
  - Agriculture Financial Services Corporation: <https://afsc.ca/>
  - Český Statistický Úřad: <https://www.czso.cz/>
  - Ústav Zemědělské Ekonomiky a Informací (ÚZEI): <https://www.uzei.cz/>
  - Food and Agriculture Organization: <http://www.fao.org/home/en/>

#### 4.4 Analýza struktury vybraných skupin

Na základě údajů z jednotlivých provincií (viz. příloha) byly odhadnuty plochy oseté jednotlivými vymezenými skupinami canoly v každé zkoumané provincii v období 2015-2019 (tabulky č. 3 až č.5) a následně byl zjištěný poměr vybraných skupin canoly v procentuálním vyjádření zaznamenán v diagramu č.6.

Ve všech případech ke stanovení podílu pěstitelských systémů byl využíván klasický bodový odhad parametru základního souboru  $\rho$ , kde  $\rho$  je relativní četnost určená poměrem počtu jednotek se znakem zájmu a celkového počtu jednotek populačního souboru. Nestranným bodovým odhadem parametru  $\rho$  je výběrová relativní četnost  $\hat{\rho}$  definovaná vztahem  $m/n$ , kde  $m$  – počet jednotek s určitou vlastností (LL, RR, CL anebo konvenční systém),  $n$  – rozsah výběrového souboru. (Kába 2012)

Tabulka 3 Odhad ploch (v akrech) vybraných skupin v Saskatchewaně

Rok	Typ Souboru	RR	LL	CN	CL
2015	n	1186918	2219720	2686	14331
2015	N (odhad)	3848165	7196663	8708.413	46463.24
2016	n	1270299	2560112	2388	33268
2016	N (odhad)	3671843	7400092	6902.596	96162.3
2017	n	1433759	2881753	1577	44390
2017	N (odhad)	4168325	8378036	4584.766	129053.7
2018	n	1388707	3117739	0.000001	64433
2018	N (odhad)	3719925	8351478	12.244	172596.5
2019	n	1047755	3290314	489	27000
2019	N (odhad)	2811921	8830406	1312.358	72461.46

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 4 Odhad ploch (v akrech) vybraných skupin v Albertě

Rok	Typ Souboru	RR	LL	CN	CL
2015	n	2429405	1906836	12243	53849
2015	N (odhad)	3435234	2696310	17311.88	76143.72
2016	n	1934135	2216589	10122	152546
2016	N (odhad)	2683688	3075604	14044.67	211663.5
2017	n	2873852	2313117	13800	193125
2017	N (odhad)	3670973	2954707	17627.71	246692.1
2018	n	2389891	2388082	20140	154481
2018	N (odhad)	3223071	3220631	27161.34	208337.2
2019	n	1575469	2014979	18730	29663
2019	N (odhad)	2520168	3223221	29961.07	47449.83

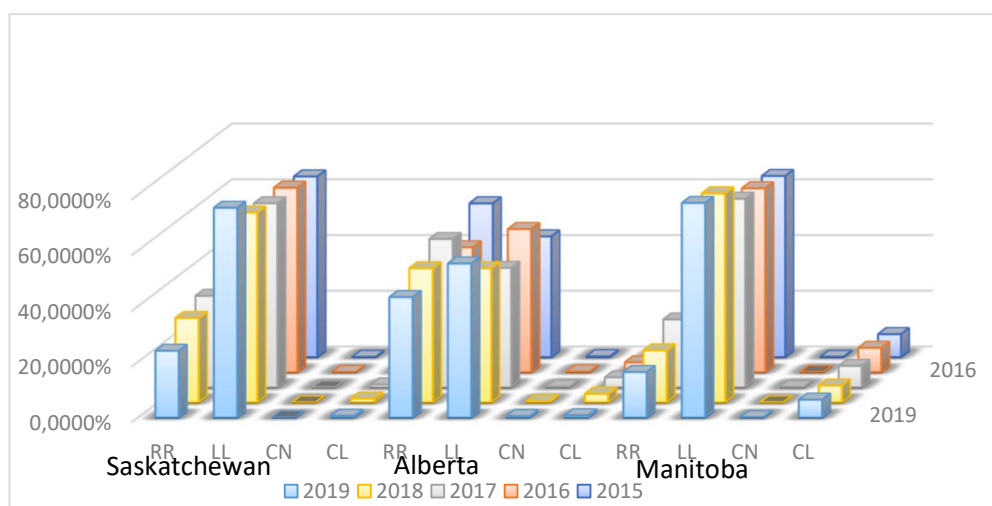
Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 5 Odhad ploch (v akrech) vybraných skupin v Manitobě

Rok	Typ Souboru	RR	LL	CN	CL
2015	n	791930	1931313	2517	244841
2015	N (odhad)	850419.4	2073954	2702.897	262924.2
2016	n	761721	1995845	502	265261
2016	N (odhad)	781038.1	2046459	514.7306	271988
2017	n	731807	2027682	3980	230702
2017	N (odhad)	771115.3	2136597	4193.782	243093.9
2018	n	576909	2312415	1458	188565
2018	N (odhad)	633067.1	2537513	1599.926	206920.5
2019	n	485334	2284254	3659	190531
2019	N (odhad)	525424.9	2472944	3961.251	206269.8

Zdroj: vlastní zpracování

Diagram 6 Struktura osevních ploch (v %) canoly dle vybraných skupin v období 2015-2019



Zdroj: vlastní zpracování

Jak je zřetelné z agregovaných dat, nejvíce canoly se v současné době pěstuje v provincii Saskatchewan, zatímco v provincii Manitoba je na úrovni Západní Kanady nejmenší počet osetých danou plodinou akrů. Novou informací taky je odhad přibližných ploch vybraných skupin v konkrétních měrných jednotkách, na základě kterého lze stanovit, že v současné době je největší procento ploch určených k pěstování transgenní canoly Liberty Link, která činí přibližně 70% (na rok 2019), přičemž nejvíce k této hodnotě přispívá provincie Saskatchewan, která pokrývá necelé 61% sumárních osevních ploch Liberty Link canoly. Dále je patrné, že sklizňové plochy Roundup Ready canoly nepřesahují 30% celkových sklizňových ploch v Západní Kanadě; ve smyslu rozsahu ploch tradičních kultur je vidět, že jejich zastoupení je skoro zanedbatelné, jejich podíl lehce kolísá v uvedeném období v hodnotách 0,010% až 0,017%, stejně tak plochy oseté Clearfield canolou nepřekročují 0,5% celkových ploch canoly na vybraném území.

Systematizovaná data také zachycují nepatrné odlišnosti v jednotlivých provinciích vybíraných pěstitelských systémech: v Manitobě a Saskatchewaně, jak je názorně odraženo



v diagramu č.1, převládají pěstitelské systémy Liberty Link, zatímco v Albertě jsou upřednostňovanými pěstitelskými systémy v přibližně stejném poměru systémy Roundup Ready a Liberty Link. Společnými pro všechny provincie jsou některé obecné tendence konkrétně spočívající v:

- (i) postupném nárůstu poměrného zastoupení Liberty Link systémů, resp. v jejich trvajícím převládání,
- (ii) nepopiratelné dominanci transgenních HT-systémů,
- (iii) progresivním snížením sklizňových ploch HT – CL canoly, a to nehledě na její toleranci k některým herbicidům,
- (iv) pouze mízním množství konvenčních odrůd ve všech provinciích za celé pozorované období.

#### 4.5 Analýza historického vývoje vybraných skupin

Od roku 1995 do roku 2010 osevní plochy vybraných skupin byly sledovány Canada Council of Oil, jejichž roční zastoupení je znázorněno v tabulce č.6.

Tabulka 6 Vývoj ploch vybraných skupin, 1995-2000.

Rok	Celkové plochy	Roundup Ready*	Liberty*	Clearfield**	Konvenční
2010	16,097,000	7	46	6	1
2009	15,755,000	51	40	7	1
2008	16,048,000	45	41	13	1
2007	15,511,000	47	41	11	2
2006	12,946,000	44	40	11	5
2005	12,980,000	45	34	14	7
2004	12,200,000	45	30	18	7
2003	11,600,000	48	22	19	12

<b>2002</b>	7,060,000	43	21	20	16
<b>2001</b>	9,601,000	45	16	20	19
<b>2000</b>	11,995,000	40	15	25	20
<b>1999</b>	13,700,000	35	18	18	29
<b>1998</b>	13,500,000	23	12	16	49
<b>1997</b>	12,000,000	4	8	14	74
<b>1996</b>	8,800,000	1	3	6	90
<b>1995</b>	13,200,000	0	0	0	100

Zdroj: Canola Council of Canada

Na základě těchto údajů spolu s dříve zformovanými údaji za období 2015-2019 byly interpolací rekonstruovány chybějící hodnoty za období 2011-2014, což rovnou umožnilo zachytit grafický vývoj sklizňových ploch vybraných skupin, jenž je znázorněn ve grafech 4 až 7.

Pro odhad parametrů trendové funkce vývoje Liberty Link canoly byla využita standardní metoda nejmenších čtverců, a to vzhledem k tomu, že časová řada LL canoly má zjevně lineární charakter. Lineární trendová přímka je běžně vyjádřena ve tvaru

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t \quad (4.1)$$

kde  $\beta_0$  a  $\beta_1$  jsou neznámé parametry a  $t = 1, 2, \dots, n$  je časová proměnná označovaná v rovnici vytvořené lineární funkce symbolem  $x$  v souladu s nastavením Excel. Bodové předpovědi sklizňových ploch vyskytující se v tabulce č.5 jsou prostou extrapolací vybudovanou jednoduchým dosazením do rovnice hodnoty  $x_i$  odpovídající konkrétnímu časovému okamžiku, pro nějž je hodnota závislé proměnné  $\hat{y}$  (smluvíme se, že  $\hat{y}$  jest odhadem  $T_p$ , kde  $P$  je časový okamžik) zjišťována. Intervalový odhad hodnoty  $T_p$  odpovídá předpověděné hodnotě  $\hat{y} \pm \Delta$ , kde  $\Delta$  je přípustná chyba předpovědi, a je určen vztahem

$$\widehat{y}_p - t_{1-\frac{\alpha}{2}}[n-2]sh_p < \widehat{y}_p < \widehat{y}_p + t_{1-\frac{\alpha}{2}}[n-2]sh_p \quad (4.2)$$

kde  $t_{1-\frac{\alpha}{2}}[n-2]$  je  $(1 - \frac{\alpha}{2})100\%$  kvantil Studentova  $t$ -rozdělení s  $n - 2$  stupni volností,  $s$  je střední kvadratická chyba,  $h$  se vypočítá podle vzorce

$$h_p = \sqrt{1/n + 1 + \frac{(P - \bar{t})^2}{\sum t^2 - n\bar{t}^2}} \quad (4.3)$$

(Hindls 2007)

Pro odhad trendu vývoje RR canoly a CL canoly byl v obou případech aplikován polynomičtý trend 2. stupně, jehož funkce je zobrazována v následující formě zápisu vzorce

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \quad (4.4)$$

kde analogicky s lineárním trendem  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  a  $\beta_2$  jsou neznámé parametry a  $t = 1, 2, \dots, n$  je časovou proměnnou, lineárnost parametrů parabolické funkce dovoluje využití k jejich odhadu metody nejmenších čtverců. Intervalový odhad nepřekvapivě dán vztahem

$$\widehat{y}_p - t_{1-\frac{\alpha}{2}}[n-3]sh_p < \widehat{y}_p < \widehat{y}_p + t_{1-\frac{\alpha}{2}}[n-3]sh_p \quad (4.5)$$

přičemž hodnota  $h_p$  je určena vzorcem

$$h_p = \sqrt{1 + (1 P P')(X'X)^{-1}(1 P P^2)'} \quad (4.6)$$

kde  $P$  je časovým okamžikem,  $X$  je maticí velikosti  $n \times 3$ . (Hindls 2007)

Nakonec vývoj konvenčních pěstitelských systémů je zachycen exponenciální funkcí psanou ve tvaru

$$T_t = \beta_0 \beta_1^t. \quad (4.7)$$

Na rozdíl od předchozích funkcí parametry exponenciálního trendu  $\beta_0$  a  $\beta_1$  nejsou lineární a za účelem utilizaci výhod metody nejmenších čtverců je zapotřebí linearizující transformací přivést trendovou funkci do logaritmické podoby podřizující se výrazu

$$\log T_t = \log \beta_0 + t \log \beta_1 \quad (4.8)$$

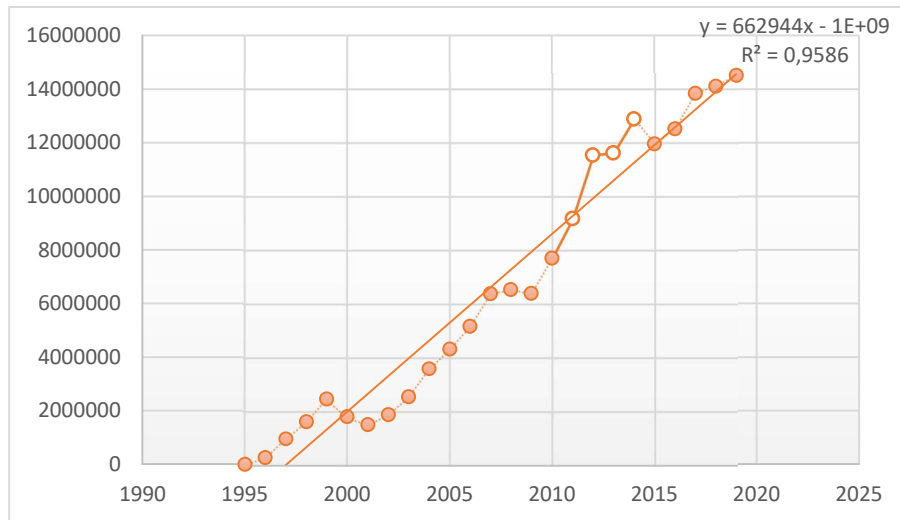
Z logaritmického tvaru výše uvedené funkce je naprosto očividná nápadná podobnost linearizovaného trendu exponenciální funkce a lineární funkce jak takové, proto se i odhad neznámých hodnot parametrů trendové funkce zásadně neliší od běžného způsobu předpovědi parametrů v lineární funkci předloženého v předchozích odstavcích. (Hindls 2007)

Ke každé sestavené funkci byl rovněž vypočten koeficient determinace vyhodnocující míru kvalitu predikčního modelu na bázi porovnání rozptylu faktických hodnot jednotek výběrového souboru a rozptylu vyrovnaných, či-li získaných triviálním dosazením hodnot nezávislých proměnných do finálního modelu, hodnot. Daný vztah lze zachytit jednoduchým vzorcem

$$R^2 = \sqrt{1 - \frac{\sum (y_i - y'_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4.9)$$

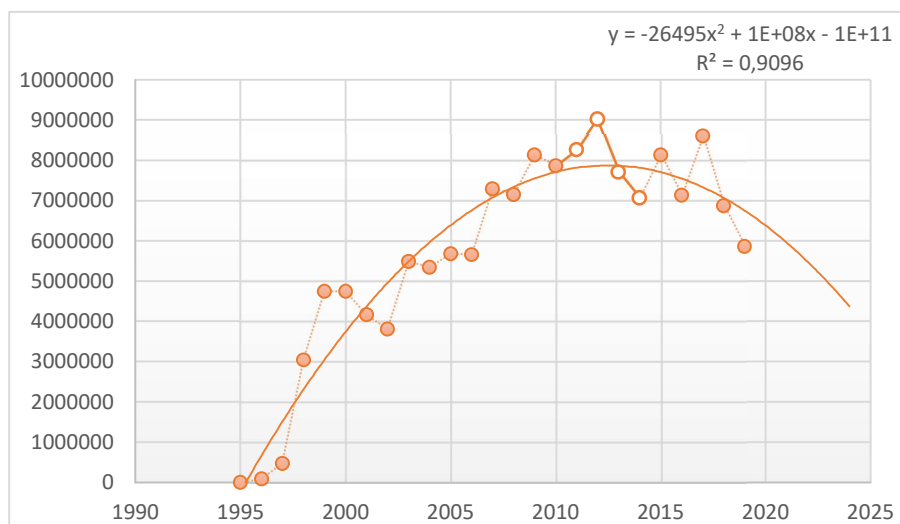
Z uvedeného vzorce je rovněž zřetelné, že obor možných hodnot koeficientu determinace se pohybuje v rozmezí  $0 \leq R^2 \leq 1$ , hodnota koeficientu blíží se k jedné prokazuje na vyšší přesnost a kvalitu adaptovaného modelu. (Kába 2012)

Graf 4 Vývoj Liberty Link ploch



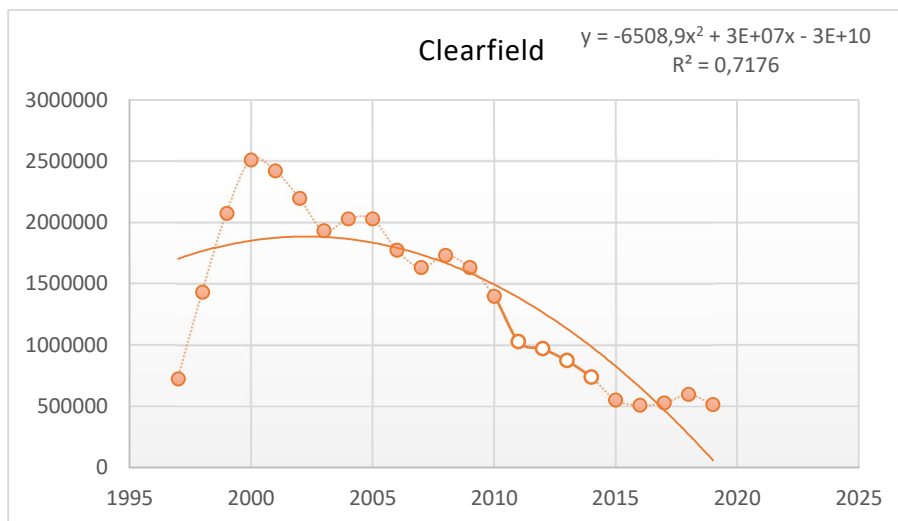
Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Graf 5 Vývoj Roundup Ready ploch



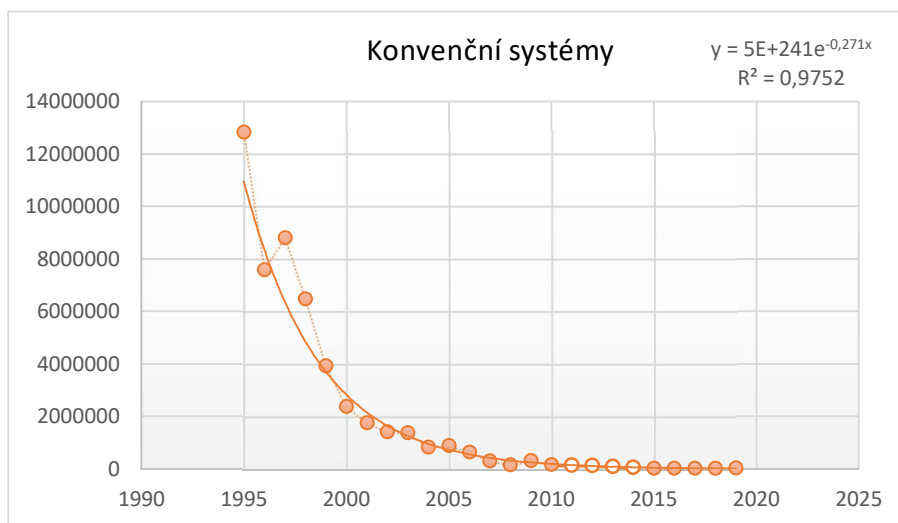
Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Graf 6 Vývoj Clearfield ploch



Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Graf 7 Vývoj ploch konvenčních systémů



Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Za využitím vygenerovaných funkcí byly pro období 2020-2022 stanoveny intervaly, v nichž se s 95% pravděpodobností budou nacházet budoucí hodnoty vybraných pěstitelských systémů. Pro Clearfield systémy byl také vzhledem k v jejich případě nízké popisné schopnosti kvadratické regrese vytvořen podmíněčný odhad sklizňových ploch na základě jednoduchého

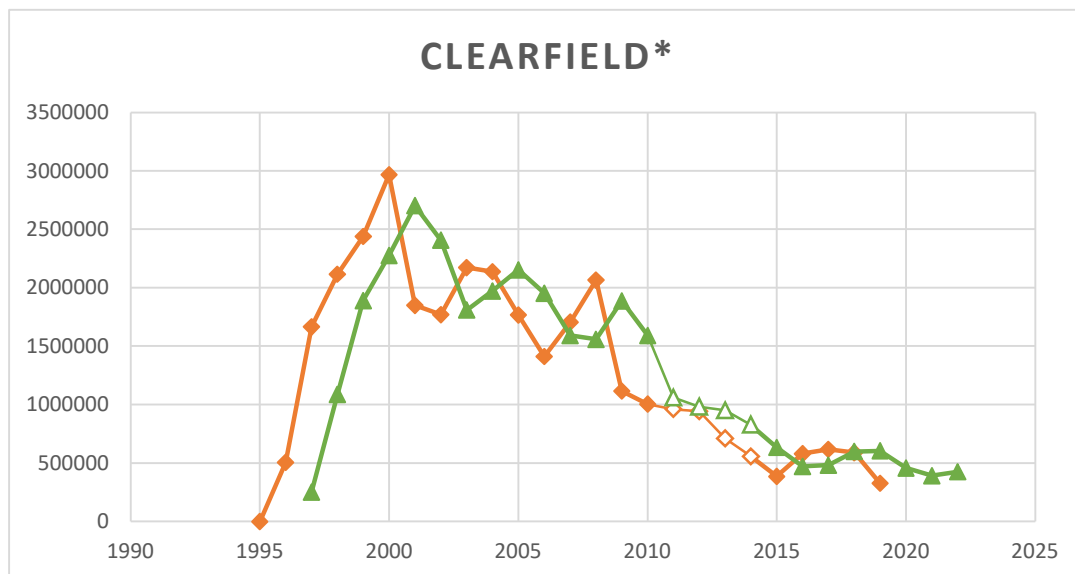
klouzavého průměru s délkou  $m=3$  (viz. graf č. 8). Daný přístup je sice poněkud naivní, ale stále umožňuje alespoň v teoretickém hledisku docílit pravděpodobnějších předpovědi. Získané údaje jsou shrnuty v tabulce č. 7.

Tabulka 7 Odhad vývoje ploch vybraných skupin

Typ	$R^2$	2020	2021	2022
<b>LL</b>	0.959	15218436.03 (13297535.83; 17139336.23)	15881380.43 (13943505.81; 17819255.04)	16544324.82 (14588382.51; 18500267.13)
<b>RR</b>	0.9095	6383735.997 (4706560.737; 8060911.258)	5959852.372 (4195619.665;7724085 .079)	5482978.17 (3613780.085; 7352176.254)
<b>CL</b>	0.532	-500312.5572 (-2854477.132; 1853852.017) 457017.6*	-1212964.553 (-3567129.127; 1141200.022) 391599.3*	-1964669.896 (-4635375.404; 706035.611) 424308.5*
<b>KN</b>	0.975	12554.7498 (6874.082;22929.86039)	9576.191574 (5215.403;17583.195)	7304.28296 (3955.598;13487 .86051)

Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Graf 8 Vývoj Clearfield ploch [2]



Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Výsledné hodnoty vypovídají o nadále nepřerušitelném poklesu ploch konvenční canoly v průměru o 24% ročně od hodnoty předešlého roku s tím, že, nedojde-li k náhlé změně pěstitelských praktik, plochy konvenčních odrůd mohou k roku 2030 klesnout i pod tisíc hektarů. Počítáme-li s vrchní hranicí odhadnutých hodnot (vzhledem k celkově rostoucímu trendu ploch zkoumané plodiny), lze zase očekávat převládání Liberty Link systémů (nad 70% celkových ploch) a zastoupení netransgenních odrůd pod 3-procentní hranicí.

#### 4.6 Analýza závislosti výši výnosů zkoumané plodiny na zvoleném pěstitelském systému

Zaznamenané ve vývoji zemědělských praktik trendy lze bezpochyby spojovat s vyšší výnosností vybraných transgenních systémů, jež je v neposlední řadě ovlivňována finálním výnosem vysazených plodin. Průměrné výnosy canoly dosahované při využití vymezených systémů proto byly za použitím vzorce váženého průměru (vzorec 4.10) vypočteny z přístupných údajů o výnosech jednotlivých odrůd (viz. příloha) a sumarizovány v tabulkách č. 8 až 10.



$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4.10)$$

kde  $w_i$  je váha  $i$ -tého prvku a  $x_i$  je hodnota téhož prvku z množiny prvků  $n$ .

Tabulka 8 Vývoj průměrných výnosů (bu/akr) vybraných skupin v Saskatchewaně, 2015-2019

Typ	2015	2016	2017	2018	2019	Průměr
<b>RR</b>	40.13121	42.40007	40.35121	42.98329	45.48833	42.27082
<b>LL</b>	42.34066	45.94679	40.42568	44.55507	45.79962	43.81356
<b>CL</b>	36.28239	40.40588	39.09687	41.12203	43.09561	40.00056
<b>KN</b>	17.1	24.4	32.2	23.35	19.7	23.35

Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Tabulka 9 Vývoj průměrných výnosů (bu/akr) vybraných skupin v Albertě, 2015-2019

Typ	2015	2016	2017	2018	2019	Průměr
<b>RR</b>	41.13657	40.95676	39.95683	39.25587	40.24158	40.30952
<b>LL</b>	42.7252	46.04985	41.44329	39.63814	41.14245	42.19979
<b>CL</b>	41.26667	40.60816	39.75043	41.01024	34.03948	39.335
<b>KN</b>	29.12505	27.93727	26.17442	27.78247	19.13769	26.03138

Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Tabulka 10 Vývoj průměrných výnosů (bu/akr) vybraných skupin v Manitobě, 2015-2019

Typ	2015	2016	2017	2018	2019	Průměr
<b>RR</b>	39.97671	37.47218	40.0741	40.58788	38.59797	39.34177
<b>LL</b>	43.39942	41.6567	48.76884	47.10988	45.12352	45.21167
<b>CL</b>	39.47494	37.47684	39.58862	42.47785	39.7748	39.75861
<b>Konvenční</b>	34.47663	29.83982	34.13998	44	38.2399	36.13927

Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Při pozorném zkoumání se ukazuje, že zprůměrované hodnoty výnosů zcela logicky korelují s preferencemi zemědělců jednotlivých provincií nejvíce se projevujícími v pěstování jedné odrůdy místo jiných. Tak v provincii Manitoba, kdež bylo v poměrném přepočtu vyjevono nejvyšší procento konvenčních plodin, se prozrazuje, že konvenční odrůdy ve smyslu realizovaných výnosů ustupují svým transgenním protějškům (především Clearfieldu a Roundup Ready) v průměru pouze o 8%, zatímco v ostatních provinciích je tato veličina výrazně větší a nabývá hodnot občas přesahujících 40%. Po pohledu na vypočtené střední hodnoty se také stává absolutně očividným prvenství odrůdy se znakem Liberty Link z hlediska jejich úrodnosti, jež za příznivých podmínek u některých odrůd stoupá i nad 50 buší na akr.

Následné přepočtení průměrných výnosů na celkovou plochu Západní Kanady se zachováním proporcionality osevních ploch odhaluje, že výnosy transgenních plodin jsou přibližně o 60 až 70% vyšší než u konvenčních odrůd, což je krásně viditelné z tabulky č.11, pokládáme-li tímto způsobem výši výnosů konvenční canoly za jednotku, tj. bereme-li ji jako výchozí bod. Je vhodné také zmínit, a to i přesto, že Clearfield systémy nejsou hlavním předmětem této práce, že se Clearfield canola také vyznačuje nižšími ve srovnání s Roundup Ready a Liberty Link canolou výnosy, což zase odpovídá i míře osevních ploch a vývojové křivce této skupiny.

*Tabulka 11 Porovnání výnosů vybraných skupin*

Západní Kanada	2015	2016	2017	2018	2019	Průměr
<b>RR</b>	1.560247	1.539118	1.40977	1.436332	2.000022	1.589098
<b>LL</b>	1.639959	1.686369	1.473455	1.530286	2.095689	1.685152
<b>CL</b>	1.518081	1.45671	1.388437	1.448963	1.692057	1.50085
<b>KN</b>	1	1	1	1	1	1

Zdroj: vlastní zpracování, Excel

Mimo jiné bylo otestována hypotéza, zda se v průběhu let mění výše výnosů uvnitř zkoumaných skupin, k čemuž by alespoň teoreticky mohlo dojít v důsledku vývoje nových odrůd s větším počtem užitečných znaků nebo vytvoření odolnějších hybridů, nicméně, jak je

odvoditelné z tabulky č. 9, pozitivní či negativní změna ve výnosech ve všech skupinách je nepodstatná a je pravděpodobně způsobena jinými než vývoj nových odrůd faktory.

Průměrné tempo růstu představené v tabulce č.12 je stanoveno pomocí standardního geometrického průměru (vzorec 4.11) z jednotlivých temp růstu

$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{k_2 k_3 \dots k_n} \quad (4.11)$$

kde  $\bar{k}$  je průměrné tempo růstu,  $k_i$ , je-li  $i=2$  až  $n$ , je změna hodnoty zkoumaného příznaku za jednotku času. (Hindls 2007)

Tabulka 12 Tempo růstu výnosů vybraných skupin v západní Kanadě, 2015-2019

Typ	2015	2016	2017	2018	2019	Průměr	Průměrné tempo růstu
LL	40.53966	41.318	40.15825	41.19738	42.61287	41.16523	1.012547
RR	42.61079	45.27099	41.97235	43.89221	44.65117	43.6795	1.011762
CL	39.44405	39.10572	39.55057	41.55965	36.05131	39.14226	0.977766
KN	25.98284	26.84524	28.48568	28.68235	21.3062	26.26046	0.951601

Zdroj: vlastní zpracování

Všechny pozorované skutečnosti jsou lehce vysvětlovány a, jak bude následně prokázáno v procesu kalkulace nákladovosti vymezených skupin (s vyloučením CL canoly), skoro přímo souvisejí s pozvolným utvářením herbicid tolerantních plevelů. Vzpomeneme-li si na diagram č.6 fixující vývoj zastoupení jednotlivých systémů na celkové ploše, tyto zákonitosti se stávají o to jasnější: od počátku introdukce transgenních systémů byla kvantitativní převaha nepochybně na straně Roundup Ready canoly, hyperaktivní využití glyfosátu zapříčinilo formování selekčního tlaku na vznik rezistenci vůči glyfosátu a přežití jedinců se vrozenou rezistencí často vzniklou v procesu všemožných mutací, následné ukotvení glyfosát tolerantních populací plevelů pravděpodobně donutilo některé zemědělce přejít na Liberty Link systémy, případně implementovat pestřejší kontrolu plevelů, kombinovat dostupné systémy. Ve smyslu vyšších výnosů Liberty Link canoly lze také očekávat kromě samotné nadřazenosti LL hybridů,

že prozatím ještě nenastalá odolnost vůči herbicidům podmiňuje jednodušší přístup LL rostlin k jimi spotřebovaným látkám v důsledku potlačené konkurenci.

#### **4.7 Analýza nákladovosti a rentability vybraných skupin**

Porovnání transgenních a non-transgenních pěstitelských systémů se nemůže zakládat pouze na zjištění poměru ploch jim obětovaných, jenž je spíše následkem probíhajících v odvětví procesů než příčinou, stejně tak výše výnosů je v daném případě podmíněna změnou zemědělských postupů či zemědělských podmínek umožněných a započatých využitím alternativních pěstitelských systémů, nikoli přímým zásahem do genů či kombinací genů ji určujících, a proto nedisponuje postačující vypovídací schopností a nenabízí sama o sobě spektrum odpovědí. Stěžejní úlohou se poněvadž stává vyměření explicitních odlišností existujících systémů a zkoumání jejich udržitelnosti a trvalosti, čímž se daná kapitola práce zabývá. Zatímco dané odlišnosti již byly stručně vyjmenovány v rámci provedené literární rešerše, jejich začlenění do vyhovujících ekonomických souvislostí zatím realizováno nebylo, rovněž nebylo matematicky prokázána nadřazenost z hlediska finanční výhody jedněch systémů nad jinými.

V nadcházející analýze se vychází ze předpokladu, že zkoumané transgenní pěstitelské systémy neovlivňují hodnotu fixních nákladů a působí pouze na úrovni některých položek nákladů variabilních, jež byly vymezeny v teoretické části práce. Nadcházející analýza se pak snaží na základě konkrétních kvantifikovaných údajů popsat rozdíly v konvenčních a herbicid tolerantních systémech zapříčiňujících úspěch GM canoly na území Západní Kanady a prozkoumat jejich udržitelnost v dlouhodobém hledisku. Další snahou je prokázat nenahraditelnost individuálního přístupu při posouzení ekonomického efektu vědecko-technických inovací: v této souvislosti uvedeme definici inovace jak takové, jíž se dle OECD rozumí implementace nového nebo výrazně vylepšeného produktu (zboží nebo služby) nebo procesu, nové marketingové metody nebo nové organizační metody v obchodních praktikách, organizaci pracoviště nebo v externích vztazích (OECD 2005), jež je zároveň, rozšíříme-li dále uvedenou definici, součástí inovačního systému, který lze chápat jako sít' organizací, podniků a jednotlivců zaměřených na dodání nových produktů, procesů, praktik a forem organizací pro

ekonomické využití při současném aktivním navazování a udržování spolupráce s různými politickými institucemi (Никольский 2016). Z této definice vyplývá, že úspěšnost inovace je závislá i na politicko-ekonomické a sociální situaci; jedná-li se o inovaci v zemědělství, je dále závislá i na řadě jiných faktorů, jakými jsou především současný stav zemědělství a přírodní a klimatické podmínky konkrétního území (např. topografické podmínky, kvalita půdy, délka bezmrazového období, součet aktivních teplot, celkové množství sluneční energie, množství srážek, frekvence výskytu nepříznivých meteorologických podmínek aj.) a v neposlední řadě sestavou historicky zformovaných zvyků a tradic v oblasti zemědělství a hospodaření s půdou zvláště ovlivňujících chování zemědělců a jejich rozhodování. Autor zde umíněně odkazuje na teoretickou část práce a usiluje o zdůraznění skutečnosti, že i účelnost zavedení té či jiné inovační technologie je podmíněna souborem činitelů, což alespoň částečně bude zachyceno v následující srovnávací analýze nákladovosti a efektivity pěstitelských systémů.

Je již známo, že rozdíly zkoumaných pěstitelských systémů především spočívají v rozličných přístupech ke kontrole plevelů a z těchto praktik odvozovaných změn v zemědělských postupech a veškerých zemědělských operacích, logicky pak je nákladovost pěstování canoly též vázána na peněžní hodnotu jednotlivých vstupů, kupříkladu na cenu osiva ovlivňovanou v kontextu transgenních systémů, na straně jedné, výjimečností prodávaných hybridů, na straně druhé, specifikou nabídkově-poptávkových vztahů v daném odvětví a, alespoň dle některých autorů, oligopolní konkurencí na trhu producentů GM osiv. Další rozdíly mohou být též pozorovány například ve množství aplikovaných hnojiv buď přímo odvislého od využívaného systému a intenzity výroby nebo dokonce částečně podmíněného odlišnostmi v úrovni vzdělávání volících jeden či druhý systém pěstitelů, finančním postavením pěstujících canolu jednotlivců, či jinými faktory, které ovšem vzhledem ke své neměřitelnosti a obtížné zjistitelnosti budou z analýzy vynechány. Nejpodstatnější náklady a jiné činitele určující konečnou rentabilitu výroby vybrané plodiny jsou v dalším výkladu zohledněny vždy zvlášť a vždy ve dvou prostorových dimenzích: v kontextu Kanady reprezentující případ zdařilé plošné implementace transgenních systémů a v kontextu České republiky, případně Evropské unie, zastupujících pěstitelské systémy konvenční. Vzhledem k celkové omezenosti údajů vztahujících se k vyjmenovaným nákladovým položkám, jejich nestrukturovanosti a

nestejnorodosti se v rámci prováděných analýz musí dopouštět určitým předpokladům, o nichž je ovšem vždy poznamenáno.

Než se konečně pustíme do samotných analýz, krátce charakterizujeme od této chvíle často využívané pojmy a metody a označíme obecný kalkulační vzorec běžně užívaný i ÚZEI pro kalkulaci nákladů v zemědělství.

Pojmem náklad je koncipována peněžně vyjádřená výše spotřeby majetku a materiálu, živé práce a cizích služeb, jinými slovy, náklad je peněžním ekvivalentem v procesu výroby spotřebovávaných výrobních faktorů; výnosy naopak představují přirozený antipod k nákladům odrážejícím již peněžní hodnotu veškerých výsledků zrajících a formujících se v průběhu příslušné podnikatelské činnosti. (Poláčková 2010) Nahlížíme-li pak na úhrnnou hospodářskou činnost (včetně jejích rezultatů) ekonomického subjektu jako na komplexní množinu práce, interakcí, procesů a produkce, lze ji pak zobecněně představovat množinou tvořenou sestavou vzájemně propojených prvků – *výkonů* – různých kategorií. Výkonem je tedy to, co podnik vytváří buď pro skutečnou realizaci na trhu (odbytové výkony), či pro následnou spotřebu uvnitř podniku (vnitropodnikové výkony), na výkony jsou rovněž vztahovány jednotlivé náklady a výnosy či jejich skupiny, správné vymezení výše kterých je základem hodnocení výkonnosti podniku a efektivnosti hospodaření zároveň sloužícím orientačním bodem pro případnou úpravu podnikových procesů. (Poláčková 2010)

K úplnému členění nákladů vznikajících v rostlinné výrobě se obvykle používá kalkulační vzorec zahrnující následující nákladové položky:

- (i) Nakoupený materiál (osiva, hnojiva, prostředky ochrany rostlin, jiný přímý materiál)
- (ii) Vstupy vlastní výroby (tj. přímý materiál získaný vlastní činností)
- (iii) Ostatní přímé náklady a služby (energie, PHM, pojistné, nájemné, daně z pozemku aj.)
- (iv) Celkové pracovní náklady
- (v) Odpisy hmotného a nehmotného majetku
- (vi) Náklady pomocných činností (náklady vlastních mechanizačních prostředků, opravy a udržování)
- (vii) Výrobní režie (položky společné pro rostlinnou výrobu)

- (viii) Správní režie (nájemné, úroky, odpisy HIM aj. prvky společné pro celý podnik).  
(Novák 1999)

Daný kalkulační vzorec slouží kostrou následujících analýz, v případě Kanady je částečně upraven vzhledem k poněkud jinému členění nákladů v kanadských publikacích.

#### 4.7.1 Analýza nákladových položek

##### *Nakoupená osiva a sadba*

Sumární náklady na osivo ve případě pěstování vybrané plodiny jsou ovlivňované mírou výsevu na jednotku plochy a samotnou cenou osiva. Tyto údaje ve vztahu k Západní Kanadě jsou shrnuty v tabulce č. 10.

*Tabulka 13 Náklady na osivo konvenční/transgenní canoly*

	1998-1999				2016	2017	2018	2019
	Měrná jednotka	Konvenční	RR	LL	Transgen ní	Transgen ní	Transgen ní	Transgen ní
<b>Celkem</b>	\$/akr	12.5256	33.8	20.07	55.106**	60.402**	61.045**	64.59**
<b>Míra výsevu</b>	lb./akr	6.14	5.96	5.44	4.875*	5*	5*	5*
<b>Cena osiva</b>	\$/lb.	2.04	3.17	3.69	11.445*	12.565*	12.26*	12.87*
<b>TUA*</b>	\$/akr	0	15	0	-	-	-	-

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů ročních publikací pro jednotlivé provincie (2016-2020) a výsledků výzkumu CCC (1999).

\*do průměru nejsou zahrnuty údaje pro Albertu, hustota výsevu je v období 2016-2020 orientační.

\*\*do konečného průměru jsou zahrnuty údaje pro všechny provincie.

V rámci empirického výzkumu z roku 2000 byly prokázány neznatelné rozdíly ve množství vysetých na jednotku plochy semen: intenzita výsevu canoly ve případě konvenčních pěstitelských systémů byla v průměru o 3% vyšší ve srovnání s Roundup Ready systémy a přibližně 1.13-krát vyšší než v Liberty Link systémech. Zaznamenanou tendenci ke zesílené výsadbě lze vysvětlovat předběžným očekáváním nižší klíčivosti v konvenčních pěstitelských systémech, nicméně je také pravděpodobné přirozené náhodné kolísání hodnot výběrových průměrů kolem základní střední hodnoty. Dané tvrzení je osvědčováno tím, že dle získaných výsledků se aplikované množství osiva pohybovalo ve stejných rozmezích ve všech systémech (3 až 11 liber na akr). Je stále typické, že hustota výsevu je závislá především na druhu rostliny a jejích pěstitelských požadavcích.

K výpočtu příhodného množství osiva na plochu se běžně využívá následující vzorec:

$$\begin{aligned} \text{Hustota setí} &= [9.6 \times \text{požadovaný počet rostlin na akr} && (4.12) \\ &\times HTS] \\ &\div [\text{předpokladaná míra přežití semen}] \end{aligned}$$

Z uvedeného vzorce je jasné, že zvýšená pravděpodobnost přežití semen uvolňuje prostor ke snížení množství osiva a s tím i celkových nákladů na výsadbu. Jak již bylo zmiňováno, přesně touto skutečností může být vysvětlen mírný pokles hustoty setí v transgenních systémech přetrvávající i v pozdějších letech. Z ekonomického hlediska lze tedy, alespoň na první pohled, jistě hovořit o určité výhodě transgenních systémů, je ovšem v této souvislosti nezbytné uvést dvě podstatné námitky: první námitka souvisí s obecně pozorovanými tendencemi v dnešním vývoje transgenních pěstitelských systémech spočívajícími ve výskytu necílových herbicid tolerantních rostlin a postupně komplikující se kontrole plevelů a tkví v částečném zvýšení hustoty setí v posledních letech. Další námitka je mnohokrát vyšší cena osiva, započítá-li se do ní hodnota TUA (příp. TSA (Bayer)); celkově za poslední dvě dekády cena transgenních semen stoupla v průměru o 375%. Sice se vzhledem k nízké úrovni pěstování konvenčních plodin nepodařilo zjistit současnou cenu semene netransgenní canoly, lze víceméně předpokládat, že její výše v průměru porostla v těchto proporcích, tj. lze očekávat, že poměr ceny transgenního a netransgenního semene buď zůstal relativně neměnný, nebo se s větší pravděpodobností lehce



stoupl kvůli výrazně nižší poptávce zemědělců po konvenčním osivu. Pozorovaný ve výzkumu roku 2000 rozdíl v cenách konvenčních a transgenních plodin byl také spojován s tím, že pěstitelé konvenční canoly řídkěji kupovali certifikované osivo než pěstitelé transgenních odrůd, porovnáme-li tak průměrné ceny certifikovaných semen transgenních a netransgenních plodin, původní rozdíl bude o něco málo nižší ve srovnání s rozdílem v tabulce č.13.

Lze tedy předpokládat, že navýšení cen osiva bylo spíše jednorázovou záležitostí a následný vývoj cen již odpovídal změně poptávky vzniklé v důsledku objevení se ekonomicky výhodnější a méně náročné na pěstování plodiny na trhu. V současné době ceny odrůd obou typů zažívají rostoucí trend s tím, že si Liberty Link semena udržují finanční vedení po celou dobu existence transgenních plodin. Tabulka č. 14 zachycuje meziroční vývoj cen pro oba systémy v období 2012-2018 (v provincii Alberta), zároveň je v ní předveden vývoj cen na konvenční osivo v České republice.

*Tabulka 14 Vývoj cen na osivo*

Období	Česká republika	Roundup Ready, Kanada (Alberta)	Liberty Link, Kanada (Alberta)
<b>Měrná jednotka</b>	Kč/kg.*	\$/kg.	\$/kg.
<b>2012</b>	435.43	17.11	22.18
<b>2013</b>	438.29	18.24	25.01
<b>2014</b>	468.86	20.85	25.70
<b>2015</b>	406.29	20.44	26.12
<b>2016</b>	532	20.80	26.33
<b>2017</b>	480.57	20.71	27.13
<b>2018</b>	582.57	21.86	27.57
<b>První diference</b>			
<b>2013/2012</b>	2.86	1.12	2.83
<b>2014/2013</b>	30.57	2.61	0.696
<b>2015/2014</b>	-62.57	-0.41	0.42
<b>2016/2015</b>	125.71	0.37	0.20

<b>2017/2016</b>	-51.43	-0.09	0.81
<b>2018/2017</b>	102	1.144	0.441
<b>Průměrné tempo růstu</b>			
<b>2012-2018</b>	1.0497	1.0416	1.0369

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů ročních publikací AgriProfit

Jak je zřetelné z tabulky výš, vývojové tendence u všech třech skupin se liší pouze nevýznamně, případné rozdíly jsou zaviněny jinými než přímo samotnými systémy faktory. K ještě lepšímu pochopení situace s nákladovostí osiva je ovšem užitečné ihned zohlednit interní strukturu sumárních přímých nákladů (viz. tabulka č. ): z ní je patrné, že sice obecné tendence ve vývoji jsou v obou pozorovaných zemích relativně stejné, výrazně vyšší procento (ve srovnání s českými farmami) celkových nákladů je ve struktuře kanadské výroby zkoumané plodiny tvořeno zrovna náklady na osivo (22-24%), kdežto čeští zemědělci vynakládají na koupi semen jenom 10% celkových výdajů na přímé náklady (bez mzdových a nepřímých nákladů). Příliš spěšná interpretace této informace by mohla být chybnou a bude provedena až v závěru dané kapitoly.

#### *Prostředky na ochranu rostliny*

Produktivita lidské činnosti v oblasti zemědělství byla od samého jeho začátku neodvratně ovlivňována komplexními biotickými a abiotickými procesy procházejícími všechny ekosystémy a mnohdy zatěžujícími jeho aktivní vývoj a prosperitu. Jedním z nejpodstatnějších faktorů, jenž značně zpomaloval výkonnost celého zemědělského sektoru a vynucoval široké uplatňování postupů extenzivního zemědělství, byl zásah škodlivých organismů do lidmi vytvořených agrosystémů. Nepříznivá situace stálých ztrát ve výnosech zemědělských plodin se začala měnit počátkem 20. století především díky vývoji syntetických hnojiv a řady pesticidů a s tím explicitně spojovanému snížení konkurenci mezi zájmovými plodinami a plevely a poklesu množství zahynutých kvůli činnosti rozličných škůdců užitkových rostlin. Ještě vyšší produktivita zemědělské výroby byla umožněna ve druhé polovině 20. století procesy obecně pokrývanými společným názvem Zelené revoluce. Ačkoliv některé koncepty vytvářející osnovu Zelené revoluce byly nakonec podrobeny ostré kritice zejména vztahující se k ničivému vlivu jejích praktik na životní prostředí a lidské zdraví, využívání těch či jiných jí předložených

prostředků na ochranu rostlin (tedy i samotná idea kontroly škodlivých organismů za pomoci hubicích látek) pevně zakotvilo v současném zemědělství, stejně jak aplikace některých jiných technologií (např. zavlažovacích systémů) vyvinutých či rozkvetlých v tomto období. Tímto způsobem i do teď náklady na ochranné prostředky tvoří významnou částku financí obětovaných na realizaci rostlinné výroby.

Zástupce geneticky modifikované canoly, jak již bylo prokázáno i v části teoretické, propagovali vysokou efektivitu kontroly plevelů umožněnou danou technologií a podnikavě deklarovali, že její celkový vliv i na životní prostředí a biodiverzitu v porovnání s konvenčními odrůdami bude příznivější, rovněž snížení aplikované dávky herbicidů by dle jejich názoru mohlo vést k nižším nákladům a vyšší ekonomické rentabilitě obdarovaných rezistencí vůči herbicidům rostlin. Pro zkoumání daného tvrzení bylo třeba projít několika kroky. Nejdříve na základě metaanalýzy a pomocí doplňujících statistik byla vyhotovena tabulka č. 12 zachycující (stejně jak i v případě zhodnocení cen na osivo) historický vývoj nákladovosti ochranných prostředků zkoumané rostliny v západní Kanadě.

*Tabulka 15 Náklady na prostředky ochrany rostlin*

<i>Pesticidy</i>	1999		2006		2016	2017	2018	2019
<b><i>Celkem</i></b>	N/A	N/A	N/A	N/A	24.46*	55.8*	41.52*	47.28*
	Konvenční	Transgenní	Liberty Link	Rounded Ready	Transgenní	Transgenní	Transgenní	Transgenní
<b><i>Insekticidy+Fungicidy</i></b>	N/A**	N/A	N/A	N/A	16.07*	22.85*	17.42*	13.18*
					**	**	**	**
<b><i>Herbicidy</i></b>	22.53	13.68	18.05	13.13	10.48	32.34	29.99	32.2
<b><i>Počet operací</i></b>	1.2551 + jiné	2.14	1.65 8	1.661 9	N/A	N/A	N/A	N/A
<b><i>Cena za dávku herbicidů (\$/akr)</i></b>	18.56	11.96	18.05	13.13	-	-	-	-

<b>Úhor (\$/akr)</b>	3.97	1.72	-	-	-	-	-	-
----------------------	------	------	---	---	---	---	---	---

*Zdroj: vlastní zpracování na základě ročních publikací*

*\*do konečného průměru jsou zahrnuty údaje ze všech provincií*

*\*\*N/A – údaje nejsou dostupné/nebyly změřeny*

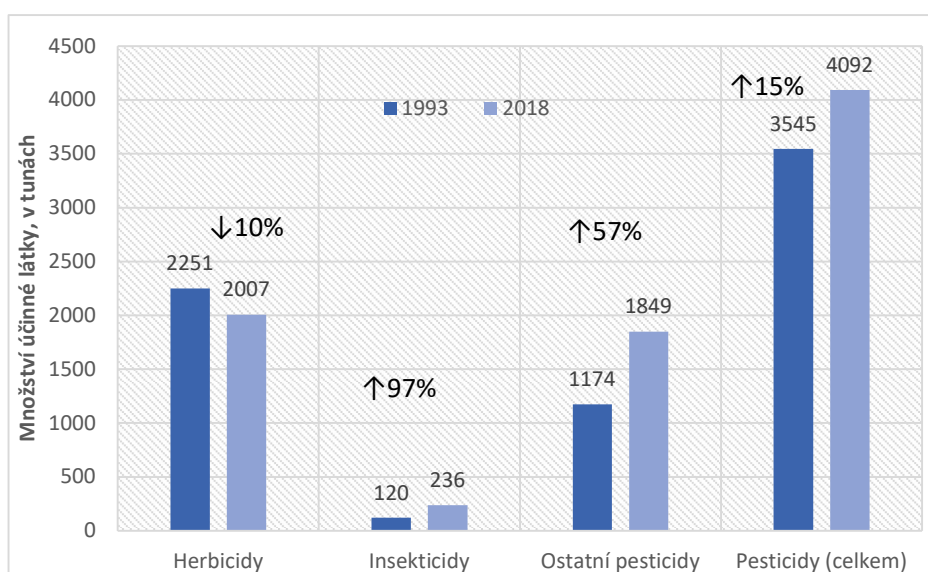
*\*\*\*do průměru nejsou zahrnuty údaje pro Albertu*

Jak je již čtenáři dobře známo, současné transgenní systémy používané při pěstování canoly disponují ve většině případů pouze rezistencí vůči herbicidům, čímž je vysvětlován fakt, že cena jiných pesticidů (insekticidů a fungicidů) ve výzkumu z roku 2000 nebyla sledována. Zajímavou tendenci lze obecně sledovat z předvedené výš tabulky: přesně jak bylo slibováno, v prvních rocích byl zaznamenán pokles aplikovaného množství herbicidních látek v důsledku přechodu některých zemědělců na pěstování transgenních odrůd: peněžně vyjádřená hodnota herbicidní dávky aplikované na plochu osetou transgenní canolou byla v roce 1999 o 39% nižší než hodnota herbicidní dávky užívané pro kontrolu herbicidů v konvenčních systémech. Další snížení této hodnoty bylo pozorováno i v roce 2006, a to i přes zvýšený zájem zemědělců výjimečně o glyfosát a glufosinát, kvůli němuž došlo třeba i k výraznému poklesu tržeb jiných herbicidů (např. imazethapyr, acifluorfen, bentazon aj.). V rocích 2016 až 2019 lze nicméně pozorovat postupný nárůst herbicidní dávky, jenž je jednoduše vysvětlován velice přirozeným vznikem herbicid tolerantních plevelů, čímž je původní ekonomická výhoda transgenních rostlin z hlediska ušetření finančních prostředků díky nižším vstupům zcela eliminována. Je ovšem třeba chápat, že rezistence plevelů se vyvíjí kvůli aktivnímu využívání herbicidů stejného druhu, tj. kvůli nerozumnému zacházení s pěstitelskými prostředky, nikoliv kvůli samotné transgenní technologii. Sice v tabulce č.12 jsou zapsány průměrné hodnoty pro celou západní Kanadu, ve skutečnosti ke zvýšené hodnotě nejvíce přispívají hodnoty ze Saskatchewanu, v němž je industrie canoly nejintenzivnější, což souvisí s předchozím výrokem o tom, že rezistence vzniká plošným využitím stejnorodých herbicidů.

Porovnáme-li peněžní částky vydávané na pesticidy celkově transgenních systémů Kanady s částkami konvenčních systémů v ČR (viz. tabulka č.), nicméně zjistíme, že výdaje na pesticidy ve případě českého zemědělství jsou mnohem vyšší (48.2\$ na akr v průměru za tři roky oproti 147.9\$, ve smyslu struktury nákladů 18-25% v kanadských systémech oproti 34% ve případě českých systémů). Určitým lákadlem je posoudit, že i při pěstování non-GM řepky dochází u

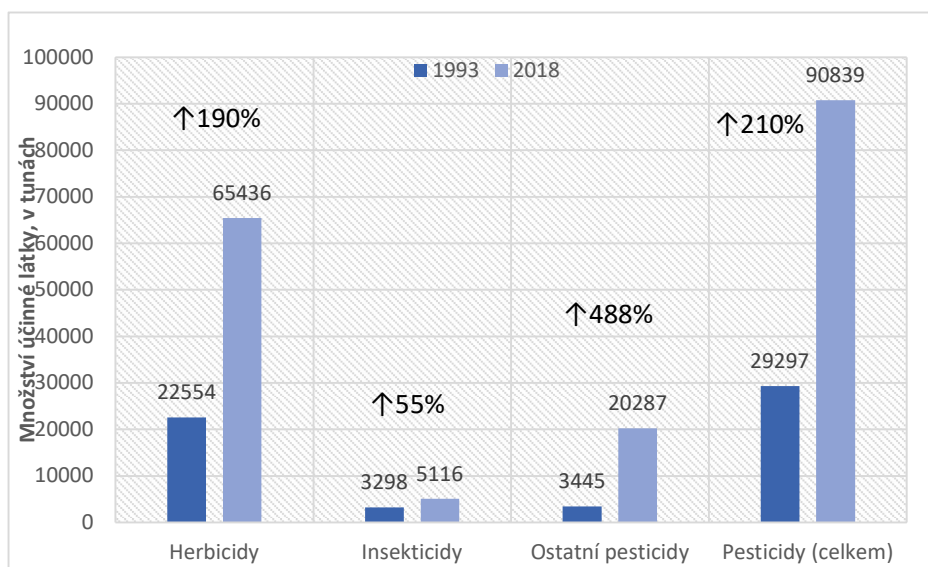
plevelů k formování rezistence vůči některým herbicidním látkám nebo že péče o konvenční rostlinu vyžaduje celkově větší vstupy ochranných prostředků, nicméně, podíváme-li se na údaje z diagramu č. 7, stane jasné, že vyšší peněžní hodnota chemikálie ve vzorku českých farem je evidentně podmíněna vyššími cenami pesticidních přípravků a striktnější regulací pesticidů v EU, případně jinými faktory. Přísná pravidla EU mohou také částečně vysvětlovat nízkou rovinu používání pesticidů v českém zemědělství.

Diagram 7 Spotřeba pesticidů v českém zemědělství



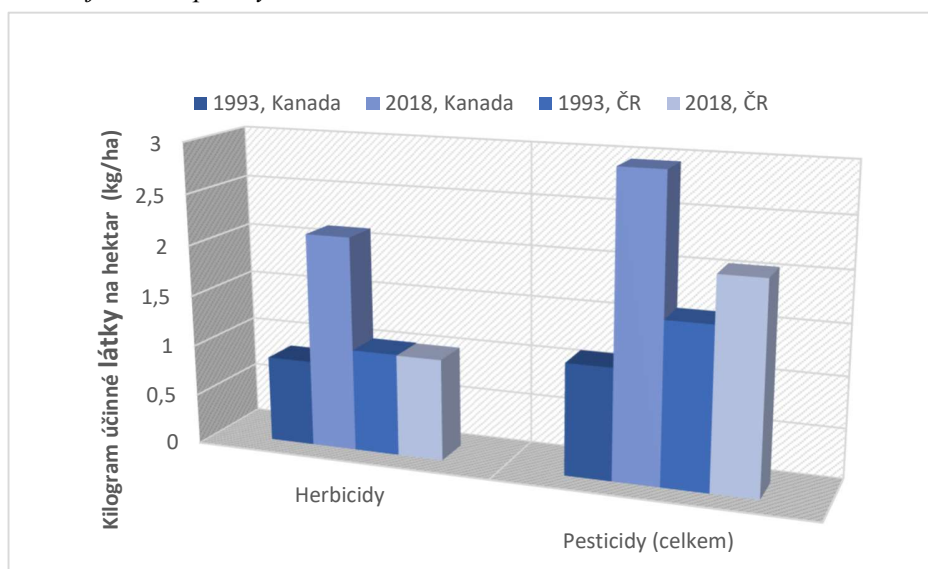
Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů FAO

Diagram 8 Spotřeba pesticidů v kanadském zemědělství



Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů FAO

Diagram 9 Spotřeba herbicidů a pesticidů v Kanadě a v České republice v přepočtu na jednotku plochy



Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů FAO

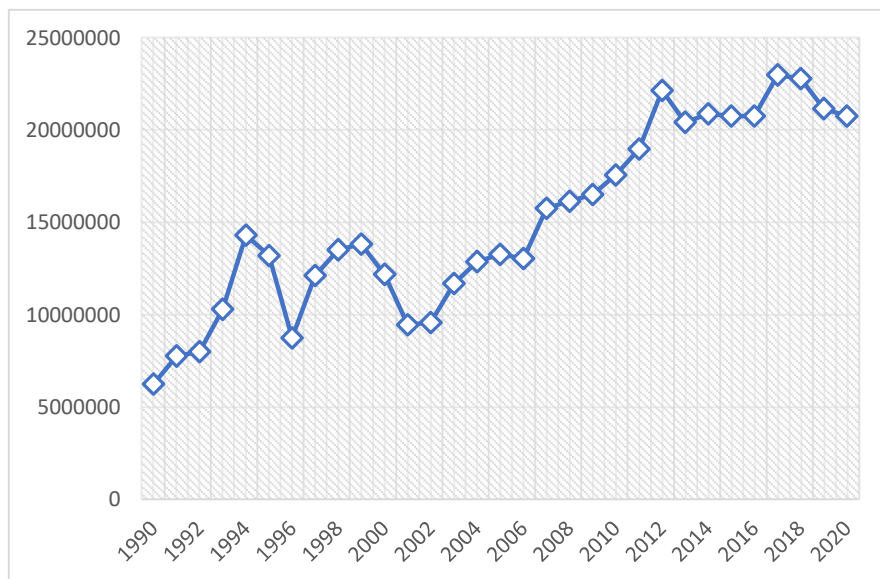
V diagramech č.7 a č.8 jsou spočítány absolutní a relativní změny v používaném množství jednotlivých skupin pesticidů v Kanadě a v České republice. Je viditelné náhlé zvýšení spotřeby pesticidů (zejména herbicidů a ostatních pesticidů (tj. fungicidů, bakteriocidů aj.) v kanadském zemědělství za pozorované období, což v plné míře souvisí i s dříve odhalenými tendencemi. Dále lze zcela jistě předpokládat existenci určité korelace mezi procesy růstu osevních ploch transgenní canoly a eskalace využití pesticidů, není ovšem vhodné úplně opomíjet pravděpodobnost souběžného vývoje mnohých nezávislých na sebe pochodů v zemědělství kumulativně měnících realitu odrážející se ve číslech.

Z grafů č. 9 a 10 lze odvodit, že růst aplikace herbicidů započal v roce 2006, tedy v období, kdy již v průběhu několika let více jak dvě třetiny celkových ploch bylo oséváno transgenní canolou. Pokud by byla uskutečněna korelační analýza, hodnota korelačního koeficientu měřícího závislost mezi osevními plochy canoly a spotřebou herbicidů v zkoumané zemi by



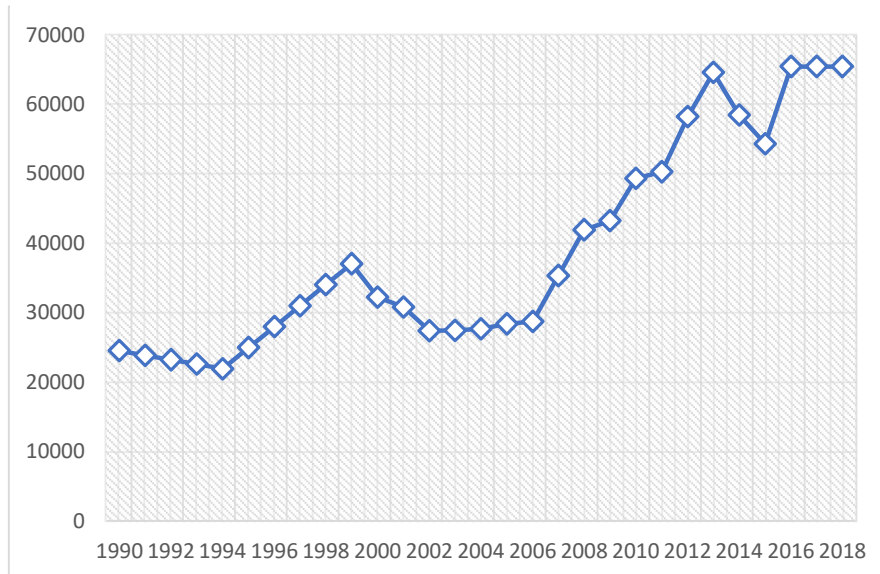
dosahovala dokonce 0.92. Je třeba zde poznamenat, že určitá míra korelace bude přítomná v jakýchkoliv souběžně rostoucích/klesajících časových řadách a neměnně platí vědecká zásada o tom, že korelace v žádném případě neimplikuje kauzalitu.

*Graf 9 Historický vývoj osevních ploch v Kanadě, 1990-2020*



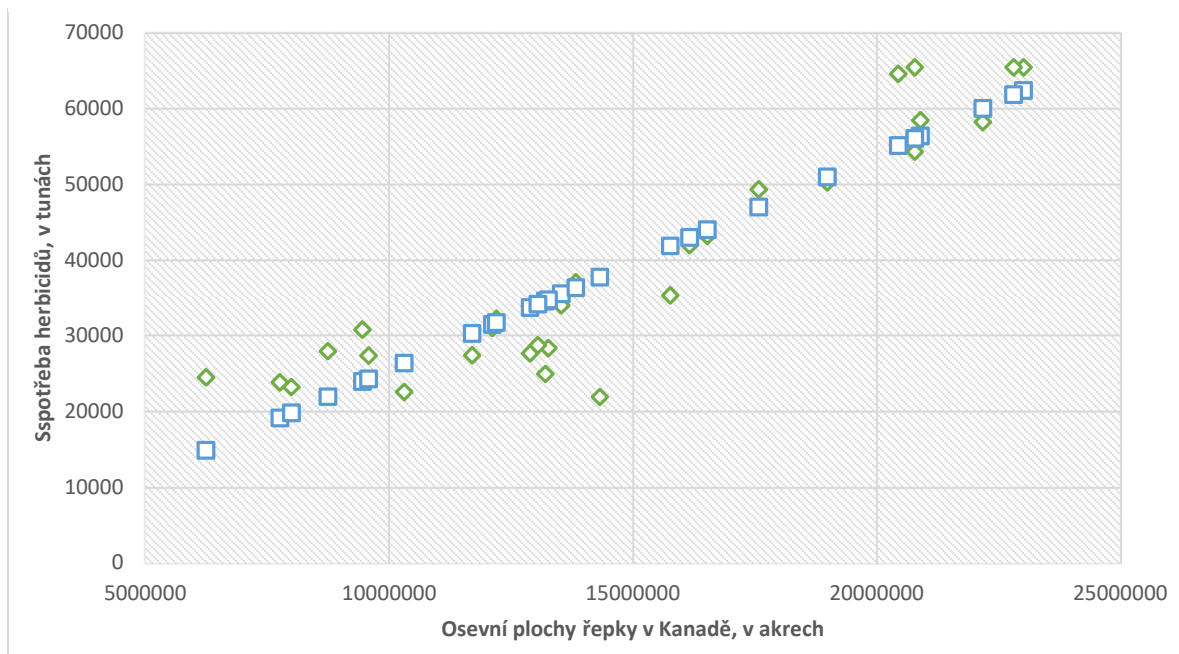
Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů Canola Council of Canada

*Graf 10 Historický vývoj spotřeby herbicidů v Kanadě*



Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů FAO

Diagram 10 Bodový diagram pro korelační závislost mezi spotřebou herbicidů a šířením osevních ploch řepky.




---

*Regression Statistics*

---

Multiple R	0.922237313
R Square	0.850521662
Adjusted R Square	0.844985427
Standard Error	5952.041925
Observations	29

---

Zdroj: vlastní zpracování, Excel.



Shrneme-li logické výsledky všech provedených analýz, dojdeme k následujícím vývodům:

- (i) V průběhu let se u plevelů herbicid tolerantní canoly usadila rezistence vůči používaným herbicidním látkám, což zároveň vedlo k růstu výdajů zemědělců na chemikálie,
- (ii) Na území Kanady byl pozorován celkový nárůst i jiných pesticidů, ovšem ve případě řepky je sledována opačná územnímu trendu klesající tendence využití jiných než herbicidů pesticidů, tedy šíření transgenních systémů v zemědělství a růst ostatních pesticidů nelze spojit,
- (iii)Kauzální vztah mezi transgenními systémy a vyšší herbicidní dávkou na jednotku plochy nemusí platit, ale teoretické poznatky a číselné údaje tento vztah silně předpokládají,
- (iv)Důvody k utváření tohoto vztahu tkví nicméně ne v samotných transgenních systémech, ale v intenzifikaci výroby, jež byla jimi umožněna, a v nekorektních zemědělských praktikách, např. zkrácení osevních postupů, pěstování řepky po sobě, aplikace stejnorodých herbicidů aj., k nimž se kanadští zemědělci uchylují vzhledem k ekonomické výhodě spojované s pěstováním zkoumané plodiny.
- (v) Předpokládaná nepřítomnost vysoké rezistence vůči herbicidům v konvenčních systémech Česka je pravděpodobně vysvětlována lepšími zemědělskými pochody a striktní politikou EU ve vztahu k herbicidům.
- (vi)Nebudou-li v brzké době pozměněny zemědělské postupy kanadských farmářů, rentabilita výroby canoly pro kanadské farmáře bude nadále klesat.

### *Hnojiva*

Analogicky s předchozími kapitolami nejdřív byla vytvořena tabulka zachycující historické změny ve množství použití hnojiv, jež je znázorněna níže.

Tabulka 16 Náklady na hnojiva

		1999		2016	2017	2018	2019
	Měrná jednotka	Konvenční	Transgen	Transgen	Transgen	Transgen	Transgen
	a		ní	ní	ní	ní	ní
<b>Hnojiva</b>	\$/akr	29.305	29.59	74.03	66.051	73.203	94.483
<b>Dusíkatá</b>	\$/akr	19.015	19.09	46.65	40.43	44.212	59.434
	lb./akr, c/lb.	0-140, 70.95, 26.8c	10-149, 71.22, 26.8c.	90.665	99.335	104.335	105.287
<b>Fosforečná</b>	\$/akr	6.83	6.79	18.865	17.515	20.405	24.7197
	lb./akr, \$/akr	0-48, 25.21, 27.1c.	0-45, 25.06, 27.1c	34.3	38.835	43.835	44.5
<b>Draselná**</b>	\$/akr	0.71	0.85	1.86	1.367	1.528	1.898
	lb./akr, \$/akr	0-30, 4.90, 14.5c.	0-50, 5.89, 14.5c	4.867	4.867	4.867	4.867
<b>Sírná</b>	\$/akr	2.75	2.86	6.66	6.74	7.057	8.431
	lb./akr, \$/akr	0-50, 11.77, 23.4c.	0-50, 12.23, 23.4c	16.335	17.15	17.15	17.977

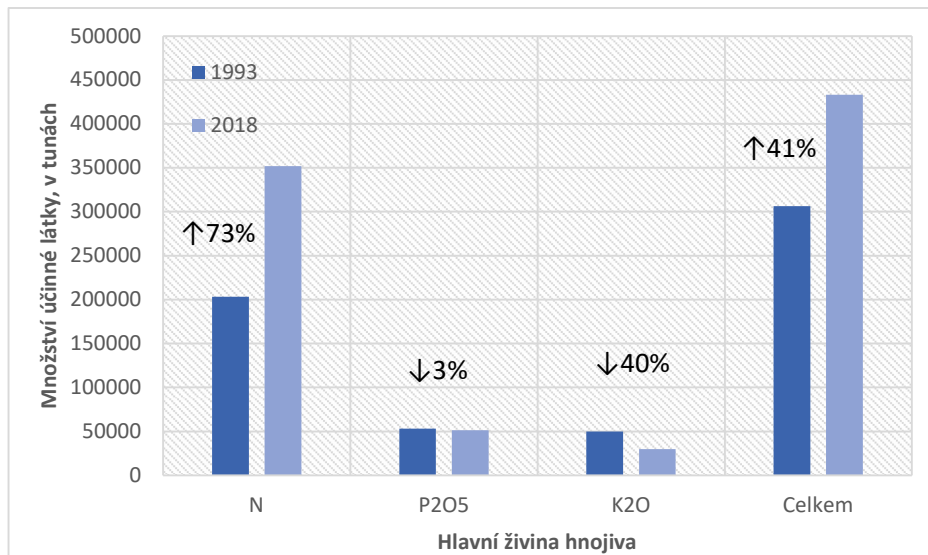
Zdroj: vlastní zpracování na základě ročních publikací

\*\*Draselná hnojiva se objevovaly pouze v posledních dvou rocích v Albertě, průměrná hodnota pro roky 2018 a 2019 je vypočtena za předpokladu nulové hodnoty hnojiva ve případě Manitoby a Saskatchewanu. Hodnoty pro rok 2016 a 2017 jsou pouze orientační.

Jak je vidět z tabulky č. 13, průměrné množství přidávaného hnojiva za posledních dvacet let stoupl o přibližně 65%, přičemž nejvíce porostla průměrná dávka dusíkatých hnojiv. Ani jeden druh hnojiva, na druhou stranu, nepřesahoval hranici dávky stanovenou v průběhu výzkumu z roku 2000 v žádném ze sledovaných období. Zatímco souvislost herbicid tolerantních systémů se zvýšením použití herbicidních látek (přesněji – nadměrné využití herbicidů stejné účinnosti) je podporována i teoretickými východisky a zkušenostmi s jinými herbicid tolerantními plodinami (např. sójovými boby), souvztažnost nově vyvinutých GM systémů s vyšší spotřebou hnojiv je poněkud rozporná.

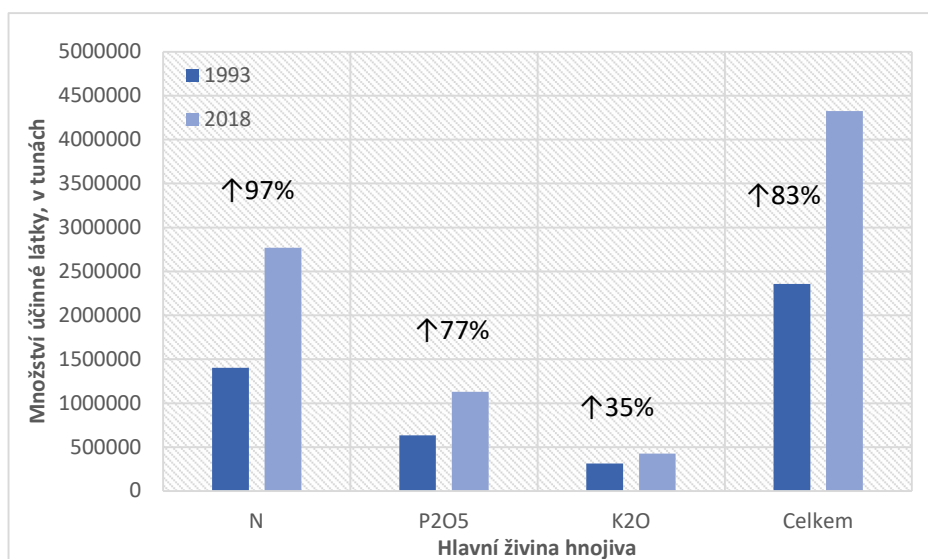
Porovnání českého a kanadského zemědělství prokazuje na evidentní převahu aplikační dávky hnojiv na českých pozemcích (v peněžním vyjádření je 1.7-krát větší, viz. tabulka), kterou lze připisovat spíše odlišným nárokům pěstovaných forem řepky a zvykům farmářů než zvoleným pěstitelským systémům. Následující diagramy jsou ačkoliv zase vztaženy k celkové oseté ploše a zachycují průměrnou spotřebu hnojiva jednotkou zemědělského pozemku ve dvou zkoumaných zemích, částečně podporují výrok o tom, že vyšší spotřeba hnojiv v českém zemědělství je pravděpodobně zapříčiněna rozdílnými pěstitelskými podmínkami, případně i odlišnostmi v právních normách. Nižší úroveň využití pesticidů také předpokládá aplikaci konvenčních způsobů zpracování půdy narušujících půdní agregáty a způsobujících pokles živin v půdě, jenž je následně kompenzován přidáním zemědělského hnojiva. Půdochranné zpracování půdy je stále více charakteristické pro Ameriku, čímž mohou být objasněny pozorované rozdíly v způsobech a intenzitě hnojení.

Diagram 11 Spotřeba hnojiv v kanadském zemědělství



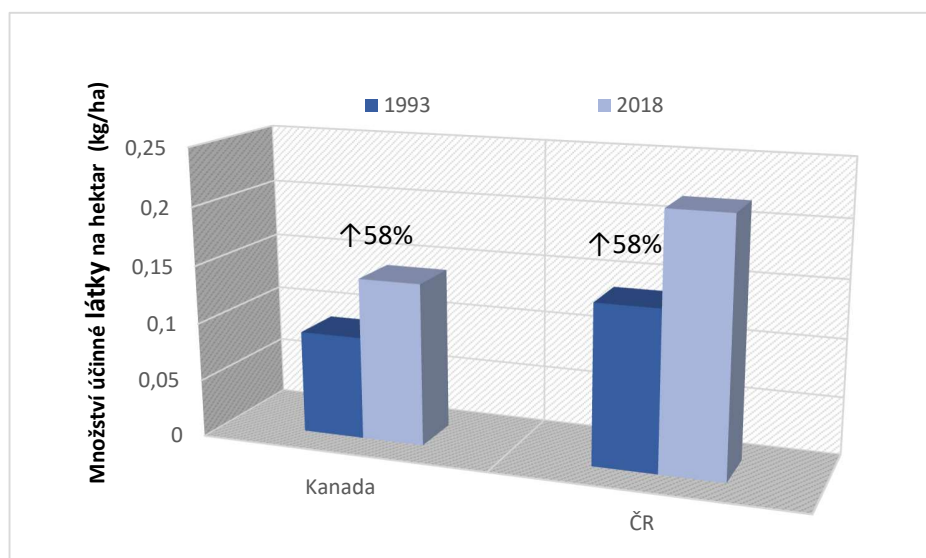
Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů FAO

Diagram 12 Spotřeba hnojiv v českém zemědělství



Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů FAO

Diagram 13 Spotřeba herbicidů a pesticidů v Kanadě a v České republice v přepočtu na jednotku plochy



Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů FAO

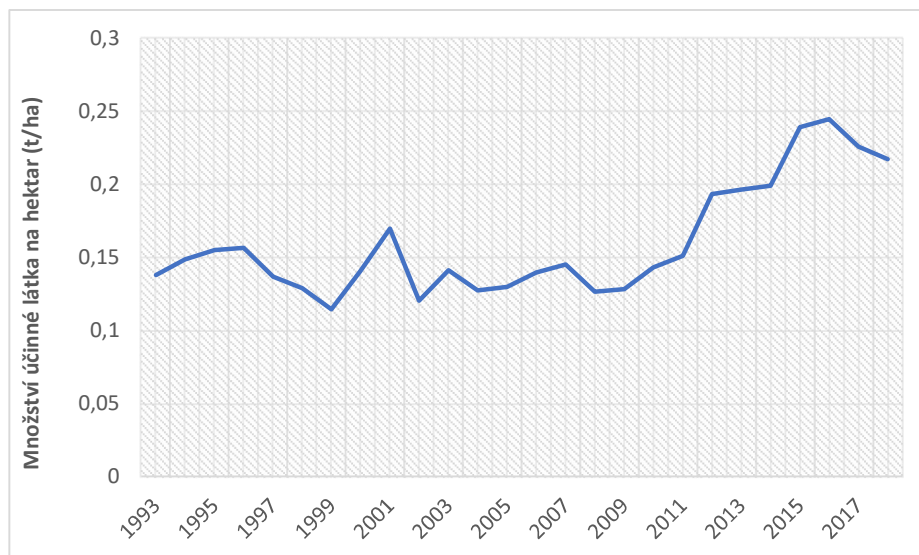
Implementace herbicid tolerantních systémů měla také vést k vyššímu podílu bezorebného zemědělství, což ale zjevně nepřivedlo ke snížení míry hnojení (resp. byl již prokázán opak), a to pravděpodobně z následujících důvodů:

- (i) Změna metod a přístupů v samotném zemědělství
- (ii) Snaha o zabezpečení vyšších výnosů
- (iii) Půdní únava v důsledku nevhodných osevních postupů, tedy časté zařazení řepky do osevního sledu, které je možné pouze za předpokladu dodávání většího množství chemických látek.

Nelze také odhadnout, jak by se vyvíjela spotřeba hnojiv, nedošlo-li by k umožnění pěstování řepky olejné na dříve nepřístupných pro danou plodinu pozemcích, lze ovšem na základě zjištěných informací usoudit, že by využití hnojiv buď bylo intenzivnější, nebo se rozvíjelo tímtež tempem.

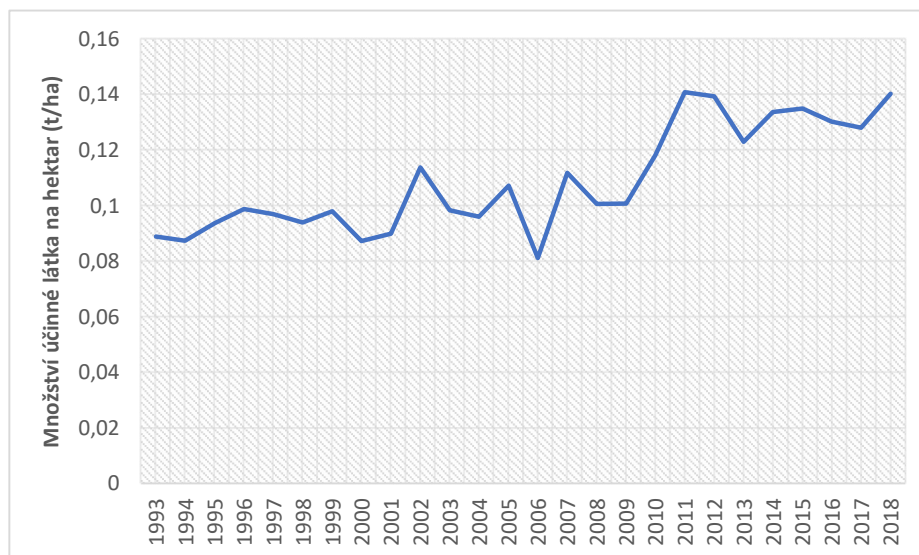
Zajímavou observací je podobnost změn ve množství přidávaného hnojiva v čase v Kanadě i v České republice.

Graf 11 Využití hnojiv v kanadském zemědělství



Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů FAO

Graf 12 Využití hnojiv v českém zemědělství



Zdroj: vlastní zpracování

## PHM

Přístupné údaje týkající se rozsahu spotřeby pohonných hmot ve zkoumaných systémech byly shrnuty v tabulce níže. Spotřeba pohonných hmot jednotlivými zemědělskými postupy je

stanovena podle předpokladů Manitoba Government. Ve výzkumech z roku 2000 a 2006 se neuvádělo, zda postřiky proti plevelům byly realizovány manuální prací nebo se prováděly pomocí stroje, při výpočtu bylo zase počítáno s mechanickou prací. V náležitých výzkumech nákladovost některých operací nebyla zjišťována, proto tyto operace jsou považovány za obdobné pro transgenní a netransgenní systémy.

Tabulka 17 Náklady na PHM

Typ operace	Orba		Vláčení		Setí osiva pomocí secího stroje	
Spotřeba paliva (l)	2,25		0,75		2,5	
1999	Konvenční	Transgenní	Konvenční	Transgenní	Konvenční	Transgenní
Počet operací	2,63	1,79	0,94	0,84	N/A	N/A
Cena paliva/Cena operací	0.5384***					
2006	Konvenční	Transgenní	Konvenční	Transgenní	Konvenční	Transgenní
Počet operací	-	0,48	-	0,26	-	-
Cena paliva	0.972533***					
2016						
Počet operací	-	1	-	1	-	1
Cena paliva	0,85					
2020	Transgenní					
Počet operací	-	2	-	1	-	1
Cena paliva	0,955					
Typ operace		Postřikovač/Vl. práce	Shrnovače	Sklizen (kombajn)	Tahání obilí	
Spotřeba paliva (l)		0,42	1,13	5,54	2	
1999	-	Konvenční	Transgenní	Oba	Oba	Oba
Počet operací	-	1.78*	2,07	1**	1**	2.95**
Cena paliva/Cena operací	-	0.5384***				
2006	-	Konvenční	Transgenní	Oba	Oba	Oba
Počet operací	-	-	1,66	1**	1**	2.95**
Cena paliva	-	0.972533***				
2016	-					
Počet operací	-	-	3	1	1	2,95
Cena paliva	-	0,85				
2020	-	Trasgenní				
Počet operací	-	-	4	1	1	3,05

<b>Cena paliva</b>	-	0,955				
<b>Typ operace</b>	Přímá výsev/Předpěstování sadby		Hnojení		Celkem	
<b>Spotřeba paliva (l)</b>	-	-	-		-	
<b>1999</b>	Konvenční	Transgenní	Konvenční	Transgenní	Konvenční	Transgenní
<b>Počet operací</b>	9,60	10,28	1,19	1,3	21,52575	21,3233709
<b>Cena paliva/Cena operací</b>	12 / 8		7			
<b>2006</b>						
<b>Počet operací</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	30,182405	24,9327693
<b>Cena paliva</b>						
<b>2016</b>						
<b>Počet operací</b>	N/A	N/A	N/A	N/A		
<b>Cena paliva</b>					19,074085	16,4305
<b>2020</b>						
<b>Počet operací</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	21,621296	21,201
<b>Cena paliva</b>						

\*počet aplikací

\*\*předpokládá se, že počet těchto operací je stejný pro konvenční i transgenní odrůdy

\*\*\*průměrné ceny pohonných hmot za pozorované období jsou stanoveny na základě údajů z Canada Statistics.

Považujeme-li postupy v konvenčním zemědělství za konstantní, v každém zkoumaném okamžiku se ukáže, že podstatný pokles v sumárním počtu mechanických operací zprostředkovaný herbicid tolerantními systémy pozitivně přispívá po ekonomické stránce ke zmenšení nákladů souvisejících s obhospodařováním půdy a zabezpečuje nižší výdaje farmářů preferujících pěstování GM canoly. Situace s použitím půdoochranných metod úpravy půdy v transgenních systémech a jejich příznivých vlivů na finanční výsledky zemědělských podniků ovšem přímo obkresluje situaci s kontrolou plevelů, tj. kvůli postupnému formování herbicid tolerantních plevelů pěstitelé jsou nuceni zčásti vracet se ke konvenčnímu zpracování půdy, čímž je vysvětlován vyvozený z předvedené tabulky sled počátečního snížení spotřebovaných pohonných hmot/operací na půdě a jejich pozdějšího pozvolného nárůstu.



Již tradiční srovnávání kanadské výroby řepky s českou také odhaluje jednoduše předvídanou z předchozích úvah vyšší hodnotu položky ostatních přímých nákladů (přibližně 1.5-1.7-krát) v rámci českého zemědělství. (viz. tabulka).

*Souhrnná analýza ekonomiky konvenční a transgenní canoly*

Jelikož porovnání zkoumaných systémů ve stejném prostředí kanadské výroby není v existujících podmínkách realizovatelné, uvedeme pouze přehled známých variabilních nákladů obou systémů s tím, že hodnoty pro konvenční canolu jsou buď ponechány neměnnými (množství herbicidů, počet mechanických operací), nebo zachovány ve stejných proporcích s transgenními rostlinami (hnojiva, osivo aj.). Veškeré výsledky jsou shrnuty v tabulce č.18.

*Tabulka 18 Úroveň nákladů a rentability konvenční a transgenní canoly*

	2006		2019	
<b>Přímé náklady</b>	Konvenční	Transgenní	Konvenční	Transgenní
<b>Osiva</b>	12.526	26.983	29.982	64.59
<b>Hnojiva</b>	29.305	29.587	93.581	94.483
<b>Prostředky ochrany rostlin</b>	22.53	13.68	23.64	47.28
<b>PHM</b>	30.1824	24.9328	21.621	21.201
<b>Celkem</b>	94.5426	95.1832	168.825	227.55
<b>Akrový výnos</b>	25.18	28.12	25.6925	43.63
<b>Realizační cena</b>	5.5	5.5	11.045	11.045
<b>Tržby celkem</b>	138.49	154.66	283.7740165	481.89335
<b>Hrubá marže</b>	43.9473	59.4768	114.9489	254.339
<b>%</b>	73.8899	100	45.1951	100

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů ročních publikací a výzkumů minulých let

Jak je vidět z tabulky výš, pěstování transgenních odrůd je stále profitabilnější, a to i nehledě na výrazný nárůst využívaných herbicidních látek, a to především z důvodu již odhalené větší úrody dosahované při pěstování transgenní canoly. Z procentního vyjádření rezultativní hrubé marže je také zřetelné, že se ekonomická propast mezi pozorovanými odrůdami pouze nadále prohloubila. Vzhledem k poněkud odhadové povaze předloženého výpočtu lze

předpokládat, že skutečný rozdíl není tak drastický, ovšem se skoro stoprocentní jistotou lze tvrdit, že z ekonomického hlediska je volba herbicid tolerantních pěstitelských systémů mnohem výhodnější.

Nákladovost pěstování řepky olejné v západní Kanadě a České republice je zachycena v tabulkách č.16 a č.17. Konečné údaje pro Kanadu jsou průměrnými hodnotami pro tři příslušné provincie. Údaje pro Českou republiku jsou převzaty z publikací ÚZEI a převedeny na vhodné jednotky (\$, akr).

V rámci přehledu efektivnosti výroby ve dvou porovnaných zemích je obecná analýza rovněž doplněna ukazatelem rentability vypočítaného podle standardního vzorce:

$$\text{míra rentability} = \frac{\text{zisk (ztráta)}}{\text{náklady}} \times 100. \quad (4.13)$$

(Novák 1999)

Ukazatel rentability, jak je známo, je využíván k primitivnímu zhodnocení celkové úspěšnosti a výnosnosti hospodářského podnikání.

Dále pro každou výrobu je uskutečněna jednoduchá analýza bodu zvratu, kterým se zachycuje stav hospodářské činnosti, při kterém se veličina tržeb vyrovnává s veličinou vynaložených nákladů. Výpočet bodu zvratu ve případě homogenní výroby lze provádět podle následujícího vzorce:

$$\begin{aligned} T &= CN & (4.14) \\ p \times q &= FN + v_j \times q \\ q(BZ) &= FN (p - v_j) \end{aligned}$$

kde  $p$  – prodejní cena za jednotku výkonu,  $q$  – objem prodaných výkonů,  $v_j$  – variabilní náklady za jednotku výkonu,  $CN$  – celkové náklady,  $FN$  – náklady fixní,  $T$  – celkové tržby,  $q(BZ)$  – bod zvratu. (Synek 2007)

Tabulka 19 Úroveň nákladů a rentability kanadské canoly

	2017	2017	2018	2018	2019	2019
<b>Přímé náklady</b>	251.469	67%	251.577	64%	289.389	66%
<b>Osiva</b>	60.402	16%	61.045	16%	64.59	15%
<b>Hnojiva</b>	66.0514	18%	73.2025	19%	94.4831	22%
<b>Prostředky ochrany rostlin</b>	55.8	15%	41.52	11%	47.28	11%
<b>Pojistné</b>	14.93	4%	15.17	4%	17.6	4%
<b>PHM</b>	15.56	4%	20.43	5%	20.814	5%
<b>Ostatní přímé náklady</b>	14.796	4%	17.03	4%	19.615	4%
<b>Mzdové a osobní náklady</b>	23.93	6%	23.18	6%	25.007	6%
<b>Nepřímé náklady</b>	122.9	33%	140.16	36%	147.91	34%
<b>Nájemné, daně z pozemků, atd.</b>	49.32	13%	56.67	14%	65.92	15%
<b>Výrobní režie</b>	57.34	15%	66.87	17%	67.38	15%
<b>Náklady vl. machanizačních prostředků, opravy a udržování</b>	16.24	4%	16.62	4%	14.61	3%
<b>Celkem</b>	374.369	100%	391.737	100%	437.299	100%
<b>Vlastní náklady výrobku</b>	374.369	-	391.738	-	437.299	-
<b>Akrový výnos</b>	41.0653	-	42.55	-	43.63	-
<b>Vlastní náklady na jednotku produkci</b>	9.116	-	9.20652	-	10.0229	-
<b>Realizační cena</b>	10.88	-	11.215	-	11.045	-
<b>Tržby celkem</b>	446.790	-	477.198	-	481.893	-
<b>Hrubý zisk (EBT)</b>	72.4210	-	85.4607	-	44.5942	-

<b>Míra rentability</b>	19.3448	-	21.8158	-	10.1976	-
-------------------------	---------	---	---------	---	---------	---

Zdroj: vlastní zpracování na základě ročních publikací jednotlivých provincií

Tabulka 20 Úroveň nákladů a rentability české řepky

	2017	2017	2018	2018	2019	2019
<b>Přímé náklady</b>	537.017	70%	554.588	68%	574.911	69%
<b>Osiva</b>	43.1886	6%	44.72	6%	46.6518	6%
<b>Hnojiva (nakupovaná i vlastní)</b>	138.447	18%	128.240	16%	145.930	18%
<b>Prostředky ochrany rostlin</b>	145.931	19%	146.746	18%	151.179	18%
<b>Ostatní přímý materiál</b>	20.2419	3%	17.8057	2%	17.9015	2%
<b>Ostatní přímé náklady a služby</b>	81.7563	11%	90.647	11%	89.5076	11%
<b>Mzdové a osobní náklady</b>	107.453	14%	126.428	16%	123.741	15%
<b>Nepřímé náklady</b>	231.384	30%	258.026	32%	252.777	31%
<b>Odpisy DNHM</b>	0.1352	0%	0.2174	0%	0.2108	0%
<b>Náklady pomocných činností</b>	119.062	15%	134.449	17%	134.285	16%
<b>Výrobní režie</b>	85.430	11%	96.277	12%	89.836	11%
<b>Správní režie</b>	26.7562	3%	27.0831	3%	28.446	3%
<b>Celkem</b>	768.401	100%	812.614	100%	827.688	100%
<b>Vlastní náklady výrobku</b>	768.401	-	812.614	-	827.689	-

<b>Akrový výnos</b>	55.34	-	63.5	-	56.76	-
<b>Vlastní náklady na jednotku produkci</b>	13.8851	-	12.797	-	14.5822	-
<b>Realizační cena</b>	13.0792	-	12.499	-	12.2813	-
<b>Tržby celkem</b>	723.80	-	793.70	-	697.084	-
<b>Hrubý zisk (EBT)</b>	44.598	-	18.913	-	- 130.604	-
<b>Míra rentability</b>	5.8034	-	2.3275	-	-15.7794	-

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů ÚZEI

Jak vyplývá z uvedených nákladových struktur, procentní poměr přímých a nepřímých nákladů při podnikání s vybranou plodinou je přibližně stejný a konzistentní ve případě obou pěstitelských systémů a činí kolem 70% sumárních vynakládaných nákladů. Je si také třeba povšimnout, že alespoň v procentním vyjádření výdaje na ochranu rostliny proti škůdcům, rovněž i výdaje na hnojiva vykazují zase obdobný podíl v českém i kanadském zemědělství a převážně se pohybuje v intervalu 15 až 19% s tím, že dané procento je ve případě kanadské canoly primárně nižší. Již mnohem výraznější rozdíl v nákladové struktuře řepkové výroby se odehrává na úrovni peněžních prostředků vydávaných na pořizování osiva, kdež akrové náklady na koupi semene ve případě kanadské industrie překrývají hodnoty většiny ostatních nákladů (až na výjimku hnojiv) na přímý materiál, zatímco u českých podnikatelských subjektů daná nákladová položka nepřesahuje hodnoty v 6%.

Předjeme-li z analýzy výlučně poměrové struktury nákladů a výnosů na zkoumání bezprostřední rentability pěstování vybrané plodiny, můžeme odvádět, že celkově kultivace canoly v podmínkách kanadského zemědělství je výrazně levnější. Je za potřebí si uvědomit, že vyšší náklady na pěstování řepky v České republice souvisejí především s apriori náročnějšími požadavky ozimé řepky na iniciační vstupy především ve smyslu množství přidávaného hnojiva a zcela odlišnými pěstitelskými praktikami.

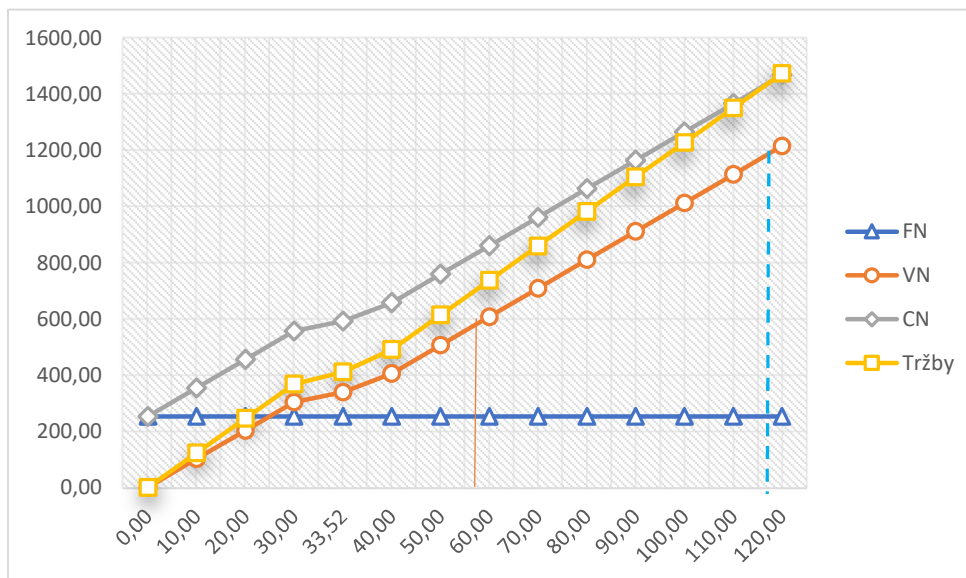
Zajímavou observací je, že na rozdíl od kanadské výroby canoly, u níž v průběhu krátkého období třech let skoro všechny nákladové položky vykazovaly mírné zvyšování buď v závislosti na změně ceny vstupní jednotky (cena PHM v roce 2019), nebo s vyšší frekvencí na změně množství vstupujícího materiálu, v českých podmínkách nákladové položky vykazují

spíše trend kolísající, což je více zřejmé při pohledu na nákladovou strukturu vyjádřenou v korunách českých. (viz. příloha) Tímto pozorováním se dále zase potvrzují předpoklad, že tradiční způsoby hospodaření na pozemcích pravděpodobně častěji uplatňované v českém zemědělství předpokládají větší stabilitu a neměnnost samotných zemědělských metod, a to ovšem na vrub nižší odolnosti výroby vůči případným cenovým šokům nebo obzvlášť nepříznivým agronomickým podmínkám konkrétního zemědělského roku. Herbicid-tolerantní systémy jsou určitým opakem a u přes svoji zdánlivou jednoduchost vyžadují přísnějšího managementu v dlouhodobém hledisku.

Tyto skutečnosti jsou dobře pozorovány i na roční rentabilitě, kde se ve případě českého zemědělství jedná o stále nízkou až zápornou hodnotu (nepočítá-li s případnou státní podporou a dotacemi), mezitímco kanadští farmáři dosahují více jako desetiprocentní zisku s tím, že již mnohokrát odhalené postupné zvýšení množství vstupních jednotek pozvolně snižuje rentabilitu výkonu.

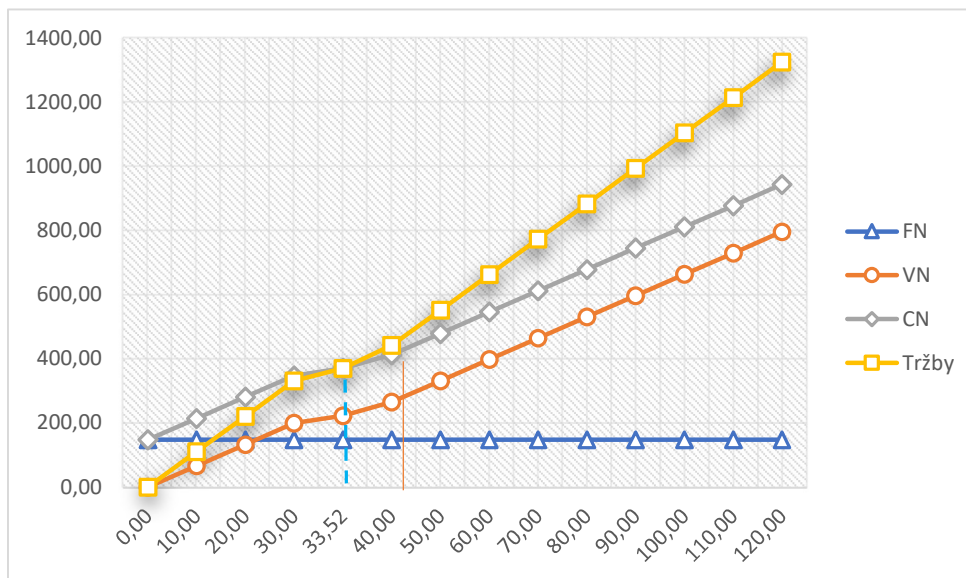
Nakonec, jak se uvádělo začátkem kapitoly, byl vypočítán a graficky vyjádřen bod zvratu české i kanadské výroby, jenž pro rok 2019 zachycen grafy č. 13 a č. 14. V tabulce č. jsou shrnuty hodnoty bodu zvratu pro všechny tři roky. Jak je vidět z těchto údajů, v roce 2019 teoreticky vyžadovaný k dosažení nulové ztráty objem produkce čili hodnota výnosu stoupla v české výrobě skoro dvojnásobně na pěstitelsky nerealizovatelné veličiny. Bod zvratu v kanadské výrobě je mnohem nižší než je skutečná hodnota výkonu, tedy považujeme-li náklady na výrobu za konstantní, ani při pěstování konvenčních odrůd canoly pravděpodobně nepovede k ztrátovému výsledku hospodaření, volba transgenních odrůd je ovšem zjevně ekonomicky výhodnější.

Graf 13 Bod zvratu pro rok 2019, Česko



Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Graf 14 Bod zvratu pro rok 2019, Kanada



Zdroj: vlastní zpracování, Excel.

Tabulka 21 Bod zvratu (v bušlích), 2017-2019

	2017	2018	2019
<b>Kanada</b>	25.839	26.432	33.522
<b>Česká Republika</b>	68.553	68.522	117.436

Zdroj: vlastní zpracování

## 5 Závěr a doporučení

V teoretické části práce byla provedena rozsáhlá literární rešerše zaměřená na problematiku geneticky modifikovaných organismů obecně, specifiky pěstování vybrané plodiny včetně zjištění podstatných rozdílů agrotechnických pochodů ve případě zacházení s odrůdy ozimého a jarního typu, byly rovněž zohledněny současné trendy trhu s vybranou plodinou, a to krátce i v návaznosti na její GM varianty.

V rámci praktické části práce, v níž bylo pokoušeno o stanovení konkrétních ekonomických souvislostí pěstování vybrané plodiny a o porovnání nákladovosti pěstování transgenních odrůd a odrůd konvenčních. V první a druhé kapitole praktické části byly zkoumány současné trendy pěstování canoly v západní Kanadě: bylo tak odhaleno, že osevnické plochy Roundup Ready rychle klesají, konvenční odrůdy canoly se pěstují pouze v mizivém množství (kolem 1 až 2% ve případě Clearfield canoly), největší procent celkových ploch plodiny (70%) je zaséván Liberty Link canolou. Jak se ukázalo dále, daný trend souvisí s přibližně 1.5-krát vyšší úrodou transgenních plodin oproti plodinám kovenčním, která je zase vysvětlována rezistencí GM plodin vůči vybraným herbicidům. Je pak zase velmi logické postupné opuštění Roundup Ready systémů pěstiteli v důsledku formování rezistentních vůči glyfosátu plevelů. V poslední kapitole praktické části byly pečlivě probrány jednotlivé nákladové položky, a to vždy i v porovnání s historickými hodnotami i se současnými hodnotami nákladů v českém zemědělství. Na základě dosažených výsledků ve smyslu naplnění cílů práce lze dojít k následujícím závěrům:

- (i) nákladová struktura ve případě GM i non-GM odrůd je dost podobná a je ovlivňována především typem plodiny (tj. ozimá či jarní) a agrotechnickými zvyky zemědělců



- konkrétních zemí (tj. tradiční či bezorebné zemědělství, intenzivní či extenzivní pěstování aj.), jen v počátečních fázích transgenní či konvenční podobou odrůd;
- (ii) GM odrůdy jsou obecně ziskovější (přibližně o 20%) v důsledku, jak již bylo řečeno, vyšších akrových výnosů a nižších nákladů na některé vstupy (PHM, vlastní práce);
  - (iii) ziskovost GM-odrůd v dlouhodobém hledisku klesá vzhledem ke vzniku rezistentních plevelů a tím i zániku původní výhody z hlediska přímých nákladů;
  - (iv) úspěch GM canoly v podmínkách kanadského zemědělství byl podmíněn řadou sociopolitických faktorů a nelze očekávat stejné zefektivnění výroby, dojde-li k implementaci GM- HT- technologií v jiných zemích;
  - (v) hlavním faktorem určujícím dlouhodobou rentabilitu GM canoly neměnně zůstává dodržování vhodných pěstitelských pochodů (střídání plodiny, diversifikace výroby aj.), proto jediným rozumným doporučením ve smyslu pěstování transgenních odrůd je zachování umírněnosti v pachtění se za ziskem a důkladný profesionální management vlastních zemědělských praktik.

## Seznam použitých zdrojů

AGHINTORI, Abha, Deepak PREM a Kadambari GUPTA. 2007. The Chronicles of Oil and Meal Quality Improvement in Oilseed Rape. GUPTA, Surinder. *Advances in Botanical Research: Rapeseed Breeding*. Academic Press, s. 76-77. ISBN-13: 978-0-12-374098-4.

AMMANN, K.. 2009. Biodiversity and Genetically Modified Crops. FERRY, Natalie a Angharad GATEHOUSE. *ENVIRONMENTAL IMPACT OF GENETICALLY MODIFIED CROPS*. CABI, s. 240-265. ISBN: 978 1 84593 409 5.

SCHULMAN, Alan. 2020. The impact of GM crops on in Agriculture. ANDERSEN, Veslemøy. *Genetically Modified and Irradiated Food. Controversial Issues: Facts versus Perceptions*. Academic Press, s. 195-214. ISBN: 978-0-12-817240-7.

BALTES, Nicholas, Javier GI-HUMANES a Daniel VOYTAS. 2017. Genome Engineering and Agriculture: Opportunities and Challenges. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*. Academic Press, roč. 149, s. 1-26. ISBN 9780128117439,. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877117317300431>

BARANYK, P. a A.FÁBRY. 1999. History of the Rapeseed (*Brassica napus* L.). Growing and Breeding from Middle Age Europe to Canberra.. In: *In Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, New Horizons for an Old Crop*. Canberra.

BEČKA, David a KOL. 2007. *Řepka ozimá: pěstitelský rádce*. Praha: Kutent s.r.o., 4-6. ISBN 978-80-87111-05-5.

BECKIE, Hugh, Suzanne WARWICK, Harikumar NAIR a Ginette SÉGUIN-SWARTZ. 2003. Gene Flow in Commercial Field of Herbicide-Resistant Canola (*Brassic Napus*). *Ecological Applications*. Roč. 13, č. 5.

BELL, J.. 1982. From Rapeseed to Canola: A Brief History of Research for Superior Meal and Edible Oil. *Poultry Science*. ScienceDirect, roč. 61, č. 4, s. 613-622.

- BELLOSTAS, Natalia, Anne SORENSEN, Jens SORENSEN a Hilmer SORENSEN. 2007. Genetic Variation and Metabolism of Glucosinolates. GUPTA, Surinder. *Advances in Botanical Research. Incorporating Advances in Plant Pathology. Rapeseed Breeding.*. Boston: Academic Press, s. 370-372. ISBN 13: 978-0-12-374098-4.
- BENBROOK, Charles. 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Benbrook Environmental Sciences Europe*. Springer, roč. 24, č. 24. Dostupné z: <http://www.enveurope.com/content/24/1/24>
- BLAIR, Robert a Joe REGENSTEIN. 2015. *Genetic Modification and Food Quality. A Down to Earth Analysis.*. Londýn: John Wiley & Sons, Ltd., 2; 7. ISBN: 978-1-118-75641-6.
- BOLOGNESI, Claudia, Stefania BONATTI, Paolo DEGAN, Elena GALLERANI, Marco PELUSO, Roberta RABBONI, Paola ROGGIERI a Angelo ABBONDANDOLO. 1997. Genotoxic Activity of Glyphosate and Its Technical Formulation Roundup. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. American Chemical Society.
- BRANKOV, Tatjana a Koviljko LOVRE. 2019. *GM Food Systems and Their Economic Impact*. CABI, 5; 13;. ISBN-13: 9781789249559.
- BROOKES, Graham a Peter BARFOOT. 2017. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996–2015: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops & Food: Biotechnology in Agriculture and the Food Chain*. Taylor&Francis. ISSN: 2164-5701. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/21645698.2017.1309490>
- BROOKES, Graham a Peter BARFOOT. 2020. GM crop technology use 1996-2018: farm income and production impacts. *GM CROPS & FOOD*. Dorchester, roč. 11, č. 4, s. 247-250.
- BROOKS, D.R., LG. FIRBANK, D. BOHAN, G. CHAMPION, S. CLARK, A. DEWAR, A. HAUGHTON, C. HAWES, M. HEARD, M. MAY, J. OSBORNE, J. PERRY, P. ROTHERY, D. ROY, R. SCOTT, R. SQUIRE a I. WOIWOD. 2007. The implications of genetically modified herbicide-tolerant crops for UK farmland biodiversity: a summary of the results of

the Farm Scale Evaluations project. Proceedings Open Seminar on the Cultivation of Genetically Modified Crops and Evaluation of Eco. . Tokyo: NIAES, Tsukuba, s. 29-52.

BUFFIN, David a Topsy JEWELL. 2011. Health and environmental impacts of glyphosate: the implications of increased use of glyphosate in association with genetically modified crops. . Friends of the Earth.

C.BANSAL, Kaliash a Dipnarayan SAHA. 2014. Genetic Transformation and Crop Improvement. PANESAR, Parmjit a Satwinder MARWAHA. *Biotechnology on Agriculture and Food Processing. Opportunities and Challenges..* CRC Press, s. 142; 157-160. ISBN-13: 978-1-4398-8838-4.

CAMBRIDGE DICTIONARY. 2021. *Meaning of canola in English* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/canola>

CAREX. n. d. *Glyphosate Profile* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.carexcanada.ca/profile/glyphosate/>

CARPENTER, Janet. 2011. Impact of GM crops on biodiversity. *GM Crops*. Taylor&Francis, roč. 2, č. 1, s. 7-23.

CASTAGNOLA, Anais a Juan JURAT-FUENTES. 2013. *Bt Crops: Past and Future..* . Springer Science+Business Media B.V, s. 290.

CBAN. 2020. *Genetically Modified Crops and Herbicides* [online]. CBAN, 1-2 [cit. 2021]. Dostupné z: <https://cban.ca/wp-content/uploads/Genetically-Modified-Crops-and-Herbicides-Dec-2020.pdf>

CBD. 2006. *Article 2. Use of Terms*. [online]. Convention on Biological Diversity [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02>

CCC. 2001. *An Agronomic And Economic Assessment Of Transgenic Canola*. Winnipeg: Canola Council of Canada. Dostupné z:

[https://www.canolacouncil.org/biotech/files/canola\\_report.pdf](https://www.canolacouncil.org/biotech/files/canola_report.pdf)

CCC. 2018. *History of Canola Seed Development* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z:

<https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/history-of-canola-seed-development/>

CCC. n. d. *Canadian canola production statistics* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z:

<https://www.canolacouncil.org/markets-stats/production/>

CCC. 1983. *Canola Encyclopedia. Growth stages*. [online]. [cit. 2021]. Dostupné z:

<https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/growth-stages/>

CCC. n. d. *Effects of soil characteristics* [online]. Dostupné z:

<https://www.canolacouncil.org/canola-encyclopedia/field-characteristics/effects-of-soil-characteristics/>

URRETA, Iratxe a Sonia CASTAÑÓN. 2012. Transgenic Plants as Biofactories for the Production of Biopharmaceuticals: A Case Study of Human Placental Lactogen. CIFTCI, Yelda. *Transgenic Plants - Advances and Limitations*. Rijeka: InTech, s. 313-316.

CONNER, Anthony, Travis GLARE a Jan-Peter NAP. 2003. The release of genetically modified crops into the. *The Plant Journal*. Blackwell Publishing Ltd, roč. 33, č. 1.

CUHRA, Marek, Terje TRAAVIK a Thomas BØHN. 2013. Clone- and age-dependent toxicity of a glyphosate commercial formulation and its active ingredient in *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*. PubMed, roč. 251, č. 62.

DEKKER, Jack a Stephen DUKE. 1995. Herbicide-Resistant Field Crops. *Advances in Agronomy*. Academic Press, roč. 54, s. 69. ISBN 9780120007547,.

DIEDERICHSEN, Axel a Peter MCVETTY. 2011. Botany and Plant Breeding. DAUN, James, N.A. ESKIN a Dave HICKLING. *Canola: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. AOCS Press, s. 31; TP248.65.P53C36.

DUAN, J.K.. 2011. Origin, Distribution, and Production. DUAN, James, N.A. ESKIN a Dave HICKLING. *Canola: Chemistry, Production, Processing and Utilization*. AOCS Press, s. 1-29. TP248.65.P53C36.

DUKE, S.. 2014. Biotechnology: Herbicide-Resistant Crops. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. Academic Press, s. 94. ISBN: 978-0-08-093139-5.

DUKE, Stephen a Stephen POWLES. 2008. Mini-review Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science*. Roč. 319, č. 325.

EC. 2018. *GMO legislation* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/legislation\\_en](https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/legislation_en)

EGAN, J.. 2014. Herbicide-Resistant Crop Biotechnology: Potential and Pitfalls. RICROCH, Agnès, Surinder CHOPRA a Shelby FLEISCHER. *Plant Biotechnology: Experience and Future Prospects*. Springer, s. 143-153. ISBN 978-3-319-06892-3.

EPA. 1993. *R.E.D. Facts. Glyphosate*. [online]. EPA [cit. 2021]. Dostupné z: [https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/reregistration/fs\\_PC-417300\\_1-Sep-93.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-417300_1-Sep-93.pdf)

FAO/OECD. 2020. Chapter 4. Oilseeds and oilseed products. FAO/OECD. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029*. Paris: Rome/OECD Publishing, s. 5-6. ISBN 978-92-64-58295-8.

FAO. 2011. *Frequently Asked Questions about FAO and Agricultural Biotechnology* [online]. FAO [cit. 2020]. Dostupné z: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/biotech/docs/faqs.en.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/biotech/docs/faqs.en.pdf)

FAO. 2001. *The Codex Alimentarius*. Rome: the Secretariat of the Joint FAO/WHO Food Standards Programme. ISSN 0259-2916.

OWEN, M.D.K.. 2009. Herbicide-tolerant Genetically Modified Crops: Resistance Management. FERRY, Natalie a Angharad GATEHOUSE. *ENVIRONMENTAL IMPACT OF GENETICALLY MODIFIED CROPS*. CABI, s. 115-130;. ISBN: 978 1 84593 409 5.

FIRBANK, L.G., J.N. PERRY, G.R. SQUIRE, D.A. BOHAN, D.R. BROOKS, G.T. CHAMPION a R.E. S.J. CLARK<sup>2</sup>. 2003. The implications of spring-sown genetically modified herbicide-tolerant crops for farmland biodiversity: A commentary on the Farm Scale Evaluations of Spring Sown Crops. .

GEIL, Theresa, Gordon GALLIVAN a Gerald STEPHESON. 2004. Influence of herbicide-resistant canola on the environment impact of weed management. *Pest Management Science* . Wiley, roč. 61, č. 1.

GILLAM, Carey. 2013. *Heavy use of herbicide Roundup linked to health dangers-U.S. study* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/article/roundup-health-study-idUSL2N0DC22F20130425>

BOOTH, E.J. a F.D. FUNSTONE. 2004. Rapeseeds and rapeseed oil: agronomy, production and trade . GUNSTONE, Frank. *Rapeseed and Canola Oil: Production, Processing, Properties and Uses*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.. ISBN 1-4015-1625-0.

GUPTA, S. a Aditya PRATAP. 2007. History, Origin, and Evolution. GUPTA, Surinder. *Advances in Botanical Research. Rapeseed Breeding*.. Academic Press, s. 7-8; 31-32. ISBN-13: 978-0-12-374098-4.

HALFORD, Nigel. 2012. *Genetically Modified Crops*. London: Imperial College Press, 26-28; 56-64. ISBN-13: 978-1-84816-838-1.

HAMMOND, Derwyn. 2011. Agronomy. DAUN, James, N.A. ESKIN a Dave HICKLING. *Canola: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. Brandon: AOCS Press, s. 93-119. TP248.65.P53C36 2011.

HARDELL, Lennart a Mikael ERIKSSON. 2000. A case-control study of non-Hodgkin lymphoma and exposure to pesticides. *Cancer*. American Cancer Society, roč. 85, č. 6.

HINDLS, Richard, Stanislava HRONOVÁ, Jan SEGER a Jakub FISCHER. 2007. *Statistika pro ekonomy*. Professional Publishing, 286-302. ISBN 978-80-86946-43-6.

HOWARD, Ronald a Allan GARLAND. 1994. *Diseases and Pests of Vegetable Crops in Canada*. Ottawa: Entomological Society of Canada, Chapter 2. ISBN: 0-9691627-3-1.  
Dostupné z: <https://phytopath.ca/publications/diseases-of-vegetable-crops-in-canada/>

ISAAA. 2019. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2019. ISAAA Brief No.55-2019* [online]. ISAAA [cit. 2020]. Dostupné z: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/default.asp>

ISAAA. 2021. *GM Crops List* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/cropslist/default.asp>

ISAAA. 2020. *Pocket K No. 1: Q and A About Genetically Modified Crops* [online]. [cit. 2020]. Dostupné z: <https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/1/>

JUMA, Calestous a Katherine GORDON. 2014. Transgenic Crops and Food Security. RICROCH, Agnes, Surinder CHOPRA a Shelby FLEISCHER. *Plant Biotechnology. Experience and Future Prospects*. Springer International Publishing, s. 48. ISBN: 978-3-319-06892-3.

KÁBA, Bohumil a Libuše SVATOŠOVÁ. 2012. *Statistické nástroje ekonomického výzkumu*. Plzeň: Aleš Čenek, 49-51;. ISBN 978-80-7380-359-9.



- KAMLE, Madhu a KOL.. 2017. Current perspectives on genetically modified crops and detection methods. *3 Biotech*. Springer, roč. 7, č. 3. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5495694/>
- KANDEL, Hans a Janet KNODEL. 2015. Canola Production. . NDSU Extention Service.
- KAWAMURA, Satoko. 2011. GMO Trade in the Context of TRIPS: From the Perspective of an Autopoietic System Analysis. *Ritsumekan International Affairs*. IIRAS, roč. 10, s. 250-252.
- KLÜMPER, Wilhelm a Martin QAIM. 2014. A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. . PLoS ONE.
- KNISS, Andrew a Carl COBURN. 2015. Quantitative Evaluation of the Environmental Impact Quotient (EIQ) for Comparing Herbicides. *PLoS ONE*. PubMed.
- KOLAKOWSKI, Beata, Leigh MILLER, Angela MURRAY, Andrea LECLAIR, Henri BIETLOT a Jeffrey RIET. 2020. Analysis of Glyphosate Residues in Foods from the Canadian Retail Markets between 2015 and 2017. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. ACS Publications, roč. 68, č. 18.
- BOUTLER, G.. 1983. The History and Marketing of Rapeseed Oil in Canada. KRAMER, John. *High and Low Erucic Acid in Rapeseed Oils*. Academic Press Canada. ISBN 0-12-425080-7.
- KRIMSKY, Sheldon. 2019. *GMO's Decoded: a skeptic's view of genetically modified food*. Massachusetts: The MIT Press, 10-14; 40-41; 60-66;. ISBN: 9780262039192.
- LEESON, Julia, A. THOMAS, Hugh BECKIE, Clark BRENZIL, Linda HALL, Todd ANDREWS, Kim BROWN a Rene ACKER. 2006. Herbicide-Use Trends in Prairie Canola Production Systems. . University of Saskatchewan. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10388/9440>
- LETICIA, Anna, M. PIGHINELLI a Rossano GAMBETTA. 2012. Oil Presses. AKPAN, Uduak. *Oilseeds*. InTech, s. 33-34. ISBN 978-953-51-0665-4.

MACHENZIE, Ruth a KOL. 2003. *An Explanatory Guide to the Cartagena Protocol on Biosafety*. IUCN. ISBN: 2-8317-0671-8. Dostupné z:  
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/EPLP-046.pdf>

MAGANA-GOMEZ, Javier a Ana BARCA. 2009. Risk Assessment of Genetically Modified Crops for Nutrition and Health. *Nutrition Reviews*. ILSI, roč. 67, č. 1, s. 1-2. Dostupné z:  
<https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/67/1/1/1840264>

MCHUGHEN, Alan. 2008. Learning from Mistakes: Missteps in Public Acceptance Issues with GMOs. DAVID, Kenneth a Paul THOMPSON. *What Can Nanotechnology Learn from Biotechnology? Social and Ethical Lessons for Nanoscience from the Debate over Agrifood Biotechnology and GMOs*. Academic Press, s. 34-35. ISBN 978-012-373990-2.

MCINNIS, Amy. 2004. *The Transformation of Rapeseed Into Canola: A Cinderella Story* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://wdm.ca/wp-content/uploads/2018/08/WDM-CanolaResearchPaper.pdf>

MESNAGE, Robin a Michael ANTONIOU. 2017. Facts and Fallacies in the Debate on Glyphosate Toxicity. *Front Public Health*. PMC, roč. 5, č. 316.

NORER, Roland a Christa PREISIG. 2016. Genetic Technology in the Light of Food Security and Food Safety – General Report. NORER, Roland. *Genetic Technology and Food Safety*. Springer, s. 17-19; 27-28. ISBN 978-3-319-23995-8.

NOVÁK, Jaroslav a KOL.. 1999. *Analýza nákladů v českém zemědělství v roce 1999*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, 8 s. ISBN 80-85898-89-6.

OECD. 2005. *A Framework for Biotechnology Statistics* [online]. OECD, 9 s [cit. 2020]. Dostupné z: <https://www.oecd.org/sti/inno/34935605.pdf>.

OECD. 2005. *The Measurement of Scientific and Technological Activities: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data: Oslo Manual, Third Edition*. Paris: OECD.

OVESNÁ, Jaroslava. 2005. Geneticky modifikované organizmy a jejich možné uplatnění v rostlinné výrobě. ČZU, MZe. *Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR*. Praha: Ministerstvo zemědělství ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou, s. 4-5. ISBN: 80-7084-408-6.

PBRA. 2017. *The Biology of Brassica napus L. (Canola/Rapeseed)* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.inspection.gc.ca/plant-varieties/plants-with-novel-traits/applicants/directive-94-08/biology-documents/brassica-napus-1-/eng/1330729090093/1330729278970#a11>

PBRA. 2017. *The Biology of Brassica rapa L.* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.inspection.gc.ca/plant-varieties/plants-with-novel-traits/applicants/directive-94-08/biology-documents/brassica-napus-1-/eng/1330729090093/1330729278970>

PECHLANER, Gabriela. 2012. *Corporate Crops Biotechnology, Agriculture, and the Struggle for Control*. University of Texas Press. Dostupné z: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/techlib-ebooks/detail.action?docID=3443622>.

PECHLANER, Gabriel. 2012. *Corporate Crops: Biotechnology, Agriculture, and The Struggle for Control*. Texas: University of Texas Press.

PIDGEON, J.D, M.J MAY, J.N PERRY a G.M POPPY. 2007. Mitigation of indirect environmental effects of GM crops. *The Royal Society*.

PMRA. 2017. *Re-evaluation Decision RVD2017-01, Glyphosate* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/consumer-product-safety/reports-publications/pesticides-pest-management/decisions-updates/registration-decision/2017/glyphosate-rvd-2017-01.html>

POLÁČKOVÁ, Jana a KOL.. 2010. *Metodika kalkulací nákladů a výnosů v zemědělství..* Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 4 s. ISBN 978-80-86671-75-8.

RIEGER, Mary, Michael LAMOND, Christopher PRESTON a Richard ROUSH. 2002. Pollen-Mediated Movement of Herbicide Resistance Between Commercial Canola Fields. *Science*. Roč. 296, č. 5577, s. 2386-2388.

SANSEL, Anthony a Stephanie SENNEF. 2013. Glyphosate's Suppression of Cytochrome P450 Enzymes and Amino Acid Biosynthesis by the Gut Microbiome: Pathways to Modern Diseases. *Entropy*. MDPI, roč. 15, č. 4. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1099-4300/15/4/1416#cite>

SANVIDO, Oliver, Franz BIGIER a Jorg ROMEIS. 2007. Ecological Impacts of Genetically Modified Crops: Ten Years of Field Research and Commercial Cultivation. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*. PubMed, roč. 107.

SMYTH, S., M. GUSTA, K. BELCHER, P. PHILLIPS a D. CASTLE. 2011. Changes in Herbicide Use after Adoption of HR Canola in Western Canada. *Weed Technology*. Cambridge University Press, roč. 25, č. 3.

SNOWDON, Rod, Wilfried LUHS a Wolfgang FRIEDT. 2007. Brassica Oilseeds. SINGH, Ram. *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement*. CRC Press, s. 199-200. ISBN-13: 978-0-8493-3639-3.

STACEY, C.. 1970. *ARMS, MEN AND GOVERNMENTS. THE WAR POLICIES OF CANADA. 1939 – 1945*. Ottawa: Authority of the Minister of National Defence .

STRAUSS, Debra. 2006. The International Regulation of Genetically Modified Organisms: Importing Caution into the U.S. Food Supply. *Food and Drug Law Journal*. Food and Drug Law Institute , roč. 61, č. 2, s. 167-196.

STRUGER, John, Dean THOMPSON, Bozena STAZNIK a Pamela MARTIN. 2008. Occurrence of Glyphosate in Surface Waters of Southern Ontario. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. SpringerLink, roč. 378, č. 384.

SYNEK, M. a KOL.. 2007. *Manažerská ekonomika*. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-1992-4.

USDA. n. d. *Agricultural Biotechnology Glossary* [online]. [cit. 2020]. Dostupné z: <https://www.usda.gov/topics/biotechnology/biotechnology-glossary>

USDA. 1997. *Glyphosate: HERBICIDE INFORMATION PROFILE*. USDA Forest Service.

USDA. 2020. *How the Federal Government Regulates Biotech Plants* [online]. [cit. 2021]. Dostupné z: <https://www.usda.gov/topics/biotechnology/how-federal-government-regulates-biotech-plants#:~:text=of%20Biotech%20Plants-,How%20the%20Federal%20Government%20Regulates%20Biotech%20Plants,and%20human%20and%20animal%20health.&text=The%20Coordinated%20Framewor>

USDA. 2020. *Recent Trends in GE Adoption* [online]. [cit. 2020]. Dostupné z: <https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx>

USEPA. 2001. *Bt plant-incorporated protectants: Biopesticides registration action document..* USEPA, 20-21. Dostupné z: [https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/pip/bt\\_brad2/2-id\\_health.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/pip/bt_brad2/2-id_health.pdf)

VAŠÁK, Jan a KOL.. 2000. *Řepka*. Praha: Agrospoj. ISBN 80-239-4236-0.

VEJL, Pavel. 2007. Geneticky modifikovaný organismus z pohledu genetiky a šlechtění. *Geneticky modifikované organizmy v agroekosystému a jeho okolí*. eAGRI, s. 12. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/17415/sbornik\\_GMO\\_2007.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/17415/sbornik_GMO_2007.pdf)

VONDREJS, Vladimír. 2010. *Otazníky kolemgenového inženýrství..* Praha: Academia, 136 s. ISBN: 978-80-200-1892-2.

ZAID, A. a KOL.. 1999. *Glossary of Biotechnology and Genetic Engineering*. Rome: FAO, 31 s. ISBN: 92-5-104369-8. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/a-x3910e.pdf>

Волкова, Ольга а Ольга Пташник. 2017. 12 методов в картинках: генная инженерия.. *Биомолекула*. Биомолекула. Dostupné z: <https://biomolecula.ru/>

Грошев, А.. 1958. *Технический анализ*. Ленинград: Госхимиздат.

Никольский, О.К.. 2016. Инновации в сельском хозяйстве. *ФГБНУ ВИЭСХ*. Барнаул: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства», s. 21-22. ISSN 2304-4926.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Trojúhelník U ukazující genetické vztahy mezi šesti druhy rodu Brassica ..... 33

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Požadavky na kvalitu řepky. ....	13
Tabulka 2 Světová produkce hlavních olejnatých semen (v mil. tun) .....	41
Tabulka 3 Odhad ploch (v akrech) vybraných skupin v Saskatchewaně .....	66
<i>Tabulka 4 Odhad ploch (v akrech) vybraných skupin v Albertě .....</i>	<i>67</i>
Tabulka 5 Odhad ploch (v akrech) vybraných skupin v Manitobě .....	67
Tabulka 6 Vývoj ploch vybraných skupin, 1995-2000. ....	69
Tabulka 7 Odhad vývoje ploch vybraných skupin.....	75
Tabulka 8 Vývoj průměrných výnosů (bu/akr) vybraných skupin v Saskatchewaně, 2015-2019.....	77
Tabulka 9 Vývoj průměrných výnosů (bu/akr) vybraných skupin v Albertě, 2015-2019 .....	77
Tabulka 10 Vývoj průměrných výnosů (bu/akr) vybraných skupin v Manitobě, 2015-2019.....	77

Tabulka 11 Porovnání výnosů vybraných skupin .....	78
Tabulka 12 Tempo růstu výnosů vybraných skupin v západní Kanadě, 2015-2019 .....	79
Tabulka 13 Náklady na osivo konvenční/transgenní canoly.....	83
Tabulka 14 Vývoj cen na osivo.....	85
Tabulka 15 Náklady na prostředky ochrany rostlin .....	87
Tabulka 16 Náklady na hnojiva .....	94
Tabulka 17 Náklady na PHM.....	99
Tabulka 18 Úroveň nákladů a rentability konvenční a transgenní canoly .....	101
Tabulka 19 Úroveň nákladů a rentability kanadské canoly .....	103
Tabulka 20 Úroveň nákladů a rentability české řepky .....	104
Tabulka 21 Bod zvratu (v buších), 2017-2019 .....	108

## Seznam grafů

Graf 1 Vývoj sklizní a sklizňových ploch vybrané zemědělské plodiny. ....	44
Graf 2 Vývoj sklizňových ploch řepky v Kanadě, 1966-2020.....	48
Graf 3 Průměrné hektarové výnosy řepky v Kanadě, 1966-2020 .....	49
Graf 4 Vývoj Liberty Link ploch .....	73
Graf 5 Vývoj Roundup Ready ploch.....	73
Graf 6 Vývoj Clearfield ploch.....	74
Graf 7 Vývoj ploch konvenčních systémů .....	74
Graf 8 Vývoj Clearfield ploch [2].....	76
Graf 9 Historický vývoj osevních ploch v Kanadě, 1990-2020 .....	91
Graf 10 Historický vývoj spotřeby herbicidů v Kanadě .....	91
Graf 11 Využití hnojiv v kanadském zemědělství .....	98
Graf 12 Využití hnojiv v českém zemědělství .....	98
Graf 13 Bod zvratu pro rok 2019, Česko .....	107
Graf 14 Bod zvratu pro rok 2019, Kanada .....	107

## Seznam diagramů

Diagram 1 Výnosy kanoly v provincii Saskatchewan v závislosti na rozměru zvolené fyto-sanitární přestávky pro opětovné pěstování vybrané plodiny.....	40
Diagram 2 Hlavní světoví producenti řepkového semene, 2019.....	43
Diagram 3 Hlavní světoví importéři řepkového semene, řepkového oleje a řepkových pokrutin. Zdroj: FAO (2021).....	44
Diagram 4 Hlavní světoví exportéři řepkového semene, řepkového oleje a řepkových pokrutin. ....	45
Diagram 5 Hlavní dovozci kanadské canoly v roce 2019.....	50
Diagram 6 Struktura osevních ploch (v %) canoly dle vybraných skupin v období 2015-2019.....	68
Diagram 7 Spotřeba pesticidů v českém zemědělství.....	89
Diagram 8 Spotřeba pesticidů v kanadském zemědělství.....	89
Diagram 9 Spotřeba herbicidů a pesticidů v Kanadě a v České republice v přepočtu na jednotku plochy.....	90
Diagram 10 Bodový diagram pro korelační závislost mezi spotřebou herbicidů a šířením osevních ploch řepky.....	92
Diagram 11 Spotřeba hnojiv v kanadském zemědělství.....	96
Diagram 12 Spotřeba hnojiv v českém zemědělství.....	96
Diagram 13 Spotřeba herbicidů a pesticidů v Kanadě a v České republice v přepočtu na jednotku plochy.....	97



## Přílohy

### Příloha 1. Akrové výnosy a sklizňové plochy v Albertě.

Odrůda	Typ znaku	201	2015	201	2016	201	2017	201	2018	201	2019
		5	6	6	7	8	9				
		Výn os	Plocha (v akrech)	Výn os	Plocha (v akrech)	Výn os	Plocha (v akrech)	Výn os	Plocha (v akrech)	Výn os	Plocha (v akrech)
PV 200CL	CL	46	807	37	12056	42	11767	42	6141	39	6106
5545 CL	CL	—	—	—	—	—	2800	42	5351	29	5584
5525 CL	CL	38	10799	41	6958	—	—	—	—	—	—
5535 CL	CL	37	3533	40	6326	—	—	—	—	30	906
2024 CL	CL	—	—	—	—	—	—	28	3533	30	6894
2020 CL	CL	38	7748	43	6241	33	16681	36	9231	—	—
2012 CL	CL	31	3568	38	3563	—	—	—	—	—	—
VR 9560 CL	CL	39	11888	39	225	—	—	—	—	—	—
2026 CL	CL	—	—	—	—	—	—	—	—	36	8290
2022 CL	CL	—	—	38	2189	—	—	—	—	—	—
CS 2500 CL	CL	—	—	—	—	—	—	39	2432	41	1883
CS 2000 CL	CL	50	15506	41	113211	41	160263	42	124088	—	—
CS 2200 CL	CL	—	—	41	1777	38	1614	31	3705	—	—
PV 680 LC	LL	—	—	—	—	—	—	—	—	47	6679
L252	LL	46	453824	49	770363	42	629995	36	417614	40	181417
P501L	LL	—	—	—	—	—	—	—	—	41	41085
L135 C	LL	49	548764	45	339271	46	177057	46	138147	46	113345
L258HPC	LL	—	—	—	—	—	—	—	—	35	28199
L230	LL	—	—	—	—	44	204263	40	235149	37	110485
L233 P	LL	—	—	—	—	40	157684	34	635240	36	675775
L255 PC	LL	—	—	—	—	—	—	44	289072	—	—
L159	LL	42	3367	45	17897	—	—	—	—	—	—
L120	LL	33	134113	36	83322	36	19670	33	3534	—	—
L156 H	LL	43	7347	38	16282	—	—	—	—	—	—
L234PC	LL	—	—	—	—	—	—	—	—	47	404489
L261	LL	—	11593	48	15047	—	—	—	—	—	—
L157 H	LL	—	—	48	2516	35	23768	37	25759	31	8850
L130	LL	39	560328	45	396652	43	207146	38	11855	34	1281
L241 C	LL	—	—	45	323118	46	521133	47	544583	45	431951
L150	LL	39	72917	40	32549	31	12354	25	2741	—	—
L140 P	LL	36	114583	46	219572	31	360047	28	84388	23	11423

SY 4157	RR	40	12591	47	41541	—	—	—	—	—	—
45H33	RR	45	144679	43	237137	42	194444	40	144774	44	73946
6056 CR	RR	47	43948	38	37671	45	21587	39	5178	—	—
4157 RR	RR	—	—	—	—	—	—	46	7483	44	2504
72-55 RR	RR	—	—	—	—	—	—	41	1462	—	—
75-43 RR	RR	—	—	—	—	—	—	44	1763	41	965
75-42 CR	RR	—	—	—	—	46	123916	44	308394	41	241940
73-45 RR	RR	33	91648	33	37551	33	4346	30	3950	48	2121
45H31	RR	40	72411	40	34341	36	15690	29	4897	36	2635
45CS40	RR	—	—	41	33461	46	120730	43	134509	44	47406
45H29	RR	42	98097	43	32719	40	19963	37	6818	37	1242
1012 RR	RR	37	38369	40	29076	31	73764	31	18409	—	—
45S56	RR	38	45669	42	28821	39	22867	37	2120	—	—
43E03	RR	33	1805	21	26499	34	24792	33	10759	40	4821
46M34	RR	—	—	47	20256	32	13528	23	5517	—	—
75-65 RR	RR	42	3915	44	75045	37	171613	35	183150	39	113394
75-45 RR	RR	—	—	39	64218	43	127637	42	141860	37	53321
V14-1	RR	—	—	—	—	44	21806	45	22799	46	27831
6086 CR	RR	—	—	—	—	45	7073	40	21706	44	4431
D3155C	RR	45	51225	38	5493	39	45621	38	25549	33	9460
PV 585 GC	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	42	61804
PV 533G	RR	38	8918	38	53862	31	38062	34	16740	39	2253
1028 RR	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	36	19900
SY 4135	RR	34	32756	38	51523	41	33034	34	1179	—	—
1990	RR	41	109183	41	49869	31	17687	34	928	—	—
74-44 BL	RR					40	352691	37	192001	40	78529
73-15 RR	RR	32	78995	34	44746	38	50625	33	18430	—	—
B3010M	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	46	2915
VT 500 G	RR	39	3479	31	17642	26	10253	24	3753	—	—
VR 9562GC	RR	47	177295	39	155612	43	104299	42	18839	41	1470
74-54 RR	RR	46	211053	43	12612	44	72022	49	6876	32	4444
5440	RR	42	259968	47	119756	42	92728	40	5835	44	861
CS 2300	RR	—	—	—	—	—	—	32	3561	38	3322
CS 2000	RR	50	15506	41	113211	41	160263	42	124088	40	79800
45H76	RR	39	21481	40	17604	39	19268	40	10526	39	3336
PV 531G	RR	32	35217	34	16372	36	17340	32	14383	27	7336
6090 RR	RR	—	—	—	—	—	—	44	16293	41	39714
1026 RR	RR	—	—	—	—	—	—	33	25591	37	38134
PV 530G	RR	38	40632	40	16078	37	10129	29	16382	36	1281
6074 RR	RR	45	3209	43	15942	43	23077	36	19510	45	7425

1020 RR	RR	48	2024	44	14344	39	74080	36	17860	36	1922
CS 2100	RR	—	—	46	13805	32	36893	27	37089	31	10618
6076 CR	RR	—	—	—	—	46	30892	48	29503	43	38088
45554	RR	38	35447	43	13127	—	—	—	—	—	—
SY 4105	RR	44	4298	29	11684	—	—	—	—	—	—
PV 532G	RR	37	3667	35	11436	31	12354	25	2741	—	—
46H75	RR	41	17529	43	10675	36	11300	41	11758	43	4936
SY 4114	RR	38	4042	26	10574	—	—	—	—	—	—
45H37	RR	—	—	—	—	40	282	40	29042	37	3771
V12-3	RR	—	—	41	9422	40	31278	42	26384	42	8907
VR 9561GS	RR	39	14545	42	9028	—	—	—	—	—	—
6060 RR	RR	40	22280	44	8359	—	—	—	—	—	—
6080 RR	RR	—	—	47	7698	41	3165	34	5020	—	—
6044 RR	RR	43	12336	45	6810	—	—	—	—	—	—
6040 RR	RR	37	9796	28	6661	35	2405	37	2234	—	—
6050 RR	RR	37	3294	44	6405	—	—	—	—	—	—
PV 580GC	RR	—	—	20	5517	50	2858	46	835	43	1827
PV 760 TM	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	35	1829
PV 780 TC	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	39	12164
V12-1	RR	37	4057	45	4402	39	8860	33	6763	39	2115
45552	RR	38	36521	36	4367	—	—	—	—	—	—
46A76	RR	35	7259	32	4005	—	—	—	—	—	—
V12-2	RR	35	4295	43	3745	—	—	—	—	—	—
74-44 BL	RR	41	553386	44	342709	40	352691	37	184815	—	—
SY 4166	RR	—	—	40	3517	—	—	—	—	—	—
PV 590GCS	RR	—	—	29	3281	42	29110	40	13372	13	1148
1024 RR	RR	—	—	—	—	38	1133	39	39487	37	17015
CS2600 CR-T	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	43	17913
PV 540G	RR	—	—	44	2948	41	53445	37	57371	37	31625
D3153	RR	36	15463	30	2772	—	—	—	—	—	—
DKTF 92 GC	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	37	41123
DKTF94CR	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	38	133819
45CM39	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	44	139309
45CM36	RR	—	—	—	—	—	—	46	46856	47	4947
PV 591 GCS	RR	—	—	—	—	—	—	39	1046	42	19438
VR 9559 G	RR	42	35895	34	2702	—	—	—	—	—	—
1918	RR	30	20386	25	12832	29	10064	39	5332	29	2208

<b>Canterra 1867</b>	RR	41	3554	46	2313	38	990	41	3145	36	1922
<b>PV 560GM</b>	RR	—	—	—	—	37	24537	34	14604	37	5179
<b>CS 2400</b>	RR	—	—	—	—	—	—	37	10384	38	1604
<b>4187 RR</b>	RR	—	—	—	—	—	—	40	9657	41	2406
<b>71-4RR</b>	RR	—	—	—	—	—	—	—	—	48	2347
<b>1022 RR</b>	RR	—	—	53	2135	30	16813	25	10923	35	5310
<b>D3156M</b>	RR	—	—	—	—	24	3122	24	9273	26	4524
<b>VR 9350 G</b>	RR	35	1931	32	2105	34	7195	46	3086	—	—
<b>D3154 S</b>	RR	39	3878	27	1831	—	—	—	—	—	—
<b>PV 581GC</b>	RR	—	—	27	1443	43	74404	42	186176	41	55217
<b>45M38</b>	RR	—	—	—	—	—	—	33	17138	41	9558
<b>45M35</b>	RR	—	—	54	828	37	61326	34	61985	37	54139
<b>43E02</b>	RR	30	10403	35	1507	—	—	—	—	—	—
<b>45H32</b>	RR	50	1070	33	490	—	—	—	—	—	—
<b>VT Remarkable</b>	CN	31	8760	30	4161	—	—	—	—	—	—
<b>Red River 1861</b>	CN	20	1455	23	3134	—	—	—	—	—	—
<b>UA Alfagold</b>	CN	—	—	32	1722	—	—	—	—	—	—
<b>Synergy</b>	CN	36	319	29	849	—	—	—	—	13	1148
<b>Early One</b>	CN	26	1709	24	256	22	8563	22	2341	12	1569
<b>Hyhear 3</b>	CN	—	—	—	—	—	—	29	16637	19	8195
<b>Hyhear 1</b>	CN	—	—	—	—	33	5237	22	1162	—	—
<b>Hyhear Evolve</b>	CN	—	—	—	—	—	—	—	—	24	5954
<b>AC Excel</b>	CN	—	—	—	—	—	—	—	—	14	1864

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů AFSC

## Příloha 2: Akrové výnosy a sklizňové plochy v Saskatchewaně.



		2015	201	2016	201	2017	201	2018	201	2019	201
			5		6		7		8		9
Odrůda	Typ znaku	Plocha (v akrech)	Výnos	Plocha (v akrech)	Výnos	Plocha (v akrech)	Výnos	Plocha (v akrech)	Výnos	Plocha (v akrech)	Výnos
B3010M	LL	-	-	-	-	-	-	-	-	1616	53.4
DKLL 81 BL	LL	-	-	-	-	-	-	-	-	9105	45.1
DKTF 92 SC	LL	-	-	-	-	-	-	-	-	59621	43.6
DKTF 94 CR	LL	-	-	-	-	-	-	-	-	26985	42.3
EXCEL AC	LL	-	-	-	-	-	-	-	-	621	24
L120	LL	54614	43.2	23801	44.3	3887	38.7	2062	45.5	613	38.1
L130	LL	570554	43	428977	46.2	212886	44	21763	46.1	9416	43.6
L135C	LL	209	36	885	50.8	992	32.6	515	40.5	2278	44.5
L140P	LL	235393	40.1	601088	46.8	884935	37.4	325515	40.9	47786	40
L150	LL	69762	35.6	35777	46.4	6131	27.2	2112	41.4	1476	42.5
L230	LL	-	-	-	-	220276	44.4	379299	45.4	230633	46.6
L233P	LL	-	-	-	-	349146	41	1434194	44.6	1936586	45.3
L234PC	LL	-	-	-	-	-	-	-	-	96354	50.1
L241C	LL	-	-	14035	48.4	9648	50.4	12526	50.9	18772	50.1
L252	LL	669703	43.8	1136949	46.1	961001	41.3	841433	45	543112	45.8
L255PC	LL	-	-	-	-	-	-	88528	48.4	246637	49.2
P501L	LL	-	-	-	-	-	-	-	-	54927	46
5440 INVIGOR	LL	618804	41.7	318600	43.4	230304	40.5	9792	42.9	790	48.2
2463 INVIGOR	LL	681	35	-	-	2547	33.6	-	-	2175	35.8
2563 INVIGOR	LL	-	-	-	-	-	-	-	-	811	47.6
5545 CL	CL	-	-	-	-	16107	40.9	30939	42.5	21136	45
5535 CL	CL	14167	36.2	9868	37.1	2828	37.8	2734	33.6	2214	30.3
200PV CL	CL	164	43.4	23400	41.8	25455	38.1	29838	41.1	1334	43.7
2500 CS CL	CL	-	-	-	-	-	-	922	17.9	2316	37.6
2100 CS	RR	-	-	3724	44.6	13371	37.4	10076	39.5	6075	37.9
2300 CS	RR	-	-	-	-	-	-	20107	44	21032	43.2
2400 CS	RR	-	-	-	-	-	-	2414	40.8	2051	36.9
2000 CS	RR	-	-	2078	42.5	33345	41.6	17101	41.9	6315	45.1
2600 CS CR-T	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	508	43.1
3010 M	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	1836	47
3150 D	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	613	49.8
3153 D	RR	35376	40.5	17727	38.2	7721	35.4	241	42.5	1373	33.8
3155C D	RR	3605	42.7	35785	41.4	18300	35.8	12515	44.5	14768	42.7
3156M D	RR	-	-	-	-	663	25.5	3461	46.2	695	35.4
35-85 DKL	RR	-	-	990	44.6	-	-	688	40.9	580	34.1
4157SY	RR	942	48.2	19078	44.4	9842	39.6	1948	36.3	477	39.3
4166SY	RR	-	-	4902	38.7	2261	50.7	-	-	1905	37.4
43E04	RR	14924	43.4	964	35.3	12368	35.8	5203	40.1	842	33.5
45A76	RR	4353	43.3	5011	41.3	545	41.3	992	39.8	1195	38.8
45CM36	RR	-	-	-	-	-	-	28527	45.3	1136	50.4
45CM39	RR	-	-	-	-	-	-	141	40.4	168341	51

45CS40	RR	-	-	6712	46.7	86742	41.4	11644	44	5913	45.3
45H21	RR	1403	34.3	-	-	830	41	1247	38.1	785	41.9
45H29	RR	105164	37.9	33823	42	25023	41	11786	38.5	1121	33.3
45H31	RR	151638	43.4	134215	41.7	86688	42.3	41777	45.4	11326	45.2
45H33	RR	69849	43.3	210775	44.8	151000	41.5	121215	45.4	79847	47.3
45H35	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	8851	48.1
45H37	RR	-	-	-	-	-	-	2751	37.1	5471	45
45H73	RR	1374	49.1	608	41.6	2048	41.5	1049	45	420	45.4
45H75	RR	21254	40.9	16164	45.2	7916	44	14759	42.2	9247	48
45H76	RR	41228	42	33367	45.2	27565	44.4	27174	44.3	13755	46.2
45M35	RR	-	-	2042	48.5	118000	40.4	163781	45.2	153056	45
45M38	RR	-	-	-	-	-	-	24216	42.3	7115	45.7
45S56	RR	37125	43.9	38677	46	20273	41.8	4209	43.3	819	50.4
46A76	RR	11746	27.5	11056	28.4	5973	31	4483	40.5	1529	38.4
46H75	RR	76972	44.4	91038	45.6	71400	41.5	67300	42.9	53605	48.1
46M35	RR	-	-	-	-	930	44.7	6188	46.9	307	40.6
500 VT	RR	33499	33.6	23200	33.8	6005	30.5	1768	26.9	609	35.9
501 OPTION	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	14753	48.5
530 VT	RR	59506	39.5	43656	41.1	18828	41	5844	37.6	518	44.2
530PV G	RR	81247	39.3	5058	38.1	26583	40.1	9375	41.3	2309	42.1
531PV G	RR	7393	38.3	4385	41	-	-	-	-	446	34.2
1918	RR	5644	29.9	9400	34.5	10297	33.6	638	31.9	4475	35.9
533PV G	RR	3152	35.2	71766	40.1	24348	31.5	9199	35.8	1343	37.1
560 PV GM	RR	-	-	-	-	9242	33.8	15476	36.8	12318	42.8
540PV G	RR	-	-	12199	44	11962	38	170187	42.1	94793	42.2
580PV GC	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	1327	46
581PV GC	RR	-	-	-	-	299	34.7	977	41	14602	41.7
585PV GC	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	3277	46.1
591PV GCS	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	1546	44.4
6044 RR	RR	6668	39.6	5004	34.5	4151	36.8	1739	33.6	2151	28
6060 RR	RR	35583	38.6	15891	38.9	8559	36	6157	36.1	3593	42.2
6074 RR	RR	7311	41.8	59243	45.5	111039	43.8	117475	46.2	91925	46.7
6090 RR	RR	-	-	-	-	-	-	17688	46.5	35042	46
68 K	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	12488	39.2
680PV LC	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	12216	45.3
72-65	RR	604	28.5	-	-	-	-	1305	55.6	408	45.9
73-35	RR	-	-	-	-	490	37	-	-	992	32
73-65	RR	-	-	408	48.5	-	-	1034	35.8	1663	33
73-75 RR	RR	31771	31.3	14419	35.7	823	26.2	3129	37.8	1339	16.5
74-44	RR	284336	39.8	229976	41.6	223833	38.6	127954	39.6	65373	41.1
74-54 RR	RR	43655	37.2	9526	44.6	593	36.7	4468	44.3	952	47.7

74-55 RR	RR	6078	38.9	6062	42.2	5137	44.4	649	45.3	1181	40.3
75-42 CR	RR	-	-	-	-	-	-	7459	43.2	9475	44.2
75-45 RR	RR	-	-	27346	42	69784	41	74779	43.7	53497	44.4
75-65 RR	RR	3518	34.8	64024	41.2	198982	40.1	204414	41.3	15959	41.8
760 PV TM	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	3254	35.6
780PV TC	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	135	45.4
9440	RR	-	-	-	-	-	-	-	-	887	48.5
SYNERGY AC	CN	2686	17.1	2388	24.4	1577	32.2	-	-	489	19.7

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů The Government of Saskatchewan.

### Příloha 3: Výnosy a sklizňové plochy v Manitobě.

Odrůda	2015		2016		2017		2018		2019		
	Ty	Vý	Plocha (v	Plocha (v	Vý	Plocha (v	Vý	Plocha (v	Vý	Plocha (v	
	pe	nos	akrech)	akrech)	nos	akrech)	nos	akrech)	nos	akrech)	
L233P	LL	x	x	x	x	299815	52	1209435	48,1	1349207	45
L255PC	LL	x	x	x	x	x	x	131525	51	345945	48
L230	LL	x	x	x	x	149458	47	172592	44	67584	43
P501L	LL	x	x	x	x	x	x	x	x	51619	45
L252	LL	45	665723	960372	42	757194	48	551028	46	295712	42
L234PC	LL	x	x	x	x	x	x	x	x	76995	51
L140P	LL	45	240791	500460	42	528893	50	187669	45	27494	44
L157H	LL	x	x	14480	39	48789	48	26586	45	17500	42
L135C	LL	44	4156	x	x	x	x	x	x	x	x
L241C	LL	x	x	44113	42	52207	48	26938	45	10990	46
L258HPC	LL	x	x	x	x	x	x	x	x	10032	44
DKLL 81 8L	LL	x	x	x	x	x	x	x	x	12201	43
PV 680 LC	LL	x	x	x	x	x	x	x	x	7750	39
B3010M	LL	x	x	x	x	x	x	x	x	4727	45
L130	LL	42	328026	163545	40	48698	46	3672	46	3259	42
5440	LL	42	396276	188386	42	110007	44	2970	31	1767	24
2773	LL	x	x	x	x	x	x	x	x	882	46
L150	LL	40	15625	7729	40	2018	54	x	x	590	46
L261	LL	43	67494	31241	45	15488	48	x	x	x	x



<b>L159</b>	LL	39	28641	9368	37	6036	37	x	x	x	x
<b>1140</b>	LL	45	5432	3853	46	5691	52	x	x	x	x
<b>L120</b>	LL	43	40877	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>L154</b>	LL	43	34391	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>L160S</b>	LL	40	32793	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>1145</b>	LL	41	1431	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>L156H</b>	LL	42	69657	72298	37	3388	54	x	x	x	x
<b>46H75</b>	CL	43	84032	75077	41	67616	49	70100	45	56500	44
<b>2026 CL</b>	CL	x	x	x	x	x	x	19181	41	30063	36
<b>2024 CL</b>	CL	x	x	x	x	18505	44	25142	40	25641	35
<b>PV 200 CL</b>	CL	36	501	33936	35	21738	44	24714	43	17688	42
<b>68K</b>	CL	x	x	x	x	?	35	4942	31	15606	33
<b>5545CL</b>	CL	x	x	x	x	1649	40	4394	48	12120	43
<b>45H75 CL</b>	CL	42	19674	10674	41	7612	49	12606	43	8953	42
<b>45H76</b>	CL	42	28972	17807	36	10943	42	15223	36	5673	45
<b>2028 CL</b>	CL	x	x	x	x	x	x	x	x	5150	34
<b>CS2500 CL</b>	CL	x	x	x	x	x	x	1789	47	4903	41
<b>46H76 (PIONEER)</b>	CL	x	x	x	x	x	x	3520	45	3742	46
<b>79K</b>	CL	x	x	x	x	x	x	x	x	1000	27
<b>C5513</b>	CL	x	x	x	x	x	x	x	x	792	39
<b>2022CL</b>	CL	x	x	34239	35	64938	42	x	x	x	x
<b>2020 CL</b>	CL	36	45258	72513	38	26909	40, 5	5202	43	766	48
<b>46A76</b>	CL	28	5736	6228	27	2821	33	676	39	707	16
<b>CS2200 CL</b>	CL	x	x	x	x	1586	47	1076	50	637	43
<b>45A76</b>	CL	50	936	1014	43	722	34	x	x	x	x
<b>2016 CL</b>	CL	42	2790								
<b>2012 CL</b>	CL	34	25876	8452	34	4032	41	x	x	x	x
<b>5535 CL</b>	CL	26	1131	1358	24	613	41	x	x	x	x
<b>5525 CL</b>	CL	39	9939	3963	28	1018	40	x	x	x	x
<b>VR 9560 CL</b>	CL	37	19996	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>C5522</b>	CL	x	x	x	x	x	x	x	x	590	35
<b>75-65 RR</b>	RR	44	3231	47128	36	82272	41	76476	40	48517	36
<b>1026 RR</b>	RR	x	x	x	x	x	x	15515	40	47138	38
<b>1022 RR</b>	RR	x	x	65864	39	92588	43	74379	41	38155	40
<b>45CM39</b>	RR	x	x	x	x	x	x	x	x	37942	43
<b>6074 RR</b>	RR	x	x	23308	39	49785	45	47454	43	34931	40

<b>DKTF 92 SC</b>	RR	x	x	x	x	x	x	x	x	33730	38
<b>1024 RR</b>	RR	x	x	x	x	4341	40	33208	39	31865	35
<b>45M35</b>	RR	x	x	x	x	34928	44, 5	34075	45	26096	44
<b>1028 RR</b>	RR	x	x	x	x	x	x	x	x	23588	41
<b>74-44 BL</b>	RR	41	137208	101053	37	97324	41	53701	39	22708	33
<b>PV 540 G</b>	RR	x	x	1363	36	21226	41	37534	40	18058	34
<b>45H33</b>	RR	43	33977	76067	40	49832	43	47343	43	14155	38
<b>6090 RR</b>	RR	x	x	x	x	x	x	3298	39	11219	44
<b>75-45 RR</b>	RR	38	1607	12915	36	15142	42	15406	41	9931	40
<b>45M38</b>	RR	x	x	x	x	x	x	11450	38	9360	40
<b>V22-1</b>	RR	39	2963	5899	34	2120	39	17199	38	9213	32
<b>CS2300</b>	RR	x	x	x	x	x	x	9296	43	8741	38
<b>45CS40</b>	RR	x	x	4555	35	15054	45	12501	44	7705	44
<b>CS2100</b>	RR	x	x	5055	37	20207	41	9099	37	6032	30
<b>PV 560 GM</b>	RR	x	x	x	x	5938	40	5533	35	5936	32
<b>SY4157 RR</b>	RR	41	12377	19129	36	11184	45	9940	40	4404	37
<b>DKTF 94 CR</b>	RR	x	x	x	x	x	x	x	x	3977	44
<b>45A51</b>	RR	x	x	x	x	x	x	1576	49	3425	50
<b>D3155C</b>	RR	40	8323	11235	40	5824	36	1673	44	2524	40
<b>CS2600 CR- T</b>	RR	x	x	x	x	x	x	x	x	2493	36
<b>D3154S</b>	RR	47	1658	728	36	6049	42	8236	44	2487	37
<b>6076 CR</b>	RR	x	x	x	x	1946	46	2496	43	2453	40
<b>45H31</b>	RR	43	40846	17811	41	7345	41	3492	35	2259	38
<b>PV 581 CG</b>	RR	x	x	x	x	4059	43	1227	37	2098	44
<b>SY4187 RR</b>	RR	x	x	x	x	2629	47	3772	36	1871	42
<b>SY4166</b>	RR	x	x	5224	40	609	41	1557	45	1657	34
<b>CS2000</b>	RR	47	2606	22715	35	13222	43	4596	34	1247	43
<b>CS2400</b>	RR	x	x	x	x	x	x	x	x	1092	34
<b>PV 533 G</b>	RR	39	5832	38198	34	14073	39	2676	38	961	42
<b>1012 RR</b>	RR	x	x	115153	38	65096	41	25539	39	770	38
<b>45H37</b>	RR	x	x	x	x	x	x	1429	38	747	41
<b>43E03RR</b>	RR	39	5871	4089	34	2178	33	1740	24	710	49
<b>73-65 RR</b>	RR	x	x	x	x	1000	45	1491	38	617	44
<b>PV 531 G</b>	RR	37	958	765	28	670	28	506	27	603	32
<b>73-45 RR</b>	RR	36	9112	x	x	x	x	x	x	x	x

<b>1918</b>	RR	33	4550	2679	24	2488	31	1496	30	596	27
<b>1020 RR</b>	RR	41	7981	26882	43	25869	45	x	x	x	x
<b>46M34</b>	RR	x	x	14758	43	15083	46	x	x	x	x
<b>1990</b>	RR	42	52400	29539	37	7119	45	x	x	x	x
<b>V12-3</b>	RR	x	x	1571	47	4812	39	x	x	x	x
<b>1970</b>	RR	41	9931	3812	34	5553	48	x	x	x	x
<b>V12-1</b>	RR	43	7425	10328	38	3997	46	x	x	x	x
<b>45S52</b>	RR	35	1234	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>45S56</b>	RR	x	x	5875	36	3618	45	x	x	x	x
<b>6060 RR</b>	RR	39	25825	14093	34	3604	41	x	x	x	x
<b>73-75 RR</b>	RR	37	18973	9464	35	3128	39	x	x	x	x
<b>45H29</b>	RR	39	40796	9871	39	2988	39	x	x	x	x
<b>VT 500 G</b>	RR	35	15848	4978	28	2801	30	x	x	x	x
<b>SY4187</b>	RR	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>PV 530 G</b>	RR	38	47055	15142	32	2444	35	x	x	x	x
<b>D3153</b>	RR	40	4153	3153	38	2179	46	x	x	x	x
<b>6080 RR</b>	RR	x	x	2260	42	2164	45	x	x	x	x
<b>6050 RR</b>	RR	38	681	4281	32	2016	30	x	x	x	x
<b>V12-2</b>	RR	40	1387	1365	45	1435	37	x	x	x	x
<b>74-54 RR</b>	RR	39	26826	8382	38	1387	43	x	x	x	x
<b>45H26</b>	RR	x	x	x	x	1187	52	x	x	x	x
<b>SY4135</b>	RR	40	11118	4232	37	1119	39	x	x	x	x
<b>6064 RR</b>	RR	46	2777	x	x	1119	39	x	x	x	x
<b>1010 RR</b>	RR	x	x	x	x	852	40	x	x	x	x
<b>72-65 RR</b>	RR	x	x	x	x	970	44	x	x	x	x
<b>6044 RR</b>	RR	41	5636	3597	32	779	35	x	x	x	x
<b>PV 590 GCS</b>	RR	x	x	848	30	735	43	x	x	x	x
<b>SY4114</b>	RR	43	1045	614	33	687	30	x	x	x	x
<b>6065 CR</b>	RR	46	4815	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>73-15 RR</b>	RR	x	x	620	17	812	33	x	x	x	x
<b>1012 RR</b>	RR	39	199179	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>VR 9562 GC</b>	RR	41	10046	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>45556</b>	RR	40	6155	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>6074 RR</b>	RR	42	2290	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>46S53</b>	RR	40	2082	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>3235</b>	RR	44	1930	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>1016 RR</b>	RR	31	1080	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>6130 RR</b>	RR	40	1690	x	x	x	x	x	x	x	x

VT 520 G	RR	38	775	x	x	x	x	x	x	x	x	x
45H26	RR	38	519	x	x	x	x	x	x	x	x	x
V2035	RR	40	533	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1492	RR	45	526	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VT REMARKA BLE	RR	31	578	x	x	x	x	x	x	x	x	x
6040 RR	RR	37	625	x	x	x	x	x	x	x	x	x
V14-1	RR	x	x	x	x	3581	41	x	x	3323	40	
45S54	RR	37	6897	5123	31	640	44	x	x	x	x	
1134 CA	CN	x	x	x	x	x	x	1458	44	1742	43	
501	CN	x	x	x	x	x	x	x	x	1208	39	
SW WIZZARD	CN	22	1 517	502	18	1233	14	x	x	709	17	
C5507	CN	x	x	x	x	1346	35	x	x	x	x	
46A65	CN	36	1 000	x	x	1401	29	x	x	x	x	

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů MASC

### Příloha 3: Náklady na pěstování plodiny, Manitoba

Per acre	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Seed&Treatment	52,25	52,25	60	60	61,46959	62,5
Fertilizer	75,58	78,99	69,32	73,85	76,93405	80,73
Herbicide	5	13,13	13,81	13,13	14,49068	14,41
Fungicide	33,23	36,25	34	21,88	20,97581	16,25
Insecticide	4,85	4,73	4,32	0	0	0
Fuel	20,3	16,43	18,7	18,7	19,76108	21,09
Machinery Operating	10	10	10	10	10	10
Machinery Lease	3,6	3,6	3,6	2,88	2,88	2,88
Rental and Custom	0	0	0	0	0	0
Crop & Hail Insurance	21,27	14,96	14,95	14,14	14,55297	15,45
Other Costs	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75

<b>Land Taxes</b>	12	12	12	15	15	15
<b>Drying costs</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Total Operating</b>	245,83	250,09	248,45	237,33	243,8142	246,06
<b>B. Fixed Costs</b>						
<b>Land Investment Costs</b>	53,75	53,75	54	64,68	64,23797	67,06
<b>Machinery Depreciation&amp;Investment</b>	55,35	57,39	60,83	64,47	65,59919	67,31
<b>Storage Costs</b>	4,7	5,23	5,34	5,59	5,143514	4,77
<b>Total Fixed</b>	113,8	116,37	120,17	134,74	134,9807	139,14
<b>Total Operating&amp;Fixed</b>	359,63	366,46	368,62	372,07	199,2186	385,2
<b>C. Labour</b>	30	30	30	30	28,2	26,4
<b>Total Costs</b>	389,63	396,46	398,62	402,07	227,4186	411,6

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů Government of Manitoba

#### Příloha 4: Náklady na pěstování plodiny, Alberta

Cost Factor	2016		2017		2018			2019				
	LL	RR	LL	RR		RR	Black	Brown	D.Brown	Grey Wooded	Irrigation	
<b>Seed, Seed Cleaning</b>	54,83	52,41	56,3	54,23	60,85	60,22	72,88	53	72,88	66,25	72,88	
<b>Fertilizer</b>	66,95	89,64	80,14	77,58	77,83	87,89	100	63	74,5	104	108,5	
<b>Chemicals</b>	23,99	22,98	23,94	20,79	30,38	24,5	33,24	31,35	31,35	27,19	37,6	
<b>Hail/Crop Insurance</b>	22,85	23,62	15,04	15,33	15,29	18,73	20,84	22,78	24,4	23,27	21,63	
<b>Trucking and Marketing</b>	3,43	2,31	2,12	3,1	3,54	2,47	16,19	8,96	10,45	13,14	17,32	

<b>Fuel</b>	11,39	16,47	27,73	20,11	23,12	24,54	20,27	16,49	15,49	24,8	30,46
<b>Machinery Repairs</b>	18,81	23,35	20,06	20,85	24,71	23,67	15,89	8,33	15,63	23,44	30,21
<b>Building Repairs</b>	1,57	2,22	4,01	1,66	2,15	3,31	2,34	1,56	1,56	2,08	2,08
<b>Utilities and Miscellaneous</b>	8,14	12,79	16	18,41	15,14	13,67	12,59	8,96	8,96	12,59	13,46
<b>Custom Work</b>	20,14	8,02	12,54	6,78	5,99	8,87	2,55	6,12	5,1	7,15	7,15
<b>Operating Interest Paid</b>	2,02	2,13	2,09	2,24	6,13	6,66	10,41	7,44	9,03	9,97	11,06
<b>Paid Labour&amp;Benefits</b>	10,98	8,43	16,35	13,9	12,89	12,92	18,9	18,9	14,3	24,52	31,67
<b>Unpaid Labour&amp;Benefits</b>	11,85	16,49	18,02	16,37	19,81	19,3	-	-	-	-	

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů Government of Alberta

## Příloha 5: Náklady na pěstování plodiny, Saskatchewan

Soil Type	2016			2017			2018			2019			2020		
	Black	D. Brown	Brown	Black	D. Brown	Brown	Black	D. Brown	Brown	Black	D. Brown	Brown	Black	D. Brown	Brown
<b>Seed&amp;Treatment</b>	59,45	59,45	59,45	65,64	65,64	65,64	62,6	62,6	62,6	66,19	66,19	66,19	75,19	75,19	75,19
<b>Fertilizer</b>															
<b>Nitrogen</b>	42,47	38,71	33,87	36,66	35,83	35,83	41,28	40,36	40,36	64,27	61,95	59,06	57,35	53,32	51,81
<b>Phosphorous</b>	22,88	20,75	18,09	21,66	21,66	21,21	22,57	22,57	22,1	33,07	31,97	30,31	27,57	25,76	24,86
<b>Sulphur, Other</b>	5,85	5,85	4,6	5,74	5,53	5,53	5,64	5,43	5,43	7,73	7,28	7,28	7,59	7	7
<b>Herbicides</b>	7,83	7,83	7,83	50,86	50,86	50,86	46,18	46,18	46,18	49,99	49,99	49,99	66,4	66,4	59,55
<b>Insecticides/Fungicides</b>	18,32	1,66	3,33	23,51	23,51	6,05	20,82	20,82	6,19	4,83/8,89	4,83/8,89	4,83	42,99	42,99	8
<b>Machinery Fuel</b>	19,14	15,3	12,24	16,18	12,94	10,35	20,43	18,39	17,47	23,13	20,81	19,77	20,39	16,31	13,05
<b>Machinery Repair</b>	13,14	11,49	10,07	8,63	7,6	6,64	10,61	9,38	8,32	10,9	9,63	8,54	10,94	9,66	8,57
<b>Custom work, Hired Labour</b>	17	17	17	17	17	17	17,75	17,75	17,75	17,75	17,75	17,75	21,05	21,05	20,8
<b>Crop Insurance</b>	11,11	11,3	12,87	13,07	13,92	17	13,1	13,14	16,83	13,31	12,49	17,41	9,72	9,04	10,52
<b>Utilities and Miscellaneous</b>	4,89	4,23	3,23	4,83	4,19	3,19	4,97	4,31	3,28	4,9	4,25	3,24	4,75	4,11	3,13
<b>Operating interest</b>	6,22	5,42	5,11	6,14	6,02	5,57	6,65	6,52	6,16	7,98	7,75	7,44	7,86	7,56	6,46

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů Government of Saskatchewan

**Příloha 6: Náklady pěstování řepka, Česko, 2018**

	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<b>Přímé náklady</b>	23824	22955	24536
<b>Osiva</b>	1916	1851	1991
<b>Hnojiva (nakupovaná i vlastní)</b>	6142	5308	6228
<b>Prostředky ochrany rostlin</b>	6474	6074	6452
<b>Ostatní přímý materiál</b>	898	737	764
<b>Ostatní přímé náklady a služby</b>	3627	3752	3820
<b>Mzdové a osobní náklady</b>	4767	5233	5281
<b>Nepřímé náklady</b>	10265	10680	10788
<b>Odpisy DNHM</b>	6	9	9
<b>Náklady pomocných činností</b>	5282	5565	5731
<b>Výrobní režie</b>	3790	3985	3834
<b>Správní režie</b>	1187	1121	1214
<b>Celkem</b>	34089	33635	35324

Zdroj: vlastní zpracování na základě údajů ÚZEI