

Geneticky modifikované obiloviny

Veronika Otáhalová

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav biochemie a analýzy potravin
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Veronika OTÁHALOVÁ**
Osobní číslo: **T07150**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Téma práce: **Geneticky modifikované obiloviny**

Zásady pro vypracování:

1. Stručně shrnout legislativu a nakládání s GMO
2. Genetické modifikace rostlin
3. Charakteristika obilovin
4. Rozdělení GM obilovin
5. Výhody a rizika

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] KÁŠ, J. **Geneticky modifikované organismy – současnost a perspektivy**, VŠCHT Praha ve spolupráci s MŽP, Praha 2004.

[2] OVESNÁ, J. a kol. **Možnosti využití GMO pro potravinářské i nepotravinářské účely**, VÚRV, v.v.i. a VŠCHT, Praha 2008.

[3] HRABĚ, J. a kol. **Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň**, 1. vydání, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín 2005.

[4] MORRIS, Peter C. **Cereal biotechnology**. Boca Raton, FL: CRC Press/Woodhead Pub., 2000.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.

Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2011

Ve Zlíně dne 21. března 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



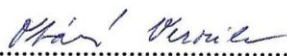
doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 5. 8. 2011


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávalečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchozečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou geneticky modifikovaných plodin (GM), především obilovin. V první kapitole je popsána legislativa týkající se geneticky modifikovaných organismů (GMO), nakládání s nimi, jejich označování a dále se zabývá GMO schválenými k uvádění do životního prostředí v ČR. V následující kapitole se práce zaměřuje na metody genetických transformací, rozdělení a využití transgenních plodin. Třetí kapitola obecně charakterizuje obiloviny a jsou zde stručně popsány nejvýznamnější druhy. Předposlední kapitola je věnována GM obilovinám, jejich značení a pěstování v ČR, EU a ve světě. Na závěr jsou uvedeny doposud známé přínosy a rizika pěstování GM plodin.

Klíčová slova: geneticky modifikovaný organizmus, Bt kukuřice, obiloviny, geneticky modifikované obiloviny

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with genetically modified crops (GM), especially cereals. The first chapter describes the legislation relating to genetically modified organisms (GMOs), using, labeling and covers GMOs approved for introduction into the environment in the country. In the next chapter, the work focuses on methods of genetic transformation, distribution and use of transgenic crops. The third chapter describes cereals in general, and the most significant species are briefly described here. The penultimate chapter is devoted to GM grains, their identification and cultivation in the Czech Republic, the EU and the world. At the conclusion there are given known benefits and risks of growing GM crops.

Keywords: genetically modified organism, Bt maize, cereals, genetically modified grains

Tímto bych ráda poděkovala především vedoucí své bakalářské práce Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za řádné vedení mé bakalářské práce, odbornou pomoc, poskytnuté informace a cenné rady pro zpracování této práce.

Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Věře Kroftové za cenné informace a poskytnutou literaturu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
1 LEGISLATIVA Z OBLASTI GENETICKY MODIFIKOVANÝCH ORGANISMŮ	12
1.1 NAKLÁDÁNÍ S GMO A GENETICKÝMI PRODUKTY	14
1.2 OZNAČOVÁNÍ	15
1.3 PRAVIDLA KOEXISTENCE GM PLODIN.....	17
1.4 PĚSTOVÁNÍ GMO V ČR	18
2 GENETICKY MODIFIKOVNÉ PLODINY	20
2.1 POSTUP ZÍSKÁVÁNÍ GM ROSTLIN.....	21
2.1.1 Nepřímé metody transformace	21
2.1.2 Přímé metody transformace.....	22
2.2 ROZDĚLENÍ GENETICKY MODIFIKOVANÝCH PLODIN.....	24
2.2.1 Tolerance k herbicidům (Ht)	25
2.2.2 Rezistence k hmyzím škůdcům (Bt).....	25
2.2.3 GM plodiny rezistentní vůči chorobám.....	27
2.3 VYUŽITÍ GM PLODIN A VÝHLEDY DO BUDOUCNA	27
3 OBILOVINY	28
3.1 OBECNÉ CHARAKTERISTIKY A ROZDĚLENÍ OBILOVIN	30
3.1.1 Obilné zrna	30
3.1.1.1 Obsah živin	31
3.1.1.2 Stavba obilného zrna.....	32
3.1.2 Pšenice.....	33
3.1.3 Žito	34
3.1.4 Ječmen.....	34
3.1.5 Oves.....	34
3.1.6 Tritikale.....	35
3.1.7 Kukuřice	35
3.1.8 Proso.....	35
3.1.9 Čirok.....	36
3.1.10 Rýže setá	36
3.1.11 Pseudocereálie.....	37
3.1.11.1 Laskavec - Amarant.....	37
3.1.11.2 Pohanka setá.....	37
3.1.11.3 Merlík chilský	37
4 GENETICKY MODIFIKOVANÉ OBILOVINY A JEJICH ZNAČENÍ	38
4.1 TRANSFORMAČNÍ TECHNIKY.....	38
4.1.1 Metody přímého přenosu.....	38
4.1.2 Nepřímé metody	39
4.2 KUKUŘICE	40
4.2.1 Odolnost proti herbicidům	40

4.2.2	Odolnost vůči hmyzím škůdcům.....	40
4.3	PŠENICE.....	41
4.4	RÝŽE.....	42
5	MOŽNÁ RIZIKA A PŘÍNOSY	44
5.1	RIZIKA.....	45
5.2	PŘÍNOSY	46
5.2.1	U plodin odolných k hmyzu	46
5.2.2	U plodin tolerantních k herbicidům	47
	ZÁVĚR	48
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	50
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

ÚVOD

Výrobky z obilovin patřily odedávna k nezákladnější lidské potravě. Důkazy o skladování obilí před mnoha tisíci lety pocházejí z Egyptské říše i z Asie. Po všechna tato tisíciletí až dodnes patřily obiloviny k hlavním energetickým a z nezanedbatelné části i bílkovinným zdrojům lidské potravy [1]. Obiloviny a výrobky z nich jsou též významnými krmivy hospodářských zvířat. V České republice jsou obiloviny nejdůležitější zemědělskou plodinou a jsou také důležitou surovinou pro řadu potravinářských výrobků (mlýnské výrobky, škrobářské výrobky, slad atd.) [2].

Obiloviny z počátku rostly divoce, ale postupným šlechtěním byly vypěstovány dnešní kulturní plodiny [2]. Pomocí konvenčních šlechtitelských postupů byly vyšlechtěny vysoce výnosné a kvalitní odrůdy obilnin, avšak rostoucí světová populace potřebuje stále více potravin. Genetické modifikace mohou napomoci v řešení zvyšujících se požadavků poskytnutím vyšší stability výnosů díky lepší odolnosti vůči chorobám a škůdcům, snadnější agrotechnikou u plodin odolných vůči herbicidům a vyšší kvalitou zrna se změněným obsahem proteinů, vitaminů a nedostatkových prvků [3].

Rozvojové země jsou závislé na produkci dostatečně kvalitních obilnin, zejména rýže. Její nutriční hodnota by měla zajistit dostatečnou výživu stále se zvyšujícího počtu obyvatel. Rovněž je snaha zamezit ztrátám při přepravě a skladování zemědělských plodin, které jsou způsobeny skladištními škůdci. Podobné postavení má ve světě i kukuřice. U pšenice a ječmene budou na trh uváděny modifikace, které zvyšují možnost jejich průmyslového využití [3].

Od roku 1996 přispěly geneticky modifikované plodiny k trvale udržitelnému rozvoji a změně klimatu zvýšením produkce, čímž vytvořily příznivější vliv zemědělství na životní prostředí, a to úsporou 393 milionů kg pesticidů. V roce 2009 snížily emise CO₂ o 18 miliard kg, což je ekvivalent odstranění 8 milionů automobilů ze silnic. Zachovaly biodiverzitu díky úspoře 75 milionů hektarů půdy a pomohly zmírnit chudobu díky pomoci 14,4 milionům drobných farmářů, kteří patří k nejchudším obyvatelům světa [4].

GM plodiny se staly doposud nejrychleji akceptovanou pěstitelskou technologií ve světě. Nejčastěji se pěstují GM odrůdy sóji, kukuřice, bavlníku a řepky, dále pak GM rýže, cukrovka, papája, tykev, vojtěška, rajče, paprika, topol, petúnie a karafiáty. V EU se prozatím GM plodiny v takové míře neprosadily, a to zejména vzhledem k odmítavému postoji evropského spotřebitele i specifickému schvalovacímu procesu a závazným právním předpisům, založeným na aplikaci principu předběžné opatrnosti [5].

Cílem této práce bylo seznámit se s problematikou geneticky modifikovaných obilovin a GM plodin obecně. Práce poskytuje přehled informací týkajících se geneticky modifikovaných organismů a s tím spojenou legislativou. Uvádí stručný přehled obilovin a jejich charakteristiku a zmiňuje budoucí vývoj genového inženýrství.

1 LEGISLATIVA Z OBLASTI GENETICKY MODIFIKOVANÝCH ORGANIZMŮ

Použití geneticky modifikovaných organizmů (dále GMO) je upraveno právními předpisy na mezinárodní i národní úrovni [6]. V různých zemích světa jsou využívány odlišné legislativní nástroje. V USA např. pro veškeré činnosti spojené s GMO využívají stávající zákony. V řadě jiných zemí byl iniciován vznik speciální legislativy. Nejprísnější opatření byla přijata v Evropě [7].

GMO je legislativní pojem, který vychází s mezinárodních úmluv přijatých ČR a ostatními státy EU. Základními dokumenty jsou Úmluva o biologické rozmanitosti a Cartagenský protokol biologické bezpečnosti [8].

V České republice je nakládání s GMO a genetickými produkty upraveno zákonem č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organizmy a genetickými produkty, který byl novelizován zákonem č. 346/2005 Sb. Prováděcím předpisem k zákonu je vyhláška č. 209/2004 Sb., o bližších podmínkách nakládání s geneticky modifikovanými organizmy a genetickými produkty, která byla změněna vyhláškami 86/2006 Sb. a 29/2010 Sb. [9]. Zmiňuje se o technických řešeních, pomocí kterých může vzniknout GMO, o požadavcích na uzavřený prostor a o ochranných opatřeních [10].

Zákon je koncipován na principu prevence rizika a předběžné opatrnosti v souladu s legislativou EU a mezinárodními úmluvami, tak aby odpovídal požadavkům na zajištění zdraví člověka, zvířat a složek životního prostředí biologické rozmanitosti. Obsahuje ustanovení umožňující v případě potřeby rozhodnutím správního úřadu pozastavit nebo ukončit nakládání s GMO a genetickými produkty. Stanovuje postup udělování oprávnění k nakládání s GMO a genetickými produkty, systém kontroly nad dodržováním zákona a systém evidence uživatelů a GMO a genetických produktů [10], [11].

Dle zákona č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organizmy a genetickými produkty se rozumí:

- **geneticky modifikovaným organismem** – je organismus (kromě člověka), jehož dědičný materiál byl změněn genetickou modifikací, což je cílená změna dědičného materiálu spočívající ve vnesení cizorodého dědičného materiálu do dědičného materiálu organismu nebo vynětí části dědičného materiálu organismu způsobem, kterého se nedosáhne přirozenou rekombinací,
- **genetickým produktem** – je jakákoli věc obsahující jeden nebo více geneticky modifikovaných organismů, která byla vyrobena nebo jinak získána bez ohledu na stupeň jejího zpracování a je určena k uvedení do oběhu,
- **uzavřeným prostorem** – prostor ohraničený fyzikálními zábranami, popřípadě v kombinaci s chemickými nebo biologickými zábranami, které omezují kontakt geneticky modifikovaných organismů nebo genetických produktů s lidmi, zvířaty a životním prostředím,
- **monitoringem** – zjišťování přítomnosti genetické modifikace v organismu nebo produktu a sledování účinků geneticky modifikovaného organismu nebo genetického produktu na zdraví lidí, zdraví zvířat, složky životního prostředí a biologickou rozmanitost [12].

Kromě zákonů platí v České republice po vstupu do EU i některé přímo aplikovatelné předpisy Evropských společenství. V oblasti GMO se jedná o tři nařízení Evropského parlamentu a Rady:

- nařízení č. 1829/2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech, které řeší uvádění na trh potravin a krmiv obsahujících GMO nebo z nich vyrobených,
- nařízení č. 1830/2003 o sledovatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů a sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z geneticky modifikovaných organismů,
- nařízení č. 1946/2003 o pohybech geneticky modifikovaných organismů přes hranice, které přejímá Cartagenaský protokol o biologické bezpečnosti.

Tyto předpisy ukládají dovozcům, zpracovatelům, obchodníkům i zemědělcům mnohé povinnosti [9].

Úmluva o biologické rozmanitosti je rámcová smlouva, která byla uzavřena v roce 1992 v rámci Programu OSN pro životní prostředí. Sleduje tři hlavní cíle: ochranu biologické rozmanitosti, udržitelné využívání jejích složek a rovnoměrné a spravedlivé využívání biologických zdrojů. [13].

Cartagenský protokol o biologické bezpečnosti k Úmluvě o biologické rozmanitosti je mezinárodní smlouva stanovující pravidla přeshraničního pohybu živých modifikovaných organismů (dovoz, vývoz, neúmyslný přenos přes hranice např. v důsledku havárií). Protokol vstoupil v platnost v září 2003 a představuje významný nástroj zejména pro ty státy, které nemají vnitrostátní právní předpisy upravující nakládání s GMO [9].

1.1 Nakládání s GMO a genetickými produkty

Vydávání správních rozhodnutí v oblasti nakládání s GMO a genetickými produkty je podle zákona v působnosti Ministerstva životního prostředí (MŽP), které při rozhodování přihlíží ke stanoviskům Ministerstva zdravotnictví (MZ), Ministerstva zemědělství (MZe), krajů a České komise pro nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty (ČK GMO). Kontrolu nad dodržováním ustanovení zákona vykonává Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP) ve spolupráci s dalšími kontrolními správními úřady [11]. Právní předpisy rozlišují tři způsoby používání GMO [9]:

- **uzavřené nakládání s GMO** – jsou činnosti, při nichž jsou organismy geneticky modifikovány, pěstovány, uchovávány, dopravovány, ničeny, zneškodňovány nebo jakýmkoli jiným způsobem používány v uzavřeném prostoru (např. v laboratořích, uzavřených sklenících apod.) a nejedná se o GMO schválené pro uvádění do oběhu [9] a [12],
- **uvádění GMO do životního prostředí** – je uvádění GMO do životního prostředí mimo uzavřený prostor, a to za jiným účelem, než je uvedení do oběhu. Jedná se o polní pokusy s geneticky modifikovanými rostlinami na přesně definovaném pozemku, které podléhají přísným pravidlům [9] a [12],
- **uvádění GMO nebo genetických produktů do oběhu** – je úplatné nebo bezúplatné předání GMO jiné osobě za účelem distribuce nebo používání, nejde-li o předání výlučně za účelem uzavřeného nakládání nebo uvádění do životního prostředí osobě oprávněné k tomuto způsobu nakládání. Jde o dovoz, prodej v obchodní síti, skladování apod. [9] a [12].

1.2 Označování

Sledování GMO slouží k tomu, aby se mohl produkt v případě zjištění jakéhokoliv negativního působení GMO na lidský organizmus, stáhnout z trhu a zamezit uvedení do oběhu dalších produktů z tohoto GMO. Proto byl zaveden systém označování GMO a jejich produktů v rámci společné závazné legislativy EU. Stěžejními evropskými předpisy v tomto směru jsou bezprostředně závazné předpisy Evropských společenství č. 1830/2003 a 1829/2003 [14].

Pro náhodné či technicky nevyhnutelné příměsi GMO v konvenčních či Bio produktech byla stanovena nařízením Evropských společenství č. 1829/2003 mez ve výši 0,9 % [5]. Je třeba označovat nejen samotné GMO, ale také výrobky obsahující či vyrobené z GMO, kde podíl jednotlivých geneticky modifikovaných složek nebo složky ve výrobku je vyšší než 0,9 % [14]. Tato výjimka se týká pouze GMO povolených pro uvádění na trh v EU, pro nepovolené GMO platí nulová tolerance. Jakmile dojde k náhodnému přimíchání GMO do konvenčního produktu a tato příměs je vyšší než 0,9 %, musí být takový produkt deklarován jako celek s příslušným označením [9]:

- sestává-li potravina z více než jedné složky GMO, uvedou se slova „geneticky modifikovaný“ nebo „vyrobený z geneticky modifikované (název složky, např. kukuřice)“ v seznamu složek;
- je-li složka uvedena názvem skupiny složek, uvedou se slova „obsahuje geneticky modifikovaný (název organizmus)“ nebo „obsahuje (název složky) vyrobenou z geneticky modifikovaného (název organismu)“ v seznamu složek;
- není-li uveden seznam složek, uvedou se slova „geneticky modifikovaný“ nebo „vyrobený z geneticky modifikovaného (název organismu)“ zřetelně na etiketě;
- údaje uvedené v písm. a) a b) mohou být uvedeny v poznámce pod seznamem složek. V takovém případě musí být vytištěny alespoň stejně velkým písmem jako seznam složek;
- je-li potravina nabízena k prodeji konečnému spotřebiteli jako nebalená potravina nebo jako balená potravina v malých obalech, jejichž největší plocha je menší než 10 cm², musí být výše uvedené informace trvale a viditelně vystaveny buď na boxu s vystavenou potravinou nebo bezprostředně vedle něj, nebo na obalu, a to dostatečně velkým písmem, aby byly snadno rozpoznatelné a čitelné [9].

Záměrné GM příměsi je nutno označit bez ohledu na jejich obsah. Společně s označením „geneticky modifikovaný“ by se měl na etiketě výrobku zároveň objevit jednoznačný identifikační kód, který slouží k přesnému identifikování typu modifikace, která byla při šlechtění provedena. Např. geneticky modifikované kukuřici typu MON810, byl přiřazen kód MON-ØØ81Ø-6 [14]. Povinnost označování se týká i výrobků jako je olej, kde není přítomná DNA, a tudíž nelze genetickou modifikaci prokázat. Proto současně s označováním platí i pravidla sledovatelnosti, tj. dohledatelnosti původu zboží [9].

U produktů ekologického zemědělství neplatí žádná tolerance pro náhodné příměsi GMO a je také zcela zakázáno GMO používat v krmivech, osivech apod. s výjimkou léčiv. Pokud se jedná o produkty zvířat (maso, mléko, vejce apod.), která byla krmena geneticky modifikovaným krmivem, žádná legislativa nevyžaduje označování těchto produktů [14].

1.3 Pravidla koexistence GM plodin

Pro pěstování GM plodin v EU platí specifická pravidla, vyplývající z nutnosti označovat produkci GM plodin jako GMO, a tedy i oddělovat od produkce klasické, případně ekologické [15]. Tyto principy byly vydány Evropskou komisí ve formě doporučení pro členské státy, na základě kterých mají jednotlivé státy právo vytvořit si svá vlastní pravidla pro oddělení produkce GM plodin dle lokálních podmínek [14]. V ČR k tomuto účelu slouží tzv. pravidla koexistence, která jsou obsažena zejména v zákoně č. 252/1997 Sb., o zemědělství, který byl novelizován zákony č. 441/2005 a 291/2009 [15]. Plodinově specifické požadavky jsou stanoveny ve formě vyhlášky č. 89/2006 Sb., o bližších podmínkách pěstování geneticky modifikované odrůdy, která byla v návaznosti na změnu zákona o zemědělství novelizována vyhláškou č. 58/2010 Sb. [14], [15]. Cílem pravidel koexistence je stanovit opatření k minimalizaci potenciálních ekonomických ztrát, které mohou vzniknout přimícháním produktů GMO do konvenčních či Bio produktů. Mají preventivní charakter a přispívají k tomu, aby žádný ze systémů zemědělské produkce (konvenční, ekologický či s využitím GM plodin) nebyl v ČR vyloučen, a aby tak zůstala zachována zemědělci a následně i spotřebiteli možnost volby kteréhokoliv z uvedených systémů [5].

Stručný souhrn pravidel koexistence:

- informovat o záměru vysetí/vysázení GM plodiny sousední pěstitele,
- informovat o skutečném vysetí/vysázení GM plodiny sousední pěstitele, MZe a MŽP,
- dodržet stanovenou minimální vzdálenost mezi místem pěstování GM plodiny a jiným pozemkem s nemodifikovanou plodinou stejného druhu. Přísnější pravidla jsou vůči plodinám pěstovaným v ekologickém zemědělství,
- po sklizni označit produkt GM plodiny jako „geneticky modifikovaný organizmus“ včetně jednoznačného identifikačního kódu,
- evidovat údaje o nakládání s GM plodinou a uchovat je v podniku po dobu min. 5 let [16].

S pomocí konceptu koexistence a pravidel pro označování GMO by měla být zachována možnost volby jak pro samotné primární producenty při výběru vhodné odrůdy, tak i pro konečného spotřebitele v EU, kterému je při rozhodování o koupi výrobku navíc na etiketě poskytnuta informace o použité metodě šlechtění [14].

1.4 Pěstování GMO v ČR

V ČR se mohou produkčně pěstovat pouze takové GM plodiny, které prošly přísným schvalovacím procesem na úrovni EU, zahrnujícím mj. vyhodnocení případných rizik GM plodin pro zdraví lidí a zvířat i životní prostředí, a jejichž odrůdy byly zapsány do Státní odrůdové knihy v ČR případně do Společného katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin v EU [5]. Seznam pokusných polí GM plodin schválených pro uvádění do životního prostředí je uveden v příloze I.

Geneticky modifikované plodiny se v ČR pěstují od roku 2005. Jako první byla pro pěstování povolena Bt kukuřice odolná zavíječi kukuřičnému, jehož ekonomická škodlivost se již projevila v mnoha regionech ČR. Bt kukuřice si vytváří svůj vlastní, rostlinný insekticid, a není tedy třeba používat prostředky chemické či biologické ochrany. V roce 2010 byly schváleny k pěstování také GM brambory Amflora s pozměněným obsahem škrobu ve prospěch amylopektinové složky, které jsou určeny k průmyslovému užití. ČR je v EU jediným členským státem, kde se pěstují obě GM plodiny. V porovnání se situací ve světě je pěstování GM plodin v EU okrajovou záležitostí, což je způsobené tím, že zde stále přetrvává negativní pohled na zemědělské využívání biotechnologií [5], [15].

Od roku 2005 v krajích Královéhradeckém, Jihočeském a Ústeckém narůstá plocha Bt kukuřice (tab. 1). V ostatních krajích plochy rostly v letech 2005 – 2008, avšak v roce 2009 poklesly. Největší tempo růstu ploch Bt kukuřice bylo zaznamenáno v Kraji Vysočina mezi lety 2005 a 2006. V roce 2007 pak plochy s Bt kukuřicí narostly nejvíce v Plzeňském kraji, dále pak v krajích Ústeckém a Středočeském. Největší pokles ploch byl v roce 2009 zaznamenán v Plzeňském (téměř o 60 %) a Zlínském kraji (o 55 %) [5].

V roce 2010 došlo k dalšímu poklesu ploch s Bt kukuřicí, kdy se celková výměra pohybovala okolo 4500 ha. Nejvíce se pěstovala v Jihomoravském a Plzeňském kraji. Rekordním okresem byly Domažlice, naopak v mnoha okresech pěstitelé zcela ustoupili od pěstování Bt kukuřice. Důvodem poklesu ploch byly především problémy s odbytem zrna, snížení stavu skotu, administrativní a organizační náročnost, potřeba snížení nákladů apod. [15].

Tab. 1 Přehled ploch Bt kukuřice dle krajů v ČR v letech 2005 - 2009 [5]

Plocha (ha)	2005	2006	2007	2008	2009
Jihočeský	4,02	48,02	133,09	307,86	946,81
Jihomoravský	48,86	444,06	1218,78	2057,09	1285,25
Karlovarský	0	0	18,58	0	0,02
Královéhradecký	3,26	186,23	800,71	881,36	1074,27
Liberecký	11,44	0	0	0	0
Moravskoslezský	2,62	70,71	123,60	228,18	143,69
Olomoucký	1,80	44,56	61,53	221,83	215,15
Pardubický	2,60	81,21	187,45	609,60	402,21
Plzeňský	1,00	51,62	607,16	973,62	396,20
Středočeský (vč. Prahy)	38,49	147,78	944,72	1626,54	819,16
Ústecký	1,99	56,42	456,17	711,36	758,01
Kraj Vysočina	0,22	22,8	135,94	228,48	196,79
Zlínský	34,42	136,48	313,12	534,41	238,58

Od konce 90. let probíhají v ČR polní pokusy s různými GM plodinami, zejména kukuřicí, bramborami a do roku 2002 i s řepkou. Provádějí je instituce, které mají dlouholeté zkušenosti s výzkumem a zkoušením odrůd, jako např. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Výzkumný ústav píceňářský atd. V současné době je na několika lokalitách testována kukuřice tolerantní k herbicidu s účinnou látkou glyfosát (modifikace GA21 vyvinutá firmou Syngenta a NK603 firmy Monsanto) a hybridní kukuřice NK603 x MON 810 s kombinací dvou vložených vlastností – odolností vůči hmyzím škůdcům a tolerancí ke glyfosátu [9].

Také v případě brambor zahrnují pokusy různé typy modifikací. Český výzkum je zastoupen transgenními bramborami se změněným obsahem cukrů vyšlechtěnými Ústavem experimentální botaniky Akademie věd. Německá firma BASF testuje brambory určené k výrobě technického škrobu, které v hlízách obsahují převážně jen jednu ze složek tvořících škrob – amylopektin nebo amylózu, zatímco produkce druhé složky je potlačena. Novým typem GM plodiny firmy BASF jsou brambory odolné vůči plísni bramborové, jejich testování je však teprve v začátcích [9].

2 GENETICKY MODIFIKOVNÉ PLODINY

Geneticky modifikované plodiny jsou takové rostliny, u kterých byl změněn dědičný materiál (DNA) pomocí genových technologií. Jedná se o šlechtitelské metody (tzv. genové inženýrství) z oblasti biotechnologií, které používají v přírodě probíhající procesy. Genové inženýrství umožnilo vývoj hospodářsky významných rostlin s unikátními znaky a to způsobem, který není možný běžným křížením [17]. Genové technologie umožňují mezidruhový přenos genů, nejedná se však o tvorbu a vnášení uměle vytvořených genů [5]. Postup zavádění cizorodých a rekombinantních genů se označuje jako transformace [17]. Současně tato metoda umožňuje poznávat rostlinný genom, jeho jednotlivé geny, vzájemné interakce těchto genů, jejich interakce s vývojem rostlin a s prostředím. Umožňuje také zjišťovat, do jaké míry jsou obdobné geny živočichů a mikroorganismů vzdálené rostlinným genům a sledovat hlavní molekulární mechanismy působení rostlinných patogenů [18]. GM plodiny nazýváme také transgenními plodinami [5].

GM plodiny se vyznačují různými specifickými vlastnostmi, mezi které patří zejména odolnost vůči škodlivým činitelům – škůdcům, chorobám, chladu, suchu apod., anebo tolerance vůči postřiku neselektivním herbicidem, který ničí všechny ostatní, nežádoucí rostliny (plevele). GM plodiny s uvedenými vlastnostmi přinášejí výhody především pěstitelům. Další generace GM plodin mají přímý přínos také pro spotřebitele – např. GM plodiny s vyšším obsahem či lepší skladbou nutričních látek nebo GM plodiny s antikarcinogenními účinky; případně pro jiné než zemědělské obory – např. jedlé vakcíny, biodegradovatelné plasty, náhrada fosilních paliv, odstraňování znečištění aj. [5].

Států, kde se lidé zabývají GMO, přibývá, stejně jako se rok od roku zvětšuje plocha osetá GM plodinami. Míra přijímání a rozvoje biotechnologií je ve světě velmi nerovnoměrná a velmi rozdílná je i rychlost schvalovacích řízení [10]. Zpráva organizace ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, Mezinárodní organizace poskytující servis v oblasti akvizic v rámci zemědělsko-biotechnologických aplikací) za rok 2010 uvádí, že v roce 2010 byly GM plodiny pěstovány na 148 milionech hektarů v 29 zemích (příloha II). Rekordní 87násobný nárůst plochy mezi lety 1996 a 2010 dělá z těchto plodin nejrychleji přijímanou rostlinnou technologií v historii moderního zemědělství. Kromě toho 30 zemí dosud schválilo import, což znamená, že celkem 59 zemí GM plodiny schvaluje, ať už se jedná o jejich pěstování nebo dovoz [4] a [8].

Nejvíce ploch osázených GM plodinami má USA (66,8 milionů ha), dále Brazílie (25,4 mil. ha), Argentina (22,9 mil. ha), Indie (9,4 mil. ha), Kanada (8,8 mil. ha) a za nimi následují země jako např. Čína, Paraguay, Pákistán, Jihoafrická republika a další země, včetně ČR a Německa, které se rozhodlo pěstování GM plodin obnovit [4] a [8].

Mezi tři nejrozšířenější modifikované rostliny patří sója, kukuřice a bavlna. Sója tolerantní k herbicidu Roundup je od roku 1998 schválená v EU jen pro dovoz a zpracování. K pěstování je v Evropě schválena pouze Bt kukuřice a brambory Amflora určené na výrobu škrobu, další plodiny čekají na schválení. Brambory Amflora jsou po 13 letech první nově schválenou GM plodinou v EU. Další vydaná povolení k uvádění do oběhu v EU se vztahují pouze na dovoz a zpracování dalších modifikací kukuřice tolerantní k herbicidu (NK 603), odolné vůči škůdcům (MON 863, MON 863 x MON 810) a řepky tolerantní k herbicidu (GT 73 a Ms8 x Rf3) [4], [8], [9].

2.1 Postup získávání GM rostlin

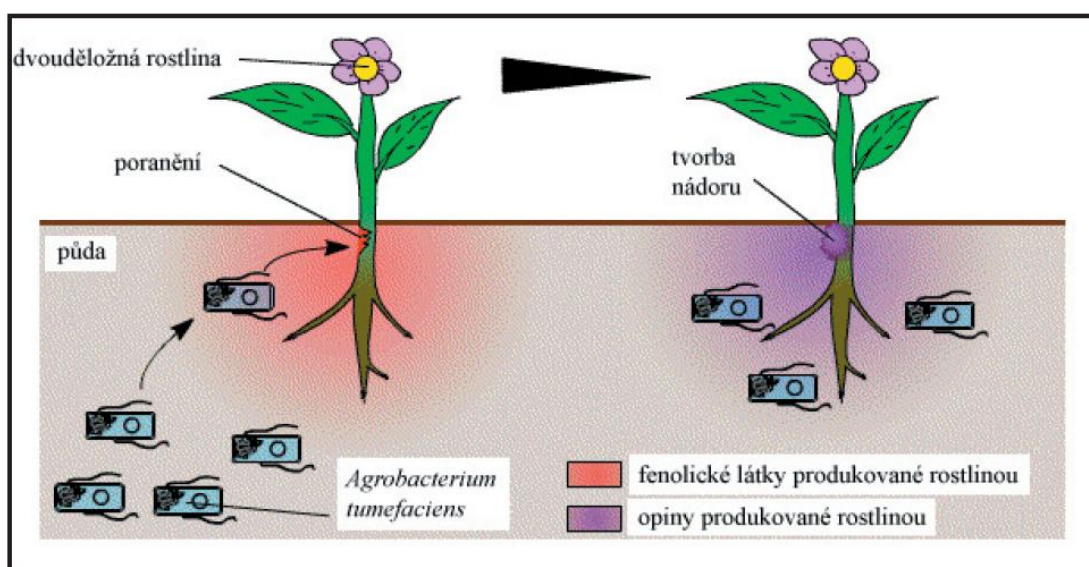
Byla vyvinuta řada strategií umožňujících tvorbu transgenních organizmů. Postup při získávání GM rostlin se skládá z těchto fází:

- izolace genů,
- klonování genů,
- transformace rostlinných buněk,
- detekce geneticky modifikovaných rostlin,
- kontrola stability procesu transgenozy [19].

2.1.1 Nepřímé metody transformace

Pod termínem nepřímé metody transformace se rozumí postupy, které využívají jako přenašeče cizorodé DNA, takzvaný vektor. Jako vektory jsou využívány zejména plazmidy půdních bakterií rodu *Agrobacterium*, zejména *Agrobacterium tumefaciens* a *Agrobacterium rhizogenes* (obr. 1) [19]. Tato bakterie má přirozenou schopnost vnášet část vlastní dědičné informace (tzv. T-DNA) do genomu rostlin. Spolu s T-DNA vnáší do rostlinných buněk geny pro produkci rostlinných hormonů a tím je nutí k množení. Na rostlině vzniká nádor, jehož buňky díky dalším genům bakteriálního původu produkují látky zvané opiny, které slouží bakterii jako zdroj energie, uhlíku a dusíku. Bakterie pak přetváří rostlinná pletiva pro svou potřebu. Metodami genového inženýrství lze upravit bakterii tak,

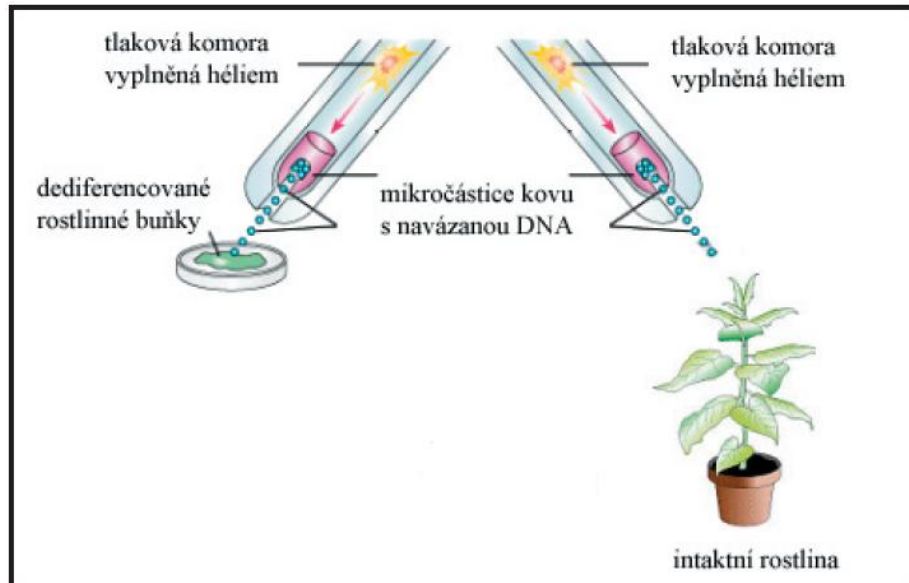
aby do rostlinného genomu přenášela geny, které jí byly do dědičné informace vloženy člověkem. Genetická modifikace rostlinné buňky probíhá na agarových médiích. Buňka je vystavena účinkům upravené bakterie několik dní a poté se bakterie usmrcuje přidavkem antibiotik. Do dědičné informace rostlinných buněk jsou vneseny i geny, které umožní oddělit buňky, kde došlo k zabudování genů prostřednictvím bakterie od těch, kde bakterie geny nevpravila. Z takto získaných buněk se v laboratorních podmínkách vypěstují rostliny [20].



Obr. 1 Schéma působení bakterie rodu *Agrobacterium tumefaciens* [19]

2.1.2 Přímé metody transformace

Přímé metody jsou založené na mechanickém, chemickém a elektro-fyzikálním principu přímého přenosu cizorodé DNA do jádra akceptorového organismu. Probíhá s využitím enzymů akceptorového organismu. Jedná se o replikační a reparační enzymy. Nejčastějším způsobem přímé transformace je biolistika (obr. 2). Princip této metody je založen na navázání DNA na mikročástice vzácného kovu (zlato, platina, wolfram) a jejich následné včlenění do rostlinných pletiv. Pro vnesení DNA se využívá takzvané biolistické dělo, které pracuje obvykle na principu stlačeného helia, které dodává mikročásticím potřebnou energii pro překonání buněčné stěny a pro zasažení chromozomů [19].



Obr. 2 Schéma biolistiky [19]

Dalšími způsoby přímé genetické modifikace rostlinných pletiv jsou elektroporace, přenos cizorodé DNA s využitím PEG (polyetylglykol), mikroinjektáže nebo přenosy pouze organelového genomu. Tyto postupy jsou využívány v praxi minimálně [19].

Elektroporace je založena na zvýšení propustnosti membrány protoplastů vysokonapětovými pulzy. To umožňuje zavedení vysokomolekulární DNA do protoplastu. Propustnost cytoplazmatické membrány pro DNA lze ovlivnit také pomocí aplikace PEG. Další z přímých metod přenosu je vnášení DNA pomocí metody SCW (Silicon Carbide Whisker). Mikrovlákna karbidu křemíku při intenzivním protřepávání v roztoku DNA, v němž jsou zároveň přítomny i embryogenní části rostlin, vytváří vstupní otvory do buněčných stěn a umožňují tak průnik molekul DNA do buněk [3].

2.2 Rozdělení geneticky modifikovaných plodin

V současné době se lze setkat především se dvěma typy GM odrůd zemědělských plodin, a to s tolerancí ke specifickému typu herbicidu a s odolností k hmyzím škůdcům. S tolerancí k herbicidu může být někdy kombinována i transgeny podmíněná pylová sterilita a obnova fertility pro heterózní šlechtění. Malou část transgenních rostlin tvoří plodiny odolné k určitému specifickému viru [18].

Transgenní plodiny mohou nést velmi odlišné vlastnosti, které je činí výhodnými pro pěstitel, spotřebitele či různá odvětví průmyslu. Často se setkáváme s jejich rozdělením do několika skupin (generací) [21]:

I. generace plodin: Plodiny zahrnuté do této skupiny se vyznačují přínosy zejména pro pěstitel. Transgenní odrůdy z této skupiny usnadňují ochranu proti chorobám, škůdcům a plevelům. Přínosem je i větší šetrnost k životnímu prostředí v důsledku zjednodušení dosavadních technologií. Výhoda pro spotřebitele je nepřímá a může spočívat v nižší ceně produktu [21].

II. generace plodin: Transgenní plodiny odolné abiotickým stresům, například rezistence nebo tolerance k chladu, suchu, zasolení půdy či nedostatku světla. Tyto vlivy představují u zemědělských plodin ztráty až 70 % genetického výnosového potenciálu. Tato skupina opět primárně poskytuje výhody zemědělcům [21].

III. generace plodin: Transgenní plodiny s vyšší nutriční hodnotou (např. vhodnější složení mastných kyselin, zastoupení deficitních aminokyselin, upravený obsah vitaminů apod.) s antikancerogenními a jinými zdravotně působícími a léčivými účinky. Tyto plodiny poskytují přímé výhody pro spotřebitele a někdy se též označují jako plodiny s upravenými výstupními vlastnostmi [21]. Předpokládá se jejich přínos zejména pro rozvojové země, kde by bylo možné lépe bojovat s nemocemi a podvýživou. Další aplikace pak směřují do výroby krmiv s vyšší nutriční hodnotou a lepším složením aminokyselin [22].

IV. generace plodin: Transgenní plodiny pěstované jako ekologicky výhodné suroviny pro některá průmyslová odvětví. [21].

V. generace plodin: Transgenní rostliny používané jako náhrada fosilních paliv (výroba etanolu a bionafty) [21].

2.2.1 Tolerance k herbicidům (Ht)

V konvenčním zemědělství převládá chemická ochrana proti plevelům, založená na používání selektivních herbicidů, které jsou toxické pro plevele, ale selektivní vůči kulturní rostlině. Neselektivní (totální) herbicidy se používají velmi často k regulaci nežádoucí vegetace mimo ornou půdu. Aplikace se provádí, není-li na pozemku vzešlá plodina, tj. například před setím, při regulaci plevelů a podobně [21].

Transgenní plodiny s geny tolerance (snášenlivosti) k určitému herbicidu se vyznačují schopností tolerovat ošetření neselektivními herbicidy, které by za normální situace účinkovaly na veškerou vegetaci. Je zde také mnohem snazší ochrana proti takovým plevelům, které jsou s plodinou blízce příbuzné, a které jsou pomocí klasických selektivních herbicidů obtížně regulovatelné [21].

Podstatou působení herbicidu je blokování některého rostlinného enzymu, jehož aktivita je pro život rostliny nutná. Transgeny pro toleranci k herbicidům umožňují eliminovat účinek konkrétního typu herbicidu tak, že kódují enzym katalyzující stejnou reakci jako rostlinný enzym a jsou schopny herbicid tolerovat nebo jej metabolizují [17], [18].

Existuje řada herbicidně tolerantních rostlin, do kterých byl přenesen gen z bakterií nebo jiných tolerantních rostlin. Nejdůležitějšími jsou bavlník, kukuřice, řepka a sója. Nejznámějšími případy jsou GM plodiny s odolností k herbicidu glyfosátu (obchodní název Roundup) a glufosinátu amonnému (Liberty nebo Basta). Předností těchto GM tolerantních odrůd jsou nižší vstupy na ošetřování ploch [10], [17].

2.2.2 Rezistence k hmyzím škůdcům (Bt)

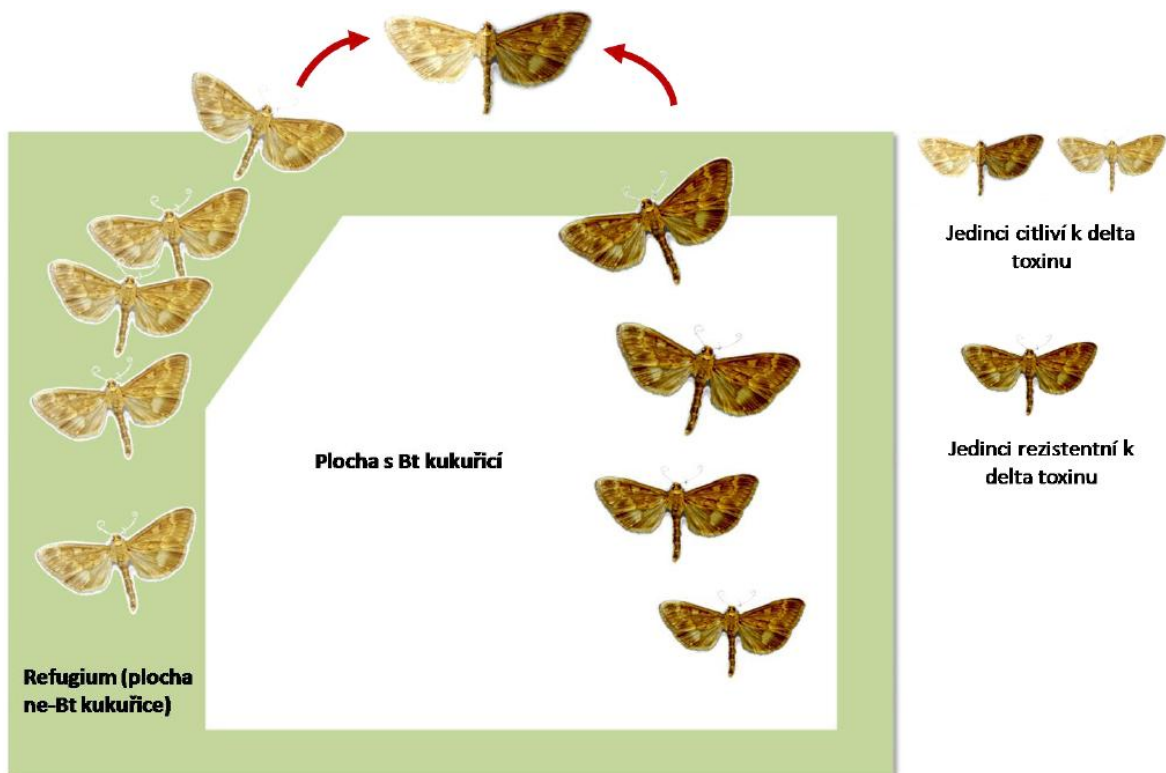
Každoroční ztráty v zemědělství jsou díky škůdcům nesmírné. Zemědělci využívají k hubení škůdců účinné chemikálie, např. toxin z bakterie *Bacillus thuringiensis* (Bt), který se používá ve formě postřiku [17]. Bt toxin je v ochraně polních plodin využíván již od 30. let 20. století a biopreparáty obsahující Bt toxin jsou aplikovány i na porosty v konvenčním a ekologickém zemědělství, často však vlivem obtížného směrování prostředku bohužel i na hmyz, který přímo plodině neškodí [21].

Transgenozí lze využít pro získání rostlin odolných vůči určitým hmyzím škůdcům vnášením genu pro protein pocházející z půdní bakterie *Bacillus thuringiensis* [3], [22]. Tento druh mikroorganismu produkuje celý komplex toxinů s různou účinností na jednotlivé

skupiny hmyzu. Přenesením genu zodpovědného za produkci příslušného typu Bt toxinu do genomu kulturní rostliny se získá odrůda rezistentní vůči hmyzím škůdcům, ale kromě toho je zaručena i selektivita pro necílové druhy hmyzu, které by jinak byly zasaženy insekticidem a zároveň se snižuje poškození úrody a spotřeba pesticidů [21], [22].

Larvy citlivého druhu zemřou při požití malého sousta z rostliny. Nedochází tak k dalšímu poškození, jež by zároveň způsobilo snadnější uchycení plísní (houby r. *Fusarium*). V ČR se využívá Bt kukuřice odolná vůči zavíječi kukuřičnému, ve světě se dále uplatňuje hlavně Bt bavlník odolný proti Makadlovce bavlníkové, brambory odolné proti Mandelince bramborové a připravují se další Bt plodiny. [10].

Při použití Bt plodin je nezbytné přesně dodržovat oseední postupy a další praktiky. Je totiž třeba zabránit možnému vzniku odolných škůdců. Proto se využívají obsevy nemodifikovanou plodinou (refugium) a monitoruje se možný výskyt odolných škůdců (obr. 3) [17].



Obr. 3 Efekt refugií v prevenci selekce rezistentních populací zavíječe kukuřičného proti delta toxinu v systémech ochrany s Bt kukuřicí [23]

2.2.3 GM plodiny rezistentní vůči chorobám

Tyto plodiny obsahují transgen pro rezistenci k určitému viru. Mechanismem rezistence je projev transgenu pro plášťový protein tohoto viru [18]. Tyto plodiny obsahují geny (antisense konstrukty), které zabráňují množení a aktivitě virů (plášťové proteiny) nebo růstu houbových patogenů a množení bakterií. Zde se zařazuje kukuřice a rýže [22].

2.3 Využití GM plodin a výhledy do budoucna

Genové inženýrství umožňuje připravit řadu GMO využitelných v oblasti medicíny, zemědělství nebo ochrany životního prostředí. Mohou tak být produkovány rekombinační proteiny využitelné pro terapeutické účely nebo vakcíny. Další využití GMO, a to zejména transgenních rostlin, spočívá v širokém uplatnění v zemědělství. Připravují se transgenní plodiny se zlepšenými nutričními a skladovacími vlastnostmi, se zvýšenou schopností adaptovat se na specifické podmínky životního prostředí, vyznačující se zvýšenou rezistencí vůči nemocem a škůdcům nebo vyžadující nižší spotřebu agrochemikálií [8].

Země třetího světa začínají s velkoplošným pěstováním transgenní rýže (zejména státy jihovýchodní Asie a Irán) a usilují i o vnesení potřebných znaků do řady, v daných oblastech tradičních plodin, jak s potravinářským, krmivářským, případně dalším využitím (přadné plodiny, léčivé rostliny apod.) [19]. V následujících letech se očekává další nárůst genových technologií. Např. uvedení kukuřice odolné vůči suchu na trh v roce 2012, zlaté rýže v roce 2013 a Bt rýže [4].

V ČR jsou v pokročilém stadiu projekty týkající se např. transgenních brambor, které nesládnou během skladování při nízké teplotě a netmavnou při výrobě bramborových lupínků, dále brambor odolných vůči některým plísním, lnu odolného vůči herbicidu BASTA-Liberty a některým houbám a škůdcům. Transgenní len je navíc schopen akumulovat těžké kovy a hodí se tudíž k úpravě půdy [10].

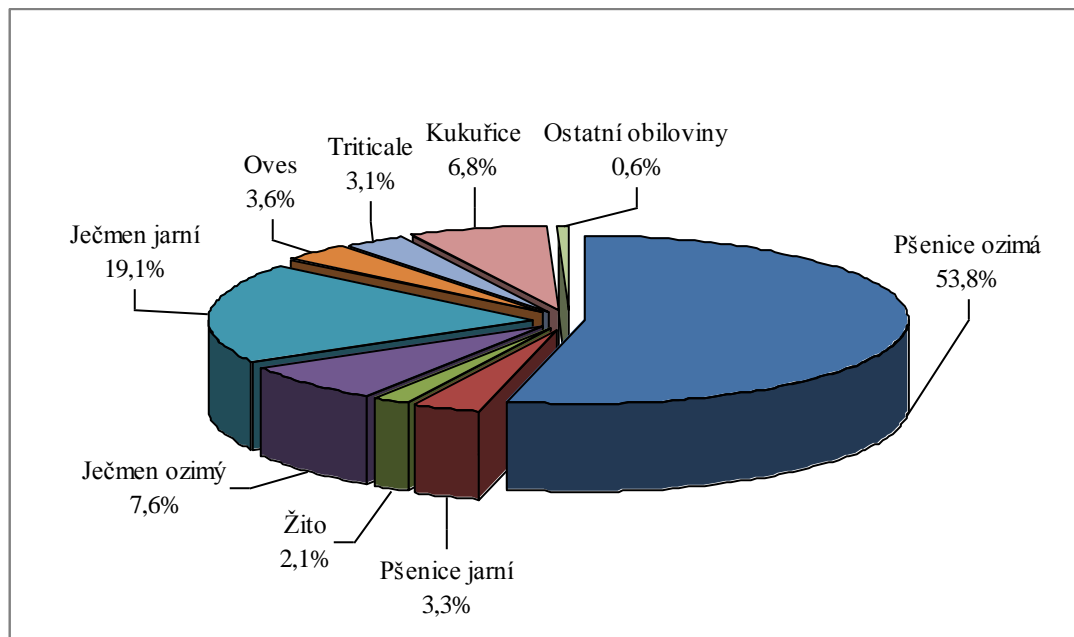
Geneticky modifikované rostliny však mohou být využity také v jiném odvětví zdánlivě nesouvisejícím s výživou obyvatel. Je to oblast fyto-remediace, tj. použití rostlin pro odstraňování kontaminantů z životního prostředí. V těchto případech se připravují GM rostliny s vyšší účinností akumulace těžkých kovů nebo pro odstraňování organických polutantů z kontaminovaných zemín, jejichž vyčištěním se zvětší plocha pro pěstování kulturních plodin [8].

3 OBILOVINY

Obiloviny patří k nejstarším zdrojům potravy a provází lidskou společnost prakticky po celou dobu jejího historického vývoje. Jsou celosvětově nejvýznamnějším zdrojem energie ve formě sacharidů a kromě nich jsou i zdrojem mnoha dalších životně důležitých látek. Rozlišujeme dva pojmy „obiloviny“ jako skupinu pěstovaných rostlin a „obilniny“ jako potravinářskou surovinu určenou ke konzumaci. Obilniny jsou základní surovinou pro potravinářský, krmivářský, pivovarnický a lihovarnický průmysl. Menší část produkce slouží jako osivo [24], [25].

Hlavním produktem obilovin jsou obilky (zrno), vedlejším produktem je sláma. Obilné zrno celé nebo upravené (mouka, krupice) je především potravinou. Podíl obilnin na celkové spotřebě energie v potravě je u obyvatel vyspělých zemí 30 – 40 %, v rozvojových zemích dosahuje i 90 %. Významné je také jejich využití jako krmiva pro hospodářská zvířata. Jemnější sláma se zkrmuje, tvrdší je možno silážovat nebo jinak upravovat. Řada obilovin se zkrmuje jako zelená píce nebo slouží na zelené hnojení. Obiloviny nacházejí uplatnění rovněž pro průmyslové účely např. výrobu sladu, škrobu, lihu, biopaliv a kapalných dopravních paliv (bioetanol) [25], [26], [27], [28].

V ČR jsou obiloviny nejdůležitější zemědělskou plodinou, pěstují se asi na polovině veškeré obdělávané půdy. V roce 2010 byly zasety na ploše 1460 tis. ha (58,5 % osevní plochy). Struktura osevních ploch obilovin je znázorněná na obrázku č. 4 [28]. Jako potravinu kryjí asi 33 % energetické hodnoty. Ročně se vyrobí kolem 7 mil. tun obilovin, z nichž se asi 2 mil. tun zpracovávají na potraviny [29].



Obr. 4 Struktura osevu obilovin v roce 2010 [28]

Celosvětová produkce obilovin v roce 2010 dosahovala 2,233 mld. tun, z toho 682,7 mil. tun bylo pšenice a 441,03 mil. tun rýže. Produkce ostatních obilovin činila 1108,78 mil. tun, z nichž převážnou část tvořila kukuřice (813,64 mil. tun), dále ječmen (149,60 mil. tun), čirok (59,14 mil. tun), oves (23,79 mil. tun) a žito (17,32 mil. tun) [28].

3.1 Obecné charakteristiky a rozdělení obilovin

Obiloviny patří botanicky mezi trávy. Téměř všechny známé obiloviny patří do čeledi lipnicovité [29]. Z hlediska systematiky se řadí většina obilovin do třídy jednoděložných rostlin. Zahrnují jarní i ozimé formy. Mezi obiloviny dále patří i některé druhy jiných čeledí dvouděložných rostlin tzv. pseudocereálie, protože mají shodné hospodářské využití a obdobné složení semen. Jedná se o pohanku, laskavec a merlíky. Pohanka se zařazuje do čeledi rdesnovitých, laskavec do čeledi laskavcovitých a merlíky do příbuzné čeledi merlíkovitých. Dále se k obilovinám řadí ještě např. bér, mohár a čumíza, které se využívají převážně jako píce. Obecné charakterizaci obilovin se také vymyká rýže, jejíž pěstování je náročné na ruční práci a vyžaduje speciálně upravené pěstební prostředí se zajištěním vysokých dávek vody [25], [26], [27].

Podle morfologických a fyziologických vlastností jsou rozděleny do dvou skupin. Do první skupiny patří pšenice, žito, ječmen, oves a žitovec. Do druhé skupiny se zařazuje kukuřice, rýže, pohanka, proso, čirok, bér, čumíza a mohár. Charakteristickými znaky obilovin první skupiny jsou např. podélná rýha na spodní straně obilky a duté stéblo (stonek), zatímco druhá skupina se odlišuje tím, že obilka rýhu nemá a stéblo je vyplněno dřevem [30]. Všechny obiloviny mají několik botanických druhů a řadu odrůd [29].

3.1.1 Obilné zrno

Obilka (u pohanky nažka) je podle druhu obiloviny uložena v klasu (pšenice, žito, ječmen), v latě (oves, proso, pohanka, laskavec, rýže) nebo v palici (kukuřice). Zpravidla je zrno obalenou silnou pluchou, která se tvoří z obalů kvítka. Obilky, u kterých zůstávají po výmlatu zachovány části kvítka plucha a pluška se označují jako pluchaté. Pluchaté obilky má obvykle ječmen, oves, rýže, proso a některé čiroky [2], [26], [30].

3.1.1.1 Obsah živin

Chemické složení kolísá podle oblasti, odrůdy, hnojení, doby setí, klimatických podmínek a celé řady dalších činitelů. Převládají sacharidy, které jsou tvořené převážně škrobem. Obsah dusíkatých látek je nízký, závisí na počasí, růstu a úrovni výživy. Obsah bílkovin ovlivňuje kvalitu zrna (nutriční i technologickou), přičemž požadavky pro různé způsoby využití zrna se liší (potravinářské, krmné obilí). Tuky jsou v obilovinách obsaženy jen malým množstvím. Vyšší obsah má pouze kukuřice a oves. Obsah vitaminů je nízký, ve větším množství jsou zastoupeny pouze vitaminy skupiny B a vitamin E. Obsah minerálních látek není konstantní, do značné míry je ovlivněn obsahem minerálií v půdě a formou hnojení. Obecně obiloviny obsahují jen malé množství minerálií. Ve větším množství je zastoupen pouze fosfor a draslík, z mikroelementů zinek, mangan a železo [26]. V následující tabulce je uvedeno chemické složení různých druhů obilovin [31]

Tab. 2 Průměrné chemické složení základních obilnin v % [25]

Druh	Voda	Škrob	Bílkoviny	Tuky	Celulóza	Popeloviny
Pšenice	14,6	65,3	12,4	1,7	2,7	1,8
Žito	15,3	62,0	11,4	1,7	2,0	1,8
Ječmen	13,8	66,0	10,5	2,1	4,8	2,7
Oves	12,0	54,5	11,7	6,0	10,8	3,0
Kukuřice	10,5	69,0	10,0	4,8	2,8	1,7
Proso	12,5	61,1	10,6	3,9	8,1	2,8

3.1.1.2 Stavba obilného zrna

Každá obilka se skládá z endospermu, klíčku a obalových vrstev. Hmotnostní podíl jednotlivých částí zrna je rozdílný u jednotlivých obilovin a je proměnlivý vlivem vnitřních a zejména vnějších faktorů, jako je odrůda, půdní a klimatické podmínky, hnojení, agrotechnika aj. [31].

Klíček tvoří nejmenší část zrna. Jsou v něm již vytvořeny základy budoucí rostliny. Klíček obsahuje jednoduché cukry, bílkoviny, aminokyseliny, vitaminy B₁ a E a lipidy. Klíček je oddělen od endospermu štítkem, který obsahuje až 33 % bílkovin [26], [31].

Obalové vrstvy jsou tvořeny vnějším oplodím a vnitřním osemením, které spolu srůstají. Chrání obilku před vnějšími vlivy a v mlýnské technologii jsou označovány jako otruby. Obaly obsahují vlákninu, vitaminy skupiny B, hlavně tiamin, riboflavin, kyselinu nikotinovou a pantotenovou [26], [29].

Endosperm představuje 84 – 86 % hmotnosti zrna, obsahuje především škrob a bílkoviny. Skládá se z vrstvy aleuronových buněk a z moučného jádra. Zajišťuje výživu zárodku a při zpracování tvoří podstatnou složku finálního výrobku (mouky, škrob) a při výživě a krmení je hlavním zdrojem energie a bílkovin [26], [31].

Aleuronová vrstva obsahuje nejvíce bílkovin, jejich biologická hodnota je však relativně nízká, obsahují málo lysinu. Bílkoviny se dělí na protoplazmatické bílkoviny a zásobní bílkoviny. K protoplazmatickým bílkovinám se řadí albuminy a globuliny, které mají příznivé aminokyselinové složení. Jejich obsah v obilovinách je nízký (výjimkou je oves, u kterého převažují). Zásobní bílkoviny v obilovinách převládají. Nazývají se také lepková frakce a tvoří je prolaminy a gluteniny. Mají nepříznivé aminokyselinové složení, obsahují hodně prolinu a glutaminu a málo lyzinu. Mají význam pro pekárenskou hodnotu mouky. Buňky aleuronové vrstvy obsahují také tuk [26].

Moučné jádro obsahuje hlavně škrob ve formě škrobových zrn. Ta mají pro každý druh obilovin typický tvar [26].

3.1.2 Pšenice

Pšenice (*Triticum* L.) je celosvětově nejvýznamnější obilovinou zajišťující výživu lidské populace. Je nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití, a zároveň je nejvýznamnější obchodní komoditou na úseku potravin. K největším producentům se řadí země EU, Čína, Indie, Rusko a USA. Hlavními vývozci jsou USA, země EU, Kanada, Austrálie a Argentina. Zrno pšenice se využívá k výrobě chleba, pečiva, těstovin, krup a v cukrářství. Pšeničné šroty, mouky nebo mačkané zrno a otruby se využívají jako krmivo pro hospodářská zvířata [26], [28], [29].

Rod pšenice (*Triticum*) tvoří asi 8 druhů, z nichž jsou produkčně využívány:

- Pšenice obecná (*Triticum aestivum*), je jednou z nejrozšířenějších plodin ve světě i v ČR. Bylo z ní vyšlechtěno velké množství odrůd, používaných převážně v pekařské výrobě.
- Pšenice tvrdá (*Triticum durum* Desf.) vznikla z kulturní pšenice dvouzrnky. Zrno se vyznačuje obsahem pevného tuhého lepku. Hlavní využití je pro výrobu těstovin.
- Pšenice špalda (*Triticum spelta* L.) je historickým kulturním druhem s pluchatým zrnem, využívá se jen místně. Zrno má vyšší obsah bílkovin, tuku, minerálních látek, vitaminů a esenciálních aminokyselin než pšenice obecná. Obsah lepku je také vyšší, ale je horší kvality. Patří k pěstitelsky nejméně náročným obilovinám [26], [29].

Z pěstitelského hlediska se pšenice rozlišují na ozimé a jarní. Pšenice ozimá má vyšší nároky na půdu. Seje se na podzim, květy a plody tvoří po přezimování na jaře a v létě dalšího roku. Pšenice jarní je doplňkovým druhem k pšenici ozimé. Má obdobné požadavky na půdu, netrpí tolik chorobami a lze ji využít při silném výskytu ozimých plevelů. Seje se obvykle v březnu a snáší i případné mrazíky. Z hlediska zpracovatelů mouk je nejvýznamnější třídění odrůd na měkké a tvrdé [26], [29].

3.1.3 Žito

Žito (*Secale cereale* L.) je méně náročné na podnebí a půdu než pšenice, pěstuje se proto i v horských oblastech. Na světové produkci žita má dominantní podíl Evropa, jeho produkce neustále klesá. Ve světovém měřítku žito zdaleka nedosahuje významu pšenice. Výroba žitného a žitnopšeničného pečiva je tradicí ve střední a východní Evropě [2], [29].

Žito je využíváno pro potravinářské, krmivářské, případně technické a farmaceutické účely. V potravinářství se žito využívá při výrobě některých druhů chleba, lihu a kávové náhražky. V Kanadě a USA se vyrábí žitná whisky. Ke krmným účelům je využíváno jen omezeně, má nižší výživnou hodnotu, hořkou chuť a obsahuje antinutriční látky. Více se uplatňuje jako časně jarní zelené krmení. Ve farmakologii se žito využívá k získávání námelových alkaloidů z porostů [26].

3.1.4 Ječmen

Ječmen (*Hordeum* L.) patří spolu s pšenicí k nejstarším obilovinám. Ječmen potravinářský se využívá k výrobě krup a dietních potravin (hlavně ječmen bezpluchý). Ječmen sladovnícký se v ČR pěstuje převážně jako jarní forma. Sladovnícký ječmen z ČR patří mezi nejvyšší na světě. Ječmen krmný má vyšší obsah bílkovin (asi 15 %) a lyzinu a nižší obsah β -glukanů (1,5 – 2 %). Ječmen pícninářský se využívá pro sklizeň celých rostlin. Ječmen průmyslový slouží k výrobě lihu, zvláště whisky, škrobu, detergentů, kosmetických a farmakologických přípravků [2], [26].

3.1.5 Oves

Oves (*Avena* L.) patří k nejmladším kulturním obilovinám. Pěstuje se ve formě pluchaté a nahé, obdobně málo náročný na podnebí a půdu jako žito. Oves se využívá pro výrobu vloček a potravin zdravé výživy, ale převažuje využití pro krmné účely. Oves je možné využívat i na zelené krmení, pro silážování nebo také k výrobě piva. Má podlouhlé obilky, které zůstávají i po vymláčení obaleny pluchami [2], [26], [27].

3.1.6 Triticale

Triticale (*Triticale*, Žitovec) je uměle vytvořený mezidruhový kříženec pšenice obecné a žita setého. Cílem šlechtění bylo zachovat výnosy a kvalitu sklizně pšenice a silný kořenový systém a toleranci k horším pěstitelským podmínkám žita. Triticale se využívá pro výrobu speciálního pečiva, ale jeho hlavní využití je pro krmné účely [26].

3.1.7 Kukuřice

Kukuřice (*Zea mays* L.) vytváří klasy, tzv. palice. Každá palice má dužnaté vřeteno, ve kterém jsou zasazeny v řadách obilky (zrna). Obilky jsou sklovité, bohaté na bílkoviny. Podle odrůdy se liší velikostí, tvarem a barvou [2]. Kukuřice je v ČR nejvýznamnější jednoletou píceinou. Asi 90 % kukuřice se pěstuje na siláž, která v současnosti představuje hlavní energetickou složku objemných krmiv pro skot. Zbýlých 10 % tvoří kukuřice na zrno. Kukuřičné zrno se využívá v potravinářství, pro krmení hospodářských zvířat a pro průmyslové zpracování. Z kukuřičného zrna se vyrábí alkohol, kukuřičná mouka a krupice, škrob, invertní cukr a z klíčků se získává kukuřičný olej. Kukuřičné zrno má ze všech obilovin nejvyšší energetickou hodnotu [26].

3.1.8 Proso

Proso (*Panicum* L.) patří mezi nejstarší kulturní plodiny. V Africe bylo základním zdrojem výživy obyvatelstva, ale i v západní a střední Evropě patřilo k základním potravinám. Obilky jsou uzavřené v tvrdých, hladkých, lesklých, různě zbarvených, nestravitelných pluchách. Zrna se v potravinářství využívají loupaná zvaná jáhly nebo se upravují na mouku, krupici a po zkvašení na alkoholické nápoje. Jako krmivo jsou využívána neloupaná celá zrna v krmných směsích pro exotické ptáky, ale proso je možné zařadit i do směsí pro krmení hospodářských zvířat a ryb. Může se uplatnit i jako jednoletá pícnina. Ze slámy se vyrábí papír [2], [26], [27].

3.1.9 Čirok

Čirok (*Sorghum*) je jednoletá bylina. Tvoří stébla vysoká až 3 m i více, která jsou bohatě olistěná. Zrno je buď úplně pluchaté, nebo částečně obnažené, případně zcela nahé. Mladé rostliny obsahují kyanogenní glykosid durrhin. Proto je možné čirok na zeleno sklízet až po dosažení určité výšky, kdy obsah durrhinu klesne a nehrozí už riziko intoxikace [26].

Čirok obecný se pěstuje hlavně na zrno, čirok technický má silně vyvinutou latu, která bývá surovinou pro výrobu košťat a kartáčů. Čirok cukrový se používá jako krmná, zejména silážní rostlina. Někdy se lisuje ze stébel šťáva, ze které se vyrábí líh, sirup apod. Čirok súdánský se využívá jako pícnina pro krmení hospodářských zvířat. V ČR je pěstován jen velmi omezeně, protože je vytlačován kukuřicí [26].

3.1.10 Rýže setá

Rýže (*Oryza* L.) je jednou z nejdůležitějších obilovin sloužících k výživě lidí hned po pšenici. Je základním zdrojem obživy na většině asijského kontinentu, kde kryje energetickou potřebu obyvatelstva z 80 – 90 %. Pěstování rýže je soustředěno především do Číny, Indie a jihovýchodní Asie. Největším exportérem je Thajsko. V Evropě je významnějším pěstitelem rýže Itálie [27],[32].

V současné době se pěstují dvě hlavní linie rýže, vodní (nížinná) a suchá (horská). Rýže nížinná se pěstuje na zavodňovaných pozemcích, rýže horská je nenáročná na pěstování, ale má nižší výnosy. Podle délky a tvaru zrna se rozeznává rýže dlouhozrná, střednězrná a kulatozrná. Rýže se využívá převážně pro výživu lidí, a to buď loupaná, pololoupaná (natural) a často i leštěná jako velmi dobře stravitelná potravina s vysokým obsahem škrobu, ale nízkým zastoupením vitaminů a vlákniny. Neloupaná rýže (tzv. paddy) obsahuje asi 60 – 70 % škrobu, asi 10 % hrubé vlákniny, 2,5 % tuku, 5 % minerálních látek a vitaminy skupiny B. Při loupání se odstraní obaly a aleuronová vrstva. Oloupaním klesne obsah vlákniny pod 1 %, spolu s vlákninou se ale odstraní také komplex vitaminů B, většina tuku a minerálních látek [2], [26] a [27].

Z rýže se vyrábějí také různé alkoholické nápoje. Pro krmení zvířat se využívá jen velmi omezeně. Z poškozených a polámaných zrn se vyrábí škrob. Z klíčků se lisuje olej, sláma se používá jako krmivo a stelivo, k výrobě rohoží apod. ale i jemného papíru [26] a [27].

3.1.11 Pseudocereálie

Tyto plodiny botanicky nepatří do čeledi lipnicovitých jako obiloviny. Využívají a zpracovávají se však podobným způsobem. Zařazení těchto druhů do pěstování významně rozšiřuje diverzitu plodin v krajině [25], [26].

3.1.11.1 Laskavec - *Amarant*

Amarant (*Amaranthus* sp.) patří do čeledi laskavcovitých. Laskavec je využíván k přímé konzumaci, je součástí mnoha potravinářských výrobků a nachází uplatnění také v krmivářství. Amarant je vhodný pro bezlepkovou dietu. Je možné ho využít také jako píce na siláž. V posledních letech se pěstování a využívání laskavce rozšířilo do Evropy a pěstuje se také v ČR (AMR AMARANTH a.s.). Semena laskavce mají vysokou biologickou hodnotu ve srovnání s ostatními obilovinami [2], [26], [27].

3.1.11.2 Pohanka setá

Pohanka (*Fagopyrum*) patří do čeledi rdesnovitých. Mezi obiloviny je zařazována pro značný obsah škrobu v zrnech. Semena se zpracovávají na kroupy, krupici a mouku. Je vhodná do bezlepkových diet. Je možné ji využívat i ke krmným účelům. Charakteristický je pro pohanku obsah glykosidu rutinu (proti kardiovaskulárním chorobám), který se uplatňuje ve farmacii. Využívá se také jako medonosná rostlina [2], [26], [27].

3.1.11.3 Merlík chilský

Merlík chilský (*Chenopodium quinoa*) patří do čeledi merlíkovitých. Pochází z Jižní Ameriky, kde se pěstuje především jako pseudoobilovina ve vysokohorských oblastech. Tato jednoletá bylina se nutriční hodnotou blíží obilkám žita [27].

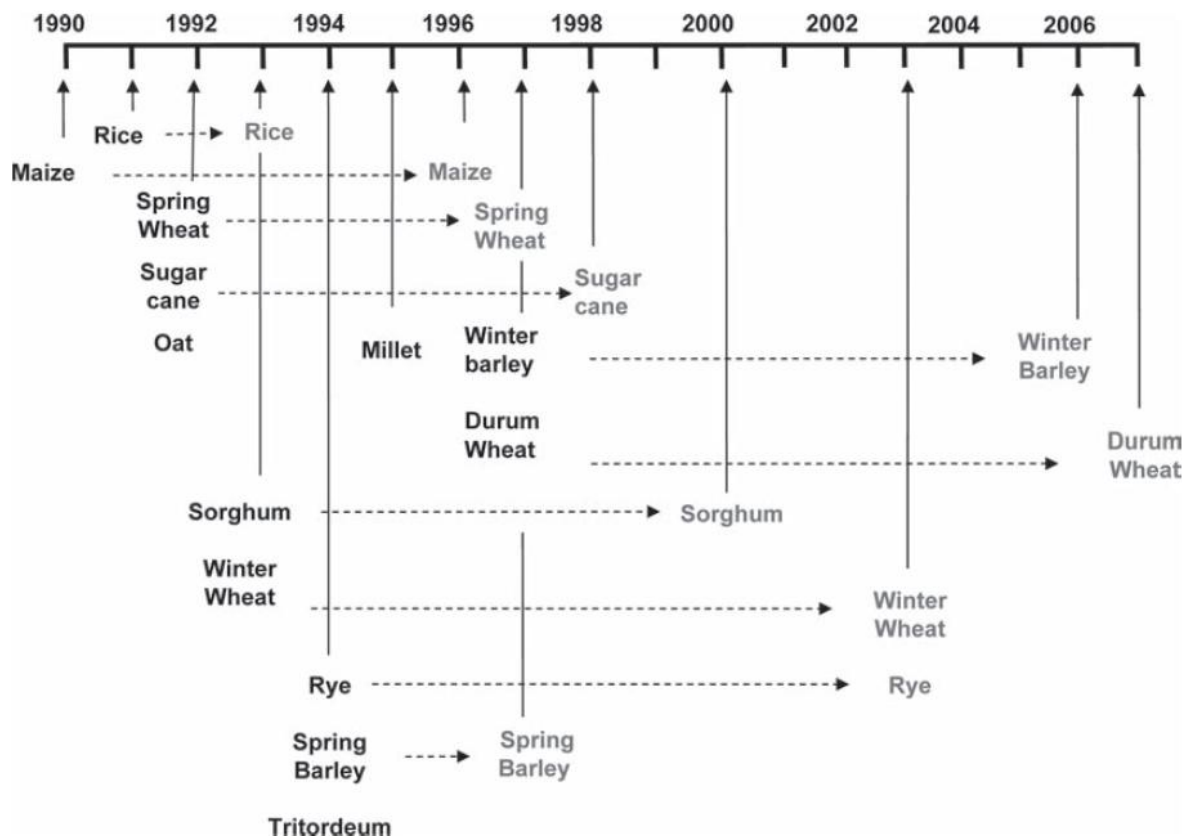
4 GENETICKY MODIFIKOVANÉ OBILOVINY A JEJICH ZNAČENÍ

Transformace obilovin není jednoduchou záležitostí. U dvouděložných rostlin lze využívat schopnosti půdní bakterie *Agrobacterium tumefaciens*, která část své genetické informace dokáže vložit do jádra rostliny. Tuto genetickou informaci lze upravit tak, aby byl do rostlinné buňky přenesen žádaný gen. V přírodě však tato bakterie jednoděložné rostliny nenapadá. Jednoděložné rostliny mají ve srovnání s dvouděložnými několik nevýhod, které ovlivňují proces transformace závisící na možnosti doručit cizorodou DNA do jádra buňky a následném odvození celistvé rostliny. Jednoděložné rostliny na rozdíl od dvouděložných netvoří v procesu hojení specifické látky, které umožňují agrobakteriální přenos T-DNA a neprodukuje se ani ranový kalus [3].

4.1 Transformační techniky

4.1.1 Metody přímého přenosu

Nejpoužívanější metoda je tzv. mikroprojektilový přenos DNA. Do jader nebo organel kultivovaných buněk, případně i do nedotčených rostlinných orgánů jsou vstřelovány mikroskopické částice netoxických kovů (např. zlata nebo wolframu), na kterých je pomocí přilnavosti přichycena DNA. Většina zpráv o úspěšné transformaci obilnin, je spojeno s touto metodou. Pomocí této technologie byly získané transgenní odrůdy těchto plodin: pšenice, kukuřice, tritordeum (kříženec pšenice a ječmene), rýže, žito, oves, ječmen, a další (viz obr. 5) [3], [33].



Obr. 5 Časová řada prvních zpráv transformace hlavních druhů obilovin. Biolistické (černá), prostřednictvím *Agrobacterium* (šedá) [34]

4.1.2 Nepřímé metody

Transformace zprostředkovaná *Agrobacterium tumefaciens* je u obilovin o něco složitější než u dvouděložných rostlin. Dříve byla tato metoda transformace považována za nemožnou vzhledem k absenci specifických T-DNA, které jsou přítomny v dvouděložných rostlinách. Poněvadž inkorporace genů do hostitelské buňky není homologní (hlavně díky proteinům obsaženým v hostitelské buňce a díky endonukleázové aktivitě proteinů z buněk *Agrobacterium*) musí být tyto transportovány společně s T-DNA. Z tohoto důvodu byl proveden a nalezen mechanismus inkorporace T-DNA do genomu právě do dvouděložných rostlin. Celkový mechanismus transformace by měl být stejný pro jednoděložné i dvouděložné rostliny. Pro zvýšení účinnosti přeměny jednoděložných rostlin, jsou zapotřebí speciální látky působící jako aktivátory zhoubné činnosti bakterie (acetosyringone nebo tabákový extrakt). Všechny hlavní obiloviny s výjimkou ovsu a prosa jsou nyní údajně transformovány pomocí *Agrobacterium* [33], [34].

4.2 Kukuřice

GM kukuřice je prozatím jednou z nejúspěšnějších GM plodin, která byla pěstiteli ve světě akceptována v zemědělské praxi. Má s ní zkušenosti nejvíce zemí světa a je druhou nejčastěji pěstovanou GM plodinou co do rozlohy ploch. Ve světě se využívá se značné množství typů GM kukuřic, z nichž nejčastějšími modifikacemi jsou rezistence vůči herbicidům a odolnost vůči hmyzím škůdcům. V Evropě se pěstování GM kukuřice prozatím neprosadilo v takové míře, ačkoliv Bt hybridy typu MON810 je možné v EU používat již od roku 1998. V EU již byly podány žádosti o uvedení dalších typů GM odrůd do zemědělské praxe, ale zatím žádný další typ povolen pro pěstování nebyl. Byly pouze povoleny některé GM hybridy pro dovoz a zpracování. Přehled GM kukuřic povolených pro dovoz a zpracování v EU je uveden v příloze III [35], [36].

4.2.1 Odolnost proti herbicidům

Ve světě jsou ve velkém užívány linie rezistentní vůči účinným látkám glyfosátu nebo glufosinátu. Pěstování těchto plodin je méně náročné na kultivaci, což s sebou nese výrazné snížení nákladů a v porovnání se standardními agrotechnikami má menší dopad na biodiverzitu porostů [35].

4.2.2 Odolnost vůči hmyzím škůdcům

Bt kukuřice je transgenní kukuřice rezistentní vůči hmyzu, která má do svého dědičného materiálu vnesen gen pocházející z bakterie *Bacillus thuringiensis*. Tento gen kóduje v rostlině produkci proteinu s toxickým účinkem, který působí v zažívacím ústrojí určitých druhů hmyzu. Pro modifikaci lze vybrat geny tak, aby zajišťovaly odolnost vůči vybraným skupinám škůdců (čeledím hmyzu). Geny se dají v rostlině kombinovat, čímž se rozšiřuje spektrum odolností dané linie. V podmínkách ČR se jedná zejména o škůdce zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*) z řádu motýlů *Lepidoptera*, jehož housenky se živí rostlinami kukuřice. Napadené rostliny se často lámou nebo poléhají. Chodby po žíru housenek jsou sekundárně napadány houbovými patogeny, zejména houbami rodu *Fusarium*, které produkují nebezpečné mykotoxiny, a tím zhoršují kvalitu sklizeného produktu. Zavíječ kukuřičný se v ČR nejhojněji vyskytuje v nejteplejších oblastech, tedy na jižní Moravě a ve středních Čechách. V posledních letech se ale jeho rozšíření na území ČR zvětšuje [5], [35].

V ČR se pěstuje GM kukuřice, která se označuje zkráceně „MON 810“ nebo „Bt“. Na trhu se tyto hybridy většinou objevují s kódovým označením „YG“ za názvem hybridu (zkratka obchodní značky „Yield Guard“) [37]. Většina sklizené Bt kukuřice v ČR je spotřebována jako krmivo pro hospodářská zvířata a to především v rámci vlastního podniku pěstitelů. Část produkce je určena k průmyslovému užití jako surovina pro výrobu bioetanolu, případně bioplynu nebo k následnému prodeji. Bt kukuřice není v ČR využívána pro potravinářské účely [5].

4.3 Pšenice

Připravuje se pšenice, u které se modifikovalo složení zásobních proteinů za účelem ovlivnění kvality mouky a následně těsta. Na kvalitě těsta se projevuje gluten, resp. vysokomolekulární podjednotky gluteninu, jejichž změna znamená zlepšení kvality mouky. Dále se připravuje GM pšenice s vyšším obsahem železa (exprese genu pro feritin), s vyšším obsahem amylozy ve škrobu a také s ovlivněným složením polysacharidů buněčné stěny, které se projeví ve „složení vlákniny“. Pracuje se na odolnosti vůči fusáriovému vadnutí, protože toxiny produkované tímto patogenem jsou pro člověka značně škodlivé a pracuje se také na vývoji genotypů schopných akumulovat těžké kovy z půdy [6], [8].

Firma Monsanto vyvinula herbicid tolerantní pšenici MON 71800 zavedením dvou genů (CP4 EPSPS) do jarní odrůdy pšenice pomocí půdní bakterie *Agrobacterium*. Cílem transformace bylo umožnit použití glyfosátu, účinné složky v herbicidu Roundup. V roce 2004 byla tato odrůda podrobena hodnocení složení a porovnání s ne-transgenními a tradičními odrůdami pšenice. Polní testy probíhaly dvě sezóny celkem na osmi místech ve Spojených státech a Kanadě. Z údajů bylo zjištěno, že glyfosát tolerantní pšenice MON 71800 je stejně bezpečná a výživná jako komerční odrůdy pšenice. Pšenice MON 71800 je schválena pro potraviny a krmiva v USA a Kolumbii [38], [39].

4.4 Rýže

Rýže je významnou plodinou z hlediska lidské výživy. Moderní šlechtitelství zkouší cestou genového inženýrství zlepšit vlastnosti jako např. schopnost plodin bránit se proti chorobám (viry, bakterie, houby nebo hmyz) vlastními silami, dosahovat vyšších výnosů bez intenzivní chemické ochrany, odolávat zvýšenému množství solí v půdě nebo suchu atd. [32].

Geneticky modifikovaná rýže LL RICE 601 s tolerancí vůči herbicidu Liberty byla v roce 2006 povolena k pěstování v USA a k dovozu do Kolumbie, kde byla schválena pro potraviny a krmiva. Modifikaci vyvinula americká společnost Bayer Crop Science. Rýže s touto modifikací není v EU povolena, a to ani pro krmiva. V roce 2008 se tato rýže s neschválenou genetickou modifikací v EU objevila na českém trhu. Do spotřebitelských balení rýži zabalila společnost Podravka - Lagris a.s. z Dolní Lhoty u Luhačovic, surovinu však nakoupila od italského dodavatele (MARIC S.R.L.). Z rýže byly vyrobeny ještě další produkty, které byly určeny pro český trh (EUROSHOPPER Rýže dlouhozrná - varné sáčky a Rýže dlouhozrná - varné sáčky). Na český trh se tak dostalo téměř 38 tisíc balení této rýže. V minulosti se na evropském trhu rýže s touto modifikací objevila několikrát, Evropská komise proto v roce 2006 přijala mimořádná opatření týkající se dovozu rýže z USA [38], [40].

Firma Aventis CropScience vyvinula v roce transgenní rýži LL RICE 06, LL RICE 62 resistantní vůči herbicidu glufosinátu. V roce 1999 byl v USA tento kultivar povolen k pěstování a vyváží se do Austrálie, Kanady, Mexika, Nového Zélandu a Ruska, kde je schválena pro potraviny a krmiva [38].

Ve Švýcarsku byla připravena rýže s lepší nutriční hodnotou tzv. „zlatá rýže“, která by měla pomoci odstranit zdravotní problémy lidí s jednostrannou výživou. Tento druh geneticky modifikované plodiny produkuje β -karoten (provitamin A) v endospermu zrna, což vede k charakteristickému žlutému zbarvení (obr. 6). Karotenoidy jsou důležitou skupinou rostlinných pigmentů v lidské stravě jako jediný prekurzor vitamínu A. V těle jsou štěpeny na vitamin A. Nedostatek β -karotenu způsobuje poruchy vidění až slepotu [6], [32], [41].

„Zlatá rýže“ byla připravena již v roce 1999, k jejíž modifikaci byly použity geny pro tvorbu β -karotenu z narcisu. Výsledná rýže tehdy obsahovala 1,6 μg β -karotenu na 1 g rýže. Následně byly připraveny další odrůdy s geny pro tvorbu β -karotenu z kukuřice, tyto odrůdy obsahovaly 37 μg β -karotenu na 1 g rýže. V roce 2004 prošla prvními polními pokusy, ale zatím není její testování ukončeno. Na trh by se mohla dostat v roce 2013 [4], [8], [32].



Obr. 6 Porovnání klasické rýže (vlevo) a zlaté rýže (vpravo) [8]

5 MOŽNÁ RIZIKA A PŘÍNOSY

Vzhledem ke skutečnosti, že žádná činnost není absolutně bezpečná, je třeba poměřovat potenciální rizika transgenních rostlin s obecně přijímanými riziky pěstování současných rostlin (narušení ekosystémů kultivací půdy, běžně užívané hnojení a aplikace agrochemikálií, nepříznivé nutriční hodnoty, výskyt zplodin metabolismu a toxinů z obecně se vyskytujících škůdců v potravě a mnohé další). Z tohoto pohledu netvoří GMO vyšší riziko než klasické odrůdy a zároveň disponují některými vlastnostmi výhodnými při kultivaci, zpracování nebo lepšími nutričními hodnotami [25].

Geneticky modifikované plodiny jsou na cestě z laboratoří až ke spotřebiteli na několika úrovních opakovaně podrobovány náročným zkouškám bezpečnosti, než je běžné pro jakékoliv jiné plodiny, určitá, byť minimální rizika nelze zcela vyloučit. Hodnocení bezpečnosti veškerých GM plodin určených k využití jako potraviny nebo krmiva se řídí dobře zpracovaným mezinárodním systémem kritérií, která byla navržena tak, aby pokryla veškerá bezpečnostní hlediska nově vyvinutých GM plodin. Systém zahrnuje porovnání nové potraviny s vhodnou srovnávací potravinou, jejíž bezpečnost byla dlouhodobě prověřena. Tato koncepce je obvykle označována jako ekvivalent shody (substantial equivalent) nebo srovnávací analýza a je založena na podrobném porovnávání agronomických charakteristik látek a přírodních toxinů nové plodiny s konvenční plodinou. Jejím účelem je zjistit míru shody a rozdílů s historicky ověřeným „bezpečným“ standardem. Jakékoliv rozdíly jsou pak předmětem dalšího hodnocení. Vychází se z podrobné znalosti plodiny příjemce, nově vnesené dědičné informace a hodnocení bezpečnosti jakýchkoliv proteinů či jiných látek, které se na jejím základě vytváří. Součástí těchto hodnocení jsou i testy toxicity a alergenity [7].

Dle legislativy EU je nutné dlouhodobé monitorování GM plodin uváděných do prostředí a do oběhu. Existuje velké množství vědeckých prací, které prokazují neškodnost GM odrůd pro přírodu i člověka. Není znám žádný vědecký důkaz větších nepříznivých vlivů [18].

5.1 Rizika

Při pěstování transgenních odrůd existují i potenciální rizika, jejichž biologickou podstatu je potřeba znát a umět je usměrňovat v přijatelných mezích.

- Z hlediska přirozených ekosystémů je jistým rizikem přenos „kulturních“ genů do populací planě rostoucích rostlin. Toto riziko hrozí především v tzv. genetických centrech kulturních rostlin a v podmínkách Evropy je (s výjimkou narušení genetické diverzity krajových odrůd) nevýznamné.
- Často je uváděno riziko mezidruhového křížení plodin s příbuznými plevely, které je však z praktického hlediska vzhledem k mezidruhovým bariérám křížitelnosti a nízké úrodnosti potomstva zanedbatelné. Významnější riziko může nastat u blízkce příbuzných planě rostoucích nebo zplanělých druhů - např. řepa, locika, aj.
- Dlouhodobé používání stejných účinných látek vede k posuvu ve prospěch odolnějších plevelných druhů a může vést i k selekci rezistentních biotypů, podobně jako u klasických herbicidů.
- Prakticky nejvýznamnějším rizikem je perzistence transgenních zaplevelujících rostlin ze sklizňových ztrát, mezi kterými může docházet ke vzájemnému křížení a vzniku několikanásobné tolerance, což může komplikovat jejich hubení.
- Vzhledem k vysoké účinnosti těchto systémů ochrany proti plevelům vzniká riziko zanedbávání preventivních metod ochrany a spoléhání se zcela na ochranu chemickou, což může mít z dlouhodobého hlediska nepříznivé důsledky jak pro agroekosystémy, tak jejich okolí.
- Pro pěstitele jsou zvláště významná socio-ekonomická rizika, z nichž mezi nejvýznamnější patří zvýšené náklady na pěstování a odbyt, jakož i různá další omezení vyplývající z legislativy Evropské unie a pravidel pro tzv. koexistenci.
- Vzhledem k současné omezené nabídce účinných látek neselektivních herbicidů a odrůd k nim tolerantních a probíhající globalizaci v chemickém průmyslu i mezi šlechtitelskými firmami vzniká riziko monopolizace na poli genetických materiálů prostředků chemické ochrany [42].

5.2 Přínosy

Jedním z hlavních důvodů pro rychlé přijetí transgenních plodin v mnoha oblastech světa je právě nižší nákladovost, a tím pádem vyšší konkurenceschopnost na trzích, kde je možné produkty těchto plodin uplatnit. Odhaduje se, že zavedení pěstování transgenních odrůd polních plodin může zrychlit snižování cen potravin o 10 až 15 %. Tento fakt může významně pomoci v boji s hladem. Příčinou hladovění stamilionů lidí však není globální nedostatek potravin. Lidstvo produkuje dostatek potravin k nasycení všech obyvatel planety. Hlavní příčinou hladovění je extrémní chudoba. Mnoho lidí je natolik chudých, že nemají dostatek peněz na nákup potravin [21].

5.2.1 U plodin odolných k hmyzu

Pěstováním odrůd odolných vůči škůdcům dochází k úspoře finančních a materiálních prostředků, práce i energie, čímž lze celkově zvýšit ekonomickou efektivnost pěstování těchto plodin [5]:

- Význam pro management rizika a pojištění, kdy odpadá obava z významného poškození plodiny škůdci.
- Výhoda komfortu (úspora času nezbytného na kontrolu polí a aplikaci herbicidů).
- Úspory spotřeby energie spojené zejména s potřebou méně častého ošetření.
- Úspory z použití techniky (pro ošetření a možná i zkrácených časů ošetření).
- Zlepšení kvality (např. nižší úroveň mykotoxinů v GM kukuřici).
- Zdravější a bezpečnější pro farmáře z důvodu omezení manipulace s pesticidy.
- Kratší vegetační sezóna (např. pro některé pěstitele bavlníku v Indii), která dovoluje některým farmářům pěstovat v téže sezóně další plodinu [19].

5.2.2 U plodin tolerantních k herbicidům

Transgenní rostliny, které jsou tolerantní k herbicidům, umožňují nahrazení klasických herbicidů typy, které se v půdě rychleji odbourávají a jsou šetrnější k životnímu prostředí, k pracovníkům v zemědělství i ke konzumentům [3]. Základním přínosem je vysoká selektivita přípravků pro plodinu, od čehož se odvíjí řada agronomických, ale především ekologických předností:

- Použití neselektivních herbicidů, které mají širší spektrum účinku na plevely než klasické selektivní herbicidy.
- Mohou být aplikovány prakticky po celou dobu vegetace.
- Porost nemusí být udržován bezplevelný od počátku vegetace. Zvláště v širokořádkových plodinách mohou plevely určitou dobu plnit svoje užitečné funkce – ochranu půdního povrchu před erozí a smyvem, poskytovat alternativní zdroj potravy pro škůdce, zadržovat volné živiny před vyplavením aj.
- V půdě jsou obě účinné látky glyfosát a glufosinát rychle odbourávány.

Vzhledem ke schopnosti plodiny rychle detoxikovat herbicid a známým biochemickým cestám metabolizace v rostlině je velmi nízké riziko obsahu reziduí a neznámých metabolitů v rostlinných produktech [42].

ZÁVĚR

Genetické modifikace patří v současné době k nejožehavějším tématům, která zajímají jak odbornou veřejnost, tak i laickou. Genové inženýrství je od svých počátků provázeno řadou rozporuplných názorů a má spoustu zastánců i odpůrců. V různých médiích jsou mnohdy rozšiřovány protichůdné informace a polopravdy, které ztěžují laické veřejnosti se v této problematice zorientovat a učinit si tak vlastní názor. Díky těmto dezinformacím stále převládá z velké části spotřebitelů nejistota, zda jsou produkty genového inženýrství bezpečné.

Bakalářská práce je věnována problematice geneticky modifikovaných plodin. Je zaměřena především na GM obiloviny, které se již pěstují nebo se v blízké budoucnosti objeví na světovém trhu. Je věnována pozornost také všeobecné charakteristice a rozdělení obilovin, tvorbě GM rostlin a obecné legislativě týkající se geneticky modifikovaných organismů.

Legislativa v ČR a EU velmi rozsáhlá a podrobně propracovaná. Jsou v ní zahrnuta taková opatření, aby nedošlo k negativnímu působení na zdraví člověka či zvířat v důsledku spotřeby produktů vyrobených z GMO a aby nedošlo k narušení biologické rozmanitosti v životním prostředí. Dle evropské legislativy je vyžadováno oddělené pěstování a označování GM plodin a produktů z nich vyrobených. Díky tomu si mohou zemědělci vybrat, zda budou pěstovat konvenční, bio nebo GM plodiny a spotřebitelé se mohou rozhodnout, zda si výrobek využívající GMO koupí či nikoliv. Zároveň slouží jako jedno z bezpečnostních opatření, aby se v případě negativního působení mohl takovýto produkt dohledat, stáhnout z trhu a zabránit jeho dalšímu použití. Zatím ale nebyl zaznamenán žádný případ nepříznivého účinku GM produktů na lidské zdraví.

V ČR se mohou pěstovat zatím dvě geneticky modifikované plodiny. Spousta dalších GM plodin je vyvíjena a testována na zkušebních polích a v laboratořích. První plodinou schválenou k pěstování byla Bt kukuřice, která se zde velmi osvědčila jako přirozená ochrana proti zavíječi kukuřičnému. Je využívána převážně ke krmným účelům a průmyslovému užití. V roce 2010 k ní přibily brambory Amflora pěstované za účelem průmyslového užití. V posledních letech začaly plochy s Bt kukuřicí pěstované v ČR klesat, protože stále převládá negativní postoj ze strany spotřebitelů a jsou tak problémy s jejím odbytem. Dále je pěstování GM plodin provázeno náročnou administrativou a pravidly, což mnohé pěstitele odrazuje od využívání této technologie.

Genové inženýrství se neustále vyvíjí a zdokonalují se i bezpečnostní opatření s tím související. Výhod nabízí genové technologie nepřeberné množství a nachází stále větší uplatnění v různých oborech. Jsou přínosem v oblasti průmyslu, medicíny, v rychlejší produkci kvalitních potravin. Jsou také přínosem v ochraně životního prostředí díky snižování množství používaných pesticidů a herbicidů, nároků na rozlohu půdy, agrotechniku a v důsledku toho i uvolňování menšího množství CO₂ do ovzduší, který působí nepříznivě na změnu klimatu. Na druhou stranu vzbuzují tyto technologie stále obavy a to jak po stránce etické, sociální, zdravotní, tak i v oblasti životního prostředí, což je způsobeno právě šířením dezinformací odpůrců této technologie.

Po hlubším prostudování dané tematiky jsem dospěla k názoru, že by se mělo rozhodně pokračovat ve vývoji a výzkumu genového inženýrství, jelikož možnosti a výhody s tím spojené jsou nezanedbatelné. Na druhou stranu si myslím, že obavy z této technologie jsou na místě, protože se nedají předvídat všechny možné negativní důsledky spojené s jejím používáním. Proto se přikláním k tomu, aby se ve výzkumu a rozvoji pokračovalo za současných bezpečnostních opatření a legislativy, která je v EU nastavena.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČEPIČKA, J. a kol. *Obecná potravinářská technologie*, 1. vyd., Praha: VŠCHT v Praze, 1995, 246 s., ISBN 80-7080-239-1.
- [2] KAVINA, J. *Zbožiznalství potravinářského zboží pro 1. ročník*, 2. vyd., Praha: IQ 147, spol. s r. o., 2002, 215 s.
- [3] KUČERA, L., OHNOUTKOVÁ, L., MÜLLEROVÁ, E., OVESNÁ, J. Genetická transgenozé u obilnin. In: *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 36, 2000, 2, s. 67 – 76.
- [4] JAMES, C. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010*. ISAAA Brief No. 42. Ithaca, NY: ISAAA, 2010. ISBN: 978-1-892456-49-4. [online]. [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/42/executivesummary/default.asp>
- [5] KŘÍSTKOVÁ, M. *Dosavadní zkušenosti s pěstováním geneticky modifikované Bt kukuřice v ČR 2005 – 2009*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2009. 48 s. ISBN 978-80-7084-871-5. [online]. [cit. 2011-02-26]. Dostupné z WWW: http://eagri.cz/public/web/file/42167/Dosavadni_zkusenosti_Bt_kukurice_v_CR_2005_2009.pdf
- [6] DOUBKOVÁ, Z. Geneticky modifikované organismy pod dohledem – proces schvalování nového GMO. In: *Geneticky modifikované organismy*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. s. 26 – 29. [online]. [cit. 2011-03-03]. Dostupné z WWW: http://eagri.cz/public/eagri/pub/e3/0/df/3082_4_Sbornik_GMO_2006_1.pdf
- [7] RAKOUSKÝ, S., HRAŠKA, M., Bezpečnost a potenciální rizika geneticky modifikovaných plodin - zdravotní rizika. In: *Rostlinolékař*, 19, 2008, 1, s. 16 – 18, ISSN: 1211-3565.
- [8] NOVÁKOVÁ, M., KÁŠ. J. Možnosti ve využití GMO pro potřeby výživy. In: *Seminář ke Světovému dni výživy*. Praha: Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i., 2010. s. 4 – 7. [online]. [cit. 2011-06-21]. Dostupné z WWW: <http://www.vupp.cz/czvupp/departments/odd350/10SbornikSDV2010-1.pdf>

- [9] DOUBKOVÁ, Z. Geneticky modifikované organismy používané v ČR a EU. In: *Možnosti využití GMO pro potravinářské i nepotravinářské účely*. Praha: VÚRV, v.v.i. a VŠCHT, 2008. s. 5 – 10, ISBN: 978-80-87011-43-0.
- [10] VONDREJS, V. *Otazníky kolem genového inženýrství*. Praha: Nakladatelství Academia, 2010. 134 s. ISBN 978-80-200-1892-2.
- [11] Web stránky České inspekce životního prostředí. *Legislativa*. [online]. [cit. 2011-04-05]. Dostupné z WWW:
<<http://www.cizp.cz/Pusobnosti/Slozky-CIZP/Ochrana-prirody-/area528>>
- [12] Web stránky České inspekce životního prostředí. *Zákon č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty*. [online]. [cit. 2011-04-05]. Dostupné z WWW:
<<http://www.cizp.cz/zdroj.aspx?typ=4&Id=2666&sh=-599952899>>
- [13] DOUBKOVÁ, Z. *Geneticky modifikované organismy. Otázky spojené s jejich vznikem a využíváním*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. 39 s., ISBN 80-7212-259-2.
- [14] ČEŘOVSKÁ, M., ŠTĚPÁNEK, M., ŘÍHA, K. Geneticky modifikované organismy pod dohledem – sledování GMO po uvedení na trh. In: *Geneticky modifikované organismy*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. s. 30 – 35. [online]. [cit. 2011-7-23]. Dostupné z WWW:
<http://eagri.cz/public/eagri/pub/e3/0/df/3082_4_Sbornik_GMO_2006_1_.pdf>
- [15] KŘÍSTKOVÁ, M. Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR. *Farmář*, 2010, vol. 2010, no. 8, s. 18–19.
- [16] Web stránky Ministerstva zemědělství. *Pravidla pro pěstitele geneticky modifikovaných plodin v ČR*. [online]. [cit. 2011-07-23]. Dostupné z WWW:
<<http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/gmo-geneticky-modifikovane-organismy/pravidla-pro-pestitele-geneticky.html>>
- [17] OVESNÁ, J. Geneticky modifikované organismy a jejich možné uplatnění v rostlinné výrobě. In: *Pěstování geneticky modifikovaných plodin v ČR – koexistence různých forem zemědělství*. Praha: MZe ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou, 2005, s. 3 – 13. [online] [cit. 2011-03-13]. Dostupné z WWW:
<http://eagri.cz/public/web/file/17398/GMO_text.pdf>

- [18] KÁŠ, J. *Geneticky modifikované organismy – současnost a perspektivy*. 1. vyd., Praha: VŠCHT Praha ve spolupráci s MŽP, 2004., 68 s. ISBN 80-86313-13-1.
- [19] VEJL, P. Geneticky modifikovaný organismus z pohledu genetiky a šlechtění. In: *Geneticky modifikované organismy v agroekosystému a jeho okolí*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2007. s. 3–14. [online]. [cit. 2011-03-21]. Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/eagri/pub/67/79/44/3065_4_sbornik_GMO_2007_1_.pdf>
- [20] PETR, J. Geneticky modifikované rostliny (1. část) Co jsou GM plodiny. In: *Úroda*, vol. 2005, no. 1, s. 34 – 37.
- [21] HOLEC, J., SOUKUP, J. Pěstování transgenních odrůd polních plodin – stav a perspektivy. In: *Geneticky modifikované organismy*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. s. 10 – 16. [online] [cit. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/eagri/pub/e3/0/df/3082_4_Sbornik_GMO_2006_1_.pdf>
- [22] OVESNÁ, J. Genetické modifikace obilnin. In: *Agromagazín*, 1, 2000, 10, s. 14-16 ISSN: 1214-0643.
- [23] KOCOUREK, F., STARÁ, J., FALTA, V., ROTREKL, J. *Metody ochrany kukuřice proti zavíječi kukuřičnému - ochrana genetická, chemická, biologická a agrotechnická*. 1. vyd., Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2008. 37 s. ISBN: 978-80-87011-90-4. [online]. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-90-4.pdf>>
- [24] PRUGAR, J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a. s., 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [25] BENDA, V., BABŮREK, I., ŽDÁRSKÝ, J. *Biologie II: Nauka o potravinářských surovinách*. 3. vyd., Praha: VŠCHT, 2000, 196 s., ISBN 80-7080-402-5.
- [26] TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. *Polní plodiny*, Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2006. [online]. [cit. 2011-03-08]. Dostupné z WWW: <http://vfu-www.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/Polni_plodiny.doc>
- [27] VALÍČEK, P. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. 2. vyd, Praha: Academia, 2002, s. 486, ISBN 80-200-0939-6.

- [28] Web stránky Ministerstva zemědělství, *Situační a výhledová zpráva obiloviny prosinec 2010*. [online]. [cit. 2011-04-15]. Dostupné na WWW: http://eagri.cz/public/web/file/93956/OBILOVINY_12_2010.pdf
- [29] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. 1. vyd., Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. 141 s. ISBN: 80-7157-811-8.
- [30] PAZDERA, J., ŠTOLCOVÁ, M., DOLEJŠÍ, J., SUS, J., HAKL, J., KOCOURKOVÁ, D. *Cvičení ze Speciální fyto techniky*. 2. vyd, Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005, 69 s., ISBN 80-213-1317-X.
- [31] HRABĚ, J. ROP, O. HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd., Zlín: UTB ve Zlíně, 2006, s. 178, ISBN 80-7318-372-2.
- [32] Web stránky Gate2Biotech. *Druhy GM rýže*. [online]. [cit. 2011-07-24]. Dostupné z WWW: <http://www.gate2biotech.cz/druhy-gm-ryze/>
- [33] DANILOVA, S. A. The Technologies for Genetic Transformation of Cereals. In: *Russian Journal of Plant Physiology*. Pleiades Publishing, 2007. Vol. 54, No. 5, s. 569 – 581. ISSN 1021-4437.
- [34] JONES, H. D., SHEWRY, P. R. *Transgenic Wheat, Barley and Oats: Production and Characterization Protocols*. Humana Press, 2009. 340 s. ISBN: 978-1-58829-961-1.
- [35] PETR, J. Geneticky modifikovaná kukuřice a její vývoj. *Úroda*, vol. 2008, no. 8, s. 53 - 56.
- [36] KŘÍSTKOVÁ, M. Geneticky modifikovaná kukuřice. *Úroda*, vol. 2009, no. 12, s. 44 – 46.
- [37] POVOLNÝ, M., VACEK, E. *Přehled odrůd 2010 Kukuřice*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2010. 84 s. ISBN 978-80-7401-032-3. [online]. [cit. 2011-07-23]. Dostupné z WWW: http://www.ukzuz.cz/Print/Uploads/164608-7-Kukurice_2010pdf.aspx
- [38] Web stránky ISAAA. *GM Approval Database* [online]. [cit. 2011-07-27]. Dostupné z WWW: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp>

- [39] OBERT, J. C., RIDLEY, W. P., SCHNEIDER, R. W., RIORDAN, S. G., NEMETH, M. A., TRUJILLO, W. A., BREEZE, M. L., et al. The composition of grain and forage from glyphosate tolerant wheat MON 71800 is equivalent to that of conventional wheat (*Triticum aestivum* L.). In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004. 52 (5), s. 1375 - 1384.
- [40] Web stránky Státní zemědělská a potravinářská inspekce. *V ČR se prodávala rýže s nepovolenou genetickou modifikací*. [online]. [cit. 2011-7-26]. Dostupné z WWW:
<<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1001924&nid=11435&hl=r%C3%BD%C5%BEE%20601>>
- [41] PAINE, J. A., SHIPTON, C. A., CHAGGAR, S., HOWELLS, R. M., KENNEDY, M. J., VERNON, G., WRIGHT, S. Y., et al. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. In: *Nature Biotechnology*, Nature Publishing Group, 2005, 23 (4), s. 482 - 487.
- [42] STEJSKAL, V., KOCOUREK, F., PAŽOURKOVÁ, Z. *Sborník ze semináře: „Přínosy a rizika GMO využívaných v zemědělství a potravinářství ve vztahu k bezpečnosti potravin a k ochraně životního prostředí“*. Praha: Vědecký výbor fytoosanitární a životního prostředí, Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2006. ISBN 80-86555-84-4. [online]. [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW:
<http://www.phyotosanitary.org/old/pdf/sbornik_gmo.pdf>
- [43] Web stránky Ministerstva životního prostředí. *Registr povolených GMO - uvádění do ŽP* [online]. [cit. 2011-07-27]. Dostupné z WWW:
<<http://www.mzp.cz/www/env-gmo.nsf/gmo-pub-env?OpenView>>
- [44] Web stránky Europa – Food Safety: From the Farm to the Fork. *GM Food & Feed - Introduction*. [online]. [cit. 2011-07-27]. Dostupné z WWW:
<http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Bt	Odolnost proti hmyzu pomocí toxinu z půdní bakterie <i>Bacillus thuringiensis</i>
ČIŽP	Česká inspekce životního prostředí
ČK GMO	Česká komise pro nakládání s geneticky modifikovanými organizmy a produkty
ČZU	Česká zemědělská univerzita
DNA	Deoxyribonukleová kyselina, deoxyribonucleic acid
EFSA	European Food Safety Authority, Evropský úřad pro bezpečnost potravin
FAPPZ	Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
GM	Geneticky modifikovaný, genetically modified
GMO	Geneticky modifikovaný organizmus, genetically modified organism
Ht	Herbicide tolerance, tolerance k herbicidům
ISAAA	International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, Mezinárodní organizace poskytující servis v oblasti akvizic v rámci zemědělsko-biotechnologických aplikací
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OSN	Organizace spojených národů
PEG	Polyetylenglykol
SCW	Silicon Carbide Whisker, přímá metoda přenosu DNA pomocí mikrovláken karbidu křemíku
T-DNA	součást plazmidu označovaného Ti (Tumor induction), který umožňuje tvorbu nádorků na rostlinných kořenech
VÚP	Výzkumný ústav pedagogický
VÚRV	Výzkumný ústav rostlinné výroby
ZS	Zkušební stanice
ZVÚ	Zemědělský výzkumný ústav

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Schéma působení bakterie rodu <i>Agrobacterium tumefaciens</i> [19]</i>	22
<i>Obr. 2 Schéma biolistiky [19]</i>	23
<i>Obr. 3 Efekt refugií v prevenci selekce rezistentních populací zavíječe kukuřičného proti delta toxinu v systémech ochrany s <i>Bt</i> kukuřicí [23]</i>	26
<i>Obr. 4 Struktura osevu obilovin v roce 2010 [28]</i>	29
<i>Obr. 5 Časová řada prvních zpráv transformace hlavních druhů obilovin. Biolistické (černá), prostřednictvím <i>Agrobacterium</i> (šedá) [34]</i>	39
<i>Obr. 6 Porovnání klasické rýže (vlevo) a zlaté rýže (vpravo) [8]</i>	43

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Přehled ploch Bt kukuřice dle krajů v ČR v letech 2005 - 2009 [5].....</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 2 Průměrné chemické složení základních obilnin v % [25].....</i>	<i>31</i>

SEZNAM PŘÍLOH

- P I: SEZNAM POKUSNÝCH POLÍ GM PLODIN SCHVÁLENÝCH PRO UVÁDĚNÍ
DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
- P II: ZEMĚ PĚSTUJÍCÍ BIOTECHNOLOGICKÉ PLODINY V ROCE 2010
- P III: PŘEHLED GM KUKUŘICE POVOLENÉ V EU PRO DOVOZ A ZPRACOVÁNÍ

PŘÍLOHA P I: SEZNAM POKUSNÝCH POLÍ GM PLODIN SCHVÁLENÝCH PRO UVÁDĚNÍ DO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Brambor AV43-6-G7 se změněným složením škrobu

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha bude pokusy realizovat na pozemcích pokusné stanice VÚRV v Humpolci. Obec Humpolec, Kraj Vysočina. Doba platnosti povolení je od roku 2011 do 31. prosince 2016.

Brambor se změnou obsahu cukrů

Polní pokusy budou probíhat na pozemcích společnosti Vesa Velhartice, šlechtění a množení brambor, a.s., nacházejících se v katastrálním území obce Velhartice, Plzeňský kraj. Doba platnosti povolení je od roku 2006 do 31. prosince 2011.

Brambor se změnou odolnosti k plísni bramborové

Provádění polních pokusů bude realizováno na pracovišti společnosti Vesa Velhartice, obec Kolinec, v katastrálním území obce Ujčín, Plzeňský kraj. Doba platnosti povolení je od roku 2009 do roku 2013.

Brambor se zvýšenou odolností k *Phytophthora infestans*

Pokusný pozemek, který obhospodařuje Pokusná stanice VÚRV Humpolec, se nachází v katastru obce Humpolec, kraj Vysočina. Uvádění do životního prostředí bude probíhat od roku 2007 do roku 2011.

Cukrové řepy SBVR111 x H7-1, SBVR111 a H7-1

Cukrová řepa H7-1 je tolerantní vůči herbicidům obsahujícím účinnou složku glyfosát a cukrová řepa SBVR111 je rezistentní k rizománii. Polní pokusy budou od roku 2011 probíhat v obcích Nosislav a Unkovice v Jihomoravském kraji a od roku 2012 budou probíhat v obci Troubelice v Olomouckém kraji. Doba platnosti povolení je do konce roku 2014.

Hrách setý

GM hrách bude v jednotlivých letech vyséván v katastrálním území obce Vikýřovice v Olomouckém kraji. Parcelky s GMO jsou umístěny podle osevního plánu, a proto se v jednotlivých letech budou nacházet na různých místech pozemku. Doba platnosti povolení do roku 2020.

Ječmen jarní SCLW-GP-PHYA se zvýšenou produkcí enzymu fytázy v zrně

Produkce enzymu fytázy umožňuje rozklad fytátů a tím účinnější využití fosforu, zvýšení kationtů Ca^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} a také aminokyselin z krmiva. Ústav experimentální botaniky AV ČR, v. v. i. AGRA GROUP a.s. bude pokusy realizovat na pozemcích Pokusné stanice Lukavec v obci Bezděkov, kraj Vysočina. Doba platnosti povolení je od roku 2011 do 31. prosince 2015.

Kukuřice DP-Ø9814Ø-6 s tolerancí k herbicidům obsahujícím glyfosát a k řadě herbicidů inhibujících acetolaktátsyntázu

Polní pokusy s kukuřicí 98140 probíhají na pěti smluvních pracovištích Výzkumného ústavu rostlinné výroby:

- 1) Pokusná stanice Ivanovice na Hané, obec Ivanovice na Hané, kraj Jihomoravský
- 2) Pokusná stanice Čáslav, obec Čáslav, kraj Středočeský
- 3) Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o., obec Jarohněvice, Zlínský kraj
- 4) Zkušební stanice Nechanice, s.r.o, obec Nechanice, Královéhradecký kraj (od roku 2009)
- 5) Pokusná stanice Praha, obec Praha – Ruzyně, kraj Středočeský (od roku 2009)

Uvedení kukuřice 98140 do životního prostředí je plánováno na 6 sezón pěstování kukuřice. První vegetační období začalo v roce 2008. Poslední vegetační období kukuřice skončí v listopadu 2013.

Kukuřice linie Bt11 x GA21

Kukuřice Bt11 x GA21 – zajišťuje ochranu vůči určitým škůdcům z řádu Lepidoptera a toleranci k herbicidům obsahujícím glufosinát amonný a glyfosát. Polní pokusy budou umístěny na 4 lokalitách a proběhnou vždy v období od dubna do listopadu.

- 1) VÚRV Praha pokusná stanice v Ivanovicích na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj
- 3) VÚP Troubsko, obec Popůvky, Jihomoravský kraj
- 4) NutriVet s.r.o., Pohořelice, obec Pohořelice nad Jihlavou, Jihomoravský kraj

Doba platnosti povolení je od roku 2009 do roku 2012.

Kukuřice linie Bt11 x MIR604 x GA21

Kukuřice Bt11 x MIR604 x GA21 – zajišťuje ochranu vůči určitým škůdcům z řádu Lepidoptera a Coleoptera a vyvolává toleranci k herbicidům obsahujícím glufosinát amonný nebo glyfosát. Polní pokusy budou umístěny na 4 lokalitách a proběhnou vždy v období od dubna do listopadu.

- 1) VÚRV Praha pokusná stanice v Ivanovicích na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj
- 3) VÚP Troubsko, obec Popůvky, Jihomoravský kraj
- 4) NutriVet s.r.o., Pohořelice, obec Pohořelice nad Jihlavou, Jihomoravský kraj

Doba platnosti povolení je od roku 2009 do roku 2012.

Kukuřice linie MIR162

Linie kukuřice MIR162 exprimuje protein, který zajišťuje ochranu proti některým škůdcům z řádu Lepidoptera, a protein, který funguje jako selekční marker umožňující transformovaným rostlinným buňkám využít manózu jako jediný primární zdroj uhlíku. Polní pokusy budou umístěny na 4 lokalitách a proběhnou vždy v období od dubna do listopadu.

- 1) VÚRV Praha pokusná stanice v Ivanovicích na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj
- 3) VÚP Troubsko, obec Popůvky, Jihomoravský kraj
- 4) NutriVet s.r.o., Pohořelice, obec Pohořelice nad Jihlavou, Jihomoravský kraj

Doba platnosti povolení je od roku 2009 do roku 2012.

Kukuřice linie Bt11 x MIR162 x MIR604 x GA21

Kukuřice Bt11 x MIR162 x MIR604 x GA21 – zajišťuje ochranu vůči určitým škůdcům z řádu Lepidoptera a Coleoptera a vyvolává toleranci k herbicidům obsahujícím glufosinát amonný nebo glyfosát. Polní pokusy budou umístěny na 4 lokalitách a proběhnou vždy v období od dubna do listopadu.

- 1) VÚRV Praha pokusná stanice v Ivanovicích na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj
- 3) VÚP Troubsko, obec Popůvky, Jihomoravský kraj
- 4) NutriVet s.r.o., Pohořelice, obec Pohořelice nad Jihlavou, Jihomoravský kraj

Doba platnosti povolení je od roku 2009 do roku 2012.

Kukuřice linie GA21 s tolerancí k herbicidní látce glyfosát

Uvádění kukuřice linie GA21 do životního prostředí v ČR započalo pokusnou sezónou 2006 (duben - listopad). Další polní testování bude probíhat v souladu se schválenou žádostí až do konce roku 2011.

- 1) VÚRV Praha – Ruzyně
- 2) ZVÚ Kroměříž
- 3) ZS Nechanice, obec – Nechanice, Královéhradecký kraj
- 4) ČZU Praha, Pokusný a demonstrační pozemek FAPPZ, obec Praha 6 – Suchdol.
- 5) VÚRV, v.v.i., pokusná stanice Ivanovice na Hané, Jihomoravský kraj

Kukuřice linie MIR604

Linie kukuřice MIR604 je odolná vůči škůdcům z řádu Coleoptera a exprimuje protein, který funguje jako selekční marker umožňující transformovaným rostlinným buňkám využít manózu jako jediný primární zdroj uhlíku. Polní pokusy budou umístěny na 4 lokalitách a proběhnou vždy v období od dubna do listopadu.

- 1) VÚRV Praha pokusná stanice v Ivanovicích na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj
- 3) VÚP Troubsko, obec Popůvky, Jihomoravský kraj
- 4) NutriVet s.r.o., Pohořelice, obec Pohořelice nad Jihlavou, Jihomoravský kraj

Doba platnosti povolení je od roku 2009 do roku 2012.

Kukuřice MON 88017

Kukuřice MON 88017 je tolerantní k herbicidům obsahujícím glyfosát a rovněž je odolná proti některým hmyzím škůdcům z řádu Coleoptera (bázlivci kukuřičnému). Polní pokusy budou probíhat v období let 2009 – 2011 na lokalitě Zemědělské Společnosti Dubné, a.s., obec Žabovřesky, Jihočeský kraj.

Kukuřice MON 89034 × MON 88017

Hybrid MON 89034 × MON 88017 je kombinací dvou geneticky modifikovaných rodičovských linií MON 89034 a MON 88017, který zdědil vlastnost rezistence vůči škůdcům z řádu Lepidoptera z MON 89034 a vlastnost tolerance ke glyfosátu a některým zástupcům řádu brouků Coleoptera z MON 88017.

- 1) Pokusná stanice Ivanovice na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj

Doba platnosti povolení je od roku 2009 do roku 2011.

Kukuřice MON 89034 × NK603

Hybrid MON 89034 × NK603 vznikl křížením dvou geneticky modifikovaných rodičovských linií MON 89034 a NK603, který zdědil vlastnost rezistence proti škůdcům z řádu motýlů Lepidoptera z MON 89034 a vlastnost tolerance vůči glyfosátu z NK603.

- 1) Pokusná stanice Ivanovice na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj

Doba platnosti povolení je od roku 2009 do roku 2011.

Kukuřice NK603

Modifikace linie NK603 způsobuje toleranci k širokospektrálnímu herbicidu Roundup®.

Polní pokusy probíhají v ČR na pěti lokalitách od roku 2009 do roku 2011:

- 1) VÚRV, pokusná stanice Ivanovice na Hané, obec Ivanovice na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) VÚRV, pokusná stanice Čáslav, obec Čáslav, Středočeský kraj
- 3) VÚP Troubsko, obec Popůvky, Jihomoravský kraj
- 4) ZS Nechanice, obec Nechanice, Královéhradecký kraj
- 5) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj

Uvádění kukuřice NK603 do životního prostředí Českou zemědělskou univerzitou v Praze bude realizováno na „lokalitě Opolany“ v obci Odřepsy ve Středočeském kraji v letech 2010 – 2011. Uvádění do životního prostředí na lokalitě Nabočany v Pardubickém kraji je plánováno na rok 2011.

Kukuřice NK603 x MON 810

Hybrid kukuřice NK603 x MON 810 je produktem tradičního šlechtění (křížení) dvou geneticky modifikovaných rodičovských linií: linie NK603 s rezistencí ke glyfosátu a linie MON 810 s odolností vůči hmyzím škůdcům řádu Lepidoptera. Polní pokusy probíhají v ČR na pěti lokalitách od roku 2009 do roku 2011:

- 1) VÚRV, pokusná stanice Ivanovice na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) VÚRV, pokusná stanice Čáslav, obec Čáslav, Středočeský kraj
- 3) VÚP Troubsko, obec Popůvky, Jihomoravský kraj
- 4) ZS Nechanice, obec Nechanice, Královéhradecký kraj
- 5) ZVÚ Kroměříž, obec Jarohněvice, Zlínský kraj

Uvádění do životního prostředí na lokalitě Nabočany v Pardubickém kraji je plánováno na rok 2011.

Kukuřice označená kódy 6853, 6896, 6902, 6936 a 6981

Různé modifikace kukuřice s integrovaným genem pro toleranci k herbicidům obsahujícím glyfosát. Pokusy budou probíhat do roku 2014.

- 1) Výzkumná stanice Ivanovice na Hané, obec Ivanovice na Hané, Jihomoravský kraj
- 2) Výzkumná stanice Čáslav, obec Čáslav, Středočeský kraj
- 3) VÚP, s.r.o. Troubsko, obec Troubsko, Jihomoravský kraj

Len setý

GMO získané:

- inzerční mutagenezí,
- vnesením genu pro odolnost k herbicidu fosfínotricinu,
- vnesením genů s cílem zvýšit odolnost k houbovým chorobám a škůdcům,
- vnesením genů za účelem zvýšení schopnosti akumulace těžkých kovů v rostlinách lnu a jejich částech (fytoremediace).

Pokusy budou probíhat do roku 2017 v obci Víkřovice v Olomouckém kraji. Parcelky s GMO jsou umístěovány podle osevního plánu, a proto se v jednotlivých letech budou nacházet na různých místech pozemku.

Řepa cukrovka H7-1 tolerantní k herbicidům obsahujícím glyfosát

Pokus bude probíhat do konce roku 2013 na pozemcích v areálu obhospodařovaném Zkušební stanicí Nechanice, s.r.o. v obci Nechanice v Královéhradeckém kraji.

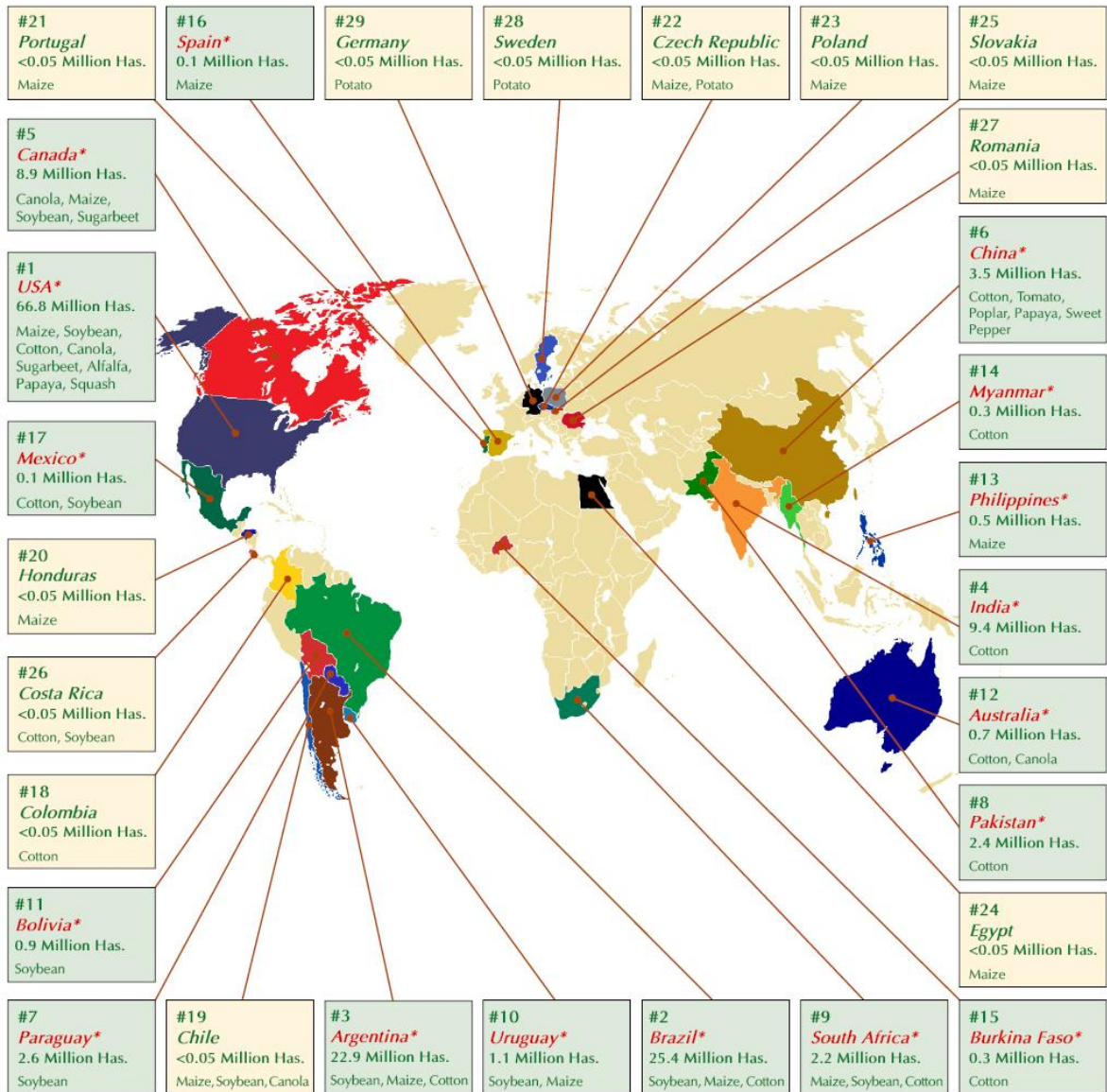
Slivoň Stanley s vneseným genem pro obalový protein viru šarky švestky

Pokus probíhá od roku 2007 do konce roku 2012 na pozemcích VÚRV, obec Praha 6 – Ruzyně, Kraj Praha.

Tabák viržinský

Univerzita Karlova – Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziologie rostlin. Pokusný pozemek je umístěn v ohraničeném areálu Katedry fyziologie rostlin, který je součástí městské zástavby a který je v nočních hodinách uzavřen a střežen. Předpokládaná celková doba nakládání je 10 let (do roku 2018) [43].

PŘÍLOHA P II: ZEMĚ PĚSTUJÍCÍ BIOTECHNOLOGICKÉ PLODINY V ROCE 2010



* Země, ve kterých bylo vypěstováno 50.000 i více hektarů biotechnologických plodin [4].

PŘÍLOHA P III: PŘEHLED GM KUKUŘICE POVOLENÉ V EU PRO DOVOZ A ZPRACOVÁNÍ

GM kukuřice	Společnost	Vlastnosti	Geny	ID
Bt11	Syngenta	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera, tolerance ke glufosinátu amonnému	cryIA (b), pat	SYN-BT011-1
DAS59122	Pioneer a Dow AgroSciences	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera, tolerance ke glufosinátu amonnému	cry34Ab1 a cry35Ab1, pat	DAS-59122-7
DAS1507	Pioneer a Dow AgroSciences	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera, tolerance ke glufosinátu amonnému	cry1F, pat	DAS-01507-1
DAS1507xNK603	Pioneer a Dow AgroSciences	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera, tolerance ke glufosinátu amonnému, tolerance ke glyfosátu	cry1F, pat, cp 4epsps	DAS-01507-1xMON-00603-6
GA21	Syngenta	tolerance ke glyfosátu	mepsps	MON-00021-9
MON810	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera	cryIA (b)	MON-00810-6
MON863	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera	cry3Bb1, nptII	MON-00863-5
NK603	Monsanto	tolerance ke glyfosátu	CP4 EPSPS	MON-00603-6
NK603 x MON810	Monsanto	tolerance ke glyfosátu, odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera	CP4 EPSPS, cryIA (b)	MON-00603-6 x MON-00810-6
T25	Bayer	tolerance ke glufosinátu amonnému	pat	ACS-ZM003-2
MON88017	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera, tolerance ke glyfosátu	cry3Bb1, CP4 EPSPS	MON-88017-3
MON89034	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera	Cry1A.105, Cry2Ab2	MON-89034-3
59122xNK603	Pioneer	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera, tolerance ke glufosinátu amonnému a glyfosátu	cry34Ab1 a cry35Ab1, pat, CP4 EPSPS	DAS-59122-7xMON-00603-6
MIR604	Syngenta	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera	cry3A, PMI	SYN-IR604-5
MON863xMON810 xNK603	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera a Lepidoptera, tolerance ke glyfosátu	cry3Bb1, Cry1Ab, CP4 EPSPS, nptII	MON-00863-5xMON-00810-6xMON-00603-6

GM kukuřice	Společnost	Vlastnosti	Geny	ID
MON863 x MON810	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera a Lepi- doptera	cry3Bb1, Cry1Ab, nptII	MON-ØØ863- 5 x MON- ØØ81Ø-6
Bt11xGA21	Syngenta	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera, tole- rance ke glufosinátu amonnému a glyfosátu	Cry1Ab, pat, mepsps	SYN-BTØ11- 1xMON- ØØØ21-9
NK603 x MON863	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera, toleran- ce ke glyfosátu	cry3Bb1, CP4 EPSPS, nptII	MON-ØØ863- 5 x MON- ØØ6Ø3-6
MON88017x MON810	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Coleoptera a Lepi- doptera, tolerance ke glyfosátu	Cry1Ab, cry3Bb1, CP4 EPSPS	MON-88Ø17- 3xMON- ØØ81Ø-6
MON89034x NK603	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera, tole- rance ke glyfosátu	Cry1A.105 a Cry2Ab2, CP4 EPSPS	MON-89Ø34- 3x MON- ØØ6Ø3-6
59122x1507xNK603	Pioneer	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera a Cole- optera, tolerance ke glu- fosinátu amonnému a glyfosátu	cry1F, cry34Ab1 a cry35Ab1, pat, CP4 EPSPS	DAS-59122- 7xDAS- Ø15Ø7xMON -ØØ6Ø3-6
1507x59122	Pioneer	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera a Cole- optera, tolerance ke glu- fosinátu amonnému	cry1F, cry34Ab1 a cry35Ab1, pat	DAS-Ø15Ø7x DAS-59122-7
MON89034x MON88017	Monsanto	odolnost vůči škůdcům řádu Lepidoptera a Cole- optera, tolerance ke gly- fosátu	Cry1A.105 a Cry2Ab2, cry3Bb1, CP4 EPSPS	MON-89Ø34- 3x MON- 88Ø17-3

* Zdroj [36],[44]