

Geneticky modifikovaná kukuřice v ČR, důvody pro pěstování a možnosti jejího využití

Bc. Josef Kubíček

Diplomová práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav potravinářského inženýrství

akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef KUBÍČEK**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Geneticky modifikovaná kukuřice v ČR, důvody pro pěstování a možnosti jejího využití**

Zásady pro vypracování:

1. V teoretické části se zaměřte na celistvý náhled pěstování kukuřice v ČR z hlediska energetické bilance a možnosti jejího využití pro tyto účely.
2. Následně proveďte zhodnocení možnosti použití tří způsobů hospodaření v ČR – konvenční pěstování, ekologický způsob a pěstování s využitím (nyní výhradně MON 810) Bt hybridů.
3. Zaměřte se na **FAKTORY ZHORŠUJÍCÍ JAKOST A VÝNOSNOST KUKUŘICE**.
4. Zhodnoťte možný vliv mykotoxinů na zpracování (hlavně zrna) kukuřice.
5. **ZPRACOVÁNÍ KUKUŘICE** – popište možné způsoby využití a zpracování produktů kukuřice.
6. Praktická část – v ní se zaměřte na výskyt zaviněné kukuřičného a fuzariózy v polních podmínkách alespoň jedné lokality.
7. Stanovení výnosových parametrů a úrovně mykotoxinů.
8. Proveďte **DISKUSI K VÝSLEDKŮM** – vztahujte vaše výsledky k výsledkům dosaženým jinými organizacemi nebo jedinci a popište rozdíly.
9. Proveďte vyvození **ZÁVĚRŮ** o důsledcích vámi zjištěných fakt.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

HRUŠKA, J. a kol. Monografie o kukuřici.

CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B., HRUDOVÁ, E. Pěstování a kvalita rostlin.

ZIMOLKA, J. a kol. Speciální produkce rostlinná -- Rostlinná výroba. 2. vyd.

Sborník přednášek z mezinárodního semináře Kukuřice v praxi 2006.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Karel Říha

UKZUZ Brno

Datum zadání diplomové práce:

23. listopadu 2007

Termín odevzdání diplomové práce:

31. května 2008

Ve Zlíně dne 2. května 2008

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Předkládaná práce je věnována aktuální problematice pěstování GM kukuřice (v odborné terminologii užíváno Bt-kukuřice) s aplikací na podmínky a možnosti využití v ČR.

V České republice narůstá podíl zrnové kukuřice z celkové plochy pěstované kukuřice. Spolu s tím narůstají problémy s mykotoxiny. Pěstování Bt-kukuřice je propagováno s tím předpokladem, že zlepší situaci v tomto oboru. Práce popisuje skutečný stav zjištěný autorem v jedné lokalitě a v jednom ročníku a porovnává ho s výsledky ÚKZÚZ a RNDr. Poliškenské, PhD. v různých podobných i odlišných lokalitách a ročnících.

Výsledky uvedené v práci jednoznačně potvrzují opodstatněnost výchozího předpokladu, že pěstování Bt-hybridů zajišťuje nižší výskyt fuzarióz v palicích v důsledku nižšího napadení zavíječem kukuřičným, což se odráží i v nižší kontaminaci zrn mykotoxiny. Doložen je i předpoklad vývoje hlavního škůdce kukuřice do roku 2050.

V závěru autor konstatuje, že pěstování Bt-kukuřice v podmínkách České republiky je opodstatněné a do budoucna se pravděpodobně stane jedinou ekologicky únosnou variantou ochrany kukuřice proti zavíječi.

Klíčová slova:

Globální oteplování, kukuřice, GM kukuřice, Bt-hybrid, zrno, zavíječ kukuřičný, *Fusarium* spp., fuzariózy palic, mykotoxiny, ELISA, deoxynivalenol, zearalenon, fumonisin B₁ a B₂, potravina, krmivo.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the topical issue of growing GM maize (also called Bt-maize by scientists), with a special focus on the conditions and possible uses in the Czech Republic.

In the Czech Republic the production of grain maize is increasing rapidly. This also brings an increase in the occurrence of mycotoxins. Growing Bt-maize is being advocated as it is supposed it will improve the existing situation. The thesis describes the conditions in one particular location and year and then it compares these with the results of ÚKZÚZ and RNDr. Polišínská, PhD., which were observed in a variety of locations and years.

The results reported in this thesis fully confirm the supposition that growing Bt-hybrids will ensure a lower occurrence of fusarioses of kernels due to a lower level of infestation by the European corn borer, which means also a lower contamination of grain by mycotoxins. The thesis also supports the expected development in the occurrence of the European corn borer until the year 2050.

In the conclusion the author argues that there are valid reasons for growing Bt-maize in the Czech Republic and that in the future this will probably become the only ecologically viable method of protection against the European corn borer.

Keywords:

Global warming, maize, GM maize, Bt-hybrid, corn, grain, European corn borer, *Fusarium* spp., fusarioses of kernels, mycotoxins, ELISA, deoxynivalenol, zearalenon, fumonisin B₁ a B₂, food, feed.

Tímto bych chtěl především poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Karlovi Říhovi z ÚKZÚZ za řádné vedení mé diplomové práce, jeho cenné rady a doporučení, neméně pak i svému odbornému konzultantovi doc. Dr. Václavu Loškovi, CSc. za podporu během zpracování diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval panu Ing. Oldřichu Horákovi za umožnění přístupu na pokusné pole, RNDr. Ivaně Polišenské, PhD. a jejímu kolektivu ze společnosti v Agrotest fyto s.r.o. v Kroměříži za provedení stanovení mykotoxinů a v neposlední řadě Ing. Marii Čěrovské z Ministerstva zemědělství za zprostředkování financování tohoto stanovení.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 GLOBÁLNÍ ASPEKTY PRO PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE V ČR	12
1.1 ZMĚNY KLIMATU V DŮSLEDKU OTEPLOVÁNÍ PLANETY	12
1.1.1 Možné dopady změn klimatu na změny ve výskytu škůdců a chorob a jejich škodlivosti v ČR.....	14
1.1.2 Zavíječ kukuřičný.....	14
1.1.3 Vliv změny klimatu na rozšíření ploch kukuřice	15
1.2 ENERGETIKA.....	16
2 KUKUŘICE	19
2.1 KONVENČNÍ PLODINA	19
2.2 GM PLODINA (DO OBĚHU UVOLNĚNÉ HYBRIDY MON810).....	21
2.3 EKOLOGICKY PĚSTOVANÁ PLODINA.....	22
2.4 PRAVIDLA KOEXISTENCE PRO PĚSTOVÁNÍ KONVENČNÍ, EKOLOGICKÉ A GM KUKUŘICE.....	23
2.5 SPOTŘEBA OCHRANNÝCH PROSTŘEDKŮ PŘI KONVENČNÍM PĚSTOVÁNÍ	23
2.6 PŘEHLED PĚSTOVANÝCH HYBRIDŮ	25
3 FAKTORY ZHORŠUJÍCÍ JAKOST A VÝNOSNOST KUKUŘICE	27
3.1 ZAVÍJEČ KUKUŘIČNÝ – ZÁVAŽNÝ ŠKŮDCE.....	27
3.1.1 Zavíječ kukuřičný - (<i>Ostrinia nubilalis</i>)	27
3.1.2 Agrotechnická ochrana.....	29
3.1.3 Chemická ochrana	30
3.1.4 Biologická ochrana.....	30
3.1.5 Geneticky modifikovaná kukuřice	30
3.2 PLÍSNĚ.....	31
3.2.1 Plísňe vyskytující se za vegetace – polní plísňe.....	32
3.2.2 Plísňe vyskytující se při skladování – skladištní plísňe	33
3.2.3 Prevence proti napadení plísněmi	34
3.3 MYKOTOXINY – NÁSLEDEK ZAPLÍSNĚNÍ	35
3.3.1 Nejvýznamnější a nejnebezpečnější zástupci.....	37
3.3.1.1 T – 2 toxin.....	37
3.3.1.2 Deoxynivalenol (DON).....	38
3.3.1.3 Zearalenon (ZEA)	38
3.3.1.4 Fumonisiny (FUM)	39
3.3.1.5 Ochratoxiny.....	40
3.3.1.6 Aflatoxiny	40
3.3.2 Stabilita mykotoxinů a jejich distribuce v kukuřičném zrna během potravinářského zpracování.....	41
3.3.3 Důsledky působení mykotoxinů.....	43
3.3.4 Legislativní rámec	45

4	MOŽNOSTI ZPRACOVÁNÍ KUKUŘICE	46
4.1	POTRAVINÁŘSKÉ VYUŽITÍ.....	46
4.1.1	Nutriční hodnota zrna kukuřice.....	46
4.1.2	Kukuřice jako potravina.....	48
4.1.3	Kukuřice jako krmivo.....	49
4.1.4	Legislativa pro potraviny a krmiva vyrobené z GM kukuřice.....	50
4.2	NEPOTRAVINÁŘSKÉ VYUŽITÍ	51
4.2.1	Využití pro výrobu biolíhu	51
4.2.2	Využití pro výrobu bioplynu	52
4.2.3	Využití pro výrobu biodegradovatelných plastů	53
II	PRAKTICKÁ ČÁST	54
5	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	55
6	METODIKA PRÁCE.....	56
6.1	VÝBĚR POKUSNÉHO POLE A CHARAKTERISTIKA VZORKŮ.....	56
6.2	STANOVENÍ VÝNOSOVÝCH PARAMETRŮ	56
6.3	HODNOCENÍ MYKÓZ PALIC V SOUVISLOSTI S NAPADENÍM ZAVÍJEČE KUKUŘIČNÉHO	57
6.4	STANOVENÍ OBSAHU MYKOTOXINŮ	59
6.5	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ.....	60
7	VÝSLEDKY	61
7.1	STANOVENÍ VÝNOSOVÝCH PARAMETRŮ	61
7.2	HODNOCENÍ MYKÓZ PALIC V SOUVISLOSTI S NAPADENÍM ZAVÍJEČE KUKUŘIČNÉHO	64
7.3	STANOVENÍ OBSAHU MYKOTOXINŮ	68
7.4	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ.....	72
8	DISKUSE K VÝSLEDKŮM	74
	ZÁVĚR	86
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	88
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	95
	SEZNAM OBRÁZKŮ	96
	SEZNAM TABULEK.....	97
	SEZNAM PŘÍLOH.....	100

ÚVOD

Předložená práce je věnována aktuální zemědělsko-potravinářské problematice ve vztahu k pěstování GM kukuřice v podmínkách ČR – jejím potenciálním přínosům.

Farmář, jako producent potravinářských surovin, je prvním článkem potravinového řetězce a může ovlivnit kvalitu a bezpečnost potravin. Význam bezpečnosti potravin a nápojů je umocněn přímou návazností na zemědělství, jehož produkci potravinářský průmysl odebírá, dále pak zpracovává a uvádí do oběhu.

V posledních letech byl v ČR zaznamenán nárůst ploch kukuřice pěstované na zrna (viz *Graf 1.*), což zvyšuje i potenciál možnosti využití kukuřičného zrna v potravinářství. Způsobilo to především globální oteplování (přírodní a případně lidská činnost) a pokrok ve šlechtění (lidská činnost), následkem kterého je možno kukuřici na zrna pěstovat i v chladnějších zemědělských oblastech. Dále pak snížení stavu skotu téměř na poloviční stav oproti roku 1989, pro který je kukuřice pěstovaná na siláž důležitým krmivem.

Od roku 2005 mohou zemědělci v ČR pěstovat i GM plodiny, konkrétně tedy pouze kukuřici (výhradně MON 810). Stav pěstebních ploch se postupně zvětšuje a my si musíme klást i otázku, zda tyto plodiny využívat i v potravinářství. Mimo pěstování této plodiny, je do EU za účelem zpracování na potraviny, krmiva a na výrobky jiného typu, povoleno dovážet i několik typů GM kukuřice charakteristické jinou modifikací. Pro nedůvěru spotřebitelů v GMO potraviny však byly vyhledány i možnosti jiného než potravinářského využití této plodiny.

Se zvyšujícími se požadavky na bezpečnost a zdravotní nezávadnost potravin a krmiv se stále více posouvá do popředí zájmu odborné i laické veřejnosti problematika mykotoxinů, spojená především s potenciálním ohrožením zdraví lidí a hospodářských zvířat. Mykotoxiny jsou sekundárními metabolity plísní, vyskytující se na celé rostlině v průběhu vegetace popř. na zrna při skladování. Obecně platí, že poškozené rostliny či zrna jsou těmito plísněmi napadány přednostně. Nejzávažnějším škůdcem kukuřice, který svým požerem významně poškozuje rostliny i zrna během vegetace, je zavíječ kukuřičný. Svým napadením otevírá vstupní bránu houbovým patogenům – plísním – a lze tedy říci, že čím více jsou rostliny či zrna poškozeny, tím více se zvětšuje pravděpodobnost kontaminace mykotoxiny. Lámání stébel po napadení zavíječem dále způsobuje i vážné ekonomické ztráty ve

formě nižších výnosů. Z těchto důvodů je tedy nutné porosty kukuřice před výskytem tohoto škůdce chránit. Způsoby jak chránit porosty kukuřice před napadením ním jsou:

- agrotechnická opatření,
- chemické či biologické ošetření,
- nebo využití právě geneticky modifikovaných hybridů.

Práce je orientovaná především na pěstování kukuřice na zrno, a to z důvodu, že kukuřičné zrno má pro potravinářství největší význam. Není zde však opomenuta ani kukuřice pěstovaná na siláž. Praktická část diplomové práce je zaměřena pouze na kukuřici na zrno.

Pro zpracování diplomové práce byla teoretická část zaměřena na celistvou problematiku pěstování kukuřice s ohledem na jejího nejzávažnějšího škůdce zavíječe kukuřičného, plísně a jejich sekundární metabolity – mykotoxiny. Pro stanovení cíle práce byla zmapována možnost následného využití kukuřičného zrna, ať již pro potravinářské, tak i nepotravinářské využití. V praktické části pak je věnována pozornost vlastnímu hodnocení GM kukuřice v porovnání s jejich izogenní linií v celém souboru pěstovaných hybridů. Dosažené výsledky byly poté porovnávány s výsledky dosaženými jinými organizacemi či jedinci.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 GLOBÁLNÍ ASPEKTY PRO PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE V ČR

1.1 Změny klimatu v důsledku oteplování planety

Počasí je definováno jako okamžitý stav atmosféry nad daným místem. Mění se z hodiny na hodinu, ze dne na den, sezónu od sezóny, rok od roku. Z pohledu několika desítek let však vytváří režim, který je pro dané území charakteristický. Klima je dlouhodobý charakteristický režim počasí, podmíněný bilancí energie, atmosférickou a oceánskou cirkulací, vlastnostmi zemského povrchu, činností člověka. K popisu klimatu jsou používány parametry jako např. průměrná teplota vzduchu, průměrné srážky, délka a intenzita slunečního svitu, rychlost větru, vlhkost vzduchu a dalších klimatických veličin za delší období (nejméně 30 let). V ČR je výzkum dopadů klimatické změny na základní sektory hospodářství prováděn především v rámci Národního klimatického programu ČR. Základem pro odhady dopadů jsou výpočty změn vybraných klimatických prvků mezi obdobími 1961-1990 a zvoleným třicetiletím, obvykle uprostřed nebo na konci 21. století. [1] [2]

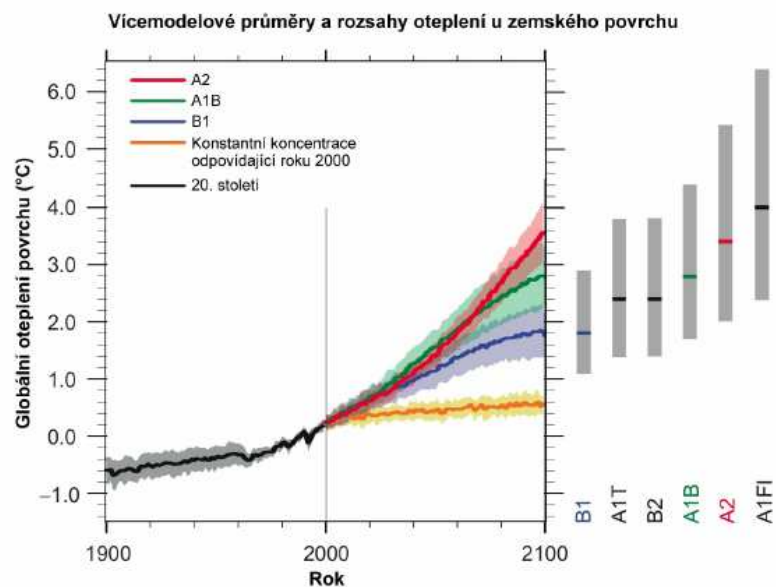
Vědecké poznatky posledních let ukazují, že zvyšování koncentrací skleníkových plynů v důsledku lidské činnosti klimatický systém Země ovlivňuje. Ten se změně koncentrací přizpůsobuje formou globálního oteplování a následných změn celého systému. [2] [3]

Důkazem toho by mohlo být, že jedenáct z dvanácti let v období 1995 – 2006 se řadí mezi dvanáct nejteplejších let v záznamech o přístrojových pozorováních globální teploty povrchu od roku 1850. Přitom rok 2002 byl již 24. rokem v sérii po sobě jdoucích roků s ročním globálním průměrem přízemní teploty vzduchu nad průměrem za období 1961-1990. Roční průměr globální teploty povrchu Země se během 20. století zvýšil až o 0,6 °C. Aktualizovaný stoletý lineární trend (1906 – 2005) 0,74 °C [0,56 °C až 0,92 °C] je tedy vyšší než odpovídající trend za období let 1901 – 2000 0,6 °C [0,4 °C až 0,8 °C], který uvádí Třetí hodnotící zpráva Mezivládního panelu změny klimatu (IPCC). Lineární trend oteplování za posledních 50 let (0,13 °C [0,10 °C až 0,16 °C] za desetiletí) je téměř dvojnásobný ve srovnání s posledním stoletým trendem. Celkový nárůst teploty mezi obdobími 1850 – 1899 a 2001 – 2005 je 0,76 °C [0,57 °C až 0,95 °C]. [1] [2] [3]

Dle odhadů z roku 2001 ze Třetí hodnotící zprávy IPCC se předpokládá, že velikost změny teploty do konce 21. bude v rozpětí 1,4 až 5,8 °C, což jsou hodnoty vyšší, než uváděly odhady IPCC z roku 1995 (nárůst o 1,0 až 3,5 °C), jenž jsou uvedeny v obrázku (*Obr. 1.*).

Současnou rychlost oteplování (0,1 až 0,2 °C/10let) je možno předpokládat i v dalších několika desetiletích. S vysokou pravděpodobností poroste teplota vzduchu nad pevninami rychleji, než nad oceány. Zejména ve vysokých zeměpisných šířkách severní polokoule v zimě může oteplování převýšit globální průměr až o 40 %. [3]

Obr. 1: Předpoklady oteplování zemského povrchu podle různých scénářů SRES uvedených IPCC v roce 1995. [3]



V dlouhodobém pohledu v oblasti rostlinné produkce lze v důsledku těchto změn uvažovat i o změnách ve struktuře pěstovaných plodin, popř. mohou tyto změny přinést i změny spektra škodlivých organismů. V rámci výzkumných projektů, které se zabývají dopady měnících se klimatických podmínek na zemědělské škůdce v ČR, byl pro kukuřici vybrán zavíječ kukuřičný jako modelový organismus, u kterého je hodnocena závislost vývoje a populační dynamiky na meteorologických charakteristikách. Jsou to např. projekt Grantové agentury ČR č. 522/05/0125 „Dopady změny klimatu na potenciální výskyt vybraných patogenů a škůdců“ a interní projekt MZLU v Brně č. 16/2006 „Vymezení agroklimatologické niky zavíječe kukuřičného“, v nichž při vyhodnocení možných scénářů klimatických změn v ČR vycházejí ze Třetí hodnotící zprávy IPCC. Mapy možných scénářů klimatických změn v ČR ve vztahu k zavíječi kukuřičnému jsou uvedeny v příloze P I. [4] [5]

1.1.1 Možné dopady změn klimatu na změny ve výskytu škůdců a chorob a jejich škodlivosti v ČR

Přímé důsledky vlivu vyšších teplot na rozmnožování, vývoj a přezimování škodlivých organismů mohou být následující:

- urychlení vývoje v důsledku rychlejšího dosažení sumy efektivních teplot,
- zvýšení počtu generací a rychlejší nárůst početnosti (populační hustoty) v důsledku prodloužení období pro rozmnožování a prodloužení vegetačního období,
- roční nebo i dlouhodobější změny v populační dynamice nebo vývojových cyklech hub v důsledku snazšího přezimování, u hub popř. i hmyzu možné rozmnožování a vývoj během teplejších zim.

Spektrum a rozšíření škodlivých organismů se mohou měnit v důsledku šíření škodlivých organismů do vyšších poloh (dosažení sumy efektivních teplot), a to zejména s rozšířením hostitelských rostlin, což může vést k vyšším nákladům na ochranná opatření v důsledku zvýšení škod či k poškozování životního prostředí následkem ochranných opatření. [5]

1.1.2 Zavíječ kukuřičný

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) je nejvýznamnější škůdce zrnové kukuřice v České republice. Začátkem šedesátých let 20. století dochází k postupnému rozšiřování pěstování kukuřice (zpočátku silážní, později i kukuřice na zrno) do vyšších oblastí, tím se postupně vytváří podmínky pro rozšíření plochy kukuřice se škodlivým výskytem zavíječe kukuřičného. Po téměř čtyřicetiletém období (1961 – 1989) sledování výskytu zavíječe kukuřičného byla nejvýraznější změna zaznamenána až v období 1990 – 2000, kdy se škůdce rozšířil z původních nejvýše 10 okresů v regionu jižní a střední Moravy do cca 30 okresů ve všech produkčních oblastech Moravy a Čech. Bylo prokázáno, že rozšíření zavíječe v období 1990 – 2000 pozitivně ovlivnily nadprůměrné teplotní podmínky této dekády. Devadesát dva ze sta rekordních teplot v daných měsících byly zaznamenány právě v období 1991 – 2000, oproti osmi zaznamenanými v období 1961 – 1990. Počet oblastí se zaznamenaným výskytem škůdce nadále narůstá i v období 2001 – 2006. Je tedy zjevné, že s rostoucí plochou kukuřice pěstované na zrno, význam výskytu škůdce se stoupá. Mapy výskytu zavíječe kukuřičného v letech 1961 – 2006 jsou uvedeny v příloze P II. [4] [5]

Podle předpokladů možných scénářů vývoje klimatu, lze první znatelné změny nástupu vývojových fází a dynamiky populace očekávat mezi léty 2015 – 2025. Dojde k výraznému nárůstu plochy ohrožené zavíječem z 18 % (1961-1990) na 35 – 100 % území v roce 2025. Kromě šíření škůdce do vyšších nadmořských výšek, se také očekává nárůst počtu jeho generací během roku a tedy i zvýšení škodlivosti. Tak tomu je v současné době v Maďarsku vzhledem k tamějším příznivým klimatickým podmínkám. V ČR však tento nárůst počtu generací v následující dekádě není očekáván, spíše až v období 2025 – 2050 (viz. příloha P I). Tak jako k rychlejšímu vývoji škůdce, bude změnou klimatu docházet i k jeho dřívějším náletům. Například experimenty, které byly prováděny v Lednici ukazují, že by v roce 2025 mohly být nálety škůdce průměrně o 4 – 10 dní dříve než v období 1991 – 2000. [4] [5]

Spolu s vhodnějšími klimatickými podmínkami pro vývoj škůdce se bude pravděpodobně rozšiřovat i vhodná oblast pro pěstování na zrna jako pro něj nejatraktivnější hostitelské rostliny. Dále lze předpokládat, že vlivem klimatických změn budou plochy pro pěstování tradičních obilnin, jako jsou např. pšenice ozimá a žito, částečně nahrazeny plochami kukuřice na zrna. [4] [5]

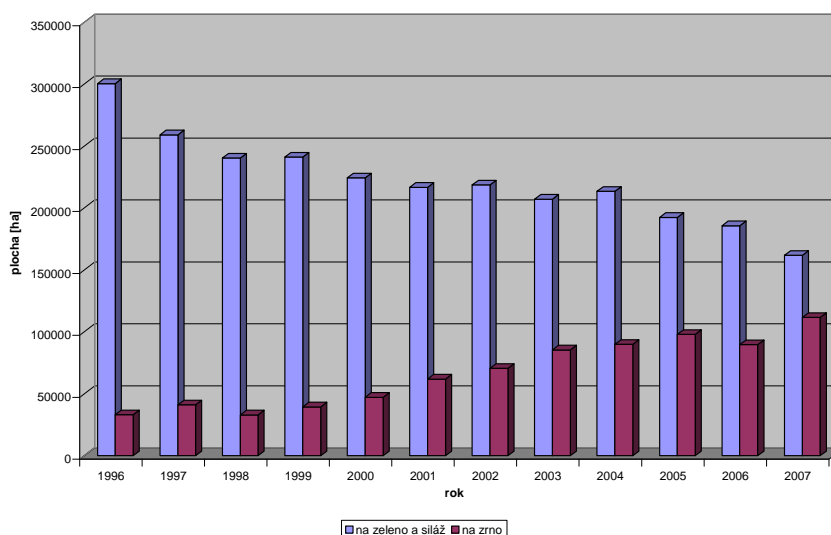
1.1.3 Vliv změny klimatu na rozšíření ploch kukuřice

K pozitivním dopadům změny klimatu patří prodloužení bezmrazového období o 20 – 30 dnů a posunutí počátku vegetačního období v nejteplejších oblastech na začátek března a konce až do závěru října. Vyšší teploty vzduchu prodlouží vegetační období, ovlivní růst a vývoj plodin tak, že umožní dřívější vzházení a nástupy dalších fenofází, takže oproti současnému stavu by období zrání či sklizně mohlo být uspíšeno nejméně o 10 – 14 dnů. [5]

Dalším z příznivých dopadů změny klimatu je zvýšení rychlosti fotosyntézy s nárůstem koncentrací oxidu uhličitého a zvýšení využitelnosti vody v půdě. Vyšší tvorba biomasy však bude znamenat její zvýšenou potřebu, která může i přes zmíněnou lepší využitelnost vést v určitých oblastech k vyčerpání vodních zásob ještě před koncem vegetačního období. S oteplováním zároveň roste i evapotranspirace a tedy současné zvýšení úhrnu srážek na 105 % nekryje zvýšený odpar vody. Očekávaný teplotní vzestup by měl vytvořit dostatečné teplotní zajištění pro pěstování teplomilných kultur, kterými polorané hybridy kukuřice na zrna jsou. [2]

V posledních letech se plochy kukuřice na zrna rychle rozšiřují a tato plodina se stává naší třetí nejvýznamnější obilovinou a čtvrtou nejdůležitější plodinou. Přispěly k tomu nové rané hybridy a globální oteplování. Ranost lze stanovit například podle obsahu sušiny v zrna, čím ranější hybrid, tím je obsah sušiny k určitému datu vyšší. Ranější hybridy jsou určeny pro okrajové oblasti s nižšími teplotami během vegetace a pozdější hybridy pro teplejší oblasti, kde dobře využívají delší vegetační období a umožňují delší dobu ukládat vznikající asimiláty (proto mají vyšší výnos). Důkazem toho je i změna struktury pěstebních ploch kukuřice, kdy plocha kukuřice na zrna vzrůstá na úkor kukuřice na zeleno a siláž, tak jak tomu je znázorněno v grafu (*Grafu 1.*). Vzhledem ke globálnímu oteplování lze předpokládat, že tento trend bude pokračovat. [6] [7]

Graf 1.: Vývoj ploch kukuřice na zrna, na zeleno a siláž v letech 1996 – 2007 [69]



1.2 Energetika

Vstupem ČR do EU se Česká republika zavázala plnit také společnou energetickou politiku. Právní předpisy, které ČR v rámci této politiky přijala, vycházejí ze směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektrické energie z obnovitelných zdrojů na vnitřním trhu s elektrickou energií, zavazující do roku 2010 dosáhnout 12 % hrubé národní spotřeby energie z obnovitelných zdrojů, dále pak směrnice Rady 2003/96/ES ze dne 27. října 2003, kterou se mění struktura rámcových předpisů Společenství o zdanění energetických produktů a elektřiny, a v neposlední řadě ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES ze dne 8. května 2003 o podpoře užívání bio-

paliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě, jenž jednotlivé státy zavazuje k minimálnímu podílu těchto paliv na obsahu benzínu a nafty využívané pro dopravní účely na 5,75 % do roku 2011. Přispět by k dosaženým těmto cílům mělo i využívání obnovitelných zdrojů ze zemědělství. Z hlediska využití kukuřice pro energetické účely lze uvažovat o jejím využití na výrobu bioplynu či biolihu. [8] [9]

Bioplyn lze získávat z různých zdrojů, např. z kejdy, recyklací rostlinných odpadů aj. Výchozí surovina musí obsahovat alespoň 75 % sušiny. Lze tedy využít i kukuřici v mléčné zralosti a získat 6 – 7 tisíc m³ metanu z ha, nejlépe pozdních odrůd. Vhodná je i směska kukuřice – fazol – slunečnice. Základním pravidlem hospodárného provozu bioplynové stanice a předpokladem dobré návratnosti vynaložených investic na pořízení stanice, je především využití tepla produkovaného kogenerační jednotkou. Bioplynové stanice jsou tak na nejlepší cestě zajistit v některých obcích, v kombinaci s ostatními zdroji, centrální zásobování teplem a ohřev teplé užitkové vody. Někdy je možné přebytek tepla využít pro sušení některých komodit, jako zemědělských produktů či dřeva. [6] [10]

Pro výrobu biolihu mají v ČR závažné uplatnění obiloviny, brambory a cukrová řepa, přičemž každá ze skupin plodin má své přednosti i nevýhody, co se týče uplatnění v bioetanolovém programu. Pokud porovnááme výtěžnosti ethanolu, získaného z jednotlivých plodin, nejvyšší produkční potenciál je u cukrové řepy díky jejímu vysokému hektarovému výnosu (viz Tab. 1) a konvertibilitě cukru, avšak vysoká výtěžnost je vykoupena vysokými hektarovými náklady a nevýhodou je též úzký rozsah oblasti pěstování. [11] [12]

Tab. 1: Energetické produkční potenciály zemědělských plodin [66] Zdroj: Studie A.R.C. spol. s r.o.

surovina	výnos t/ha	spotřeba suroviny v kg		výtěžek BE v t/ ha
		na 100 l	na 1 t	
pšenice	6 - 8	280	3528	1,70 – 2,27, průměr 1,98
kukuřice zrno	7 - 10	275	3465	2,02 – 2,87, průměr 2,45
ječmen	5 - 7	285	3591	1,39 – 1,95, průměr 1,67
triticale	6 - 8	280	3528	1,70 – 2,27, průměr 1,98
cukrovka	40 - 65	992	12500	3,20 – 5,20, průměr 4,20
brambory	20 - 35	794	10004	2,00 - 3,50, průměr 2,75

Naproti tomu obilniny lze s úspěchem pěstovat od nížin kukuřičného výrobního typu až po méně úrodné půdy v kopcovitých oblastech, kde jsou dominantní plodinou brambory a jednoleté píce. Dalším z faktorů je i agrotechnická náročnost na pěstování plodin, která je u cukrové řepy nejvyšší, a sezónnost jejich zpracování, kterou musíme respektovat u cukrové řepy a u brambor (průmyslových). Z tohoto pohledu se jeví jako optimální využití obilovin, zejména pšenice a tritikale, které je možné pro účely výroby bioetanolu pěstovat i v tzv. marginálních oblastech. Kukuřice (zrno) jako surovina poskytuje výstupy podobné kvalitativně i kvantitativně technologii využívající jako surovinu pšenici. [11] [12]

Maximální výtěžnost lihu z 1 ha při pěstování obilovin je výsledkem interakce mezi průběhem ročníku, zejména srážek a teploty v období setí, v zimním mimovegetačním období a ve fázi jarního nástupu vegetace a tvorby prvků výnosu. S tím úzce souvisí také úroveň a správné načasování výživy dusíkem a volba správné odrůdy. V současné době se k tomuto účelu šlechtí odrůdy s vysokým výnosem a vyšším obsahem škrobu na úkor bílkovinných frakcí (odrůdy typu C) a odolností proti napadení fuzariózami v klasu. [12]

2 KUKUŘICE

Všeobecně kvalita surovin rostlinného původu pro výrobu potravin či krmiv závisí na vlivu prostředí (ročník, lokalita pěstování, technologie pěstování aj.), na odrůdě (na genotypu) a na interakci prostředí s odrůdou. Tato interakce znamená, že některé odrůdy ve vhodném prostředí jsou kvalitnější než jiné. U některých vlastností převládají vlivy prostředí, u jiných odrůdové, genetické faktory. Z faktorů prostředí převládá vliv ročníku (počasí) a lokality pěstování (klimatu a půdy). Podíl genetických faktorů na celkové proměnlivosti znaku odrůdy (např. obsah škrobu) je dán tzv. heritabilitou, tj. dědivostí znaku. Je-li znak řízen jedním nebo dvěma geny, pak je vliv prostředí malý. Pokud znak či vlastnost bývá řízen více geny, rozdíl mezi odrůdami je pak méně výrazný a proto je vliv prostředí velký. Ale i u těchto znaků je výrazná odrůdová identita a odrůdové vlastnosti jsou jedním z mála faktorů, které může pěstitel i zpracovatel suroviny záměrně ovlivnit. [6]

2.1 Konvenční plodina

Kukuřice je plodinou, která se pěstuje, i přes její tropický původ, v rozmanitých klimatických podmínkách. Tato skutečnost byla umožněna rozvojem šlechtění, jehož výsledkem je fakt, že se dnes používá výhradně hybridní osivo. To ovšem znamená, že pěstitel za podmínek intenzivního pěstování je plně závislý na specializovaných množitelích osiv. [6] [7]

Doporučuje se pěstovat 7 – 11 rostlin/m². Kořenové soustavě pravděpodobně vyhovuje úživná plocha blízká se čtverci. Naproti tomu nadzemní část rostliny vyžaduje širší řádky s ohledem na lepší prostupnost pro světlo (a také pro proudění vzduchu) a tedy využití sluneční energie celým porostem. V hustších porostech si rostliny extrémně konkurují, později dozrávají, mají vyšší obsah vody v zrna a zhoršuje se poměr mezi palicí a celkovou zelenou hmotou. [6] [7]

Kukuřice se pěstuje buď na zrno nebo na siláž, případně na přímé zelené krmení. Je to plodina, která má svými požadavky na agrotechniku a hnojení charakter okopaniny. Vyžaduje neutrální až slabě kyselou reakci půdy a má dlouhou vegetační dobu. Přestože je obilninou, je vhodná jako přerušovač obilních sledů v osevních postupech, po sobě je snášlivá a její opakované pěstování je možné. Nejvhodnějšími předplodinami pro pěstování jsou jeteloviny, okopaniny či víceleté pícniny, ty zejména ve vláhově příznivých podmínkách. Méně vhodnými, ale nejčastěji používanými jsou obilniny. V tomto případě je nejvhodnější před-

plodinou pšenice. Jako předplodina je kukuřice z hlediska technologie vhodná pouze pro jařiny. Vzhledem k vysoké pravděpodobnosti výskytu klasových fuzarióz na následných obilninách není pro ně dobrou předplodinou. [6] [7]

Kukuřice je na přípravu půdy velmi náročná. Aby se mohl plně rozvinout její mohutný kořenový systém, a tím vytvořit příznivé podmínky pro příjem vody a živin, vyžaduje půdy hluboko zpracované. Příprava půdy má zajistit dobrou strukturu půdy, uchování vody v půdě, prohrátí půdy a zasakování vody. [6] [7]

Většina odrůd (hybridů) se prodává ve výsevních jednotkách po 50000 zrnech. Podle klíčivosti a požadovaného počtu rostlin/m² se stanoví výsev. Kukuřice klíčí od 8 – 10 °C, tj. vysévá se většinou od poloviny do konce dubna. Dřívější výsev působí zpožděné a nerovnoměrné vzcházení, porost je citlivý na změnu teploty půdy, na choroby a škůdce. To se pak projeví mezerovitým porostem. Proto je nutné moření osiva. Pozdní výsevy sice rychle vzcházejí, ale protože mají k dispozici kratší vegetační dobu, bývají pak méně výnosné. Hloubkou výsevu se reguluje dostupnost vody a teplota půdy. Většinou stačí hloubka 4 – 6 cm. Kukuřice, vzhledem k dlouhé vegetační době, využívá živiny i z organických hnojiv včetně kejdy (aplikace kejdy na povrch půdy do meziřádků kukuřice zlepšuje teplotní, vláhové podmínky a částečně omezuje erozi půdy). Vzhledem k pomalému počátečnímu vývoji je zpočátku i nízká spotřeba živin. Přesto je pro ni důležitá „startovní“ dávka přijatelného fosforu a proto se obvykle hnojí „pod patu“ při setí amofosem (fosforečnan amonný). Ale již v období dva týdny před a čtyři týdny po metání přijímá porost kukuřice 70 – 75 % všech živin. Další velká spotřeba, hlavně dusíku, je v době plnění zrn, ale ta je kryta transportem živin z listů a stébla. [6] [7]

Kukuřice na zrno je fyziologicky zralá ke sklizni tehdy, když obsah sušiny v zrně dosáhne hodnoty 60 – 62 %. Zrno je tvrdé, lesklé, na bázi má načernalou vrstvu, která signalizuje ukončení ukládání živin. V případě nutnosti lze posouvat termín sklizně podle stupně (ne)zralosti porostu a průběhu počasí do doby, kdy vzroste nebezpečí polámání. Zrno se sklízí při vlhkosti do 30 %. Při vyšší vlhkosti se začíná zvyšovat procento ztrát a poškození zrna. Zrno se po sklizni musí buď vysušit, na standardní vlhkost 14 %, nebo pro krmné účely se konzervuje při sklizňové vlhkosti. Suší se buď ohříváním vzduchem, nebo za slunečného počasí neupravovaným. První způsob má výhodu v rychlosti, druhý v ekonomické nenáročnosti. Další možností konzervace je za nepřístupu vzduchu, kde se využívá uvolňující se CO₂ nebo chemické konzervace. [6] [7]

2.2 GM plodina (do oběhu uvolněné hybridy MON810)

Za geneticky modifikovanou plodinu se považuje každá plodina, na níž se vztahuje zákon 219/2003 Sb. o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin. Podle tohoto zákona geneticky modifikovanou odrůdou je odrůda, která zahrnuje geneticky modifikované rostliny. Geneticky modifikovanou rostlinou se rozumí taková rostlina, jejíž dědičný základ byl změněn záměrnou manipulací člověkem, některým ze způsobů vedoucích ke vzniku GMO uvedených ve směrnici Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 18/2001 a v zákonu č. 78/2004 Sb. [13]

V České republice se poprvé začala GM kukuřice pěstovat v roce 2005, kdy pěstební plocha činila 270 ha. V roce 2006 se plocha GM kukuřice rozrostla na 1290 ha a v roce 2007 až na 5000 ha. Jedná se ale pouze o hybridy kukuřice, z odrůdy MON810 s vloženým transgenem rezistence vůči zavíječi kukuřičnému, které je v ČR povoleno pěstovat pro komerční účely. [14] [15] [16]

GM kukuřice, neboli často nazývaná Bt-kukuřice po původci vloženého genu, patří mezi geneticky modifikované (transgenní) rostliny rezistentní vůči škůdcům. Do jejího genomu byl vložen gen (transgen) z půdní bakterie *Bacillus thuringiensis*, kódující protein Cry1Ab. Produktem transgenu, který je z bakterie přenesen do rostliny, je bílkovina s insekticidními účinky, tzv. δ -endotoxin. Ten je pak ve střevech zavíječe enzymaticky narušen za alkalického pH a působí entomocidně (insekticidně). Výnosové ztráty způsobené zavíječem jsou pak minimalizovány. To se pak projeví vyššími výnosy kukuřice v důsledku nižšího napadení porostu kukuřice zavíječem a taktéž nižším napadením rostliny fuzárií popř. produkcí mykotoxinů. [15] [17] [18]

Pro všechny nové výrobní technologie a pro produkty, které jsou vytvářeny genovým inženýrstvím, je charakteristická počáteční nedůvěřivost spotřebitelů a obavy z možných rizik. Při pěstování transgenních plodin ve volném prostředí mají význam především rizika vznikající v důsledku toku genů mezi příbuznými rostlinami a následná perzistence transgenů v prostředí agroekosystému. K cizosprašení, hybridizaci a tedy i k toku genů může docházet jak v rámci jedné rostliny, tak mezi různými plodinami, či mezi plodinou a příbuznými planými nebo plevelnými formami či druhy. Avšak je nutno konstatovat, že kulturní formy mají často omezenou možnost křížení i s relativně příbuznými rostlinami, protože se v průběhu domestikace vytvořila řada zábran. Mezi ně patří časový posun a zkrácení doby

kvetení, morfologické změny rozmnožovacích orgánů, samosprašnost řady kulturních rostlin apod. [17] [19]

Nejméně problematická, jak z hlediska přenosu genů, tak z hlediska perzistence transgenu v prostředí, se jeví – právě – kukuřice. V našich podmínkách nemá žádnou blízce příbuznou rostlinu a zaplevelující formy se vyskytují pouze sporadicky, takže k hybridizaci může docházet pouze mezi rostlinami v kulturních porostech. Aby k tomuto nedocházelo, byla vypracována tzv. pravidla koexistence (viz. kapitola 2.4). [19]

Určité riziko by však pěstováním a spotřebou GM plodin mohlo vznikat. Proto se dlouhodobě zkoušejí. Výsledky těchto zkoušek provádějí již vědci producentů osiva ve fázi vkládání nebo ověřování kvality GM eventů (event = každá specifická modifikace), a již na základě pochybnosti tyto eventy vyřazují. Veškeré zaznamenané produkty (z hlediska alergického nebo jinak nepříznivého vlivu na lidské nebo zvířecí zdraví) byly vyřazeny právě již jejich tvůrci, ale informace o tom jsou naneštěstí zneužívány ke kampaním proti GMO. Pro spotřebitele by bylo velmi zajímavé, kdyby se stejnými metodami posuzovaly veškeré potravinářské produkty. [20]

2.3 Ekologicky pěstovaná plodina

Je plodina pěstovaná v podmínkách hospodaření v ekologickém zemědělství, které je stanoveno zákonem č. 242/2000 Sb. o ekologickém zemědělství ve znění pozdějších předpisů, vycházející z nařízení rady (EHS) č. 2092/91 ze dne 24. června 1991 o ekologickém zemědělství a k němu se vztahující označování zemědělských produktů a potravin.¹ [21] [22]

V ČR pěstování kukuřice v rámci ekologického zemědělství zatím není moc rozšířené, což také dokazují údaje z minulých třech let, kdy výměra pěstební plochy v roce 2005 tvořila 281 ha, v roce 2006 se mírně rozšířila na 436 ha a v roce 2007 činila 413 ha. Většinu této plochy tvořila kukuřice cukrová, jenž se v potravinářství využívá jako zelenina. [23]

¹ Nařízení (EHS) č. 2092/91 se ruší a nahrazuje Nařízením rady (ES) č. 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení (EHS) č. 2092/91 s účinkem ode dne 1. ledna 2009.

2.4 Pravidla koexistence pro pěstování konvenční, ekologické a GM kukuřice

Pro zajištění koexistence GM zemědělských plodin s konvenčním a ekologickým zemědělstvím byla stanovena tzv. pravidla koexistence, a to v důsledku zákona č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství, který absolutně vylučuje přítomnost GMO v ekologickém zemědělství na rozdíl od konvenčního zemědělství, kde je povinnost označovat celou produkci jako GMO pouze v případě, že příměs takového GMO v konvenční produkci přesáhne 0,9 %.²

Tato pravidla vycházejí z novely zákona č. 441/2005 Sb., kterou se mění zákon č. 252/1997 Sb. o zemědělství, a jeho prováděcí vyhlášky č. 89/2006 Sb. o bližších podmínkách pěstování geneticky modifikované odrůdy. V rámci změn oproti původnímu znění je v novém zákoně uveden také paragraf 2i, 3a, 4a a 5, zahrnující podmínky, za kterých lze v České republice pěstovat odrůdy geneticky modifikovaných plodin. Základním opatřením pravidel koexistence je dodržování tzv. izolačních (odstupných) vzdáleností mezi dvěma sousedními poli, na kterých je pěstována kukuřice v rámci rozdílných pěstitelských systémů - konvenčně bez GM plodin, s GM plodinami či v režimu ekologického zemědělství. Tato pravidla jsou závazná pro všechny pěstitele GM plodin a dodržování těchto vzdáleností je garantována pravděpodobnost, že nebude překročena maximálně povolená kontaminace příměsí GMO ve výše jmenovaných pěstitelských systémech. [24] [25]

2.5 Spotřeba ochranných prostředků při konvenčním pěstování

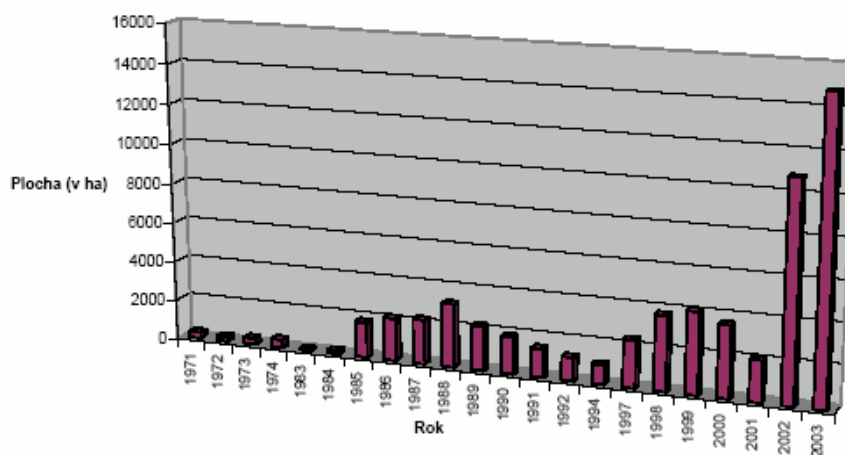
Současný způsob zemědělské výroby, který uplatňují ekonomicky vyspělé země, vyžaduje vysokou produktivitu práce a nízké jednotkové náklady na produkci, což sebou nese nutnost aplikace řady intenzifikačních prostředků, jejichž vlivy jsou mnohdy v rozporu se zájmy ekologickými, ochrany prostředí a krajiny. K závadnosti potravin rostlinného původu

² Stanovené vyhláškou 209/2004 Sb. o bližších podmínkách nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, vycházející ze směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 18/2001 o záměrném uvolňování geneticky modifikovaných organismů do životního prostředí a o zrušení směrnice Rady 90/220EHS.

přispívá značnou měrou neuvážené používání pesticidů – fungicidů, insekticidů a herbicidů. Z hlediska ekonomických zájmů pěstitelů a vzrůstající škodlivosti zavíječe, je tento nárůst ošetření kukuřice pochopitelný. Z hodnot uvedených v *Graf 2.* je patrné, že náklady na ošetření ploch proti zavíječi kukuřičnému se zvyšují. Je také nutno konstatovat, že v ČR není do kukuřice registrován žádný fungicid. Proto narůstá důležitost nejen odolnosti jednotlivých hybridů proti zavíječi kukuřičnému, ale i fuzariózám (Bílporučová hniloba – pat, stébel, kořenů a obilek kukuřice). [5] [26] [27] [28]

O zvyšujícím se významu zavíječe kukuřičného svědčí také graf (*Graf 2.*) s plochami ošetřené kukuřice proti zavíječi kukuřičnému v ČR v letech 1971 – 2003. Zatímco v letech 1971 – 1984 byl rozsah ošetření za jeden rok v rozmezí 61 – 410 ha kukuřice, zlomovým rokem se stal rok 1985, kdy bylo ošetřeno 1 788 ha. Od tohoto roku dochází k postupnému zvyšování této plochy až k rekordnímu roku 2003, kdy bylo ošetřeno 14 814 ha. [5]

Graf 2.: Plocha kukuřice ošetřená proti zavíječi kukuřičnému v ČR v letech 1971 – 2003. [5]

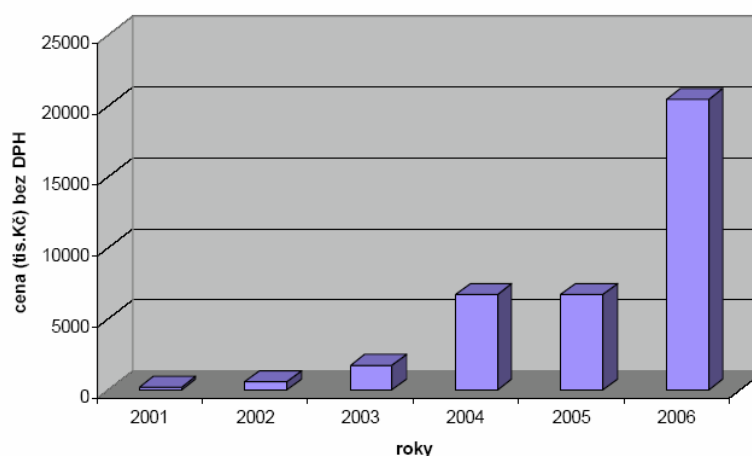


Podle současných výzkumů VÚRV a ČAZV má narůstající trend ošetření neselektivními insekticidy však i negativní dopad na biodiverzitu společenstev členovců v agroekosystémech, zejména vliv na snižování populací přirozených nepřátel škůdců.³ Mezi přirozené

³ Chemické ošetření se pro silážní kukuřici používá okrajově, proto se důležité tuto spotřebu vztahovat na kukuřici na zrno. Budeme-li hodnoty celkového chemického ošetření neselektivními insekticidy vztahovat k pěstební ploše kukuřice v roce 2007, tj. na 280 000 ha, z čehož 90 000 ha tvořila kukuřice na zrno dospě-

nepřátele zavíječe patří zejména sluněčka, zlatoočky, dravé plošnice a člověkem introdukované vosičky z rodu *Trichograma*. Používání selektivního insekticidu nelze činit do nekonečna, je nutné brát ohled na možnost vzniku rezistentních populací škůdce při jeho častém použití. Ideální ochranou proti zavíječi je tzv. integrovaná ochrana spočívající v kombinaci preventivních agrotechnických opatření, biologických a chemických metod nebo použití Bt-odrůd. [18] [19] [28]

Graf 3.: Cena spotřebovaných přípravků na ochranu proti zavíječi kukuřičnému v letech 2001 – 2006. [5]



2.6 Přehled pěstovaných hybridů

K 31. prosinci 2007 bylo v ČR registrováno 240 hybridů kukuřice. V roce 2007 bylo nově zapsáno do Státní odrůdové knihy 74 odrůd kukuřice, z toho 33 na siláž, 35 na zrno a 6 pro kombinované využití. Významnou novinkou je registrace prvních 11 geneticky modifikovaných hybridů kukuřice odolných proti zavíječi kukuřičnému (modifikace MON 810). Relativně vysoký počet nových registrovaných hybridů je způsoben souběhem ukončení

jeme k následujícím výsledkům. V roce 2007 byla spotřeba chem. přípravku 0,122 l/ha, na celou plochu pak bylo spotřebováno 36,16 t; průměrná dávka pyrethroidů je 0,4 l/ha z toho plyne, že bylo ošetřeno 85 400 ha. Pro roky 2006 při spotřebě chem. přípravku 0,04 l/ha byla celk. spotřeba 11,2 t odpovídající ošetření 28 000 ha na zrno. V roce 2005 byly hodnoty obdobné (spotřeba chem. přípravku činila 0,045 l/ha). Zato v roce 2004 byly tyto hodnoty nižší. Při spotřebě přípravku 0,0387 l/ha byla celková spotřeba 10,38 t odpovídající 27 090 ha ošetřené kukuřice na zrno. Takto by šlo kalkulovat i s cenou (viz Graf 3.)

zkoušek po 2. a 3. roce, neboť registrační zkoušky odrůd kukuřice byly v souladu s běžnou praxí v zemích EU zkráceny na dva roky. [29]

Zařazení registrovaných hybridů v ČR dle čísla ranosti (FAO) do jednotlivých skupin je uvedeno v příloze P III., různé pěstované convariety kukuřice pak v příloze P IV.

V Evropském registru odrůd je zapsáno několik tisíc hybridů, což pro výběr pěstitele není reálné. [29]

3 FAKTORY ZHORŠUJÍCÍ JAKOST A VÝNOSNOST KUKUŘICE

3.1 Zavíječ kukuřičný – závažný škůdce

V současné době se pěstuje kukuřice na zrno v ČR přibližně na ploše 93 000 ha. Téměř celá tato plocha je více nebo méně napadena zavíječem kukuřičným. Škody, způsobené zavíječem na sklizni bývají velmi značné. Zavíječ kukuřičný způsobuje v ČR ztráty jen na sklizni kukuřice na zrno v průměru 10 – 20 %.⁴ Vedle přímých ztrát na výnosech, dochází vlivem poškození palic housenkami zavíječe a napadení fuzariózami, také ke snižování kvality produktu. [18] [30]

V posledních letech se rozšířil do všech oblastí pěstování kukuřice v ČR a stal se tak významným škůdcem, který může ovlivnit výši a kvalitu výnosů, jak kukuřice na zrno, tak i na siláž. Na rozšíření zavíječe kukuřičného a jeho hospodářského významu se podílí řada faktorů, mezi které patří: nárůst podílu plochy kukuřice na zrno, změny v technologii zpracování půdy, změna klimatických podmínek v posledních deseti letech a nové ranější hybridy kukuřice. [18] [20]

3.1.1 Zavíječ kukuřičný - (*Ostrinia nubilalis*)

Zavíječ kukuřičný je motýl, jehož dospělec není pro kukuřici škodlivý, ale mnoho škod působí jeho žravé housenky, které se živí v porostech kukuřice vyžíráním otvorů a chodeb ve stéblech a palicích. Zavíječ kukuřičný je vážným škůdcem kukuřice, ale škody může působit i na dalších druzích kulturních rostlin, a to zejména na konopí, prosu, chmelu, paprikách a jabloních.⁵ [18] [20] [30]

U zavíječe kukuřičného přezimují dorostlé housenky ukryté ve zbytcích stébel, palic a plevelů. Na jaře, když průměrná teplota dosahuje 15 – 16 °C, se začínají kuklit. Kuklí se při-

⁴ Výnosové ztráty způsobené zavíječem kukuřičným a náklady spojené s ochranou proti tomuto škůdci jsou jen v rámci USA odhadovány na 1 miliardu dolarů ročně. [18]

⁵ Zavíječ kukuřičný je původní evropský druh, který se původně v Americe nevyskytoval. Hostitelské rostliny pro něj byly původně dvouděložné (rdesna, chmel, jabloň), ale se zavedením pěstování kukuřice v Evropě došlo k adaptaci zavíječe na kukuřici. [18]

bližně v druhé polovině května. Před zakuklením vyhryže housenka ve stěně stébla okrouhlý otvor, kterým později vylézá vylíhlý motýl. [18] [20]

Oplodněné samice motýla pak kladou vajíčka většinou na spodní stranu listů kukuřice ve skupinkách – snůškách, které jsou tvořeny průměrně 15 – 30 vajíčky v jedné snůšce. Za vlhkého a chladného počasí klade samička okolo 260 vajíček, což je poměrně více vajíček než za počasí suchého a teplého (cca 140 kusů vajíček).⁶ Jedna samička může vyklást za život 250 – 350 vajíček. Nižší napadení porostů zavíječem v roce 2007 bylo právě příčinou suchého a teplého počasí během května a června. [18] [28] [30]

Vylíhlé housenky jsou stěhovavé a živí se zpočátku mladými listy a pak prašnickovým květenstvím. Následně se rozlézají po celé rostlině, napadají ještě nerozvinuté vrcholové listy, zalézají do listových pochev. Větší larvy vnikají do středního žebra listu a do stébla. Další vývojové stupně housenek se živí uvnitř stébla. Housenky vyšších instarů poškozují palice a na místech jejich výskytu jsou provázena u vchodu do chodeb shluky drti a trusu. [18] [30]

Housenky zavíječe kukuřičného mohou škodit buď přímo či nepřímo. U přímé škodlivosti housenky škodí přímo vyžíráním dřevě stébel, stopek a větven palic, na kterých ohlodávají spodní části a vnitřek zrn. Někdy jsou stébla a báze palic napadeny housenkami tak silně, že dochází v místech poškození k jejich lámání, což vede k následným sklizňovým ztrátám. Hlavní ztráty na výnosu zrna vznikají v důsledku poškození cévních svazků, omezením příjmu živin a zvýšenou transpirací z poškozených míst. Poškozené porosty urychleně dozrávají a mají obvykle nižší vlhkost sklizeného zrna než porosty bez napadení. Výše ztrát na výnosech nejvíce závisí na stupni poškození rostlin zavíječem. Síla výskytu tohoto škůdce závisí zejména na počasí v době kladení vajíček a kuklení housenek a na tom, jak byly povětrnostní podmínky v konkrétním roce a dané lokalitě příznivé vývoji jeho přirozených nepřátel. V našich podmínkách dochází ke ztrátám na výnosu, které jsou ekonomicky významné, již při napadení více než 50 % rostlin v porostu. Podle ÚKZUZ by se

⁶ Miller (1956) uvádí, že za suchého teplého počasí žily samičky jen 5 dní a nakladly průměrně 41 vajíček, kdežto za teplého a vlhkého počasí žily 8 dní a nakladly průměrně 142 vajíček a za vlhkého a chladného počasí žily 12 dní a nakladly 563 vajíček. [30]

úroveň napadení na ekonomicky významné škodlivosti měla snížit na hranici do 30 %. [18] [28] [30]

Škodlivost nepřímá spočívá ve snížení kvality produktů a zvýšení rizik jejich zdravotní bezpečnosti. Housenky svým žírem, zejména v klasech otvírají brány fuzáriovým a jiným houbovým infekcím. Ty se mohou do rostliny dostávat třemi způsoby. Jedná se zejména o místa poškození housenkami, která se mohou stát vstupní bránou fytopatogenních hub nebo housenky zavíječe kukuřičného můžou být přímo vektorem přenosu těchto hub a třetí možností je celková reakce na poškození housenkami, kdy může dojít k takovému oslabení rostliny, že dochází k snadnějšímu rozvoji houbového onemocnění. Příznaky napadení fuzáriem jako následek poškození od housenky zavíječe jsou typické v okolí poškozených zrn, která kopírují požerovou cestičku. Nebezpečí těchto houbových onemocnění spočívá zejména v produkci mykotoxinů, které mohou mít nepříznivý vliv na zdraví hospodářských zvířat, na jejich přírůstky nebo plodnost. [18]

Při porovnání výskytu toxigenních hub na kukuřici mezi roky může být situace odlišná. Intenzita výskytu zavíječe kukuřičného stoupá v teplejších letech a v oblastech s větším množstvím srážek s vyšší vlhkostí vzduchu a při opožděném dozrání porostů. [18] [30]

3.1.2 Agrotechnická ochrana

Z preventivních metod ochrany kukuřice proti zavíječi je dodržování osevních postupů. Pěstování kukuřice po kukuřici, ale i pěstování kukuřice v bezprostředním sousedství ploch, kde byla kukuřice v předešlém roce vede k uchovávání stejné nebo vyšší populační hustoty zavíječe na dané lokalitě. Pro redukci výskytu zavíječe je nutné namísto minimalizace zpracování půdy provádět hlubokou orbu. Přestože hluboká orba snižuje populaci zavíječe o 60 % až 80 %, nevede sama o sobě ke snížení výskytu zavíječe v příštím roce. Nejvýznamnější redukce populace zavíječe se dosáhne v kombinaci orby s dokonalým rozdrcením posklizňových zbytků. Drcení je nutno provést co nejdříve po sklizni kukuřice na zrno, ale i na siláž. Metodou na pomezí biologické, chemické a agronomické ochrany, je použití aplikace kapalných dusíkatých hnojiv těsně před zapravením posklizňových zbytků do půdy. Tam dojde k rychlému rozkladu organické hmoty a to způsobí nemožnost dalšího rozvoje larvy. Zároveň se otevírá cesta biologickému působení půdních entomofágických hub (*Beauveria brassiana* a spol.). [18] [20]

3.1.3 Chemická ochrana

Ošetření insekticidy na zavíječe kukuřičného musí být cíleno na čerstvě vylíhlé housenky. Vzhledem k biologii škůdce byla účinnost klasických insekticidů na bázi pyretroidů relativně nízká. Účinnost chemického ošetření je silně závislá na precizní signalizaci termínu výskytu čerstvě vylíhlých housenek. Ošetření kukuřice širokospektrálními insekticidy má negativní vliv na necílové organismy, zejména přirozené nepřátele škůdců (viz kapitola 2.5).⁷ [18]

3.1.4 Biologická ochrana

V ČR je registrováno proti zavíječi několik přípravků, obsahujících chalcidky vosičky rodu *Trichograma*. Příkladem by mohl být přípravek Trichoplus, který obsahuje kukly vosiček (chalcidky) druhů *Trichogramma evanescens* a *Trichogramma pitoi*. Vosičky jsou vaječnými parazity zavíječe ve kterých probíhá vývoj jejich larev a vajíčka jsou takto zničena. Vzhledem k tomu, že samičky vosiček preferují čerstvě vykladená vajíčka, je nutné provést první aplikaci přípravku ihned na počátku kladení vajíček, nebo bezprostředně před prvním kladením. Aplikace se provádí během několika dnů po zjištění výskytu motýlů ve světelných lapácích. Všeobecně použití chalcidek má však nevýhodu z ekologického hlediska, působí nejen na zavíječe, ale i na jiné druhy motýlů. Dalším registrovaným přípravkem je mořidlo Biobit. Jeho aplikace na osivo (zrno) ve skladu však nemůže mít na zavíječe při pěstování vliv. [18] [20]

3.1.5 Geneticky modifikovaná kukuřice

Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2, GM kukuřice produkuje δ -endotoxin, který je pro zavíječe toxický. Po pozření pletiva s tímto toxinem zavíječ postupně snižuje příjem potravy a během několika hodin až dnů hyne. Častou námitkou proti využívání transgenních odrůd

⁷ V roce 2005 byly prováděny pokusy na účinnost insekticidních přípravků. Jako nejvhodnější a nejúčinnější insekticid se projevil přípravek Integro, který je také perspektivní vzhledem k selektivitě vůči přirozeným nepřítelům zavíječe, ale vzhledem k riziku vzniku resistentních jedinců, je potřebné jej v ochraně střídát s insekticidem s jiným mechanismem účinku. [18]

je, že se selektují populace zavíječe odolné proti této bílkovině. Je pravdou, že tyto transgenní rostliny se chovají jako insekticidy a každý insekticid vede po určitém počtu generací hmyzu při soustavném používání ke vzniku rezistentních populací, avšak aby se tomuto vzniku zabránilo, bylo vytvořeno několik účinných genetických schémat opatření. Jedním z nich je tzv. metoda refugií. Tato metoda spočívá v tom, že v sousedství pole s GM kukuřicí je malá plocha, oseta ne-GM kukuřicí.⁸ Na poli s GM kukuřicí jsou schopni přežít a rozmnožovat se jen vzácní jedinci, odolní k δ -endotoxinu. Na části pole s ne-GM kukuřicí naopak přežívají a rozmnožují se všichni citliví jedinci k δ -endotoxinu. Ti pak přeletují také na pole s GM kukuřicí a samečci tam oplozují samičky. Protože rezistence je geneticky recesivní, v následující generaci, která se vylíhne ještě v témže roce a na téže kultuře, budou všichni jedinci citliví a uhynou. [14] [17] [18]

3.2 Plísně

Vláknité houby, neboli plísně, ovlivňují lidské zdraví přímo nebo nepřímo cestou mykóz, alergií a mykotoxikóz. Vyskytují v různých životních formách – v nepohlavní (konidiové) nebo pohlavní (askogenní) formě či prožívají celý životní cyklus. Jejich biosyntetický potenciál a toxicita jejich produktů jsou však různé, protože ne všechny mikromycety produkují mykotoxiny. To závisí na teplotě, vlhkosti a typu substrátu. Také houbové enzymy uvolněné do prostředí mohou štěpit makromolekuly substrátu a vytvářet další jedovaté látky. [31] [32] [33]

Producenty mykotoxinů na zemědělských produktech dělíme na tzv. polní a skladištní plísně. První skupina je reprezentována patogenními organismy, které vyvolávají onemocnění hostitelských rostlin a v procesu patogenese dochází také k produkci mykotoxinů. Druhá skupina producentů nepoškozuje rostliny v průběhu vegetace, ale mohou saprofytický přežít na skladovaných substrátech. [34]

⁸ Zrno sklizené z tohoto pole se podle pravidel koexistence musí poté uvádět do oběhu jako GM produkt.

3.2.1 Plísně vyskytující se za vegetace – polní plísně

V klimatických podmínkách naší republiky se z polních plísni nejčastěji vyskytuje rod *Fusarium*, který parazituje hlavně na kukuřici, pšenici, ječmenu a ovsu. Způsobuje poškození vzcházejících rostlin, vyvolávají hnilobu stébel a palic a v neposlední řadě také hnilobu zrn. Napadení tímto rodem plísni dochází k tzv. fuzariozám. Do tohoto rodu *Fusarium* patří celosvětově se vyskytující polní plísně, jako je například *F. sporotrichoides*, *F. moniliforme* (syn. = *F. verticillioides* (Saccardo)), *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. subglutinans* a *F. poae*. Rostliny mohou být napadány od začátku metání až po sklizňovou zralost (přehled chorob způsobených těmito patogeny a jejich názvosloví je uvedeno v příloze PV). To může poté vést ke značnému zhoršení jakosti produktů z kukuřice. Některé plísně využívají její složky, např. vitamíny, esenciální AMK, mastné kyseliny, atd., pro vlastní metabolismus, a tak v kontaminované kukuřici může po napadení plísni docházet ke snížení metabolizované energie až o 10 %, o 5 % obsahu bílkovin a až o 50 % obsahu tuku. [6] [33] [35] [36]

Nejvýznamnějšími zástupci vyskytující se na palicích kukuřice je kmen *F. graminearum*, který nejčastěji produkuje mykotoxiny deoxynivalenol a zearalenon, a kmen *F. moniliforme* nejčastěji produkující fumonisin B₁. *F. graminearum* je růžově-červená plíseň, která se po palici obvykle rozšiřuje z vrchních částí listenů kukuřice nebo kolem požeru zavíječe kukuřičného, zatímco bíle zbarvená plíseň *F. moniliforme* má tendenci se šířit po vláscích - bliznách. Při společném výskytu na jedné palici, tak jak to může být i mezi jinými kmeny, může jeden kmen převažovat nad tím druhým. To však záleží na průběhu teplot v daném roce a lokalitě. *F. moniliforme* může mít výhodu v teplejším období a suchých rocích. Zvláště pak, když během optimálního období pro růst *F. graminearum* t.j. červencem a zářím bude nižší vlhkost prostředí. [38]

Celkově stupeň napadení zrn polními plísněmi závisí, díky jejich nárokům na vlhkost prostředí, především na klimatických podmínkách v době dozrávání a sklizně. Ve vlhkých a deštivých letech může být napadena i více než polovina porostů. Naopak suchá léta většinou růst polních plísni omezují. Kromě vlhkosti prostředí, rozvoj polních plísni a následná kontaminace kukuřice mykotoxiny závisí i na míře mechanického poškození zrn hmyzem,

konkrétně zavíječem kukuřičným. Mechanické poškození zrna zvyšuje výskyt plísní díky tomu, že narušené zrno je polními plísněmi napadáno přednostně.⁹ Velmi často také dochází k tomu, že plíseň do zrna prorůstá z napadeného větene palice. Pokud se zrno po sklizni vysuší co nejrychleji, nejlépe pod 14 % vlhkosti, nejsou tyto plísně schopné dalšího růstu. Polní plísně většinou nepoškozuji zárodek zrna, nezpůsobují biochemické změny ani samozahřívání. [6] [36]

Mykotoxiny, které produkují plísně rodu *Fusarium*, se označují jako fuzáriové mykotoxiny. Pro všechna hospodářská zvířata jsou fuzáriové mykotoxiny toxické. Závažnost intoxikace však závisí na specifickém toxinu, stupni a délce trvání expozice a na druhu zvířete. Nejběžněji se vyskytují trichothecenové mykotoxiny (deoxynivalenol, T-2 toxin a jeho derivát HT-2 toxin), dále zearalenon, fumonisiny a verukariny. [36]

Z polních plísní se při vlhkosti zrna vyšší než 24 % vyskytují i plísně rodů *Alternaria*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Nigrospora*, *Helminthosporium*. I některé z těchto rodů plísní produkují některé závažné mykotoxiny (např. *alternaria alternata* toxin nebo *alternariol*). [6] [36]

3.2.2 Plísně vyskytující se při skladování – skladištní plísně

Skladištní plísně jsou oproti polním méně náročné na vlhkost prostředí. Jejich výskyt není vázaný na množství srážek v konkrétním roce, ale je ovlivněn zejména způsobem skladování. Zdrojem kontaminace zrn těmito houbami jsou nejčastěji zaplísňené rostlinné zbytky ve skladových prostorách a silech. Skladištním plísním vyhovuje nejlépe teplota prostředí v rozmezí od 5 do 45 °C. Optimální pro jejich růst jsou teploty 25-30 °C a vlhkost zrna mezi 13-17 %. Během skladování se mohou šířit další houby, pokud je zrno vlhké. V napadených partiích se proto může obsah mykotoxinů ještě zvyšovat. Také zrno s obsahem vody 15 % je jen omezeně skladovatelné, protože je hygroskopické a přijímá

⁹ V letech 2002 – 2005 byl na školních polích ČZU v Praze prováděn výzkum účinnosti Bt-kukuřice, která se projevila nejen odolností k zavíječi, ale hlavně ve snížení výskytu fuzáriových druhů. V roce 2002 byla frekvence výskytu *Fusarium subglutinans* na Bt – kukuřici nižší o 11 % než na netransgenní kukuřici. V roce 2003 byla nižší o 39 % a v roce 2004 bylo toto množství nižší až o 68,7 %. V roce 2005 se frekvence výskytu zase snížila na 39,1 %. [37]

vlhkost ze vzduchu o vlhkosti vyšší než 65 %. Již za několik týdnů po uskladnění se proto mění druhové spektrum hub na uskladněném zru. Klesá podíl polních a zvyšuje se podíl skladištních druhů, avšak dosušením zru na vlhkost pod 13 % a skladování při teplotě v rozpětí 4-9 °C lze růst skladových plísní a produkci jejich metabolitů eliminovat. [6] [36]

U nás se nejčastěji vyskytují skladištní plísně patřící mezi zástupce rodů *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*. Nejznámějším zástupcem je *Aspergillus flavus*, který tvoří skupinu nejdéle známých mykotoxinů, aflatoxiny. Plísně rodu *Aspergillus* rostou na celé řadě substrátů, zvláště na podzemnici olejné a dalších druzích ořechů, na kakaových a sojových bobech. Tyto plodiny jsou nejčastějším zdrojem aflatoxinů. Z obilovin se nejčastěji vyskytují právě na kukuřici. [6] [35] [36]

Kromě aflatoxinů jsou zástupci rodů *Aspergillus* a *Penicillium* (např. *A. ochraceus*, *A. sulphureus*, *A. melleus*, *P. viridicatum*, *P. palitans* nebo *P. commune*) produkující i skupinu ochratoxinů. Přítomnost ochratoxinů v krmivu vede ke snížení přírůstku díky špatné konverzi krmiva. Nejcitlivější vůči ochratoxinům je mladá drůbež, kuřata, kachňata a krůťata. U dospělé drůbeže ochratoxiny snižují produkci vajec a zhoršují kvalitu skořápky. Kromě karcinogéních účinků ochratoxiny vyvolávají malformace u plodů. Ochratoxiny jsou méně stabilními sloučeninami než aflatoxiny a vysokými teplotami se degradují. [36]

3.2.3 Prevence proti napadení plísněmi

Výskytu toxinogenních plísní na zemědělských produktech a mykotoxikózám hospodářských zvířat se dá v praxi účinně předcházet dodržováním několika zásad. Růst polních plísní je možné omezit bojem proti hmyzím škůdcům, dále pak vhodnou volbou optimálního stanoviště pro pěstovanou plodinu, výběr vhodné odrůdy pro konkrétní pěstitelskou oblast, harmonickou výživou či přiměřenou pesticidní ochranou.¹⁰ Velmi důležitá je také dobře načasovaná a provedená sklizeň zru popř. správné silážování ať už celých rostlin nebo dělených siláží (LKS, CCM). Během sklizně lze výskyt plísní omezit sklízením vy-

¹⁰ Některé mykotoxiny jsou již v malém množství výrazně toxičtější než rezidua běžně používaných pesticidů. [35] [41]

zralého a suchého zrna. Pokud je sklízené zrno zavlhlé, je účinnou prevencí co nejrychlejší dosoušení zrna pod vlhkost 14 %. [34] [35] [36]

Během skladování a transportu je třeba dodržet minimální vlhkost skladovaného zrna. Větrané a suché skladovací prostory výrazně snižují riziko růstu plísní a následnou produkci mykotoxinů. Alespoň každé dva týdny je třeba kontrolovat teplotu uskladněného zrna, jeho vlhkost a výskyt plísní. Nalezená ložiska je nutné ihned odstranit. Je třeba mít na paměti, že nízká vlhkost a teplota růst plísní pouze omezuje, ale plísně jako takové neničí. Dojde-li ke zvýšení teploty a vlhkosti, plísně rychle začnou růst a produkovat mykotoxiny. Pro skladování finálních výrobků pak platí stejné zásady jako pro skladování surovin, tedy minimální vlhkost a důkladné větrání skladovacích prostor. Stejně jako u polních kultur platí, že mechanické poškození zrna je vstupní bránou pro plísně. Proto je důležitou prevencí před skladovými plísněmi ochrana uskladněného zrna před hmyzími škůdci. [35] [36]

Dalším opatřením, které účinně brání kontaminaci sklizně, je důkladné vyčištění skladových prostor před uskladněním nové sklizně. Tím se zabrání napadení nově sklízeného zrna plísněmi z předchozích let. Zbytky loňské sklizně jsou čistým zdrojem kontaminace nově uskladněného zrna. Rovněž konzervace je jednou z možností preventivních opatření. [36]

3.3 Mykotoxiny – následek zaplísnění

Mykotoxiny charakterizujeme jako nízkomolekulární sekundárně metabolické produkty nebílkovinné povahy, produkované houbovými organismy tvořícími mikrostélku (mikromycety – *Ascomycotina*, tj. vřeckovýtrusé), které jsou toxické pro rostliny i teplokrevné živočichy včetně člověka. Z hlediska podmínek toxinogenity jde o schopnost mykromycety produkovat ty enzymy, které se podílejí na přeměně prekursoru, zpravidla přes meziprodukty, na mykotoxin. Tvorba konkrétního mykotoxinu je však závislá na druhu houbového organismu a na chemických, fyzikálních či biologických podmínkách jeho růstu. Dnešní úroveň poznání je mnohem komplexnější a počet mykotoxinů, kterým je věnována oprávněná pozornost, neustále stoupá. [31] [32] [34] [39] [40]

I když je obtížné souhrnně charakterizovat nebezpečnost mykotoxinů, některé základní charakteristiky jsou společné. Kromě toho, že představují heterogenní skupinu nepolárních nízkomolekulárních sloučenin poskytujících jejich producentům určité výhody v soutěži

o substrát s jinými organismy podobné ekologické konstituce, napomáhají patogenním organismům kolonizovat hostitelské rostliny a mají celou řadu nepříjemných vlastností pro konzumenta těmito látkami kontaminovaných surovin. [18] [34] [41]

Zpracování kontaminovaných surovin v potravinářství, může tedy vést k ohrožení zdravotní nezávadnosti z nich vyrobených potravin.¹¹ Alarmující je i skutečnost, že mykotoxiny mohou procházet potravním řetězcem přes hospodářská zvířata až do potravin člověka např. do mléka, masa či vajec. Mykotoxiny jsou chemicky velmi stabilní a v potravinách mohou zůstat i po tepelném zpracování, protože některé mykotoxiny snášejí vysoké teploty (viz kapitola 3.3.2). Proto je nutné případný výskyt mykotoxinů regulovat již při pěstování rostlinných surovin a jejich následném skladování. [31] [34] [42]

Velká část analyzovaných mykotoxinů je vyprodukována již během vegetace před sklizní, avšak maximální úroveň obsahu mykotoxinů jsou zaznamenávány v období sklizně. Jejich obsah se dále významněji nemění. Proto je zabránění napadení, či snížení možnosti napadení fuzárií v průběhu vegetace, základem boje proti výskytu mykotoxinů. [34] [40] [43]

V současnosti je však také věnována pozornost vázaným neboli konjugovaným mykotoxinům, které mohou být vázány na glykosidy. Podle pilotní studie realizované na VŠCHT paní prof. Hajšlovou a kol. byly konjugované mykotoxiny přítomny ve vysokých koncentracích v mnoha produktech na bázi cereálií. Přitom vázané mykotoxiny nelze běžnými analytickými postupy používanými v kontrolních laboratořích stanovit. Existuje podle ní předpoklad, že tyto „maskované“ formy jsou též toxické a představují tak doposud nepoznané zdravotní riziko pro konzumenty (současné maximální limity jsou stanoveny jen pro volné mykotoxiny). V trávicím traktu člověka (a obdobně i hospodářských zvířat) může pravděpodobně docházet k uvolňování mykotoxinů z vazeb na více molekulární komponenty matrice a tak, de facto k navýšení toxické zátěže organismu. [28]

¹¹ V letech 1995 a 1996 bylo v ČR vyšetřeno 210 vzorků potravin na bázi kukuřice na obsah fumonisinů (FUM). 89 % vzorků bylo pozitivních na obsah FUM v rozsahu 9 – 4594 ng/g potravin. Z toho 4 % vzorků byl obsah FUM větší než 1000 ng/g a u 38% vzorků byl obsah FUM větší než 100 ng/g. Maximální koncentrace FUM byly stanoveny ve vzorku kukuřičného chleba (4594ng/g), extrudovaných kukuřičných výrobků – crisps (1178 ng/g) a ve vzorcích polenty (1243 ng/g). Cornflakes (max. 328 ng/g), pop corn (max. 128 ng/g) patří k potravinám, u kterých byly stanoveny poměrně nízké koncentrace FUM. [42]

Zdravotní riziko, vyplývající z přítomnosti mykotoxinů v potravinách a potravinových surovinách, lze tedy za současného stavu snížit především komplexním dodržováním integrovaného programu prevence (GAP, GTP, systém HACCP). [33] [34] [44] [45]

3.3.1 Nejvýznamnější a nejnebezpečnější zástupci

V současnosti je popsáno téměř 400 druhů mykotoxinů produkovaných velmi širokým spektrem houbových patogenů, avšak pravidelně je kontrolován výskyt jen těch nejfrekventovanějších a nejškodlivějších z nich. Mezi časté producenty těchto látek patří např. druhy rodů *Alternaria*, *Aspergillus*, *Ceratocystis*, *Fusicoccum*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Penicillium*, *Rhynchosporium*, *Stachybotrys*, aj.. Je nutné dodat, že i jeden druh houbového patogena může produkovat více druhů mykotoxinů a naopak, i více druhů patogenů je schopno produkovat jeden konkrétní mykotoxin. [40] [42]

Nejčastěji se v potravinářských surovinách a krmivech rostlinného původu objevují tyto mykotoxiny: aflatoxiny, fumonisiny, ochratoxin A, patulin, námelové alkaloidy, roquefortin C, zearalenon a mykotoxiny ze skupiny trichothecénů. U kukuřice se sledují hlavně trichothecénové mykotoxiny (T – toxin a hlavně deoxynivalenol), zearalenon, fumonisiny, ochratoxiny a aflatoxiny. [31] [40]

3.3.1.1 T – 2 toxin

Je produkován hlavně kmeny *Fusarium poae*, *Fusarium solani* a *Fusarium sporotrichioides* z jiných rodů pak *Trichoderma lignorum*. Nejpravděpodobnější iniciála jeho škození je schopnost inhibice syntézy proteinů či změny struktury membrán. Působí převážně kožní problémy, často se vyskytují krvácivá ložiska v oblasti hlavy a pohlavních orgánů zvířete. U prasat způsobuje nejčastěji poruchy reprodukce, u skotu sníženou imunitu telat, poruchy srážlivosti krve a hemoragie. Typickým projevem je hemoragický syndrom vedoucí ke značné ztrátě krve krvácením do střev a břišní dutiny, často končící uhynutím. T-2 toxin je známý svojí vysokou akutní toxicitou. U lidí je T-2 toxin vyvolávajícím či spoluvyvolávajícím faktorem nemoci tzv. „Nemoci tří D (dermatitis, diarrhoe, demence)“ Pelagry. [31] [40] [41]

3.3.1.2 Deoxynivalenol (DON)

Dalším izolovaným toxinem, který lze izolovat z kontaminované kukuřice, je DON, jenž je produkován kmeny *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* a *Fusarium roseum*. DON, někdy taky nazývaný vomitoxin, je patrně nejfrekventovanějším a zřejmě nejvíce se vyskytujícím trichothecénem v potravinách a krmivech. Společně s T – 2 toxinem jsou původci alimentární toxické aleukie, která se rozvíjí zánětem ústní dutiny a gastrointestinální sliznice rezultujícím ve vomitismus (zvracení), průjmy a bolesti břicha, jenž může vyústit až k hemoragii, nekrotické angíně a poškození kostní dřevě. [31] [46]

DON je spojován se vznikem akutních mykotoxikóz v Asii. V roce 1980 došlo v Indii a v Číně ke vzniku mykotoxikózy tzv. „otravě červenou plísní“. Na základě současných poznatků akutní DON mykotoxikóza pro populaci ČR nehrozí. [47]

Deoxynivalenol také ovlivňuje negativně funkce trávicího traktu zvířat, a to má za následek snížené vstřebávání živin, snížení přírůstků a zhoršení růstu. Kromě toho vykazuje také zánětlivé a imunosupresivní účinky. K velmi citlivým zvířatům na DON patří zejména prasata. Postižená zvířata odmítají krmivo, zvrací a trpí průjmy, k dalším projevům intoxikace patří poruchy koordinace pohybů, hemoragie na sliznicích, aborty u březích samic či náhlý úhyn. Přezvýkavci jsou opět méně vnímaví, působení DON se projevuje např. snížením mléčné produkce, sníženou konverzí krmiva a průjmy. Z prováděných experimentů vyplynulo, že DON přechází do mléka jen velmi omezeně. [40] [43] [46] [48]

3.3.1.3 Zearalenon (ZEA)

Zearalenon je dalším metabolitem rodu *Fusarium* a v našich podmínkách je velmi často obsažen v různých zemědělských produktech rostlinného původu, v kukuřici především. Hlavním producentem zearalenonu je kmen *Fusarium graminearum*, který široce infikuje krmivářské a potravinářské obilí a je v něm schopen dosáhnout až 1900 ppm toxinu. V současné době bylo izolováno 15 derivátů základní struktury zearalenonu. [31] [40] [46]

Sice je zearalenon méně toxický než některé jiné mykotoxiny, avšak svými estrogenními účinky, při nichž poškozuje receptory estrogenů, způsobuje hyperestrogenismus a pokles plodnosti v chovech hospodářských zvířat. Bývá označován jako „nesteroidní hormon“. Mnoho problémů s reprodukcí v chovech je způsobeno právě tímto toxinem, kdy blokuje funkci přirozených hormonů, způsobuje zvětšení vulvy, dělohy a vaječnicků, výhřezy po-

chvy a rekta, tvorbu folikulárních cyst, poruchy říje, plodnosti, vývoje plodu a podobně. To může mít za následek následnou infertilitu, popř. úhyn zvířat z důvodu bakteriální infekce vyhřeznutých orgánů. Nejcitlivější na zearalenon jsou prasata, méně pak skot a drůbež. [31] [40]

Zearalenon není pravděpodobně karcinogenní, i když podporuje rozvinutý karcinom. Ve skladovaném obilí je velmi stabilní, ani mechanické zpracování jej neničí, zůstává nezměněn i po tepelném zpracování či fermentaci. Závažný je přechod tohoto mykotoxinu do mléka, kam se dostává od krav ze zearalenony kontaminovaného krmiva, což představuje hlavně riziko u dětí. U dospělých lidí toto riziko není zase tak závažné.¹² [31]

3.3.1.4 *Fumonisin* (*FUM*)

Fumonisin jsou relativně nově popsaná skupina mykotoxinů produkovaných druhy rodu *Fusarium* spp., konkrétně *F. moniliforme* a částečně *F. proliferatum*, popř. dalšími kmeny rodu *Fusarium*, kteří neprodukuje trichotheceny. Tyto patogeny jsou izolovány na kukuřici a kukuřičných produktech nejčastěji. Dosud bylo izolováno 7 fumonisinů: A₁, A₂, B₁, B₂, B₃, B₄, C₁ z nichž nejvýznamnější je fumonisin B₁. [31] [41] [46]

Fumonisin jsou relativně nejnebezpečnější pro koně, osly, prasnice a ovce, u kterých jsou jako důsledek příjmu kontaminovaného krmiva nejčastěji popsána závažná onemocnění typu leukoencefalomalacie (smrtelné onemocnění postihující mozek, játra a ledviny, projevuje se svalovým třesem, poruchami koordinace pohybů, vrávoravou chůzí, natažením nohou a krku až celkovým ochrnutím) a plicní edematický syndrom u prasat. U drůbeže fumonisin vyvolávají tzv. syndrom toxicity krmiva, u skotu a ovcí se může projevit sníženou užitkovostí či nefrotoxitou. Podle mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny Světové zdravotnické organizace, jsou fumonisin klasifikovány jako možné karcinogeny pro člověka (třída 2B), a lze předpokládat, že je etiologickým agens karcinomu jícnu. Chemická struktura fumonisinů je blízká sfingolipidům, a proto se chovají jako potentní inhibitory sfingolipidového metabolismu. Jsou strukturálně podobné sfinganin

¹² Pro zjištění rizika u lidí byly použity ovairektomizované dospělé opičí samice, nebyl však zjištěn žádný hormonální efekt při nižším příjmu než 50 µg zearalenonu/ kg tělesné hmotnosti denně. [31]

N-acetyltransferáze (klíčový enzym biosyntézy sfingolipidů) a mohou tak uplatnit svou biologickou aktivitu v blokaci biosyntézy sfingolipidů, a tím i mezibuněčné interakce (včetně interakcí mezi buňkami trávicího traktu) sfinganinu s sfingosinem v postižených tkáních. [31] [40] [42] [43]

3.3.1.5 Ochratoxiny

Ochratoxiny jsou skupinou mykotoxinů zahrnující sedm izokumarinových derivátů vždy spojených s fenylalaninem, které produkují druhy rodu *Aspergillus* (*A. ochraceus*, *A. alutaceus*, *A. sulphureus* aj.) nebo *Penicillium* (*P. verruculosum*, *P. commune* aj.). Mechanismus jejich toxicity spočívá v tom, že fenylalaninová část molekuly je zaměněná t-RNA za fenylanin. Ten je však v ochratoxinu navázán na kumaronovou část, která brání jeho navázání do proteinového řetězce. Tím dojde k zastavení syntézy proteinů s fenylalaninem. [6] [32]

V současné době jsou známy tři typy ochratoxinů, které se od sebe liší svoji toxicitou. Ochratoxin A, B a C. Nejtoxičtější je ochratoxin A, který působí na vyvíjející se centrální nervový systém, poškozuje ledviny a potlačuje imunitní reakce organismu. Je produkován během skladování zrn plísní *Aspergillus ochraceus*. Vzniká již od 16 % vlhkosti zrna a při teplotě 20 – 25 °C, takže bývá častější než aflatoxin. Ochratoxin B a ochratoxin C jsou méně toxické. [6] [31]

Krmivo obsahující ochratoxin A v množství 200 ng.g⁻¹ způsobuje otoky ledvin charakterizované atrofii proximálních tubulů. Biologický poločas ochratoxinu A v tkáních prasete je 4,5 dne. Úplná eliminace mykotoxinu vyžaduje několik týdnů od expozice. Symptomy popisované u zvířat byly zjištěny i u lidí v době průběhu endemické “ balkánské ledvinové choroby“. [31]

3.3.1.6 Aflatoxiny

Aflatoxiny jsou mykotoxiny odvozené od difuranokumarinového skeletu (deriváty 2,3-bifurano-5-metoxykuraminu). Jedná se o látky produkováné houbami *Aspergillus flavus* (35% kmenů produkuje aflatoxiny řady B) a *Aspergillus parasiticus* (téměř 100% kmenů je schopno produkovat aflatoxiny řady B i G). Producenti aflatoxinů potřebují k životu relativně vysokou teplotu – jejich životní optimum je 28 °C a také vysokou relativní vlhkost substrátu. Je známo, že pokud klesá vlhkost substrátu pod 12 %, životní cyklus pato-

gena se zastavuje. Za vhodných podmínek (vlhkost a teplota) jsou ale tyto plísně schopny růst a tvořit aflatoxiny na téměř všech rostlinných komoditách, které se poté do potravin dostávají z mléčných a masných produktů, s těmito substráty krmných zvířat. [26] [31] [40]

Alfatoxiny jsou velmi odolné chemické sloučeniny. Nepoškozují je vysoké teploty a jsou stálé i během zpracování suroviny. Dlouhodobým skladováním zrn obilovin se sice hladina mykotoxinů mírně snižuje, ale nalezeny byly i v obilovinách po sedmi letech skladování. [36]

Postupně byly identifikovány 4 typy aflatoxinů, a to tzv. aflatoxiny základní – B₁, B₂, G₁, G₂ a aflatoxiny odvozené – M₁, M₂, které vznikají konverzí v procesu trávení krmiv kontaminovaných aflatoxiny základními. M₁ byl identifikován v mléce živočichů, kteří zkonzumovali B₁. Aflatoxin B₁ je jedním z nejsilnějších dosud popsáných přírodních karcinogenů.¹³ Bylo dokázáno, že za 24 hodin od konzumace, dojnice přijímající B₁ v krmivu v množství 300 mg.g⁻¹, produkovala mléko obsahující 1 ng.ml⁻¹ M₁. Analyzovatelné množství M₁ mizí za 4 – 5 dní od posledního kontaktu s krmivem. [31] [40]

Podle velikosti přijaté dávky aflatoxinů dále dochází k různému stupni poškození jater, snížení hmotnosti a k narušení obranných mechanismů organismu. Vnímavé jsou všechny druhy hospodářských zvířat, především drůbež, mláďata a březí samice. Nejčastějšími příznaky intoxikace jsou nechutenství, gastroenteritidy, podkožní krvácení, krvácení z tělních otvorů a úhyny. [36] [39]

3.3.2 Stabilita mykotoxinů a jejich distribuce v kukuřičném zrně během potravinářského zpracování

Důkazy kontaminace mykotoxiny nejen v kukuřici, ale i v potravinách z ní vyrobených, jsou zaznamenávány po celém světě. Na základě toho lze tedy konstatovat, že mykotoxiny, vyskytující se v zrně jako potravinářské suroviny, mohou přecházet do potravin i při potravinářském zpracování. Během těchto procesů sice všeobecně dochází k poklesu obsahu

¹³ Díky schopnosti poškozovat strukturu nukleové kyseliny jsou aflatoxiny schopné indukovat mutace a mají karcinogenní efekt. [36]

mykotoxinů, avšak výše jeho eliminace závisí na způsobu zpracování. Kukuřičné zrno je možno zpracovávat těmito procesy: třídění, čištění, mletí, vaření, pečení, smažení, pražení, alkalické vaření (pro výrobu tortillas), sterilace a extruze. [44] [49]

Třídění a čištění jsou první procesy, které odstraněním zaplesnivělých a poškozených zrn od čisté suroviny a její následné čištění mohou přispět k významnému snížení koncentrace obsahu mykotoxinů. Avšak nelze je odstranit úplně. Proces mletí u kukuřičných zrn může být proveden dvěma způsoby, a to suchým nebo mokřím mletím. Při procesu suchého mletí sice nedochází ke snížení koncentrace mykotoxinů, avšak v jeho průběhu dochází k rozložení obsahu mykotoxinů do jednotlivých frakcí pomletého zrna. Nejvíce mykotoxinů přechází do vnějších frakcí (otruby a klíčky) sloužících po zpracování jako krmivo. To pak může být potenciálním zdrojem vzniku reziduí mykotoxinů v živočišných produktech a tím se opět vrátit do potravinového řetězce lidí. I když většina mykotoxinů přechází z vnitřních frakcí do vnější frakcí, ve frakcích pro výrobu potravin (krupice a mouka) byla vždy nalezena alespoň minimální kontaminace mykotoxiny. Při procesu mokrého mletí může zase docházet během máčení k přechodu mykotoxinů z kontaminované suroviny do máčecí vody (pro výrobu corn steep), do glutenu nebo do kukuřičných klíčků. Co se týče škrobu, v něm bývá koncentrace mykotoxinů relativně nízká až nulová. [44] [45] [49]

Při zbylých výše jmenovaných procesech dochází k teplenému zpracování. Pro snížení obsahu mykotoxinů jsou nejvýznamnější ty procesy, při nichž dochází ke zpracování pomocí vysokých teplot. Ačkoli se tím procesy pražení a extruze jeví jako nejspolehlivější a poměrně účinnou metodou, obsah mykotoxinů během zpracování není zcela redukován. Množství snížení obsahu mykotoxinů je závislé na výši teploty, na době jejího působení a na konkrétním druhu mykotoxinu. Pro účinnou redukci obsahu mykotoxinů je potřeba dosáhnout teplot vyšších 150 °C, to však lze v některých případech ještě zefektivnit přidáním aditiva (pro alfatoxiny přídavek např. 0,7 – 1,0 % NaOH; pro fumonisiny přídavkem deseti procent glukosy při teplotě 160 °C). Taktéž mikrovlnný ohřev je poměrně účinný, hlavně na skupinu trichothecénových mykotoxinů. [44] [45]

Vysoké teploty mohou sice být příčinou proměnného obsahu mykotoxinů v surovině během zpracování, ale většina mykotoxinů je poměrně stabilní ve většině procesů během zpracování. Nutno ale dodat, že všeobecně během potravinářského zpracování dochází k poklesu obsahu volných mykotoxinů v kontaminované surovině. [44] [45]

3.3.3 Důsledky působení mykotoxinů

Toxinogenitou se nazývá schopnost houbového organismu tvořit mykotoxiny. Mykotoxiny představují potenciální riziko jak pro člověka, tak také pro zvířata, a to zejména při konzumu kontaminovaných potravin a krmiv, které může následně vyústit k tzv. mykotoxikózám. Mykotoxikóza je patologický stav způsobený látkou, která má škodlivý vliv na lidský i zvířecí organismus, vyvolává onemocnění, popř. smrt. [32] [34] [36]

Symptomy mykotoxikóz mohou být nespecifické a občas obtížně odlišitelné od virových či bakteriálních chorob. Ve většině případů zvyšují mykotoxiny náchylnost k jiným onemocněním tím, že narušují funkci imunitního systému. Významné jsou i jejich mutagenní a karcinogenní účinky.¹⁴ Dále vykazují teratogenní, estrogenní, hemoragické, neurotoxické, cytotoxické, neurotoxické a hepatotoxické účinky. V těle konzumenta tak působí na většinu orgánů. Mezi hlavní postižené orgány patří především játra a ledviny, dále pak ústní dutina, gastrointestinální trakt, sliznici střev (čímž omezují absorpci živin), slezina, reprodukční orgány a mozek. Přehled významných mykotoxikóz je uveden v příloze P VI. [31] [39] [41] [43]

V závislosti na množství mykotoxinů, které organismus přijme, může být průběh mykotoxikóz buď akutní anebo chronický.¹⁵ Důsledky působení mykotoxinů na organismus jsou velmi různorodé v závislosti na druhu, stáří, pohlaví, aktuálním zdravotním stavu jedince, na typu toxinu, dávce a délce doby jeho působení. O časovém průběhu koncentrací mykotoxinů v organismu rozhodují takzvané toxikokinetické procesy. K nim řadíme absorpci, distribuci, biotransformaci (metabolismus) a exkreci. [31] [35] [41] [43] [48]

Absorpcí rozumíme děj, při kterém látka vstupuje z místa kontaktu s organismem do krve. Nejčastěji k tomu dochází v zažívacím traktu, kde gastrointestinální absorpcí dochází

¹⁴ Dosud byl kategorizován jako prokázaný karcinogen pro člověka pouze alfatoxin B₁. Ochratoxin A a fumonisin B₁ byly kategorizovány jako možné karcinogeny pro člověka. [41]

¹⁵ Významnou skutečností je relativně nízká akutní toxicita mykotoxinů (nejtoxičtější z nich mají milionkrát nižší toxicitu než botulinové toxiny). Mnohem významnější je toxicita chronická projevující se teragenitou, karcinogenitou, estrogenitou či imunosupresivní aktivitou. [31]

k pronikání toxinů do krevního řečiště, odkud se dále distribují do tkání (hlavně do jater). Poté, co se toxiny dostávají do jater, dochází k jejich biologické transformaci. [31]

Obdobně jako je tomu u kukuřičného zrna, je třeba sledovat výskyt mykotoxinů i v siláži. Deoxynivalenol, zearalenon a fumonisiny jsou zde také nejběžnějšími a nejdůležitějšími mykotoxiny tohoto typu. Bachorová mikroflóra přežvýkavců sice dokáže tyto toxiny degradovat, ale jen do určité míry. A tak i u nich dochází k mykotoxikózám. Mykotoxikózy se např. u dojnic projevují snížením imunity, alergickými reakcemi, poruchami reprodukce, poruchami nervové soustavy, dýchacího ústrojí, snížením konverze a využití krmiv či zvýšenou mortalitou v chovu. V důsledku oslabení přirozených obranných mechanismů a imunogeneze jsou poté dojnice, po konzumaci kontaminovaných krmiv, více vnímavé vůči různým infekčním onemocněním. Přechod mykotoxinů z kontaminovaných krmiv do potravin však závisí na výši jeho kontaminace jednotlivými mykotoxiny. Proto pro prevenci onemocnění a poruch vyvolaných mykotoxiny v chovech hospodářských zvířat, je třeba při výrobě krmiv a krmných směsí důsledně vyřazovat zaplísňené suroviny nebo suroviny, u kterých již došlo ke kontaminaci mykotoxiny. Jejich příznaky obvykle vymizí po odstranění kontaminovaného krmiva. [40] [43] [48]

Jedním ze způsobů, jak snížit toxicitu krmiva, a který se v praxi nejvíce používá, je použití minerálních jíílů (bentonit, zeolity a aluminosilikátové jíily), které na sebe mykotoxiny buď váží nebo je adsorbují. Vzniklé komplexy či absorbenty jsou poté nestravitelné, procházejí trávicím traktem a nakonec jsou z těla vyloučeny ve formě exkrementů. Použití minerálních jíílů má však i řadu nevýhod. Od příliš velkého množství, které musí být zařazeno do krmné dávky, a s tím související zanášení jíimek, až po nevýhodnou vlastnost vázat pouze užší spektrum těchto mykotoxinů (účinně váží pouze aflatoxiny). Nespecifická adsorpční schopnost jíílů má také za následek, že při jejich použití jsou z krmiva odstraňovány i další důležité látky, např. vitaminy a aminokyseliny. Poměrně nejúčinnějším způsobem se jeví použití esterifikovaných glukomannanů (EGM), které se získávají extrahováním z buněčných stěn kvasinek druhu *Saccharomyces cerevisiae*. Účinnost EGM je závislá na pH, avšak při porovnání s minerálními jíily jsou na vyvázání mykotoxinů mnohem účinnější. [50] [51] [52]

Ekonomický dopad účinku mykotoxinů lze charakterizovat v několika oblastech. Mykotoxiny se do potravinového řetězce dostávají rostlinnými i živočišnými produkty. Snížená užitkovost hospodářských zvířat je dalším negativním důsledkem mykotoxinové kontami-

nace¹⁶. V zemědělských podnicích v Rakousku způsobují deoxynivalenol a estrogenní zearalenon významné ekonomické ztráty. Vlhké a chladné počasí, jakož i náhlé změny denních a nočních teplot, způsobují u obilnin a kukuřice zvýšenou produkci fuzáriotoxinů. Proto je třeba jim věnovat maximální pozornost již v počátečním období a zabránit tak jejich průniku do krmivářských nebo potravinářských surovin už na poli. [34] [39] [43]

3.3.4 Legislativní rámec

Mykotoxiny v potravinářských surovinách a potravinách jsou limitovány ve většině států světa, Česká republika není výjimkou. V ČR, tak jako ve všech členských státech EU, jsou limity mykotoxinů stanoveny nařízením (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Toto nařízení bylo změněno v určitých bodech nařízením komise (ES) č. 1126/2007 ze dne 28. září 2007, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, pokud jde o fusariové toxiny v kukuřici a ve výrobcích z kukuřice. Maximální limity výskytu mykotoxinů v potravinách vyrobených z kukuřice pro sklizeň v roce 2007 jsou uvedeny v příloze P VII. [53] [54]

Pro kukuřici jako krmivo je stanoven obsah nežádoucích látek směrnicí (ES) č. 32/2002 ze dne 7. května 2002 o nežádoucích látkách v krmivech. Z hlediska mykotoxinů je zde stanoven pouze maximální obsah aflatoxin B1 (0,02 mg/kg) pro všechna krmiva, s výjimkou kompletních krmiv pro zvířata chovaná pro mléko (0,005 mg/kg). Pro obsah ostatních mykotoxinů se vztahuje Doporučení komise (ES) č. 576/2006 ze dne 17. srpna 2006 o přítomnosti deoxynivalenolu, zearalenonu, ochratoxinu A, T-2 a HT-2 a fumonisinů v produktech určených ke krmení zvířat (2006/576/ES), kde jsou uvedeny směrné hodnoty pro jednotlivé produkty určené ke krmení zvířat (viz příloha P VIII). [55] [56]

¹⁶ Ztráty způsobené mykotoxiny se v 90. letech odhadovaly na více než 1 bilion dolarů v Kanadě a více než 2,5 bilionů v USA. Podle odhadů Evropské komise se každý rok v Evropě vyrobí 160 milionů tun krmiv, z nichž 25 % je kontaminováno známými mykotoxiny, což při značně redukováném odhadu může činit finanční ztrátu 5 bilionů € ročně. [34]

4 MOŽNOSTI ZPRACOVÁNÍ KUKUŘICE

4.1 Potravinářské využití

4.1.1 Nutriční hodnota zrna kukuřice

Kukuřičné zrna je dobrým zdrojem energie, to znamená potravinou i krmivem velké nutriční hodnoty. Z hlediska fyziologie výživy má příznivé složení a je vysoce stravitelné. Bílkoviny, tuky a cukry, jako základ lidské výživy, se v zrnech kukuřice vyskytují v dostatečném množství, stejně tak jako minerální látky i vitamíny. Na obsah živin v zrnu mají značný vliv podmínky pěstování (půda, klima, hnojení), odrůda, ale i uskladnění zrna po sklizni. Průměrný obsah živin v kukuřici je uveden v tabulce *Tab. 2.* [6] [30] [57]

Tab. 2: Chemické složení zrna podle Pelshenkeho. [57]

Složky zrna	Obsah v %
minerální látky	1,5
Bílkoviny	10
Tuky	4,2
hrubá vláknina	2,4
Cukry	69
Voda	10,5

Bílkoviny se nacházejí ve všech částech zrna, kde jejich obsah závisí hlavně na odrůdě a na dusíkatém hnojení. Kukuřičné zrna obsahuje tři druhy bílkovin. Prolamin, rozpustný v etanolu a zastoupený hlavně zeinem. Globuliny, rozpustné v neutrálním solném roztoku, a glutelin. Nejvíce zastoupenou bílkovinou je zein. Je to neplnohodnotná bílkovina jejíž limitující aminokyselinou je lysin. Vysoký podíl zeinu ve směsi kukuřičných bílkovin je příčinou jejich nižší výživové hodnoty proti bílkovinám jiných obilnin. Nedostatky zeinu lze vyrovnat bílkovinami obsaženými v klíčku, jehož výživová hodnota je vysoká a vyrovnává se hodnotě bílkovin hovězího masa, ale jen tehdy, zkrmuje-li se celé neodklíčované zrna. Pro nižší jakost bílkovin kukuřice je ji ale nutné jako potravinu a krmivo doplňovat vhodnou skladbou potravin a krmiv bohatou na jakostní – plnohodnotné – bílkoviny. [6] [30]

Co se týče obsahu tuku, kukuřičné zrno, s výjimkou ovsa, má ze všech obilovin největší obsah tuku. Obsah oleje v zrnu kolísá podle odrůdy, půdních a klimatických podmínek od 3,5 % do 7 %. Kukuřice cukrová obsahuje až 8 – 9 % tuku. Velký význam ve výživě lidí má olej získávaný z klíčků, který obsahuje 50 % kyseliny linolové. Další mastnou kyselinou obsaženou v oleji v hojném množství je kyselina olejová, v malém množství pak kyseliny linolenová a arachová. Pro svůj vysoký obsah tuku se kukuřice hodí k vytučňovacímu výkrmu, při kterém se u skotu zlepšuje jakost masa i tuku. [6] [30] [58]

Potraviny z kukuřice (tak jako i z ostatních obilovin) jsou uhlohydrátového charakteru, což jsou jednoduché nebo složené chemické sloučeniny cukerného typu, z nichž nejvýznamnější je škrob a vláknina. Kukuřičný škrob obsahuje průměrně 72 % amylozy a 28 % amylopektinu, proto je lidským organismem dobře stravitelný, více než bramborový.¹⁷ Vlákniny obsahuje kukuřice nejméně ze všech obilnin, což je základem její stravitelnosti a krmné hodnoty, vhodnou zvláště k výkrmu prasat, která mohou dobře zužítkovat jen lehce stravitelná krmiva. [6] [30]

Kukuřičné zrno obsahuje průměrně okolo 1,5 % minerálních látek, což je v porovnání s ostatními obilovinami podstatně méně. Tak jako ostatní obiloviny je i kukuřičné zrno velmi chudé na vápník, ale bohaté na fosfor, který je v zrnu přítomen ve formě fytinu. Zrno obsahuje také značné množství draslíku a železa, ale jen málo sodíku a hořčíku. Přesto je možné konzumem většího množství kukuřice krýt podstatnou část celkové spotřeby minerálních látek lidského těla. Dále jsou v kukuřici obsaženy biologicky aktivní látky, jako jsou karoteny a vitamin E, které zvyšují nutriční hodnotu zrna. [30] [58]

I přes výše jmenované, nutriční hodnota zrna může být i vyšší. Genové inženýrství otevírá nové možnosti ve zkvalitnění potravinářských surovin nebo krmiv. Vhodnou genetickou modifikací můžeme zvýšit obsah zdravotně prospěšných komponentů, zajistit jejich výskyt tam, kde původně nebyly obsaženy, nebo naopak snížit či zcela eliminovat koncentraci nežádoucích složek potravin. Výzkum v této oblasti již delší dobu probíhá, ale zatím však v EU nedošlo ke komercializaci. [59]

¹⁷ Z hlediska složení kukuřičného škrobu mají jiné složení vosková kukuřice a amyložní hybridy, kterým bude věnována pozornost ve vztahu k výrobě škrobu v kapitole 4.1.2.

4.1.2 Kukuřice jako potravina

Kukuřice patří ve světovém měřítku spolu s pšenicí a rýží k nejrozšířenějším obilovinám. Širší potravinářské využití má však v původních oblastech pěstování (americké kontinenty), ale i v jižních státech Evropy (Rumunsko, Itálie). V ČR se využívá především pro výrobu škrobu, dále pak v cukrářství, pro výrobu dětské výživy, pudíngů, omáček a polévek, které se zahušťují kukuřičnou moukou, nebo se prodává jako zelenina, buď čerstvá nebo ve formě mraženého zrna. [6] [7] [30] [57]

Zrno kukuřice pro výrobu škrobu má být ve velkých homogenních partiích, rovnoměrně a zcela vyzrálé, s vysokým obsahem škrobu, který je možno izolovat v co nejčistší formě od ostatních složek zrna (tuk, bílkoviny, vláknina). Pro výrobu škrobu nejsou však vhodné všechny druhy kukuřice. Velmi dobré jsou zrna *convariet* koňský zub a kukuřice obecné žluté. Zvláštní druh škrobu poskytuje vosková a amylozní kukuřice. U voskové kukuřice působí gen *waxy* tak, že celá škrobová zrna sestávají jen z amylopektinu, kdežto u amylozních hybridů mají vysoký podíl amylozy. [6] [7] [57]

Při výrobě škrobu se po máčení nabobtnalé zrno rozdrobí a klíčky se oddělí. Máčecí voda je většinou zahušťována na 50 % sušiny na tzv. *corn steep*, a ten se poté používá buď pro fermentaci, nebo pro krmné účely. Ze suspenze škrobu a bílkovin se separují bílkoviny, z klíčku se po vyčištění a vysušení získává vylisováním či extrakcí klíčkový olej. Získaný škrob se poté rafinuje a dále odděluje na separátorech (odstředivkách). Voda, která zůstane ve škrobu po mechanickém odvodnění se odstraní sušením. Při izolaci škrobu z kukuřičného zrna se získávají další cenné vedlejší produkty – gluten, vláknina, výlisky, slupky, které se většinou používají pro suché krmné kukuřičné směsi. Získaný škrob lze využít nejen pro výrobu potravinářských výrobků, ale i pro průmysl ve formě modifikovaného škrobu. [6] [60]

Dále se kukuřice v potravinářství uplatňuje jako surovina v extruzivních technologiích (křupky, *corn flakes*, křehké chleby) nebo pro výrobu praženého výrobku *pop corn*. Základní surovinou pro výrobu *corn-flakes* je kukuřičná krupice na jejíž získání se používá tvrdá kukuřice s kulatými zrna. Pro výrobu *popcornu* a některých dalších specialit se používá pukancová kukuřice. U tohoto druhu kukuřice je množství fuzariózních palic zcela limitujícím faktorem. Proto se většina takovéto kukuřice dováží právě ze zemí, kde k jejímu pěstování používají GM odrůdy (Bt 11 hybridy). [2] [28] [61]

Kukuřičné mouce a krupici chybí pečivost a tudíž ji nelze využít v pekárenství samostatně, a to z důvodu, že kukuřičné bílkoviny nejsou způsobilé vytvářet lepkový komplex.¹⁸ Této vlastnosti kukuřice se však využívá především pro výrobu potravin pro lidi trpící Celiakií, což je autoimunitní hereditární onemocnění způsobené trvalou nesnášenlivostí (intolerancí) organismu na lepek, který je obsažen v pšenici, žitu a ječmeni. Potraviny vyrobené z kukuřice svým rozdílným složením lepku jsou pro tuto skupinu lidí vhodnou náhradou, uplatňující se při bezlepkové dietě. I když v poslední době vzrůstá v ČR význam kukuřice jako potravin, je ale především krmnou obilovinou, neboť se stále většina její produkce zkrmuje. [30] [57] [62]

4.1.3 Kukuřice jako krmivo

Kukuřice je velmi důležitou plodinou v chovu hospodářských zvířat. Ke krmení lze použít všechny nadzemní části rostliny i různé odpady při jejím průmyslovém zpracování. Pro krmné účely se kukuřice pěstuje na zrno a hlavně na siláž, případně na přímé zelené krmení, kdy se zkrmují celé rostliny. [6] [30]

Kukuřičné zrno se využívá jako jaderné krmivo a je hlavním komponentem krmných směsí při výkrmu prasat a drůbeže. Ke krmení se používá zrno buď celé, nebo rozemleté na kukuřičnou mouku, popř. šrotované na různou jemnost. U krmných směsí se požaduje vysoký obsah albuminů, které mají vyšší obsah lysinu na rozdíl od prolaminů a gluteninů.¹⁹ Proto se kukuřičný šrot zpravidla míchá s krmivy bohatými na bílkoviny. [6] [30] [57]

Silážní kukuřice hraje důležitou roli při výrobě objemných krmiv (siláží), pro které se sklízí celé rostliny. Nejvyšší koncentrace živin a stravitelnosti je dosahováno při sklizni rostlin s obsahem sušiny celé rostliny v rozmezí 30 – 33%. Rostliny jsou sklizeny samojízdnými řezačkami a konzervovány silážováním. Kukuřičná siláž v našich podmínkách posky-

¹⁸ Přídavek 10 % kukuřičné mouky k pšeničné mouce nemá negativní vliv na objemové množství chleba, ba dokonce slabou pšeničnou mouku zlepšuje, avšak při přídavku nad 20 % objemový výtěžek chleba rychle klesá. [30]

¹⁹ V USA a v Kanadě od roku 2008 mají k dispozici kukuřici se zvýšeným obsahem lysinu v zrnu nebo se zvýšeným obsahem velmi kvalitního klíčkového oleje a i v EU se v polních pokusech ověřují takovéto hybridy (www.env.cz). [9]

tuje nezastupitelnou energetickou složku výživy skotu. Při dělené sklizni se používají metody silážování CCM a LKS, kdy se sklízí palice při obsahu sušiny zrna 55 - 60 %. Metodou CCM jsou sklizeny odlistěné palice, které jsou drceny i s vřeteny na šrot a následně silážovány. U metody LKS jsou sklizeny kukuřičné palice i s listeny, pak šrotovány a silážovány. [6] [7] [30]

Zelené rostliny kukuřice se zkrmuji při sušině 14 – 15 % (mléčná zralost) v čerstvém stavu buď celé, nebo lépe ve formě řezanky. Je vhodná jako doplněk ke krmivům bohatým na bílkoviny a hodí se jako základní krmivo při výkrmu skotu, při krmení tažných koní a v přiměřených dávkách při krmení chovných prasnic. Ke krmným účelům se používá i kukuřičná sláma, vřetena a listeny. [30] [57]

4.1.4 Legislativa pro potraviny a krmiva vyrobené z GM kukuřice

Na úrovni ČR jsou základní požadavky na všechny potraviny stanoveny zákonem č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích, ve znění pozdějších předpisů. Bližší požadavky jsou stanoveny v prováděcích vyhláškách k zákonu. Dále pak veterinární zákon (166/99 Sb.) obsahuje některé zvláštní požadavky, které souvisejí se zdravotní nezávadností živočišných produktů a krmiv. Pro krmiva jsou základní požadavky stanoveny zákonem č. 91/1996 o krmivech, a rovněž jeho prováděcími vyhláškami. Na potraviny a krmiva GM původu se ještě navíc vztahuje zákon č. 78/2004 Sb. o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty ve znění pozdějších předpisů, podle kterého každý producent uvádějící GM produkt do oběhu je povinen zajistit, aby na obalu produktu bylo na viditelném místě uvedeno zřetelné označení „geneticky modifikovaný organismus“, popř. „tento výrobek obsahuje geneticky modifikovaný organismus,“ a jednoznačné identifikační číslo GMO (např. MON-ØØ81Ø-6) pokud obsahuje více než 0,9 % příměsí GMO schválených do oběhu stanovených vyhláškou 209/2004 Sb. [63] [64]

Na úrovni EU pro potraviny a krmiva z GMO platí nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1829/2003 o geneticky modifikovaných potravinách a krmivech a nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1830/2003 o sledovatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů a sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z geneticky modifikovaných organismů a o změně směrnice 2001/18/ES. Cílem těchto právních předpisů je stanovit povinnosti fyzických a právnických osob ve všech členských státech tak, aby byla zajištěna ochrana zdraví člověka, zvířat a životního prostředí.

4.2 Nepotravinářské využití

Zdroje, které budou v současném 21. století k dispozici, jsou a budou především živé organismy, tedy rostliny, zvířata a mikroorganismy. Živé organismy mohou být zdrojem tekutých paliv, chemikálií, plastů, stavebních materiálů, léčiv i ochranných prostředků. Biologické vědy musí nalézt takové způsoby ovlivňování a usměrňování živých organismů, které povedou k vysoké produkci biomasy a k tvorbě látek, které lidstvo bude potřebovat. [65]

Využívání GMO produktů přináší realizátorům vyšší produkci, nižší náklady a vysoké zisky. Využití v ČR je však zatím malé, i když v posledních letech byl zaznamenán trend růstu těchto produktů. [65]

4.2.1 Využití pro výrobu biolihu

Biolíh se z kukuřice, tak jako z každé jiné škrobnaté suroviny, vyrábí konvenční cestou jako líh pro potravinářské využití. Tento proces vyžaduje více vybavení a více páry než procesy založené na fermentaci cukernaté suroviny melasy. Škrob musí být nejdříve konvertován na zkvasitelné cukry, aby se mohla uskutečnit fermentace.²⁰ Výrobní proces zahrnuje tyto operace:

- zbavení zrna klíčků a mletí (zde jsou tři možnosti – obrušování celého zrna, suché mletí, mokré mletí - poslední z těchto tří je nejdražší, ale také nejflexibilnější, co se týče vedlejších produktů),
- separace endospermu od plev,
- zmazovatění škrobu a jeho hydrolýza na zkvasitelné cukry enzymem amylázou,
- fermentace – obvykle kvasinkami druhu *Saccharomyces cerevisiae*,
- destilace při které si získává cca 95% etanol. [66]

Bez ohledu na surovinu z které je vyráběn, je etanol vyráběn jako roztok ředěný ve vodě. Konverze tohoto ředěného roztoku na bezvodý etanol, vhodný pro využití jako pohonná

²⁰ V USA jsou pomocí genového inženýrství vyvíjeny hybridy kukuřice s obsahem enzymů štěpících škrob - amyláz v znu, které by tento proces konverze cukru usnadnily. [28]

látka, není však přímočará, protože etanol tvoří při varu stálou směs s vodou tzv. azeotropní směs, která nemůže být rozdělena na své složky jednoduchou destilací. Techniky na separaci vody od etanolu zahrnují azeotropickou destilaci s benzenem, pentanem nebo dietyléterem, extraktivní destilaci s benzinem nebo etylenglykolem, nízkotlakou destilaci, absorpci vody na absorbentu, například kukuřičné moučce, oxidu vápenatém, silikagelu, chloridu vápenatém a molekulárním sítu, membránovou separaci a kombinaci těchto technik. V provozu přeměňujícím kukuřici na etanol má využití kukuřičné moučky pro absorbování vody ty výhody, že kukuřičná moučka je dostupná při nízkých nákladech a spotřebované vysoušecí činidlo by bylo přeměněno na etanol. [66]

Čistý alkohol musí být denaturován, aby se zabránilo konzumaci lidmi. To může být provedeno přidáním 2 – 5 % benzínu. Nakonec mohou být zpracovány i vedlejší produkty. Hlavními vedlejší produkty v procesu jsou oxid uhličitý a pevné zbytky po kvašení, které lze používat jako krmiva pro skot, prasata, drůbež a ryby. [66]

4.2.2 Využití pro výrobu bioplynu

Bioplyn lze vyrábět z kejdy, chlévské mrvy, biologicky odbouratelných domovních odpadů, odpadů z čistíček odpadních vod či z vedlejších produktů potravinářského průmyslu (z tukového průmyslu, z konzerváren, lihovarů, jatek, mlékáren, škrobáren atd.). Hlavní důraz je ovšem kladen na zpracování zvířecích exkretů a účelově pěstované vhodné energetické fytomasy, kterou kukuřičná siláž bezpochyby je. [10]

Bioplyn vzniká anaerobní digescí organických látek za pomoci bakterií. Na digesci se podílí velká řada různých kmenů bakterií, ale proces lze charakterizovat čtyřmi fázemi, při kterých se organické látky štěpí na stále jednodušší látky. Jsou to hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze, při níž dochází k vlastní tvorbě metanu, který se po odstranění vedlejších produktů (sirovodík, voda a amoniak) spaluje pro energetické účely v kogenerační jednotce. [67]

Anaerobní digesce může zabezpečit ekologické palivo pro výrobu tepla, elektrické energie i provoz motorů mobilních zařízení. Ve srovnání s postupy termické konverze fytomasy je účinek anaerobní digesce fytomasy na snížení produkce CO₂ vyšší a navíc nedojde ke znehodnocení rostlinných živin, zejména dusíku. Avšak nutno podotknout, že technologie využití bioplynu je proti spalování fytomasy technologicky náročnější. [10]

Potřeba nekrmivářského využití fytomasy je v ČR způsobena omezením stavu skotu téměř na poloviční stav proti roku 1989. Největší pokles je převážně v marginálních zemědělských oblastech, kde se útlum potravinářské produkce řeší zatravněním orné půdy. Konkurenceschopnost bioplynu však bude stoupat se zvyšujícími se cenami energií a enviromentálními požadavky lidí. [10]

4.2.3 Využití pro výrobu biodegradovatelných plastů

K nejvýznamnějším chemikáliím uhlíkatého charakteru patří plasty, které lze vyrábět i z kukuřice. Základem výroby plastů je škrob (jeho část – amyulóza). Ten je po zcukření fermentován na kyselinu mléčnou a z ní přes monomer se získávají laktosy, a z nich přes polymer PLA (polylactic acid) jako výchozí surovina pro nejdůležitější modifikace polymerů. Z těch poté lze vyrábět obaly, šaty, obleky a netkané textilie. [65]

V ČR jsou vyráběny plasty i pro výrobu obalů. ČR je dokonce velkým výrobcem plastových obalů. Produkci však vzniká i obrovské množství odpadu, se kterým si nikdo neví rady. Malá skupina odborníků v ČR proto vyvíjí obaly s podílem škrobu kukuřice. Kukuřice je po zrnech žita nejvhodnější surovinou pro výrobu obalových materiálů. Krupice, získaná z kukuřičného zrna, je snadno extrudovatelná a pod tlakem, za přítomnosti vody a při vysoké teplotě po krátkou dobu, extruduje. Bobtnáním a zmazováním škrobu vznikne pěnovitá hmota, srovnatelná svou elasticitou, stabilitou i jinými vlastnostmi i vzhledem, se syntetickými hmotami.²¹ Navíc je biologicky odbouratelná a má krátkou dobu rozpadu, kterou lze regulovat. Dokončení tohoto výzkumu si však vyžádá ještě značného výzkumného a vývojového potenciálu. Bude-li však výzkum dořešen, mohli bychom patřit mezi první země, které by vyráběly ekologické obaly. [6] [65]

²¹ Ke kukuřičné krupici lze také přidat sádro a cement. Získaná hmota je pak použitelná i ve stavebnictví. [6]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo ověřit, zda důvody pro pěstování GM kukuřice v ČR jsou opodstatněné a na základě zjištěných výsledků zvážit možnosti jejího dalšího využití, ať již pro potravinářské či nepotravinářské účely.

Aby bylo dosaženo stanoveného cíle práce, bylo nutné se v teoretické části zaměřit :

- na zpracování literární rešerše v oblasti pěstování kukuřice s důrazem na nejzávažnějšího kukuřičného škůdce zavíječe kukuřičného, na výskyt patogenních hub a na globální aspekty zvyšující důležitost jejího pěstování
- na zhodnocení možnosti použití tří způsobů hospodaření v ČR - konvenční pěstování, ekologický způsob a konvenční pěstování s využitím GM plodin (Bt-hybridů kukuřice, nyní výhradně MON 810 s vloženým transgenem s odolností vůči zavíječi kukuřičnému)
- na vyhledání možností využití kukuřičného zrna popř. siláže v podmínkách ČR

Pro dosažení cíle praktické části diplomové práce bylo nutné:

- vybrat vhodnou lokalitu pro hodnocení, na které byly pěstovány Bt-hybridy i s jejich izogenními liniemi
- provést hodnocení napadení palic mykózami a zhodnotit souvislost s napadením zavíječe kukuřičného
- stanovit výnosové parametry hybridů v dané lokalitě a úroveň výskytu mykotoxinů v kukuřičném zrna
- statisticky vyhodnotit vzájemné vztahy mezi jednotlivými faktory zhoršujícími jakost a výnosnost kukuřičného zrna
- porovnat výsledky dosažené v praktické části s výsledky dosaženými jinými organizacemi nebo jedinci

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Výběr pokusného pole a charakteristika vzorků

Pro dosažení cíle praktické části diplomové práce byla, z hlediska intenzity pěstování kukuřice, výskytu zavíječe a fuzarióz palic, vybrána zemědělská kukuřičná oblast v lokalitě Čejč.

Pro vlastní stanovení a hodnocení bylo vybráno pokusné pole, na kterém probíhala veřejná sklizeň firmy KWS OSIVA s.r.o konané dne 27.9.2007, kde kromě firmy KWS měly zastoupení svých hybridů také tyto firmy: Syngenta, VP Agro, Pioneer a Dekalb (Monsanto).

Na pokusném poli bylo vysazeno 26 hybridů kukuřice vždy po čtyřech řádcích (spon 70 x 17,5 cm), o ranosti v rozmezí FAO 290 – 410 (kromě hybridu KWS 1393, který měl ranost FAO 450), z nichž ve dvou případech se jednalo o geneticky modifikované hybridy, neboli Bt-hybridy (označené velkými písmeny YG) a jejich izogenní linie, tj. tentýž hybrid, do kterého nebyl vložen transgen pro odolnost vůči zavíječi kukuřičnému. Konkrétně se jednalo o hybridy firmy Pioneer PR38 A24 s PR38 A25 YG a hybridy firmy Dekalb DKC 3511 s DKC 3511 YG. Všechny pěstované a zároveň také hodnocené hybridy budou dále uvedeny v tabulce *Tab. 5*. Pěstované hybridy byly během vegetace označeny kolíky s číslovkami pro snadnější identifikaci sklizených hybridů.

Pro stanovení obsahu mykotoxinů a vlhkosti zrna byly vzorky odebírány při sklizni dle metodiky ÚKZÚZ - Národního odrudového úřadu (VCU/1) tj. od každého hybridu bylo odebráno množství cca 1 kg zrna. Odebrané vzorky byly přepraveny do laboratoří pro stanovení mykotoxinů v papírových pytlících, pro stanovení sklizňové vlhkosti v igelitových černých pytlících. Po dopravení do laboratoře byly vzorky ihned zpracovány.

6.2 Stanovení výnosových parametrů

Výnos zrna z parcely nepřepočtený na standardní vlhkost (kg) byl zjištěn při sklizni vážením na nájezdové váze. Výnos byl stanoven pro každý hybrid s přesností na setiny kilogramu při sklizňové vlhkosti.

Sklizňová vlhkost byla stanovena dle platné normy ČSN, ISO 6540 (46 1016). Byl použit postup, při kterém se suší celá zrna (10 g) po dobu 38 hodin \pm 2 hodiny, při 130 – 133 °C

do konstantní hmotnosti. Podle úbytku váhy zrn před sušením a po sušení byla vypočítána sklizňová vlhkost.

Výnos zrna přepočítaný na standardní 14% vlhkost. Přepočet výnosu byl proveden dle vzorce uvedeného v dokumentu VCU/1, a to automaticky v HSP protokolu (Databázový pořizovací protokol - počítačový program) po zadání nepřepočteného výnosu z parcely a sklizňové vlhkosti.

6.3 Hodnocení mykóz palic v souvislosti s napadením zavíječe kukuřičného

Hodnocení bylo provedeno podle metodiky ÚKZUZ pro zkoušky užité hodnoty odrůd uvedené v dokumentu VCU/1. Pro účely této metodiky jsou:

Mykózy kukuřice – choroby palic kukuřice, kdy jsou palice napadeny celou řadou patogenních hub (*Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Botrytis cinerea*, *Nigrospora oryzae*), z nichž největší význam má rod *Fusarium*. Symptomy napadení jsou viditelné po sloupnutí krycích listenů. Napadena mohou být zrna i větvena. Choroba může mít v závislosti na původci napadení charakter růžové (*Fusarium* spp.), nebo hnědé hniloby palic (*Penicillium* spp., *Botrytis cinerea*), nebo suchého trouchnivění (*Fusarium moniliforme*, *Nigrospora oryzae*). Ve všech případech je na povrchu infikovaných pletiv patrný povlak mycelia a reprodukčních orgánů patogena.

Zavíječ kukuřičný – motýl, který sám o sobě není pro kukuřici škodlivý. Škody páchané na porostech kukuřice jsou způsobovány jeho housenkami. Housenky jsou hnědožluté, délky do 3 cm. Mladé housenky nejprve vyžírají malé otvůrky v listech, později se zavrtávají do stonků a palic. Otvorem, kterým housenka pronikla do rostliny vypadává její hnědý trus a zbytky poškozených pletiv. Silně napadená rostlina se láme. U palice se může zavrtávat jak do zrna, tak i do větvena. Poškozené místo je pak náchylné k napadení houbovým patogenem.

Hodnocení slouží na základě grafického vyhodnocení k přesnějšímu určení, zda se jedná o náchylnost odrůdy k mykózám (zejména fuzariózám), či zda se jedná spíše o důsledek předchozího napadení zavíječem. Hodnocení bylo provedeno ve fázi 89 (plná zralost - zrna ztvrdlá a lesklá přibližně 75 % sušiny v znu, těsně před sklizní) v pěti opakováních. Při každém opakování bylo hodnoceno dvacet po sobě jdoucích rostlin. Hodnocení probíhalo

na prostředních sklizňových řádcích ve středu parcely. Výsledky z pěti opakování byly poté zprůměrovány a přepočteny na procenta celkového napadení palic jednotlivých hybridů.

Hodnocené znaky pro každé opakování:

1. počet fuzariózních palic (ks/20 rostlin) – počet všech fuzariózních palic,
2. stupeň napadení fuzariózami (9-1) – podle níže uvedené stupnice (Tab. 3) se bodově hodnotí každá napadená palice, výsledná hodnota je průměrem všech hodnocení na parcele,

Tab. 3: Stupnice pro hodnocení stupně napadení fuzariózami

Stupnice:	Počet napadených zrn
9	bez napadení
7	Napadeno do 5 zrn na palici
5	Napadeno do 15 zrn na palici
3	Napadeno do 50 zrn na palici
1	Napadeno více než 50 zrn na palici

3. fuzariózy + zavíječ - počet fuzariózních palic, které jsou současně napadeny zavíječem,
4. pouze zavíječ - počet palic, které jsou napadeny zavíječem, ale nejsou napadeny fuzariózou,
5. zavíječ celkem – celkový počet palic napadených zavíječem, vypočte se sečtením hodnocení znaku 3. a 4.

K záznamu polního hodnocení a výpočtu slouží vzorová tabulka (pro jedno opakování).

	VR zrno	Fuzariózy - hodnocení - 20 rostlin																				Výpočet
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	odrůda 1																					
	1) počet fuzariózních palic	■			■		■	■	■			■			■	■				■		9
	2) stupeň napadení fuz. (9-1)	5			7		5	5	5			7								3		5,3
	3) fuzariózy + zavíječ				■				■			■										3
	4) pouze zavíječ			■							■			■			■		■		■	5
	5) zavíječ celkem = řádek 3+4			■							■			■			■		■		■	8

Obr. 2: Příklad tabulky pro 1. opakování hodnocení mykóz v palici v souvislosti s napadením zavíječem

6.4 Stanovení obsahu mykotoxinů

V teoretické části práce byla věnována pozornost nejvýznamnějším mykotoxinům vyskytujících se na kukuřici, jenž bezpochyby jsou aflatoxiny, ochratoxiny, fumonisiny, zearalenon, deoxynivalenol a T-2 toxin. Avšak z důvodu finanční náročnosti stanovení obsahu mykotoxinů, byly v praktické části pro stanovení vybrány tyto mykotoxiny: deoxynivalenol (DON), zearalenon (ZEA) a suma fumonisinů B₁ a B₂ (FB₁ + FB₂).

Stanovení obsahu mykotoxinů na zrnech jednotlivých hybridů bylo provedeno společností Agrotest fyto, s.r.o., se sídlem na Výzkumném ústavu zemědělském v Kroměříži, s.r.o. na základě Smlouvy o dílo č. 6635/2007-17220 s Ministerstvem zemědělství ČR.

Analýzy mykotoxinů byly prováděny imunoenzymatickou ELISA metodou za použití komerčně prodávaných kitů pro kvantitativní stanovení. Pro deoxynivalenol (DON) byl použit kit RIDACSREEN[®]FAST DON od výrobce R-Biopharm (Darmstadt, Germany) a pro stanovení zearalenonu RIDACSREEN[®]ZEA od stejného výrobce. Fumonisiny byly stanoveny kitem Veratox[®]Quantitative Fumonisin HS Test od firmy NEOGEN Corporation (USA). Tento test stanovuje celkový obsah fumonisinů.

Principem imunoenzymatických analýz je reakce antigen-protilátka, kdy volný mykotoxin ze vzorku a přidávaný konjugát mykotoxin-enzym soutěží o volná vazná místa protilátky. Nenavázaný konjugát je pak odstraněn v promývacím kroku. Reakce je zviditelněna přidáním chromogenu, který změní barvu navázaného konjugátu a následně je celý reakční proces zastaven přidáním stop činidla. Měření je prováděno fotometricky (spektrofotometr Dynex MRX II, Dynex, USA), v případě použitých kitů pro DON a ZEA při vlnové délce 450 nm a pro fumonisiny 630 nm.

Hodnoty označené ve výsledcích „pod LOD“ jsou nižší, než je detekční limit (LOD) použité analytické metody (viz. Tab. 4). Hodnoty obsahu mykotoxinů jsou uváděny v jednotkách µg/kg (ppb).

Tab. 4: Detekční limity pro jednotlivé mykotoxiny

Mykotoxin	LOD (µg/kg)
DON	51
ZEA	1,75
FB ₁ +FB ₂	50

6.5 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu UNISTAT verze 5.5.05. Bylo potřeba zjistit vzájemnost vztahů mezi výsledky z hodnocení napadení palic mykózami v souvislosti s napadením zavíječe kukuřičného a obsahem jednotlivých mykotoxinů. Pro zjištění vzájemných vztahů mezi těmito faktory byl zvolen v programu UNISTAT výpočet Pearsonova korelačního koeficientu.

$$\rho_{X,Y} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E((X - \mu_X)(Y - \mu_Y))}{\sigma_X \sigma_Y},$$

Protože $\mu_X = E(X)$, $\sigma_X^2 = E(X^2) - E^2(X)$ a obdobně pro Y , můžeme psát:

$$\rho_{X,Y} = \frac{E(XY) - E(X)E(Y)}{\sqrt{E(X^2) - E^2(X)} \sqrt{E(Y^2) - E^2(Y)}}$$

Obr. 3: Vzorec pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu

Tento korelační koeficient může nabývat hodnot od -1 až po $+1$. Hodnota korelačního koeficientu -1 značí zcela nepřímou závislost, tedy čím více se zvětší hodnoty v první skupině znaků, tím více se zmenší hodnoty v druhé skupině znaků. Hodnota korelačního koeficientu $+1$ značí zcela přímou závislost. Pokud je korelační koeficient roven 0 , pak mezi znaky není žádná statisticky zjištělná závislost. Závislost mezi jednotlivými znaky byla následně vyhodnocena na $0,1\%$; 1% a 5% hladině významnosti (tj., že maximální pravděpodobnost zamítnutí správné hypotézy je $0,1\%$; 1% nebo 5%).

7 VÝSLEDKY

7.1 Stanovení výnosových parametrů

Výnos rostliny se tvoří v procesu fotosyntézy, růstu a vývoje. Z praktického hlediska je tvorba výnosu závislá nejen na biologickém materiálu (tj. na hybridech), na organizaci porostu, na minerální výživě, na vodním režimu, na složení půdy, na průběhu počasí, ale i na stupni napadení porostu škůdci a chorobami. Interakce všech těchto faktorů je velmi významná a určuje výnos daného hybridu v lokalitě jeho pěstování. Výsledky výnosových parametrů zrna pěstovaných hybridů v lokalitě Čejč jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 5). U hybridu DK 4626 nebylo možné uvést výsledky z důvodu poruchy váhy.

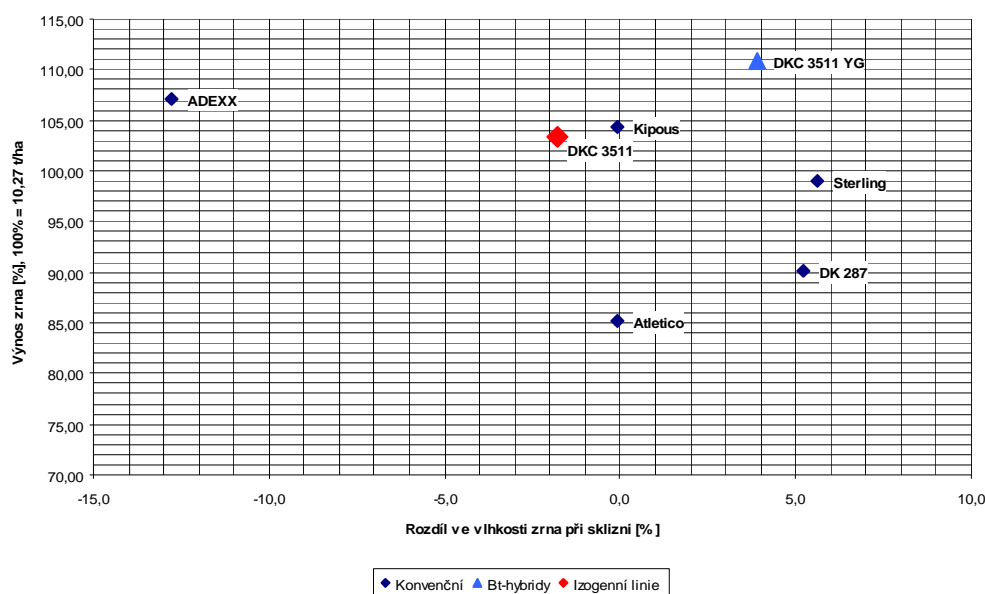
Tab. 5: Výnosové parametry zrn pěstovaných hybridů v lokalitě Čejč

Číslo vzorku	Hybrid	FAO zrno	Výnos vlhkého zrna v t/ha	Sklizňová vlhkost v %	Výnos zrna při 14% vlhkosti v t/ha
1.	NK Altius	330	12,30	21,1	11,04
2.	NK Hermo	370	13,01	21,5	11,87
3.	TARANIS	310	11,14	22,3	10,06
4.	ADEXX	300	10,99	19,9	10,23
5.	TEXUD	340	12,26	24,1	10,82
6.	SAXXO	400	13,81	24,6	12,11
7.	PR38 A24	370	11,49	22,4	10,36
8.	PR38 A25 YG	370	13,08	22,7	11,76
9.	PR37 F73	380	13,68	22,8	11,55
10.	Sterling	290	10,16	24,1	8,97
11.	Kipous	290	10,71	22,8	9,62
12.	Havane	320	11,14	22,7	10,01
13.	KWS 2376	340	13,73	24,4	12,07
14.	Amandha	410	14,03	25,4	12,17
15.	Kursus	410	14,03	26,3	12,03
16.	KWS 1393	450	12,53	22,5	11,30
17.	Kapsus	360	11,94	21,5	10,89
18.	KWS 5375	SPz	11,79	21,1	10,81
19.	KXA 5387	SPz	13,03	23,5	11,59
20.	KXA 6474	SPz	8,86	23,3	7,91
21.	Atletico	290	8,74	22,8	7,84
22.	DK 287	270	9,26	24,0	8,19
23.	DKC 3511 YG	300	11,39	23,7	10,10
24.	DKC 3511	300	10,61	22,4	9,58
25.	DK 440	350	12,73	25,9	10,92
26.	DK 4626	380	-	24,1	-

Z výsledků uvedených v *Tab. 5* vyplývá, že největší výnos v dané lokalitě vytvořil hybrid č. 14, jenž byl 12,17 t/ha při 14 % vlhkosti, nejmenší pak hybrid č. 21 s výnosem 7,84 t/ha při téže vlhkosti zrna. Při porovnání Bt-hybridů (GM) s jejich izogenní linií byly zaznamenány vyšší výnosy u Bt-hybridů. Příčinou zvýšení jejich výnosů bylo především nižší napadení fuzariózami a zavíječem kukuřičným, jak tomu svědčí výsledky uvedené v následující kapitole 7.2 (*Tab. 6, Graf 7. a 8.*).

Pro přesnější porovnávání výnosnosti hybridů, byly jednotlivé hybridy zařazeny do skupin dle čísla ranosti FAO, a to do FAO 201-301, FAO 301-400 a FAO nad 400 (stupnice čísla ranosti je uvedena v příloze P III). Na základě takto rozříděných skupin byly hybridy vyneseny do grafů (*Graf 4., 5. a 6.*), ze kterých lze vyčíst relativní ranost hybridu v lokalitě (kladný rozdíl vlhkosti znamená pozdnější dozrávání zrna, nebo zpomalené uvolňování vlhkosti při dozrávání) a výnosovou úroveň hybridu vzhledem k průměru výnosů celého souboru.

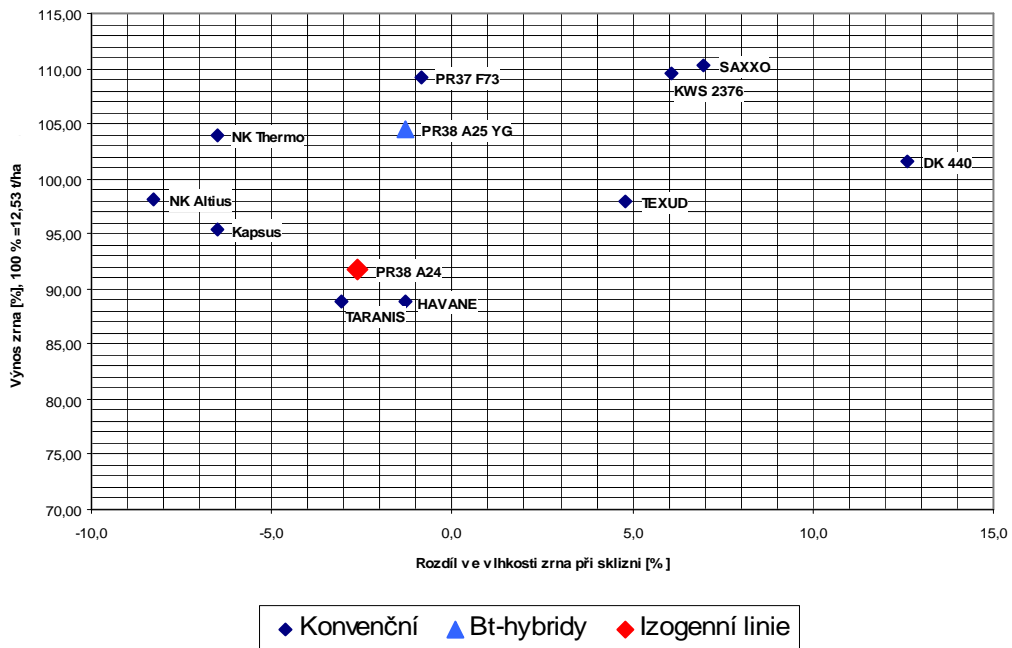
Graf 4: Výnos zrna v závislosti na ranosti hybridu (FAO 201 -300)



Z grafu (*Graf 4.*) je zřejmé, že Bt-hybrid poskytoval mezi hybridy o stejné ranosti vyšší výnos než ostatní hybridy. Při porovnání s jeho izogenní linií zjistíme, že Bt-hybrid poskytoval o 7 % vyšší výnos než izogenní linie a při porovnání s celým souborem překročil jeho průměr o 11%. Příčinou toho bylo především pozdnější dozrávání Bt-hybridu, v důsledku nižšího napadení zavíječem. Všeobecně platí, že napadené rostliny rychleji dozrávají z důvodu rychlejšího uvolňování vlhkosti ze zrna, i když uvolňování vlhkosti ze zrna je

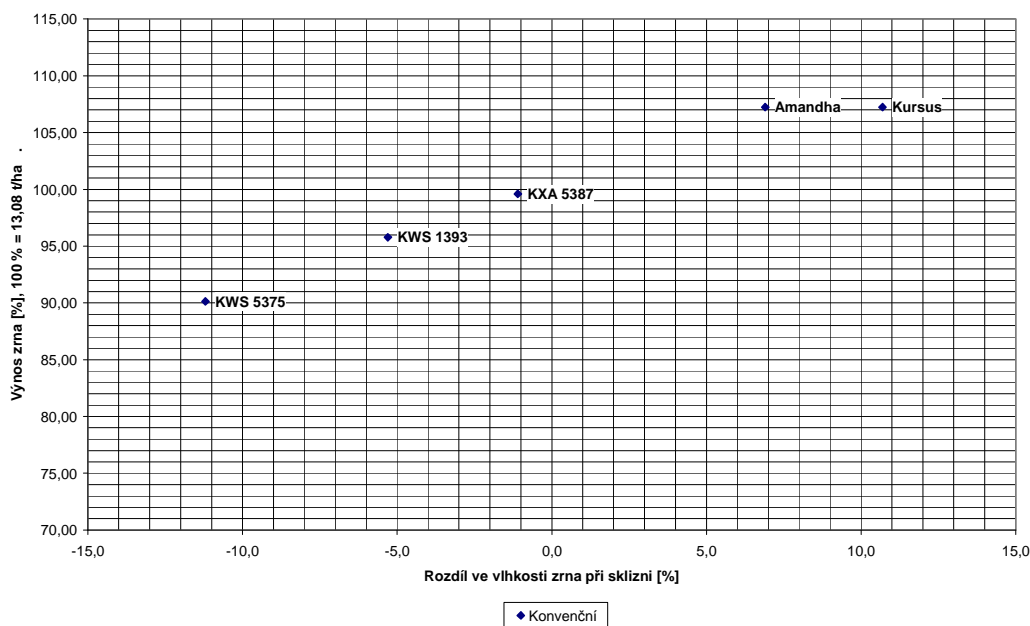
i výrazně odrůdovou vlastností. Vlhkost zrn při dozrávání se tedy rychleji uvolňovala z izogenní linie. Porost Bt-hybridu byl v době sklizně zdravý a zelený, měl vyšší vlhkost a tudíž déle asimiloval a poskytoval i větší výnos.

Graf 5: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu (FAO 301 -400)



Hybridy uvedené v grafu (Graf 5.) tvořily nejčetnější skupinu na pokusném poli v lokalitě Čejč. Porovnáme-li Bt-hybrid s ostatními hybridy v této skupině, zjistíme, že neposkytoval nejvyšší výnos, avšak poskytoval vyšší výnos než jeho izogenní linie. Rozdíl mezi výnosem těchto hybridů činil 13 %. Nutno také dodat, že izogenní linie byla 8 % pod průměrnou výnosovou úrovní celého souboru hybridů (12,68 t/ha). Na základě výsledku z grafů (Graf 5. a 6.) je tedy zřejmé, že Bt-hybridy poskytovaly v lokalitě Čejč vyšší výnosy než jejich izogenní linie.

Graf 6: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu (FAO 401 -500)



V grafu (Graf 6.) sice nejsou zaznamenány žádné Bt-hybridy ani jejich izogenní linie, ale je zde potvrzen fakt, že pozdnější hybridy poskytují vyšší výnosy. Průměrná výnosová úroveň celého souboru byla 13,08 t/ha.

7.2 Hodnocení mykóz palic v souvislosti s napadením zavíječe kukuřičného

Jak bylo uvedeno v předchozí kapitole, na velikost výnosů má vliv i napadení porostu škůdci a chorobami. Jsou však i jiné závažnější důvody, kromě tvorby výnosu, proč toto napadení hodnotit a pravidelně sledovat. Napadením škůdcem dochází k oslabení obranného mechanismu rostliny, a ta je pak náchylná i k různým chorobám. Nejzávažnějším problémem, nejen pro potravinářské využití, jsou právě fuzariózy palic, kterými jsou následně za vhodných podmínek produkovány zdravotně závadné mykotoxiny.

Hodnocení mykóz palic v souvislosti s napadením zavíječe kukuřičného bylo provedeno ve dnech 19. – 22. 9. (tj. týden před sklizní) na dvou prostředních řádcích každého hybridu dle uvedené metodiky. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6), na základě kterých bylo posléze provedeno i grafické vyhodnocení pěstovaných hybridů (Graf 7. a 8.).

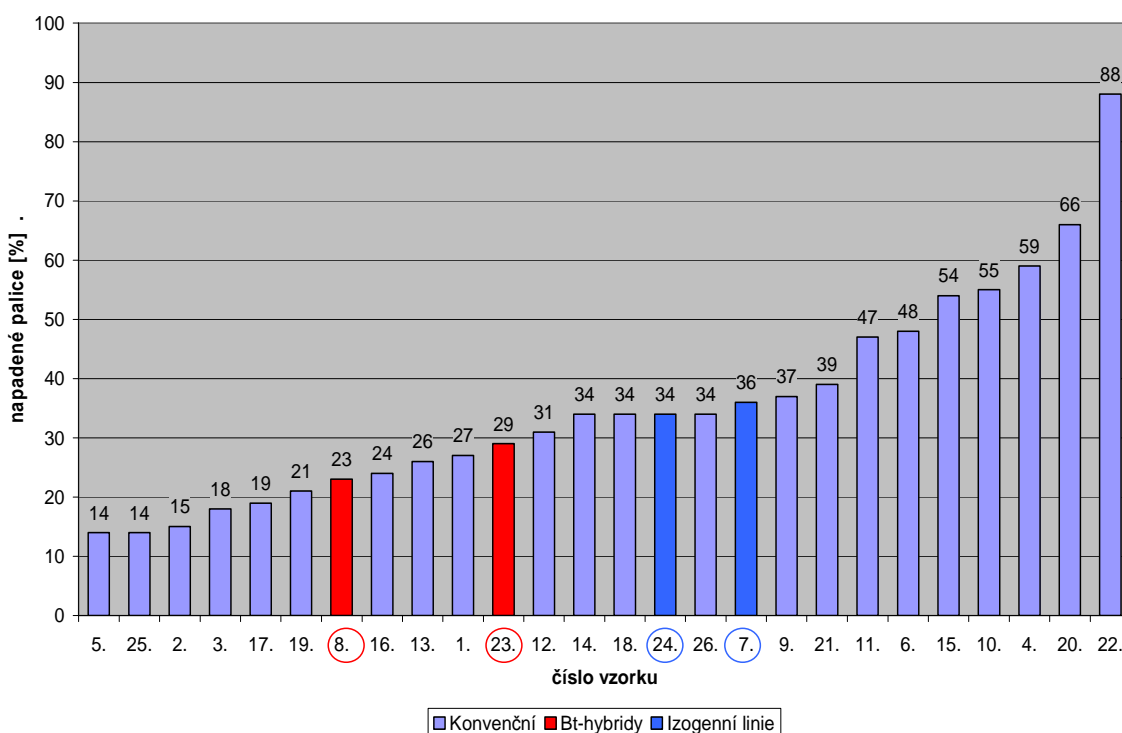
Tab. 6: Výsledky hodnocení napadení palic fuzariózami a zavíječem kukuřičným (v %)

Číslo	Hybrid	Počet fuzarióz-ních palic	Stupeň napadení fuz. (9 - 1)	Pouze fuzá-rium	Fuz. + zavíječ	Pouze zavíječ	Zavíječ celkem
1.	NK Altius	27	8,26	17	10	5	15
2.	NK Thermo	15	8,56	5	10	3	13
3.	TARANIS	18	8,60	12	6	2	8
4.	ADEXX	59	7,44	35	24	2	26
5.	TEXUD	14	8,64	9	5	1	6
6.	SAXXO	48	7,58	38	10	1	11
7.	PR38 A24	36	7,98	24	12	2	14
8.	PR38 A25 YG	23	8,38	23	0	0	0
9.	PR37 F73	37	7,95	24	13	6	19
10.	STERLING	55	7,36	46	9	3	12
11.	KIPOS	47	7,50	37	10	3	13
12.	HAVANE	31	8,06	19	12	2	14
13.	KWS 2376	26	8,34	14	12	3	15
14.	AMANDHA	34	8,20	29	5	1	6
15.	KURSUS	54	7,26	52	2	1	3
16.	KWS 1393	24	8,28	17	7	0	7
17.	KAPSUS	19	8,56	4	15	1	16
18.	KWS 5375	34	8,10	24	10	0	10
19.	KXA 5387	21	8,38	17	4	1	5
20.	KXA 6474	66	6,36	49	17	0	17
21.	ATLETICO	39	8,00	31	8	2	10
22.	DK 287	88	4,56	82	6	0	6
23.	DKC 3511 YG	29	8,36	29	0	0	0
24.	DKC 3511	34	8,20	25	9	2	11
25.	DK 440	14	8,66	12	2	2	4
26.	DK 4626	34	8,04	33	1	0	1
X.	Průměr konv.	36	7,87	27	9	2	11

Na základě výsledků uvedených v tabulce (Tab. 6) se potvrdila rezistence vůči zavíječi kukuřičnému u obou Bt-hybridů. Na palicích těchto hybridů nebylo zaznamenáno žádné napadení tímto škůdcem, což mělo za následek nižší napadení palic (počtu napadených palic i stupně jejich napadení) fuzariózami, než bylo u jejich izogenních linií (viz Graf 7.). Zvláště u hybridu č. 8 (YG) s č. 7 byl rozdíl výrazný (13 %). Rovněž podle stupně napadení palic fuzáriem lze usuzovat, že zrna palic Bt-hybridů byla méně napadena než u jejich izogenních linií, avšak rozdíl nebyl tak výrazný, jako u počtu napadených palic. Nutno ale dodat, že stupeň napadení palic byl ve sledovaném roce poměrně nevýrazný u všech celko-

vě hodnocených hybridů, s výjimkou hybridů č. 20 a 22, kde u hybridu č. 20 bylo napadeno fuzáriem do 15 zrn (hodnota 6,36) a u hybridu č. 22 do 50 zrn (hodnota 4,56). U ostatních hybridů bylo napadeno fuzáriem průměrně do pěti zrn na palici (hodnota 7,87). Dále z tabulky (Tab. 6) vyplývá, že Bt-hybridy byly ze všech hodnocených hybridů vůči zavíječi kukuřičnému nejodolnější, některé hybridy (č. 15, 19, 25 a 26) se jim však s napadením zavíječem blížily (v pokusu byla široká nabídka hybridů – preference některých hybridů škůdcem). Porovnáme-li ovšem tyto hybridy z hlediska celkového napadení fuzariózami, dojdeme k závěru, že Bt-hybridy s výjimkou hybridů č. 19 a č. 25 byly méně napadeny. Pro snadnější porovnávání hybridů, byly výsledky počtu fuzariózních palic z tabulky (Tab. 6) vyneseny do grafu (Graf 7.).

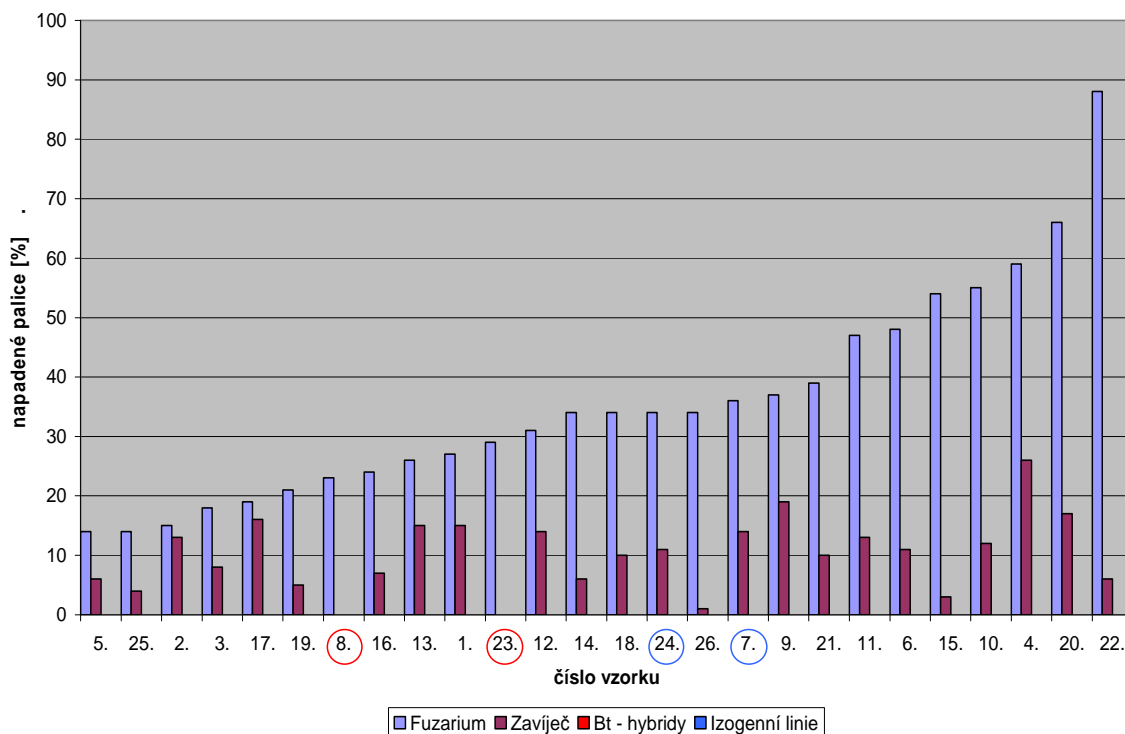
Graf 7: Procenta výskytu fuzariózních palic u hodnocených hybridů



Výsledky v grafu (Grafu 7.) byly seřazeny sestupně pro lepší orientaci v napadení fuzariózami. Z grafu vyplývá, že se našly hybridy s velmi nízkým napadením fuzariózou. Nejméně napadenými byly hybridy č. 5 a č. 25, nevíce pak hybrid č. 22. Přestože Bt- hybridy nepatří k odolným vůči fuzáriu (Graf 8.), byly napadeny maximálně do 29 % a zařadily se tak mezi hybridy s nižším napadením než byla průměrná hodnota konvenčních hybridů (36 %). Na hraně této průměrné hodnoty se pohybovaly izogenní linie, jejichž napadení bylo 34 % u hybridu č. 24 a 36 % u hybridu č. 7. Příčinou nižšího výskytu fuzariózních palic u Bt-

hybridů bylo nulové napadení palic zavíječem kukuřičným. Pro lepší znázornění rozdílu mezi celkovými hodnotami výskytu zavíječe a fuzarióz na palicích hodnocených hybridů byly tyto hodnoty vyneseny do grafu (Graf 8.).

Graf 8: Grafické znázornění poměru napadení hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným



Podle metodiky VCU/1 je účelem grafického zobrazení (Graf 8.) zviditelnit, zda napadení zavíječem odpovídá napadení fuzariózami, nebo zda lze konstatovat, že jednotlivé hybridy jsou náchylnější k výskytu fuzarióz než jiné. Pokud je napadení fuzariózami větší než napadení zavíječem, jedná se o hybridy náchylné k fuzáriím. V případě, že je napadení zavíječem vyšší než napadení fuzáriem (což je v „normálních letech“ běžné), hybridy považujeme za v různém stupni fuzáriu odolné a výskyt fuzárií je podmíněn právě napadením zavíječem. Nutno dodat, že v důsledku teplého a suchého počasí v roce 2007, které je nejméně vhodné pro kladení a vývoj vajíček zavíječe, bylo napadení housenkami zavíječe kukuřičného výrazně nižší než v jiných ročnicích (viz kapitola Diskuse k výsledkům – výsledky v lokalitě Čejč z roku 2005). V takovýchto letech je velmi dobře prokazatelná vlastní úroveň odolnosti hybridů výhradně k fuzariózám palic i stébel kukuřice.

7.3 Stanovení obsahu mykotoxinů

Napadení porostu houbovými patogeny signalizuje, že může za daných podmínek (počasí, povětrnostní podmínky) docházet ke kontaminaci jejich sekundárními metabolity – mykotoxiny. Mykotoxiny patří mezi látky, které mohou způsobit závažné onemocnění jak člověku, tak i zvířeti. Proto je jejich výskyt v potravinách a krmivech regulován legislativou (viz kapitola 3.3.4).

Podle hodnot v tabulce (*Tab. 7*) byla kontaminace vzorků mykotoxiny nízká. Při srovnání s legislativními limity pro krmiva (viz příloha P VIII.) lze konstatovat, že zjištěná úroveň obsahu mykotoxinů ve vzorcích se těmito limitům ani vzdáleně nepřibližuje. Z tohoto důvodu bylo hodnocení vztahováno k limitům pro výrobu potravin.

Pro vlastní stanovení obsahu mykotoxinů v zrnech hybridů bylo vycházeno z těchto legislativních limitů pro fuzáriové mykotoxiny:

- DON u nezpracované kukuřice, kromě kukuřice určené ke zpracování mokřým mletím (pro výrobu škrobu) - 1750 µg/kg.
- ZEA u nezpracované kukuřice kromě kukuřice určené ke zpracování mokřým mletím (pro výrobu škrobu) - 350 µg/kg.
- FB₁ + FB₂ u nezpracované kukuřice kromě kukuřice určené ke zpracování mokřým mletím (pro výrobu škrobu) - 4000 µg/kg.

Podle Nařízení komise (ES) č. 1881/2006 je nezpracovaná kukuřice definována jako kukuřice před prvotním zpracováním, kterým se rozumí jakékoliv fyzikální či tepelné ošetření zrna, jiné než sušení, čištění a třídění, která se za prvotní zpracování nepovažují.

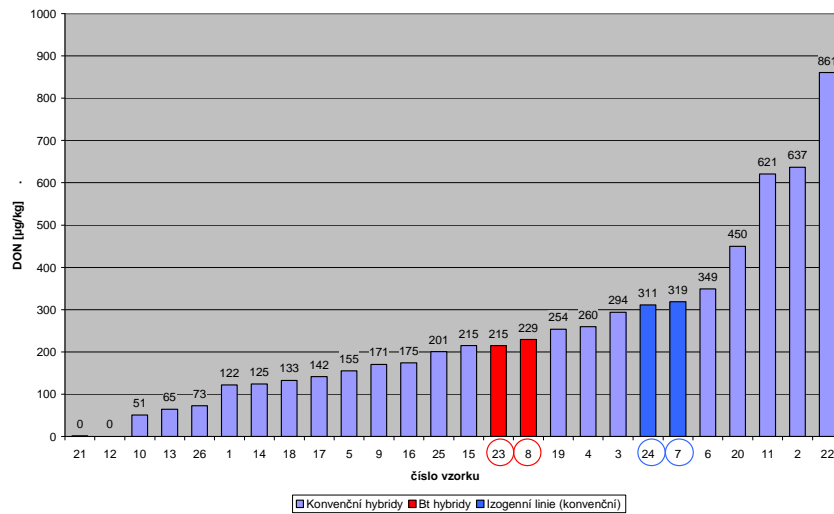
Výsledky úrovně výskytu mykotoxinů ve vzorcích zrn hodnocených hybridů jsou uvedeny v tabulce (*Tab. 7*). Hodnoty obsahu jednotlivých mykotoxinů byly následně vyneseny do grafů (*Graf 9., 10. a 11.*). Pro výpočet průměrných hodnot byly za hodnoty pod LOD dosaženy hodnoty vypočítané podle vzorce (detekční limit LOD x procento vzorků pod LOD/100).

Tab. 7: Obsah fuzáriových mykotoxinů ve vzorcích hodnocených hybridů

Číslo vzorku	Hybrid	DON (limit 1750)	ZEA (limit 350)	Fumonisy FB1+FB2 (limit 4000)
		μg/kg		
1	NK Altius	122	19,39	pod LOD
2	NK Hermo	637	14,96	177
3	TARANIS	294	pod LOD	96
4	ADEXX	260	26,81	186
5	TEXUD	155	pod LOD	521
6	SAXXO	349	pod LOD	53
7	PR38 A24	319	6,41	pod LOD
8	PR38 A25 YG	229	pod LOD	173
9	PR37 F73	171	4,05	pod LOD
10	Sterling	51	pod LOD	695
11	Kipous	621	2,48	pod LOD
12	Havane	pod LOD	3,11	190
13	KWS 2376	65	2,88	417
14	Amandha	125	pod LOD	pod LOD
15	Kursu	215	19,32	251
16	KWS 1393	175	pod LOD	pod LOD
17	Kapsus	142	5,87	53
18	KWS 5375	133	pod LOD	66
19	KXA 5387	254	2,65	112
20	KXA 6474	450	pod LOD	pod LOD
21	Atletico	pod LOD	pod LOD	pod LOD
22	DK 287	861	pod LOD	498
23	DKC 3511 YG	215	pod LOD	pod LOD
24	DKC 3511	311	pod LOD	301
25	DK 440	201	45,05	110
26	DK 4626	73	pod LOD	501
X	Průměr	247	6,39	175

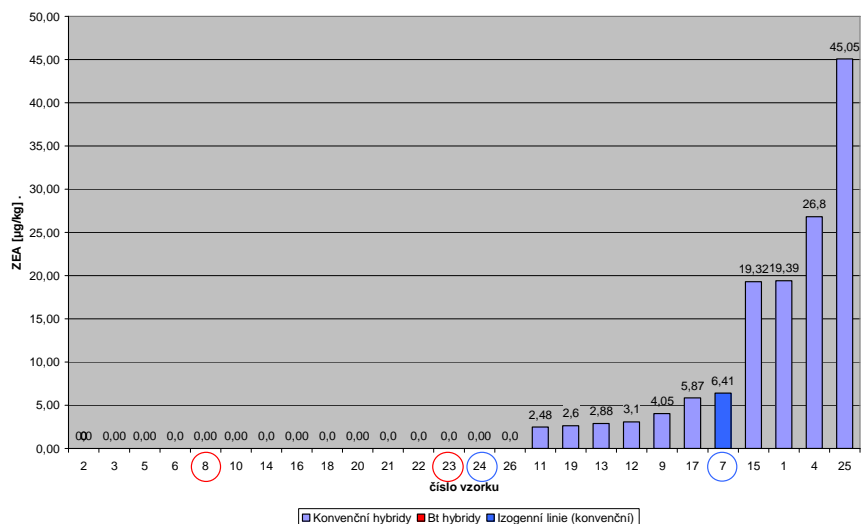
Při porovnání hodnot uvedených v tabulce (Tab. 7) s legislativními limity pro nezpracovanou kukuřici, dojdeme k závěru, že v roce zkoušení ani jeden z uvedených vzorků nebyl kontaminován nad tyto limity. Naopak nutno podotknout, že obsah mykotoxinů ve stanovených vzorcích se nacházel významně pod hodnotami těchto limitů. Příčinnou nízké kontaminace vzorků zrn mykotoxiny byl nízký stupeň napadení palic fuzárií (čím vyšší hodnoty, tím menší napadení - viz Tab. 6).

Graf 9: Výskyt deoxynivalenolu (DON) ve vzorcích kukuřičných zrn



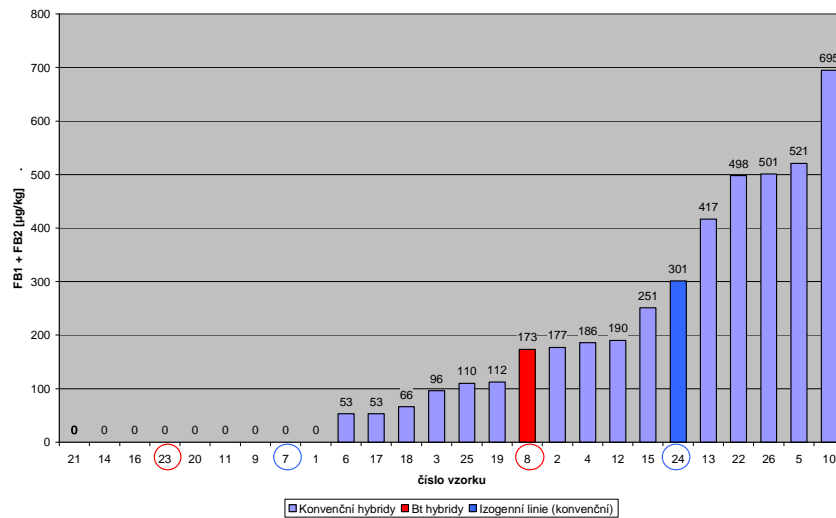
Z výsledků uvedených v grafu (Graf 9.) vyplývá, že téměř u všech vzorků byla zjištěna kontaminace mykotoxinem DON. Nejbližší hodnoty k legislativnímu limitu měl vzorek č. 22 (861 µg/kg), nejméně pak vzorky č. 12 a č. 21, kde obsah DON byl zaznamenán pod detekční limit. Porovnáme-li výskyt DON u Bt-hybridů s výskytem DON u jejich izogenní linií, zjistíme v obou případech nižší kontaminaci u Bt-hybridů.

Graf 10: Výskyt zearalonusu (ZEA) ve vzorcích kukuřičných zrn



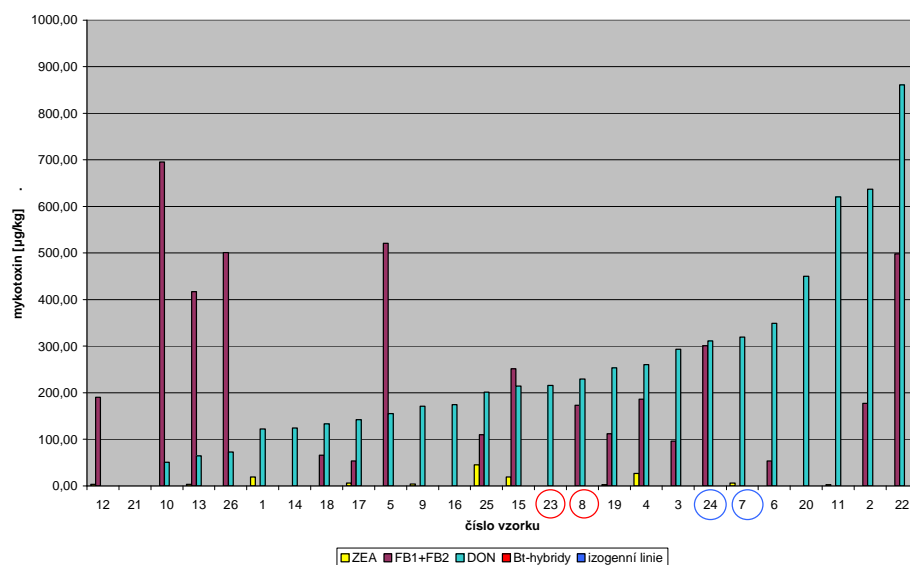
Výskyt ZEA (Graf 10.) ve vzorcích zrn nebyl tak výrazný jako u DON, kontaminováno bylo jedenáct vzorků. Nejvíce kontaminovaným vzorkem byl vzorek č. 25 (45 µg/kg.). U Bt-hybridů nebyla zaznamenána kontaminace mykotoxinem ZEA (pod LOD). U izogenních linií byla zaznamenána pouze u vzorku č. 7, jenž činila 6,4 µg/kg.

Graf 11: Výskyt sumy fumonisinů B_1 a B_2 ($FB_1 + FB_2$) ve vzorcích kukuřičných zrn



Jak je zřejmé z grafu (Graf 11.) bylo kontaminováno sedmnáct vzorků. Nejvíce kontaminovaným byl vzorek č. 10, nejméně vzorky pod LOD (v grafu vyznačeno nulovou hodnotou). Při porovnání Bt-hybridů s jejich izogenními liniemi byla u vzorku č. 7 a č. 8 (YG) zaznamenána vyšší kontaminace u Bt-hybridu, u vzorku č. 23 (YG) a č. 24 byla situace opačná.

Graf 12: Výskyt všech sledovaných mykotoxinů ve vzorcích kukuřičných zrn



Z grafu (Graf 12.) je zřejmé, že není žádná souvislost mezi výskytem DON, ZEA a fumonisinů, což dokazuje i statistické hodnocení v kapitole 7.4 .

Všeobecně lze říci, že až na výjimku u hybridu č. 8 (YG), který byl zearalenonem více kontaminován než jeho izogenní linie (hybrid č. 7), byly Bt-hybridy obecně méně kontaminovány mykotoxiny než jejich izogenní linie. Porovnáme-li vzorky Bt-hybridů s celým souborem hybridů, dospějeme k závěru, že hodnoty kontaminace Bt-hybridů byly vždy pod průměrnými hodnotami celého souboru (viz *Tab. 7*).

7.4 Statistické vyhodnocení

Ve statistickém vyhodnocení byly hledány vzájemné vztahy mezi napadením palic kukuřice s fuzárií, zavíječem kukuřičným a úrovní obsahu daných mykotoxinů. Při hodnocení bylo vycházeno z hodnot uvedených v tabulkách (*Tab. 6* a *Tab. 7*). Korelovány byly proti sobě hodnoty následujících faktorů, které byly označeny písmenem K:

K1 – Počet fuzariózních palic

K2 – Stupeň napadení fuzariózami (9-1)

K3 – Pouze fuzárium (bez zavíječe)

K4 – Fuzárium + zavíječ

K5 – Zavíječ celkem

K6 – Obsah DON

K7 – Obsah ZEA

K8 – Obsah fumonisinů B₁ + B₂

Tab. 8: Korelační koeficienty mezi faktory K

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
K1	1,000	-0,944***	0,950***	0,301	0,233	0,447*	-0,126	0,215
K2		1,000	-0,928***	-0,187	-0,115	-0,594***	0,136	-0,259
K3			1,000	-0,012	-0,074	0,444*	-0,165	0,281
K4				1,000	0,973***	0,073	0,101	-0,171
K5					1,000	0,038	0,16	-0,172
K6						1,000	0,004	-0,017
K7							1,000	-0,111
K8								1,000

*Průkazné na: * 5 %-tní; ** 1 %-tní; *** 0,1 %-tní hladině významnosti*

Z hodnot v tabulce (*Tab. 8*) byla prokázána ($p < 0,05$) pozitivní korelace počtu fuzariózních palic (K1) s obsahem DON (K6), zatímco negativní závislost obou těchto faktorů ($p < 0,05$ pro K1 a $p < 0,001$ pro K6) byla zjištěna u stupně napadení fuzariózami (K2). Z toho tedy vyplývá, že čím nižší byl stupeň napadení fuzariózami (tzn. čím více napadených zrn v palici), tím vyšší byl počet fuzariózních palic v porostu a obsah DON. U ostatních mykotoxinů takováto korelace nebyla prokázána.

Z pozitivní korelace ($p < 0,001$) fuzária + zavíječ (K4) s celkovým výskytem zavíječe (K5) vyplývá, že palice hybridů, které byly napadeny zavíječem, byly následně ve většině případů napadeny i fuzáriem. Přímá korelace mezi celkovým výskytem zavíječe a obsahem DON nebyla prokázána.

Dále byla pozitivní korelace ($p < 0,001$) zjištěna u faktoru palice napadené pouze fuzáriem (K3) s počtem fuzariózních palic (K1), dále ($p < 0,001$) se stupněm napadení fuzariózami (K2) a ($p < 0,05$) s obsahem DON (K6). Vysoký korelační koeficient prvních dvou faktorů a neprůkaznost korelace s výskytem zavíječe ukazují, že právě k fuzáriu náchylné hybridy (tedy takové, které onemocní fuzariózou bez přičinění mechanického a jiného působení zavíječe) hromadily v roce 2007 mykotoxin DON více než jiné. Nutno podotknout, že případný výskyt fuzária na palicích či zrnech kukuřice, nutně neznamená ekvivaletní kontaminaci mykotoxiny, avšak mykotoxiny se mohou na zrnu vyskytovat i bez indikace svého producenta. Výše kontaminace mykotoxiny závisí především na klimatických podmínkách v daném roce.

8 DISKUSE K VÝSLEDKŮM

Výsledky dosažené v různých ročnících a na různých lokalitách se mohou výrazně lišit. Je to zapříčiněno především klimatickými podmínkami pro pěstování, genotypem pěstovaných hybridů a jejich interakcí s lokalitou pěstování. Z těchto důvodů je v této kapitole pro dosažení cíle diplomové práce věnována pozornost porovnávání výsledků dosažených v lokalitě Čejč v roce 2007 s výsledky dosaženými jinými organizacemi či jedinci. Pro objektivní srovnávání byly proto použity výsledky ÚKZÚZ, v případě mykotoxinů pak výsledky RNDr. Polišenské, Ph.D.

Z výsledků uvedených v kapitole 7 vyplývá, že napadení zavíječem kukuřičným v lokalitě Čejč v roce 2007 nebylo výrazné. Příčinou bylo především teplé a suché počasí během měsíců května a června, které je nejméně vhodné pro kladených vajíček samicemi motýla zavíječe a jejich další vývoj. Vzhledem k nižšímu napadení, nebyl vliv výskytu zavíječe na počet fuzariozních palic statisticky prokázán. Z tabulky (Tab. 7) je však zřejmé, že se na něm podílel. U Bt-hybridů bylo sice zaznamenáno nulové napadení zavíječem kukuřičným, avšak pro nižší napadení porostu zavíječem jejich odolnost v porovnání s ostatními hybridy v dané lokalitě nemohla plně vyniknout.

Pro porovnání byly použity výsledky Ing. Říhy z ÚKZÚZ v téže lokalitě v roce 2005, kdy bylo napadení porostu zavíječem kukuřičným v lokalitě Čejč podstatně vyšší (viz Tab. 9). Průměrně bylo napadeno 83,6 % stébel rostlin, což vedlo pak k 43,8 % napadení palic. Za zmínku stojí i index (pouze fuzárium/ fuzárium celkem), který v roce 2007 nebyl z důvodu rozdílné metodiky hodnocen. Tento index udává, jaký podíl na celkovém napadení palic fuzáriemi mělo napadení zavíječem kukuřičným. Pokud se hodnoty blíží k číslu jedna, jedná se především o hybridy které byly náchylnější k napadení fuzariózami. Jestliže byly hodnoty podstatně nižší než číslo jedna, bylo napadení fuzárii způsobeno spíše v důsledku předchozího napadení zavíječem kukuřičným. Z výsledků tohoto indexu v tabulce (Tab. 9) vyplývá, že většina hybridů pěstovaných v lokalitě Čejč v roce 2005 byla napadena fuzárii hlavně v důsledku předchozího napadení zavíječem, u Bt-hybridů byla situace opačná. Ve vlastním hodnocení v roce 2007 byla tato závislost mezi výší výskytu fuzarióz a výskytem zavíječe hodnocena pomocí Pearsonova korelačního koeficientu.

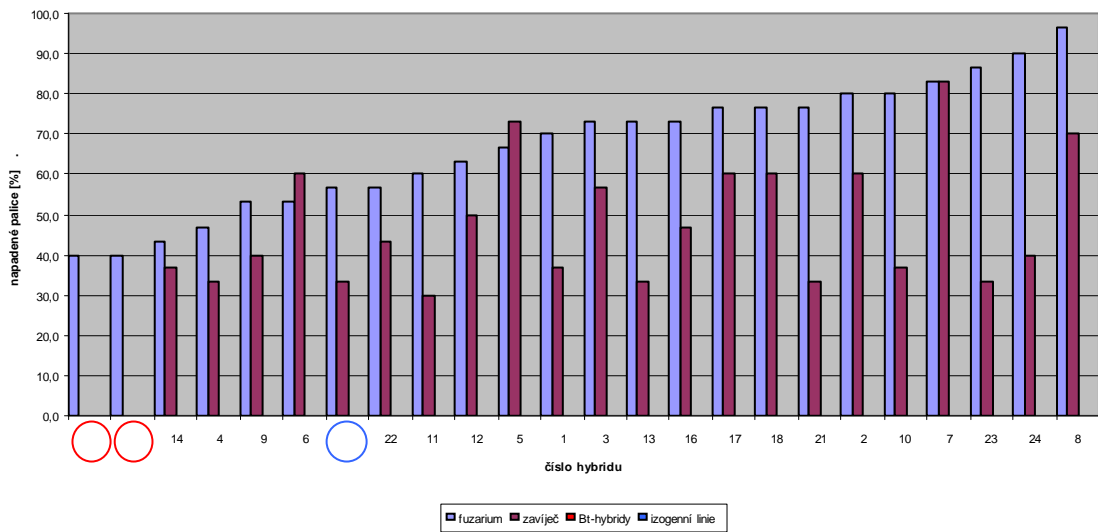
Tab. 9: Výsledky hodnocení napadení palic fuzariózami a zavíječem kukuřičným v lokalitě Čejč v roce 2005

číslo	fuzárium palice (%)	fuzárium + zavíječ palice (%)	fuzárium palice celkem (%)	zavíječ palice (bez fuzária) (%)	zavíječ palice celkem (%)	index (pouze fuzárium / fuzárium celkem)	zavíječ stéblo (%)	fuzárium stéblo (%)
1	36,7	33,3	70,0	3,3	36,7	0,52	96,7	0,0
2	23,3	56,7	80,0	3,3	60,0	0,29	96,7	70,0
3	26,7	46,7	73,3	10,0	56,7	0,36	96,7	43,3
4	20,0	26,7	46,7	6,7	33,3	0,43	96,7	53,3
5	10,0	56,7	66,7	16,7	73,3	0,15	93,3	26,7
6	16,7	36,7	53,3	23,3	60,0	0,31	96,7	10,0
7	13,3	70,0	83,3	13,3	83,3	0,16	96,7	30,0
8	30,0	66,7	96,7	3,3	70,0	0,31	100,0	96,7
9	30,0	23,3	53,3	16,7	40,0	0,56	100,0	40,0
10	46,7	33,3	80,0	3,3	36,7	0,58	100,0	96,7
11	33,3	26,7	60,0	3,3	30,0	0,56	93,3	16,7
12	20,0	43,3	63,3	6,7	50,0	0,32	93,3	63,3
13	46,7	26,7	73,3	6,7	33,3	0,64	100,0	80,0
14	13,3	30,0	43,3	6,7	36,7	0,31	83,3	16,7
15	40,0	0,0	40,0	0,0	0,0	1,00	0,0	16,7
16	26,7	46,7	73,3	0,0	46,7	0,36	93,3	93,3
17	30,0	46,7	76,7	13,3	60,0	0,39	90,0	83,3
18	23,3	53,3	76,7	6,7	60,0	0,30	76,7	73,3
19	26,7	30,0	56,7	3,3	33,3	0,47	96,7	33,3
20	40,0	0,0	40,0	0,0	0,0	1,00	0,0	30,0
21	43,3	33,3	76,7	0,0	33,3	0,57	33,3	53,3
22	26,7	30,0	56,7	13,3	43,3	0,47	96,7	60,0
23	53,3	33,3	86,7	0,0	33,3	0,62	83,3	40,0
24	53,3	36,7	90,0	3,3	40,0	0,59	93,3	80,0
Průměr	30,4	36,9	67,4	6,8	43,8	0,50	83,6	50,3

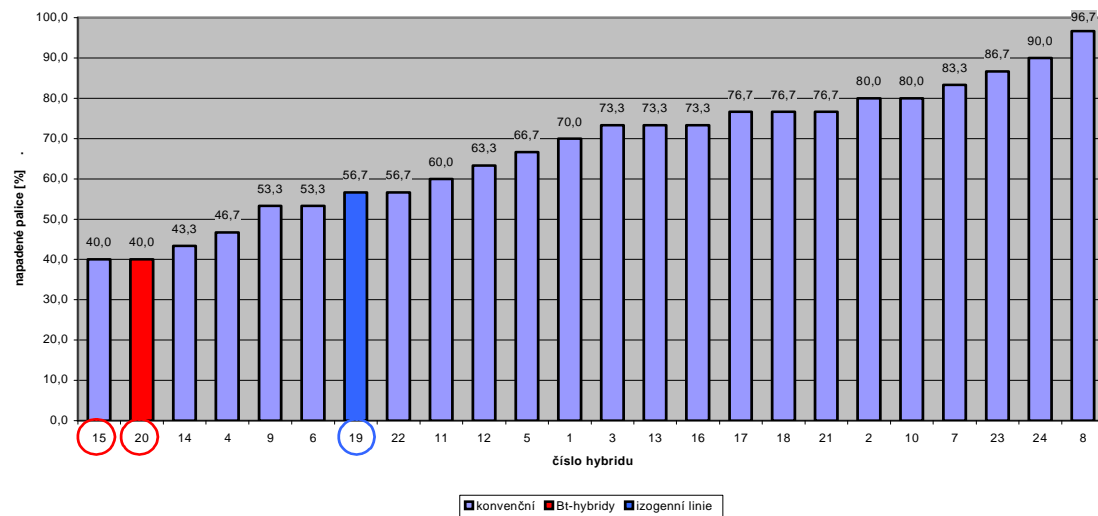
V tomto roce, jak tomu svědčí i graf (*Graf 13.*), mělo napadení palic zavíječem významný podíl na výskytu fuzarióz palic. Mezi hodnocenými hybridy se našly i hybridy (č. 5, 6 a 7) u nichž byl vysoký výskyt fuzariózních palic zapříčiněn vysokým napadením zavíječem. U Bt-hybridů (č. 15 a 20) nebylo, tak jako v roce 2007, zaznamenáno žádné napadení tímto škůdcem. Rovněž v roce 2005 zde byla pěstována izogenní linie. Jednalo se o hybrid č. 19,

jehož Bt-hybridem byl hybrid č. 20 (YG). Při porovnání těchto hybridů docházíme i zde k závěru, že Bt-hybrid byl méně napaden jak zavíječem tak i následně fuzáriem. Navíc v tomto roce byly Bt-hybridy vyhodnoceny jako nejméně napadené fuzárii. Pro lepší porovnání výskytu fuzarióz na palicích pěstovaných hybridů byl do této kapitoly zařazen graf (Graf 14.).

Graf 13: Grafické znázornění poměru napadení hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným v lokalitě Čejč v roce 2005



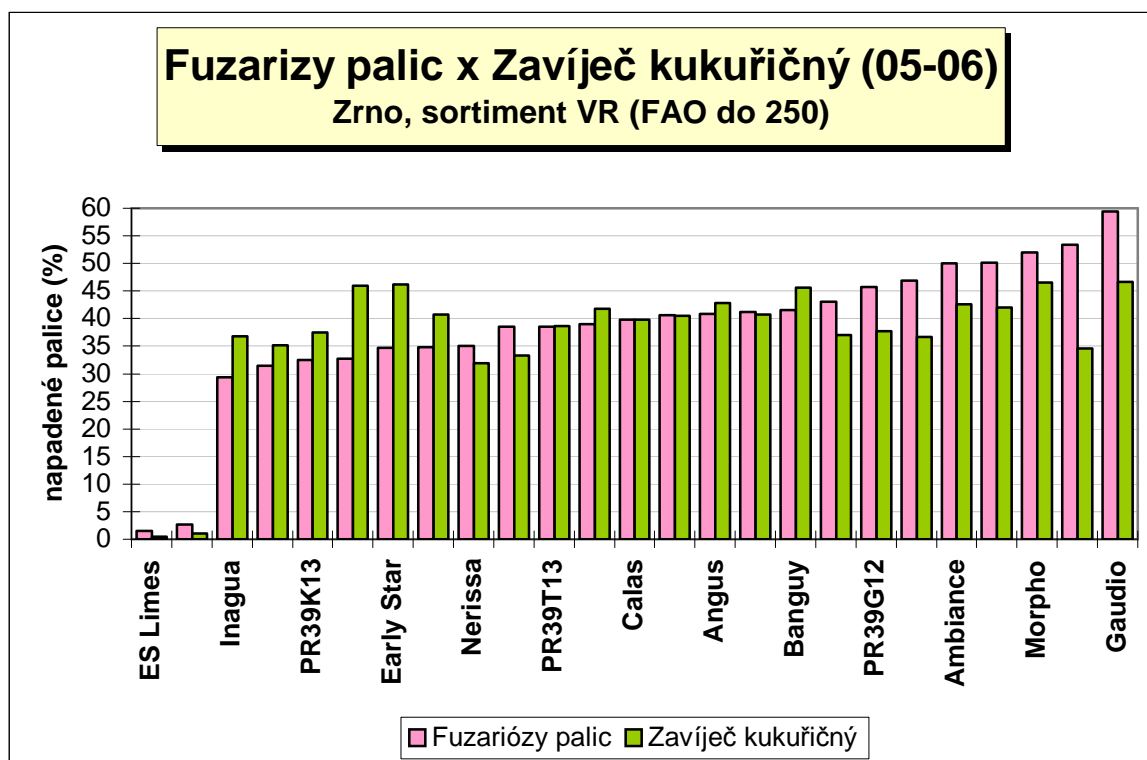
Graf 14: Procenta výskytu fuzariózních palic u hodnocených hybridů v lokalitě Čejč v roce 2005



Při porovnání grafu (Graf 14.) s grafem (Graf 7. – str. 65) z roku 2007, je možno zaznamenat rozdíl v napadení v jednotlivých letech. Na základě tohoto porovnání lze konstatovat, že napadení v roce 2007 bylo oproti roku 2005 téměř poloviční. V obou ročnících však bylo napadení Bt-hybridů fuzárií nižší než u jejich izogenních linií.

Jak bylo uvedeno na začátku této kapitoly, výsledky napadení zavíječem a fuzárií mohou být rozdílné v závislosti na lokalitě pěstování a na ročních podmínkách. Aby byly výsledky hodnocení objektivní, bylo nutno porovnat výsledky dosažené ve vlastním hodnocení s výsledky na více lokalitách a v odlišných rocích. Proto pro porovnání napadení byly zvoleny průměrné výsledky ÚKZÚZ z více lokalit za roky 2005 - 2006. Pro veliký sortiment hybridů byly hybridy zařazeny do skupin dle stupně rannosti FAO a vyneseny do grafů (Graf 15., 16., 17. a 18.).

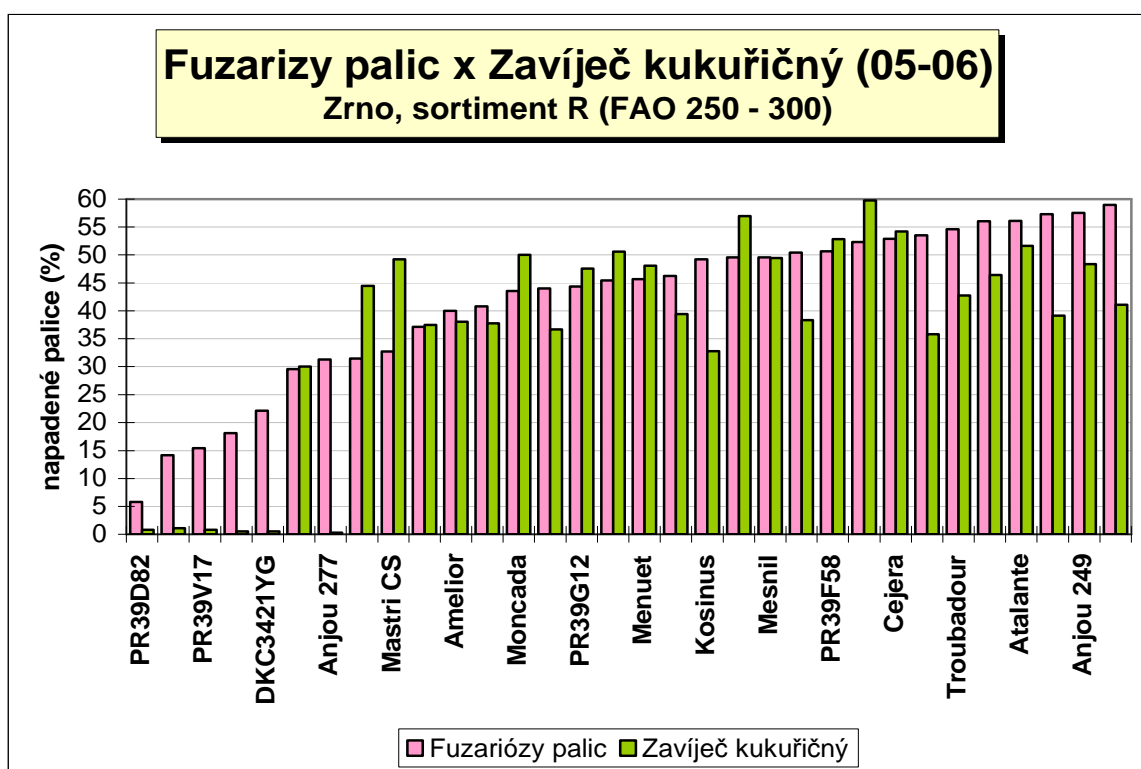
Graf 15: Grafické znázornění průměrného poměru napadení velmi ranných hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným ve více lokalitách a v letech 2005 – 2006.



Do sortimentu velmi ranných hybridů byly zařazeny dva Bt – hybridy. Jednalo se o hybridy ES Limes YG a EUROSTAR YG. V grafu (Graf 15.) byly tyto hybridy v závislosti na nejnižším napadením palic fuzariózami zařazeny hned na začátek celého souboru. Příčinou tohoto nižšího napadení fuzariózami bylo především nižší napadení zavíječem kukuřičným,

kdy se u těchto hybridů projevila schopnost rezistence vůči zavíječi kukuřičnému. Avšak nebylo u nich zaznamenáno průměrné nulové napadení zavíječem, jak tomu bylo v lokalitě Čejč v rocích 2005 a 2007. Z celkové souboru hybridů pěstovaných na více lokalitách je to ale zcela logické. Za předpokladu, že ze sto procent napadených palic zavíječem, přibližně dvacet procent nemá za následek napadení palic fuzáriem, vyplývá (Graf 15.), že v těchto ročnících byl vyšší počet napadených palic fuzariózami většinou v důsledku předchozího napadení zavíječem. Tento předpoklad vycházel z hodnot napadení pouze zavíječem a celkovým výskytem zavíječe uvedeným v tabulce (Tab. 6).

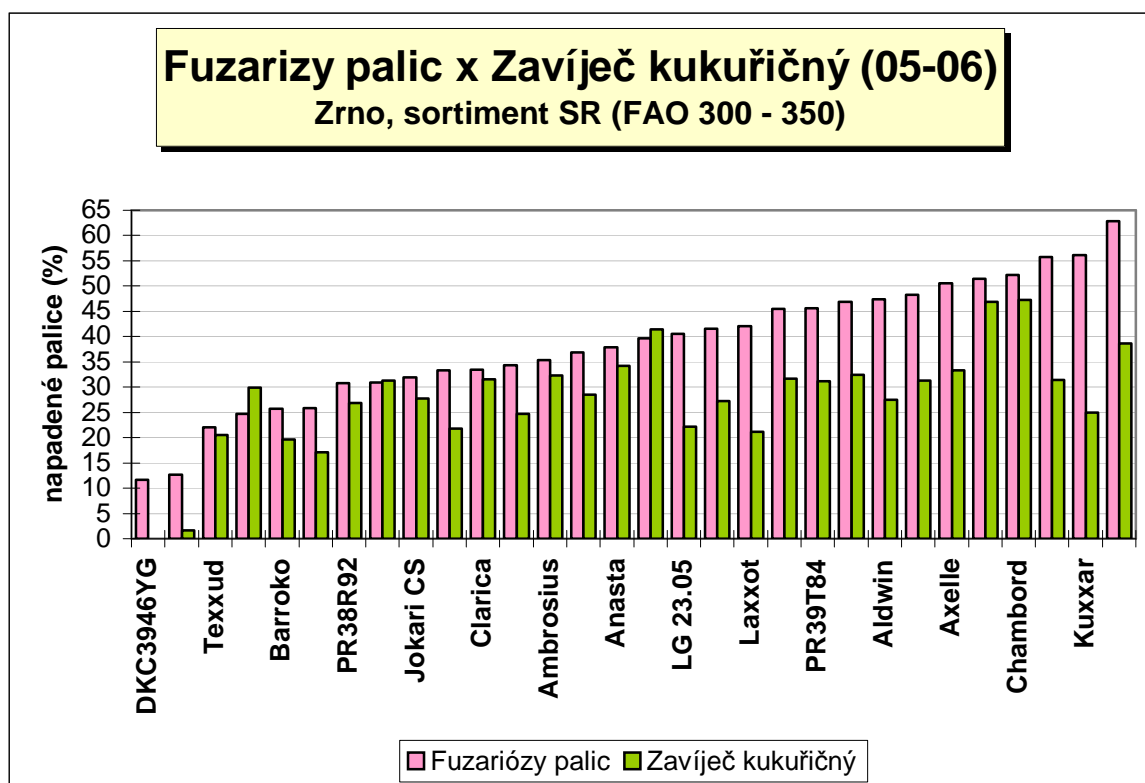
Graf 16: Grafické znázornění průměrného poměru napadení ranných hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným ve více lokalitách a v letech 2005 – 2006.



Tak jak je z předchozího grafu zřejmé, tak i v sortimentu ranných hybridů byly Bt-hybridy méně napadeny zavíječem i fuzariózami než konvenční hybridy (Graf 16.). Výjimkou byl konvenční hybrid PR38 D81 (v tabulce šestý zleva), který byl méně napaden fuzariózami než Bt-hybrid Anjou 277 YG, avšak u Bt-hybridu bylo oproti konvenčnímu hybridu zaznamenáno minimální napadení palic zavíječem. Do sortimentu ranných hybridů byly zařazeny následující Bt-hybridy: PR39 V17, LG 3233 YG, Anjou 277 YG, PR39 D82, DKC 3421 YG a PR39 F56.

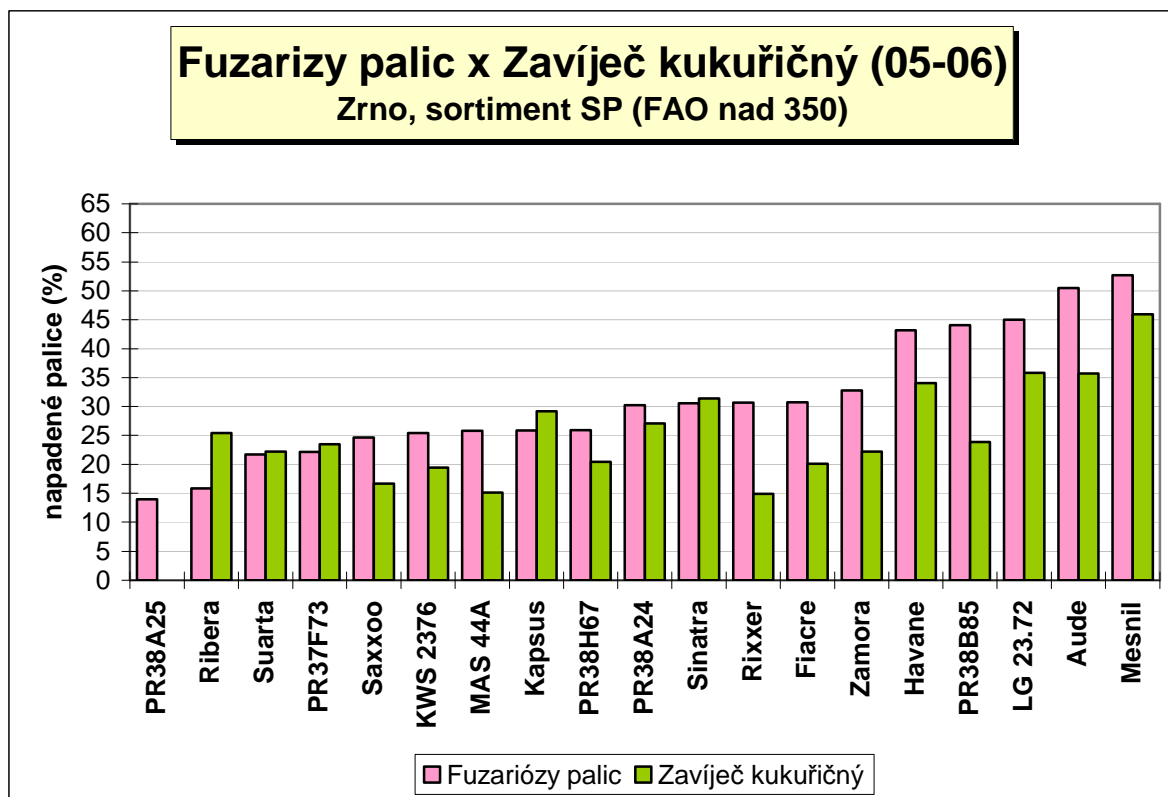
Dále lze z grafu (*Graf 16.*) vyčíst, že obdobně jako u sortimentu velmi ranných hybridů (*Graf 15.*) byla v těchto ročnících, výše napadených palic fuzariózami většinou zapříčiněna v důsledku předchozího napadení zavíječem.

Graf 17: Grafické znázornění průměrného poměru napadení středně ranných hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným ve více lokalitách a v letech 2005 – 2006.



V grafu (*Graf 17.*) jsou uvedeny hybridy ze středně ranného sortimentu. V této skupině byly pěstovány pouze dva Bt-hybridy, a to DKC 3946 YG a PR38 F71. Tak jako tomu bylo v předchozích sortimentech, tak i ve středně ranném sortimentu byly Bt-hybridy méně napadeny zavíječem kukuřičným a fuzáriemi než konvenční hybridy. U hybridu DKC 3946 YG nebylo zaznamenáno napadení zavíječem vůbec. Celkově napadení zavíječem sice nebylo tolik výrazné jako u předchozích sortimentů, i přesto se však našly hybridy s vyšším výskytem fuzarióz palic v důsledku napadení zavíječem.

Graf 18: Grafické znázornění průměrného poměru napadení středně pozdních hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným ve více lokalitách a v letech 2005 – 2006.



Mezi hybridy v sortimentu středně pozdních hybridů v grafu (Graf 18.) se nacházel stejný Bt-hybrid i s jeho izogenní linií jako v lokalitě Čejč v roce 2007. Konkrétně se jednalo o hybrid PR38 A25 YG s jeho izogenní linií PR38 A24. Při porovnání s výsledky dosaženými v lokalitě Čejč z roku 2007 (Graf 8. na str. 66 – hybrid č. 8 (YG) a č. 7), dojdeme k závěru, že výsledky jsou obdobné. U Bt-hybridu nebylo zaznamenáno žádné napadení zavíječem kukuřičným, zatímco u jeho izogenní linie se napadení zavíječem podílelo na vyšším počtu fuzariózních palic než tomu bylo u jeho Bt-hybridu.

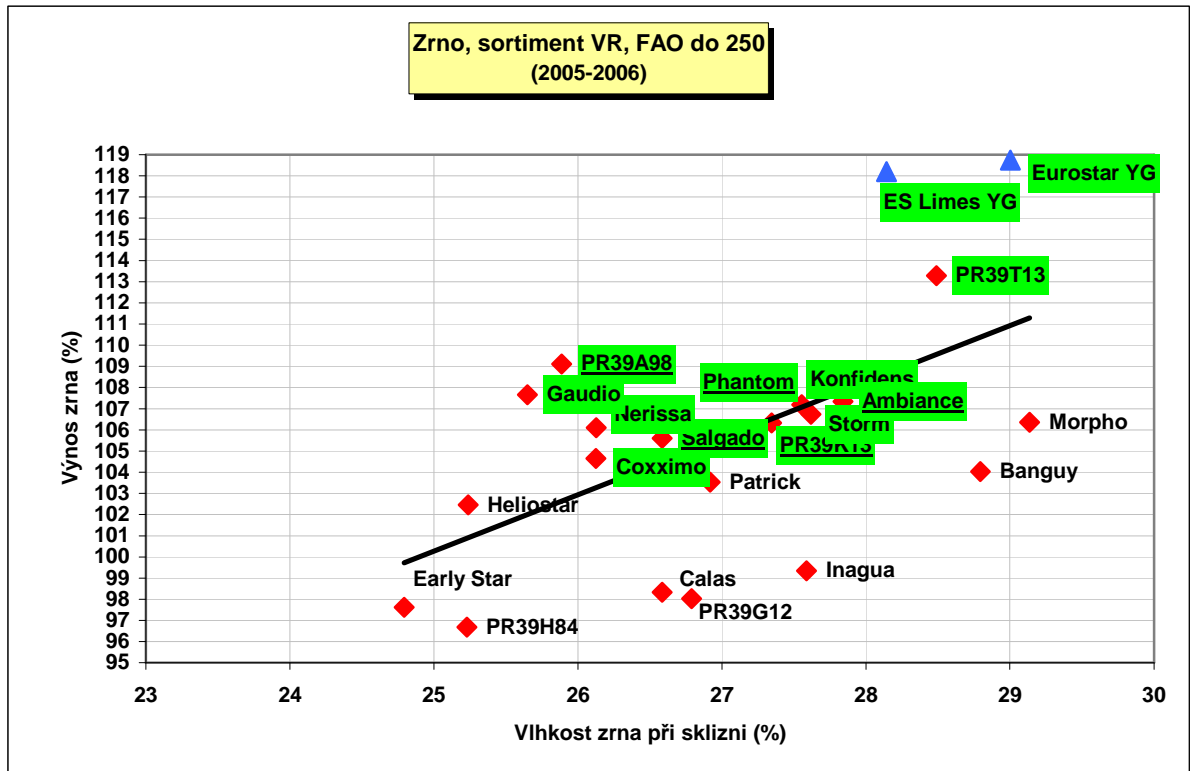
Rovněž z tabulky (Tab. 10) můžeme vyčíst, že u žádného Bt-hybridu nebyly zaznamenány nižší hodnoty stupně napadení palic fuzariózami, než byla hodnota průměru všech konvenčních hybridů a průměr stupně napadení palic fuzariózami celkového souboru spíše zvyšovaly. Z toho tedy vyplývá, že palice Bt-hybridů byly méně napadeny fuzárií, než převážná většina konvenčních hybridů. Podle toho můžeme předpokládat, že tyto hybridy byly s větší pravděpodobností i méně kontaminovány mykotoxiny.

Tab. 10: Výsledky hodnocení stupně napadení palic fuzariózami u Bt-hybridů a průměry celého souboru a konv. hybridů ve víceletých zkouškách ÚKZÚZ dle sortimentu rannosti

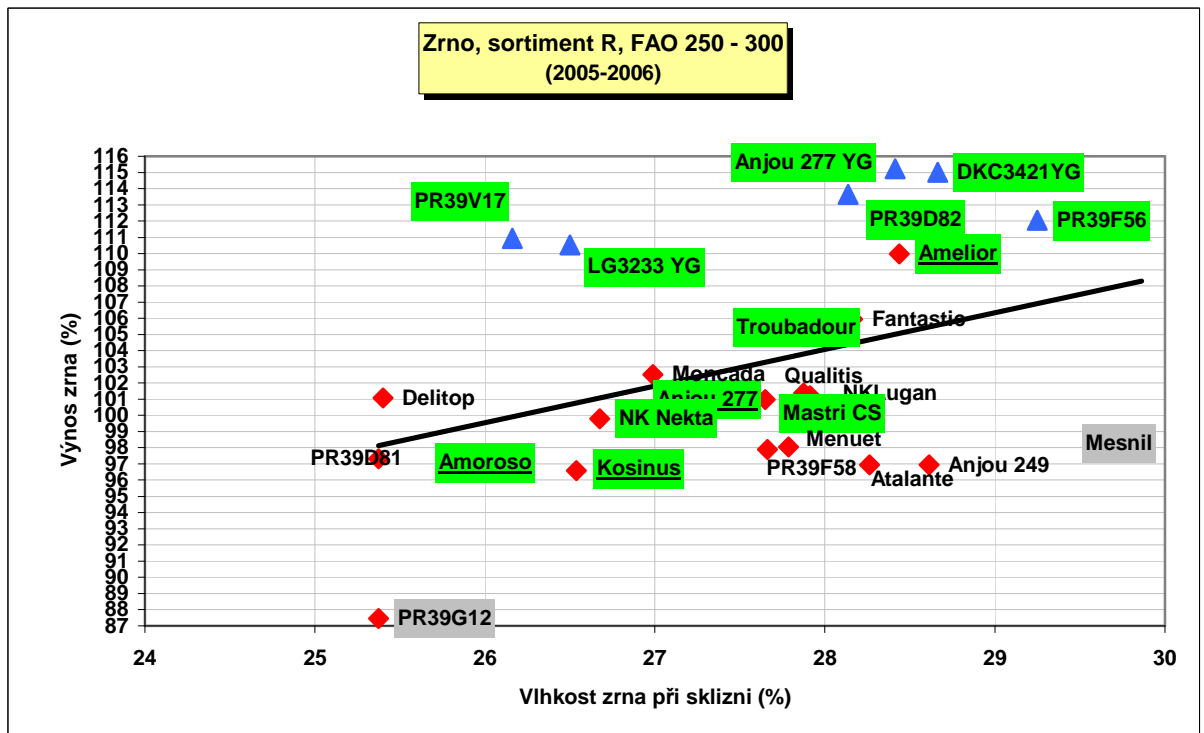
Hybrid	Stupeň napadení palic (9-1)			
	VR	R	SR	SPz
ES Limes YG	8,5	x	x	x
Eurostar YG	8,2	x	x	x
Průměr konv. hybridů	5,9	x	x	x
PRŮMĚR celého souboru	6,1	x	x	x
PR39V17	x	7,6	x	x
LG3233 YG	x	7,6	x	x
PR39D82	x	8,3	x	x
Anjou 277 YG	x	6,7	x	x
DKC3421YG	x	7,3	x	x
PR39F56	x	7,6	x	x
Průměr konv. hybridů	x	6,1	x	x
PRŮMĚR celého souboru	x	6,4	x	x
PR38F71	x	x	7,4	x
DKC3946YG	x	x	7,6	x
Průměr konv. hybridů	x	x	5,9	x
PRŮMĚR celého souboru	x	x	6,1	x
PR38A25	x	x	x	6,6
PR38A24 (izogenní linie)	x	x	x	6,1
Průměr konv. hybridů	x	x	x	6,2
PRŮMĚR celého souboru	x	x	x	6,3

Podle výsledků z grafů (*Graf 15., 16., 17. a 18.*) a tabulky (*Tab. 10*) je tedy zřejmé, že Bt-hybridy byly ze všech hodnocených hybridů, až na jednu výjimku v grafu (*Graf 16.*), méně napadeny zavíječem kukuřičným i fuzariózami palic než konvenční hybridy. Na základě toho lze předpokládat, že nižší počet napadených palic v porostu, znamenal i menší napadení porostu celkově. Výše napadení porostu zavíječem přitom hraje důležitou roli pro tvorbu výnosu. Z výsledků z lokality Čejč v roce 2007 vyplývá, že Bt-hybridy poskytovaly vyšší výnosy než jejich izogenní linie. V porovnání s ostatními hybridy v porostu v závislosti na čísle rannosti, hybrid DKC 3511 YG ve své skupině poskytoval nejvyšší výnos, avšak pro změnu v případě hybridu PR38 A25 YG nebyl výnos vyšší než byl u některých konvenčních hybridů. Nutno podotknout, že v daném ročníku nebyl porost kukuřice výrazně napaden zavíječem kukuřičným. Podle výsledků ÚKZÚZ bylo v letech 2005 – 2006 napadení zavíječem výrazně vyšší. Proto pro porovnání výsledků výnosové úrovně hybridů bylo vybráno i hodnocení z tohoto období (*Graf 19., 20., 21. a 22.*).

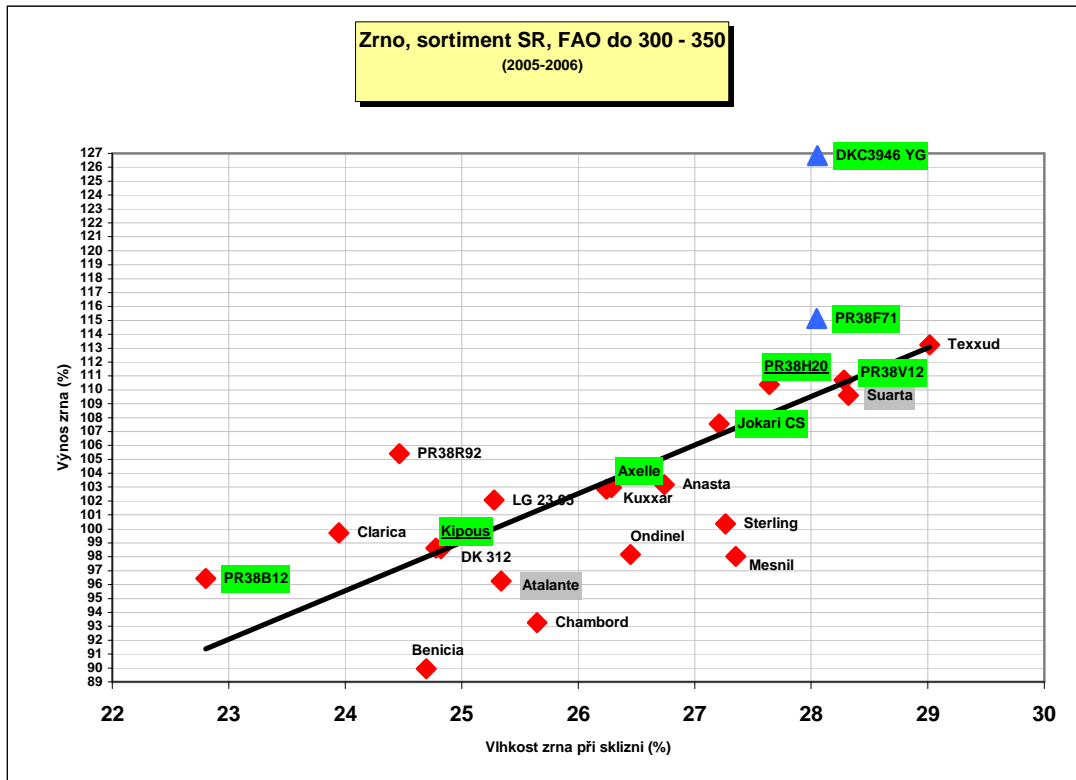
Graf 19: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu – sortiment velmi ranný



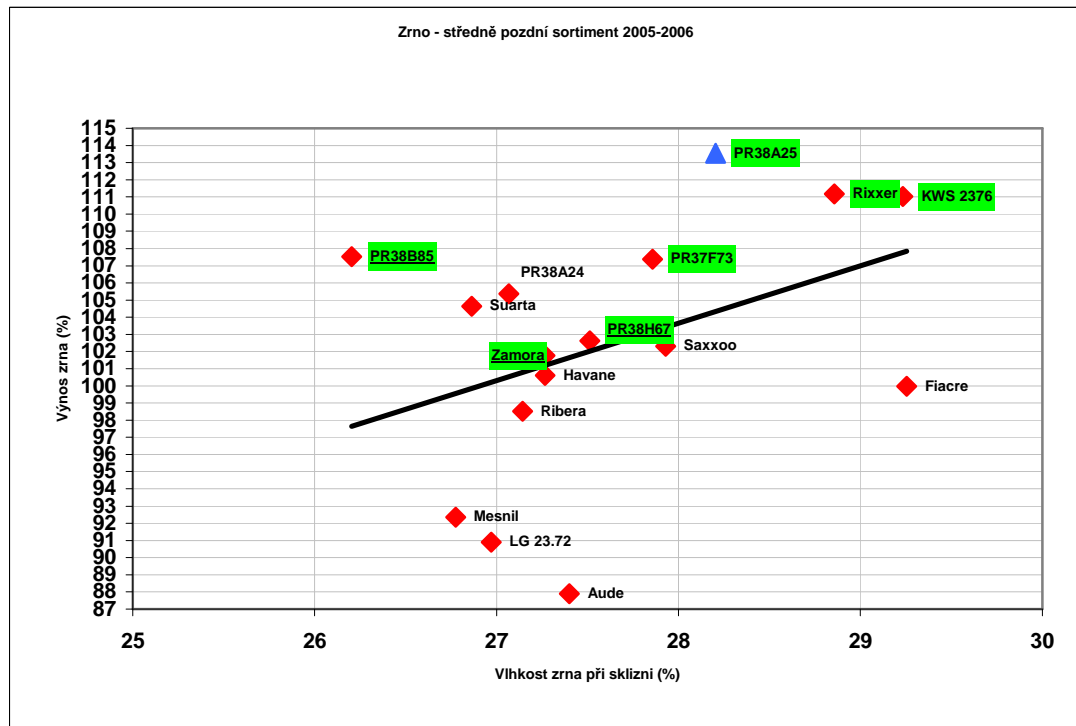
Graf 20: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu – sortiment ranný



Graf 21: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu – sortiment středně ranný



Graf 22: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu – sortiment středně pozdní

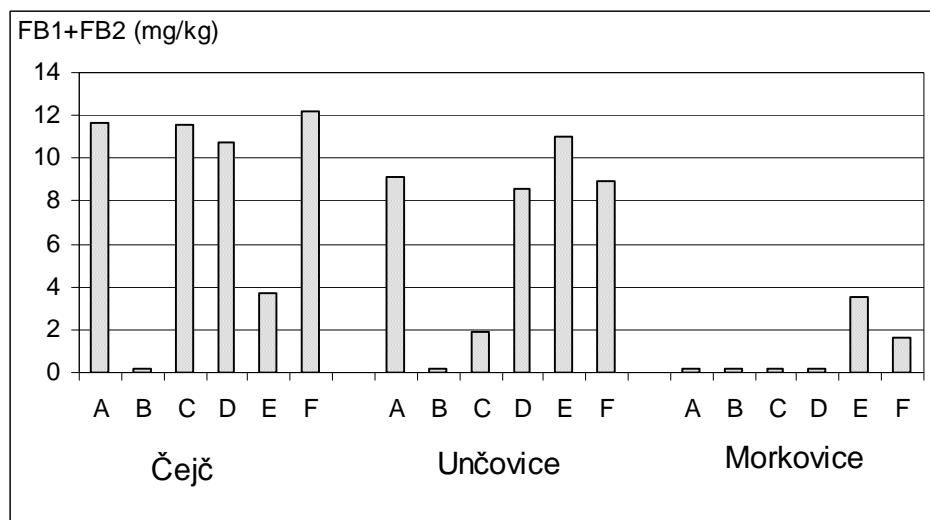


Z grafů (*Graf 19., 20., 21. a 22.*) je zřejmé, že Bt-hybridy poskytovaly nejvyšší výnosy ze všech hybridů ve svých sortimentech. Největší pozornost však byla věnována grafu (*Graf 22.*), kde byly zahrnuty hybridy PR38 A25 YG a jeho izogenní linie PR38 A24, které byly pěstovány i v lokalitě Čejč v roce 2007 (viz *Graf 5.* – str. 62). I v tomto grafu se potvrdila skutečnost, že Bt-hybrid poskytoval vyšší výnos než jeho izogenní linie i na více lokalitách a v odlišných letech.

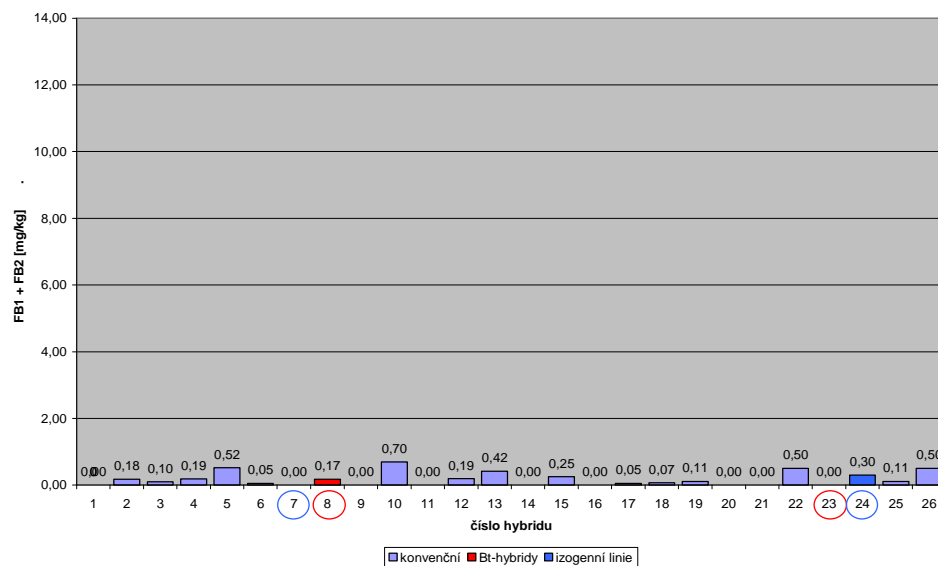
Shrneme-li doposud diskutované výsledky, dospějeme k názoru, že Bt-hybridy celkově poskytovaly v letech 2005 – 2006 vyšší výnosy než konvenční hybridy. Rovněž napadení porostu zavíječem bylo u Bt-hybridů podstatně nižší než u konvenčních hybridů, což vedlo také k následně nižšímu počtu fuzárii napadených palic a k vyšším hodnotám s ním souvisejícího stupně napadení (tzn. nižšímu napadení palice fuzáriem). Na základě stupně napadení palic fuzariózami lze také odvozovat - usuzovat, že zrna konvenčních hybridů byla v těchto letech více napadena mykotoxiny.

V roce 2006 prováděla RNDr. Polišenská, PhD. ze společnosti Agrotest fyto, s.r.o. stanovení obsahu mykotoxinů ve třech lokalitách na jižní Moravě. V grafu (*Graf 22.*) jsou uvedeny hodnoty obsahu fumonisinů B_1+B_2 ve vzorcích konvenčních hybridů podle pěstovaných lokalit. Jednou z nich byla i lokalita v Čejči. Porovnáme-li hodnoty v grafu (*Graf 22.*) s hodnotami získanými v roce 2007 v grafu (*Graf 23.*), dojdeme k závěru, že v roce 2007 byla kontaminace kukuřičného zrna v lokalitě Čejč výrazně nižší než tomu bylo v roce 2006. Bylo tomu tak pravděpodobně díky vyššímu napadení porostu a nižšímu stupni napadení palic fuzárii (tzn. čím nižší stupeň napadení, tím více zrn na palici bylo napadeno) během vegetace v roce 2006. Obdobný obsah fumonisinů B_1+B_2 , byl v tomto roce zaznamenán i v lokalitě Unčovice. Rozdílnost mezi lokalitou pěstování se pak projevila v lokalitě Morkovice, kde byl zaznamenán nižší obsah fumonisinů B_1+B_2 .

Graf 23: Obsah fumonisinů B₁+B₂ v hybridech kukuřice, 3 lokality ČR, 2006



Graf 24: Obsah fumonisinů B₁+B₂ přepočtený na mg/kg pěstované ve vzorcích hybridů kukuřice pěstovaných v lokalitě Čejč v roce 2007



Podíváme-li se na graf (Graf 22.) z hlediska legislativního, zjistíme že většina kontrolovaných vzorků byla kontaminována fumonisinem nad úroveň legislativně stanovených limitů v roce 2006. Hodnota tohoto limitu, který byl v roce 2006 pro nezpracovanou kukuřici dán nařízením (ES) č. 1881/2006, byla 2000 µg/kg. Za zmínku stojí i fakt, že nejen tento, ale i jiné limity v tomto nařízení byly změněny nařízením komise (ES) č. 1126/2007, a to v některých bodech až na dvojnásobné množství.

ZÁVĚR

Z přílohy P I. a z literární rešerše v teoretické části práce vyplývá, že s globálním oteplováním, bude stoupat i význam zavíječe kukuřičného jako hlavního kukuřičného škůdce. Spolu se zvyšujícími se pěstebními plochami kukuřice na zrno, bude tedy nutné ochránit větší plochy před napadením tímto škůdcem. Stávající trend chemického ošetření širokospekt-rálními insekticidy nelze však z ekologického hlediska využívat do nekonečna. Rovněž pomocí biologického ošetření nebude možné celé tyto plochy pokrýt. Cena biologické ochrany je nyní z velké části hrazena dotací a podstatné zvýšení dodávek kapslí s predátorem nelze zajistit z hlediska časování ochrany do relativně úzkého časového úseku, kdy musí být provedena. Proto přichází v úvahu využití geneticky modifikovaných, neboli Bt, hybridů.

Cílem diplomové práce bylo ověřit, zda důvody pro pěstování Bt – hybridů v ČR jsou opodstatněné a na základě výsledků pak zvážit možnost jejího dalšího využití. Bylo vycházeno z předpokladu, že tyto Bt-hybridy jsou rezistentní vůči zavíječi kukuřičnému, a tím tedy i méně napadeny fuzariózami palic, popř. že hromadí méně mykotoxinů než konvenční hybridy. Dále pak z předpokladu, že porost Bt – hybridů s nízkým napadením zavíječe poskytuje vyšší výnosy zrn než konvenční hybridy.

I když Bt–hybridy v lokalitě Čejč nedosáhly ze všech hodnocených hybridů nejlepších výsledků, palice těchto hybridů nebyly napadeny zavíječem kukuřičným, byly méně napadeny fuzariózami a méně kontaminovány mykotoxiny (až na výjimku ZEA u hybridu PR38 A25 YG), především ve srovnání s jejich izogenními liniemi. Při porovnání s ostatními hybridy, pěstovanými na pokusném poli, dosahovaly vždy hodnot napadení zavíječem, fuzariózami nebo kontaminace mykotoxinů pod průměrem všech hodnocených hybridů, tzn. že jsou z tohoto hlediska vhodnější než větší část konvenčních hybridů. Obzvláště v letech, kdy dochází k podstatně vyššímu napadení zavíječem, plísněmi popř. mykotoxiny než tomu bylo v roce 2007 (viz. výsledky v lokalitě Čejč z roku 2005, víceleté výsledky ÚKZÚZ a výsledky RNDr. Polišenské, PhD.), by mohly výrazně přispět k vyšší jakosti a zdravotní nezávadnosti z ní vyrobených produktů. Co se týče výnosnosti Bt – hybridů v dané lokalitě, poskytovaly vyšší výnos než jejich izogenní linie. Zatímco hybrid DKC 3511 YG byl nejvýnosnějším hybridem v souboru hybridů o stejné rannosti, hybrid PR38 A25 YG se s výnosem 101% pohyboval uprostřed svého souboru.

Z víceletých výsledků ÚKZÚZ však vyplývá, že celoplošně Bt – hybridy poskytují vyšší výnosy než konvenční hybridy, jsou výrazně méně napadeny zavíječem kukuřičným a následně i fuzariózami. Na základě vyšších hodnot stupně napadení palic fuzariózami (čím vyšší hodnota, tím méně zrn v palici je napadeno), lze předpokládat i nižší kontaminaci zrn mykotoxiny. Podle těchto uvedených faktů lze tedy říci, že důvody pro pěstování Bt-hybridů v ČR jsou se stoupající významností zavíječe kukuřičného opodstatněné.

Bt-hybridy pěstované v lokalitě Čejč sice splňovaly legislativní limity, stanovené pro fuzarióvé mykotoxiny pro kukuřici určenou pro výrobu potravin, avšak pro současnou nedůvěru spotřebitelů nebo spíše jejich neinformovanost a s tím související důvody ekonomické návratnosti pro farmáře, je v současnosti vhodnější se přiklonit k jejímu využití buď pro krmivářské využití nebo pro nepotravinářské využití (bioláh, bioplyn, popř. výroba degradovatelných plastů). V případě zkrmování Bt-kukuřice není nutné produkty živočišné výroby označovat jako GMO, jak je tomu uvedeno v nařízeních (ES) 1829/2003 a 1830/2003.

V ročnicích, kdy však dochází k vysokému napadení zavíječem, vedoucí nepřímo až k vyšší kontaminaci zrn mykotoxiny (viz *Graf 23.*), se využití Bt-hybridů i pro potravinářské účely jeví jako vhodné. Hlavně pro výrobu produktů, u nichž se kontaminace mykotoxiny vyskytuje nejvíce (křehké chleby, kukuřičný chléb, kukuřičný olej, extrudované výrobky crisps či polenta). Pravdou je, že se obsah mykotoxinů během zpracování suroviny na potravinářské výrobky snižuje, jejich značná část však může být během zpracování distribuována i do vedlejších produktů kukuřice, které následně slouží jako krmivo. Nepřímo se tak mohou mykotoxiny vracet do potravy člověka ve formě reziduí v živočišných produktech.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LOMBORG, B. *Skeptický ekolog – Jaký je skutečný stav světa?* Praha: Liberální institut, 2006, s. 845. ISBN 80-86389-42-4.
- [2] Web stránky Českého hydrometeorologického ústavu. *Oddělení změny klimatu ČHMÚ* [online]. [cit. 2008-03-17]. Dostupné z:< <http://www.chmi.cz/cc/inf/index.html>>
- [3] Web stránky Intergovernmental Panel On Climate Changes. *IPCC WG1 AR4 Report* [online]. [cit. 2008-03-17]. Dostupné z:<<http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>>
- [4] MUŠKA, F., DUBROVSKÝ, M., TRNKA, M. a kol. European Corn Borer life stage model: Regional estimates of pest development and spatial distribution under present nad future climate. *Ecological modelling*. 2007, s. 61-84. 0304-3800
- [5] Web stránky Státní rostlinolékařské správy. *Informace o výskytu hlavních škůdců a chorob na území ČR ve vztahu ke globálnímu oteplování* [online]. [cit. 2008-03-04]. Dostupné z: <http://www.srs.cz/portaldoc/skodlive_organismy/monitoring_so_na_uzemi_cr/souhrn_prehled_o_vyskytu_so/Informace_o_SO_globalni_oteplvani.pdf>
- [6] CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B., HRUDOVÁ, E. *Pěstování a kvalita rostlin*. 1. vyd. Brno: MZLU v Brně, 2005. s. 181. ISBN 80-7157-897-5.
- [7] VRZAL, J., NOVÁK, D. a kol. *Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícein*. 1. vyd. Praha: Institut výchovy a vzdělání MZe ČR, 1995. s. 32. ISBN 807105-097-0.
- [8] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2001/77/ES ze dne 27. září 2001 o podpoře elektrické energie z obnovitelných zdrojů na vnitřním trhu s elektrickou energií
- [9] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES ze dne 8. května 2003 o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě
- [10] KÁRA, J. Moderní zemědělské bioplynové stanice. *Agromagazín*. listopad 2006, roč. 7, č. 11, s. 62 – 65, ISSN 1214-0643.
- [11] RYCHTERA, M., ŠEBOR, G., MELZUCH, K., POSPÍŠIL, M. *Analýza výroby a využívání biopaliv jako náhrady fosilních pohonných hmot v dopravě v ČR*. [online]. 2006, [cit.2008-03-26]. Dostupné z:<http://www.mze.cz/UserFiles/File/Material%20do%20vldy/Biopaliva_kalkulace_studie_VCHT_Praha_2006-v3.doc>

- [12] Web stránky VP Agro spol.s.r.o. – v roce 2005 společnost certifikována ISO 9001 pro poradenství v zemědělství. *Využití zemědělské produkce pro výrobu bioetanolu*. [online]. [cit. 2008-03-26]. Dostupné z:<<http://www.vpagro.cz/files/articles/bioet.pdf>>
- [13] Zákon č. 219/2003 Sb. o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby)
- [14] ONDŘEJ, M. Geneticky modifikované rostliny in *Geneticky modifikované organismy – současnost a perspektivy*. Praha: VŠCHT Praha ve spolupráci s MŽP, 2004, s. 27 – 34. ISBN 80-86313-13-1.
- [15] HRAŠKA, H., RAKOUSKÝ, S. Transgenní plodiny – realita a perspektivy in *Sborník přednášek ze semináře GMO v agroekosystému a jeho okolí*, Praha: MZe ČR a ČZU v Praze, 2007, s.18 – 23. ISBN 978-80-7084-588-2
- [16] ČEŘOVSKÁ, M. Zkušenosti českých pěstitelů s Bt kukuřicí in *Sborník přednášek ze semináře GMO v agroekosystému a jeho okolí*, Praha: MZe ČR a ČZU v Praze, 2007, s. 49 – 53. ISBN 978-80-7084-588-2
- [17] O'BRIEN, L., HENRY, R. J. *Transgenic Cereals*. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 2000. s. 340. ISBN 1-891127-22-5.
- [18] KOCOUREK, F., ŘÍHA K. jr. Zavíječ – nebezpečný škůdce in *Sborník přednášek z mezinárodního semináře Kukuřice v praxi 2006*, Brno: MZLU v Brně a KWS Osiva s.r.o., 2006, s. 32 – 46. ISBN 80-7157-922-X
- [19] SOUKUP, J., HOLEC, J. Agroekologické aspekty pěstování transgenních plodin in *Sborník přednášek ze semináře GMO v agroekosystému a jeho okolí*, Praha: MZe ČR a ČZU v Praze, 2007, s.24 – 28. ISBN 978-80-7084-588-2
- [20] ŘÍHA K. sr., Povolný, M. Je pěstování geneticky modifikované (Bt) kukuřice ČR odůvodněné? in *Sborník přednášek ze semináře GMO v agroekosystému a jeho okolí*, Praha: MZe ČR a ČZU v Praze, 2007, s.43 – 48. ISBN 978-80-7084-588-2
- [21] Zákon č. 242/200 Sb. o ekologickém zemědělství a o změně zákona č. 368/1992 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů
- [22] Nařízení Rady (EHS) č. 2092/91 ze dne 24. června 1991 o ekologickém zemědělství a k němu se vztahujícím označování zemědělských produktů a potravin

- [23] ČEŘOVSKÁ, M. *Ministerstvo zemědělství: Informace od kontrolních organizací v Ekologickém zemědělství (Abcert, Biokont a KEZ)*. 4. prosince 2007 10:45, [cit. 2008-01-28]. Osobní komunikace.
- [24] ČEŘOVSKÁ, M. Povinnosti pěstitelů geneticky modifikované kukuřice. *Agromanuál*. únor 2006, roč. 1, č. 2, s. 48 – 50. ISSN 1801-4895.
- [25] Ministerstvo zemědělství ČR. *Desatero pro pěstitele geneticky modifikované Bt kukuřice pro rok 2007* [online]. 2007, [cit. 2007-02-08]. Dostupné z: <<http://81.0.228.70/attachments/desatero2007.doc>>
- [26] PROKEŠ, J. a kol. *Základy toxikologie – Obecná toxikologie a ekotoxikologie* 1. vyd. Praha: Karolinum, 2005. s. 248. ISBN 80-246-1085-X.
- [27] KÚDELA, V., KOCOUREK, F., VACKE J. a kol. Názvy chorob, poruch a škůdců podle hostitelských rostlin – IV. část. *Úroda*. únor 2007, roč. 55, příloha s. 12 – 13 . ISSN 0139-6013
- [28] ŘÍHA, K. *ÚKZÚZ: Zavíječ kukuřičný, plísňe, mykotoxiny a GMO*. 4. dubna 9:50, [cit. 2008-04-06]. Osobní komunikace.
- [29] POVOLNÝ, M., VACEK, E. *Přehled odrůd 2007 kukuřice*. 1. vyd. Brno: ÚKZÚZ v Brně, 2007, s. 87.
- [30] HRUŠKA, J. a kol. *Monografie o kukuřici*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1962. s. 906. 07-139-62-04-30
- [31] HRDINA, V., JAHODÁŘ, L., MARTINEC, Z. a kol. *Přírodní toxiny a jedy*. Praha: Karolinum, 2004. s. 302. ISBN 80-246-0823-5.
- [32] BŘEZINA, P., ŠIMŮNEK, J. *Mykotoxiny* 1. vyd. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 1996, s. 70.
- [33] OSTRÝ, V. Plísňe a potraviny - 1. část. *Potravinářská Revue*. únor 2006, roč. 3, č. 1, s. 33 – 37. ISSN 1801-9102
- [34] NEDĚLNÍK, J., MORAVCOVÁ, H., ROMÁNKOVÁ, Z. Obsah mykotoxinů v hmotě čerstvé kukuřičné řezanky in *Sborník přednášek z mezinárodního semináře Kukuřice v praxi 2006*, Brno: MZLU v Brně a KWS Osiva s.r.o., 2006, s. 51 – 57. ISBN 80-7157-922-X

- [35] NEDĚLNÍK, J., BÁCOVÁ, J. Kontaminace kukuřice mykotoxiny. *Farmář*. říjen 2000, roč. 6, č. 10, s. 24 – 26. ISSN 1210-9789.
- [36] ZEDNÍKOVÁ, M., CHMELÍKOVÁ, E. Když plísně škodí - mykotoxiny v zemědělských plodinách. *Agromagazín*. listopad 2006, roč. 7, č. 11, s. 28 – 30, ISSN 1214-0643.
- [37] SLEZÁKOVÁ, L. Potenciálně toxinogenní druhy na Bt-kukuřici. *Agromanuál*. září 2007, roč. 2, č. 9, s. 32 – 33. ISSN 1801-4895.
- [38] REID, L. M., NICOL, R. W., OUELLET, T. a kol. Interaction of *Fusarium graminearum* *F. moniliforme* in Maize Ears: Disease Progress, Fungal Biomass, and Mycotoxin Accumulation. The American Phytopathology Society. Publication no. P-1999-0913-02R
- [39] ZEMAN, L., DOLEŽAL, P., SKLÁDANKA, J. Vliv mykotoxinů na zdraví a plodnost hospodářských zvířat in *Sborník přednášek z mezinárodního semináře Kukuřice v praxi 2006*, Brno: MZLU v Brně a KWS Osiva s.r.o., 2006, s. 60 – 63. ISBN 80-7157-922-X.
- [40] NEDĚLNÍK, J., MORAVCOVÁ, H. Mykotoxiny a píce in *Sborník vědeckých prací z mezinárodního symposia Konzervace objemných krmiv*, Brno: VFU Brno, 2006, s. 13 – 24. ISBN 80-7305-555-4.
- [41] OSTRÝ, V. Plísně a potraviny - 2. část. *Potravinářská Revue*. květen 2006, roč. 3, č. 2, s. 33 – 37. ISSN 1801-9102
- [42] RUPRICH, J., OSTRÝ V. The Occurrence of Fumonisin in Corn-based Commodities in the Czech republic. *Czech J. Food Sci.* 1998, roč. 16, č. 4, s. 117 – 121.
- [43] BÖHM, J. Mykotoxiny v krmivech a jejich vliv na zdraví zvířat in *Sborník vědeckých prací z mezinárodního symposia Konzervace objemných krmiv*, Brno: VFU Brno, 2006, s. 32 – 35. ISBN 80-7305-555-4.
- [44] BULLERMAN, B. L., BIANCHINI, A. Stability of mycotoxins during food processing. *International Journal of Food Microbiology*. 2007, s. 140-146. 0168-1605
- [45] MALÍŘ, F., OSTRÝ, V. *Stanovisko vědeckého výboru pro potraviny ve věci: Snížení obsahu aflatoxinů v suchých skořápkových plodech (zejména v pistáciích a burských oříšcích)* [online]. 2004, [cit. 2007-12-15]. Dostupné z: <www.chpr.szu.cz/vedvybor/dokumenty/stanoviska/Stan_2004_6_deklas_AFs.pdf>

- [46] RICHARD, J. L. Some major mycotoxins and their mycotoxicoses—An overview. *International Journal of Food Microbiology*. 2007, s. 3-10. 0168-1605
- [47] OSTRY, V., SKARKOVA, J., RUPRICH, J. The Mycotoxin Research in Foodstuffs in the Czech Republic in the 90th Years. *Mycotoxin Research*. 2001, s. 183 - 186.
- [48] ROMÁNKOVÁ, Z. Mykotoxiny u kukuřice v období sklizně. *Úroda*. říjen 2004, roč. 52, č. 9, s. 15. ISSN 0139-6013.
- [49] CASTELLS, M., RAMOS, A. J. a kol. Distribution of fumonisins and aflatoxins in corn fractions during industrial cornflake processing. *International Journal of Food Microbiology*. 2008. 0168-1605
- [50] ARAVIND, K. L., DEVEGOWDA, G., UMAKANTHA, B. a kol. Efficacy of Esterified Glucomannan to Counteract Mycotoxicosis in Naturally Contaminated Feed on Performance and Serum Biochemical and Hematological Parameters in Broilers. *Poultry Science* 82. 2003, s. 571–576
- [51] PEJCHOVÁ, L. Účinné zneškodňování mykotoxinů v krmivech. *Náš chov*. Zář 1998. roč. 58, č. 9. ISSN 0027-8086.
- [52] KOUBOVÁ, D. *Proč nejsou minerální jíly vhodným řešením?* [online]. 2003, [cit. 2007-04-10]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=19862&ids=415>>
- [53] Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006 , kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách
- [54] Nařízení Komise (ES) č. 1126/2007 ze dne 28. září 2007 , kterým se mění nařízení (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách, pokud jde o fusariové toxiny v kukuřici a ve výrobcích z kukuřice
- [55] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/32/ES ze dne 7. května 2002 o nežádoucích látkách v krmivech
- [56] Doporučení Komise ze dne 17. srpna 2006 o přítomnosti deoxynivalenolu, zearalenonu, ochratoxinu A, T-2 a HT-2 a fumonisinů v produktech určených ke krmení zvířat
- [57] ZIMOLKA, J. a kol. *Speciální produkce rostlinná – Rostlinná výroba*. 2. vyd. Brno: MZLU v Brně, 2005. s. 245. ISBN 80-7157-451-1.

- [58] DIVIŠ, J. a kol. *Pěstování rostlin*. 1. vyd. České Budějovice: JČU v Českých Budějovicích, 2000. s. 284. ISBN 80-7040-456-6.
- [59] KÁŠ, J. Trendy nových potravinářských výrobků zlepšujících kvalitu života. *Potravinářská Revue*. září 2006, roč. 3, č. 3, s. 10 – 14. ISSN 1801-9102.
- [60] HRABĚ, J., KOMÁR, A. *Technologie, zbožížnalství a hygiena potravin rostlinného původu – III. Část*. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 2003, s. 82. ISBN 80-7231-107-7.
- [61] PELIKÁN, M. Stručná charakteristika a užití jednotlivých obilovin. *Potravinářská Revue*. únor 2005, č. 1, s. 15 – 16. ISSN 1801-9102.
- [62] FRIČ, P. *Celiakie – celosvětová choroba mnoha tváří* [online]. 2007, [cit. 2007-02-15]. Dostupné z: <<http://www.bezlepkovadieta.cz/?url=celiakie-celiakalnisprue&clanek=4747>>
- [63] Zákon č. 78/2004 Sb. o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty
- [64] Nařízení Evropského parlamentu a Rady 1831/2003 ze dne 23. září 2003 o zpětné sledovatelnosti a označování geneticky modifikovaných organismů a zpětné sledovatelnosti potravin a krmiv vyrobených z geneticky modifikovaných organismů a o změně směrnice 2001/18/ES.
- [65] ČUBA, F., HURTA, J. Biotechnologie – jaké zisky přinášejí světu, co mohou přinášet nám in *Sborník referátů z odborné zemědělské konference Biotechnologie*, Zlín: MONDON Slušovice, 2004, s. 5 – 21. ISBN 80-903108-6-9
- [66] NOVOTNÝ, R. *Hodnocení využitelnosti obnovitelných zdrojů*. 2003, [cit. 2008-03-27]. Dostupné z: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=39307&ids=138>>
- [67] MRŮZEK, M. *Energetické využití biomasy*. [online]. [cit. 2008-03-25]. Dostupné z: <http://www.agro-envi-info.cz/files/dokumen/ML27_Energeticke%20vyuziti%20biomasy.pdf>
- [68] SHURTLEFF, M. C., EDWARDS, D. I., NOEL, G. R. Common Names of Plant Diseases: Diseases of Corn or Maize (*Zea mays* L.) The American Phytopatology Society. <http://www.apsnet.org/online/common/names/corn.asp>

[69] Web stránky Českého statistického ústavu. *Vývoj ploch a sklizní zemědělských plodin v letech 1996 – 2007* [online]. [cit. 2008-03-18]. Dostupné z:<<http://www.czso.cz/csu/2008edicniplan.nsf/p/2102-08>>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Bt	<i>Bacillus thuringiensis</i> .
CCM	Corn-Crop-Mix.
ČAZV	Česká akademie zemědělských věd.
ELISA	Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay
FAO	Food and Agriculture Organisation of United Nations.
GAP	Good agriculture practice.
GM	Geneticky modifikovaná.
GMO	Geneticky modifikovaný organismus.
GTP	Good Tissue Practice.
HACC	Hazard analysis of critical control points.
IPCC	Intergovernmental Panel On Climate Changes.
LKS	Lieschen-Kolben-Schrott.
MZLU	Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
SRES	Special Report on Emissions Scenarios.
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
VÚRV	Výzkumný ústav rostlinné výroby.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Předpoklady oteplování zemského povrchu podle různých scénářů SRES uvedených IPCC v roce 1995. [3].....</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 2: Příklad tabulky pro 1. opakování hodnocení mykóz v palici v souvislosti s napadením zavíječem.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr. 3: Vzorec pro výpočet Pearsonova korelačního koeficientu.....</i>	<i>60</i>

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1.: Vývoj ploch kukuřice na zrno, na zeleno a siláž v letech 1996 – 2007 [69].</i>	16
<i>Graf 2.: Plocha kukuřice ošetřená proti zavíječi kukuřičnému v ČR v letech 1971 – 2003. [5].</i>	24
<i>Graf 3.: Cena spotřebovaných přípravků na ochranu proti zavíječi kukuřičnému v letech 2001 – 2006. [5].</i>	25
<i>Graf 4: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu (FAO 201 -300).</i>	62
<i>Graf 5: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu (FAO 301 -400)</i> <i>Graf 6: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu (FAO 401 -500).</i>	63
<i>Graf 6: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu (FAO 401 -500).</i>	64
<i>Graf 7: Procenta výskytu fuzariózních palic u hodnocených hybridů.</i>	66
<i>Graf 8: Grafické znázornění poměru napadení hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným.</i>	67
<i>Graf 9: Výskyt deoxynivalenolu (DON) ve vzorcích kukuřičných zrn.</i>	70
<i>Graf 10: Výskyt zearalononu (ZEA) ve vzorcích kukuřičných zrn.</i>	70
<i>Graf 11: Výskyt sumy fumonisinů B₁ a B₂ (FB₁ + FB₂) ve vzorcích kukuřičných zrn.</i>	71
<i>Graf 12: Výskyt všech sledovaných mykotoxinů ve vzorcích kukuřičných zrn.</i>	71
<i>Graf 13: Grafické znázornění poměru napadení hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným v lokalitě Čejč v roce 2005.</i>	76
<i>Graf 14: Procenta výskytu fuzariózních palic u hodnocených hybridů v lokalitě Čejč v roce 2005.</i>	76
<i>Graf 15: Grafické znázornění průměrného poměru napadení velmi ranných hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným ve více lokalitách a v letech 2005 – 2006.</i>	77
<i>Graf 16: Grafické znázornění průměrného poměru napadení ranných hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným ve více lokalitách a v letech 2005 – 2006.</i>	78
<i>Graf 17: Grafické znázornění průměrného poměru napadení středně ranných hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným ve více lokalitách a v letech 2005 – 2006.</i>	79

<i>Graf 18: Grafické znázornění průměrného poměru napadení středně pozdních hybridů fuzariózami a zavíječem kukuřičným ve více lokalitách a v letech 2005 – 2006.....</i>	<i>80</i>
<i>Graf 19: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu – sortiment velmi ranný.....</i>	<i>82</i>
<i>Graf 20: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu – sortiment ranný.....</i>	<i>82</i>
<i>Graf 21: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu – sortiment středně ranný.....</i>	<i>83</i>
<i>Graf 22: Výnos zrna v závislosti na rannosti hybridu – sortiment středně pozdní.....</i>	<i>83</i>
<i>Graf 23: Obsah fumonisinů B₁+B₂ v hybridech kukuřice, 3 lokality ČR, 2006.....</i>	<i>85</i>
<i>Graf 24: Obsah fumonisinů B₁+B₂ přepočtený na mg/kg pěstované ve vzorcích hybridů kukuřice pěstovaných v lokalitě Čejč v roce 2007.....</i>	<i>85</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Energetické produkční potenciály zemědělských plodin [66] Zdroj: Studie A.R.C. spol. s r.o.</i>	16
<i>Tab. 2: Chemické složení zrna podle Pelshenkeho. [57]</i>	45
<i>Tab. 3: Stupnice pro hodnocení stupně napadení fuzariózami</i>	57
<i>Tab. 4: Detekční limity pro jednotlivé mykotoxiny</i>	58
<i>Tab. 5: Výnosové parametry zrn pěstovaných hybridů v lokalitě Čejč</i>	60
<i>Tab. 6: Výsledky hodnocení napadení palic fuzariózami a zavíječem kukuřičným (v %)</i> ...64	
<i>Tab. 7: Obsah fuzariových mykotoxinů ve vzorcích hodnocených hybridů</i>	68
<i>Tab. 8: Korelační koeficienty mezi faktory K</i>	71
<i>Tab. 9: Výsledky hodnocení napadení palic fuzariózami a zavíječem kukuřičným v lokalitě Čejč v roce 2005</i>	74
<i>Tab. 10: Výsledky hodnocení stupně napadení palic fuzariózami u Bt-hybridů a průměry celého souboru a konv. hybridů ve víceletých zkouškách ÚKZÚZ dle sortimentu rannosti</i>	80

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: MAPY MOŽNÝCH SCÉNÁŘŮ KLIMATICKÝCH ZMĚN V ČR VE VZTAHU K ZAVÍJEČI KUKUŘIČNÉMU

PŘÍLOHA P II: MAPY ŠKODLIVÉHO VÝSKYTU ZAVÍJEČE KUKUŘIČNÉHO V ČR V LETECH 1961 – 2006

PŘÍLOHA P III: REGISTROVANÉ HYBRIDY DLE STUPNICE FAO

PŘÍLOHA P IV: CONVARIETY KUKUŘICE PODLE CHARAKTERU ENDOSPERMU ZRNA

PŘÍLOHA P V: PŘEHLED HOUBOVÝCH CHOROB KUKUŘICE PODLE JEJICH PATOGENŮ

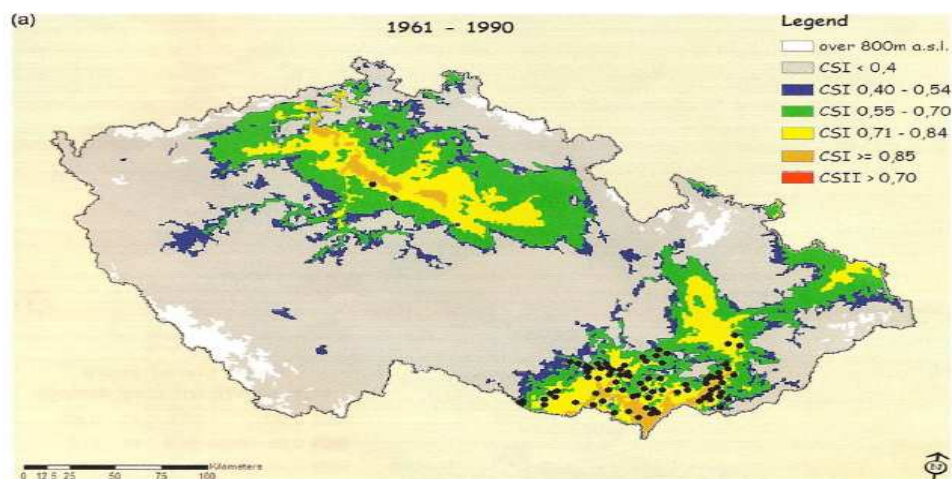
PŘÍLOHA P VI: PŘEHLED VÝZNAMNÝCH MYKOTOXIKÓZ ZPŮSOBENÉ MYKOTOXINY VYSKYTUJÍCÍMI SE NA KUKUŘICI

PŘÍLOHA PVII: MAXIMÁLNÍ LIMITY KONTAMINUJÍCÍCH MYKOTOXINŮ V POTRAVINÁCH KUKUŘIČNÉHO PŮVODU

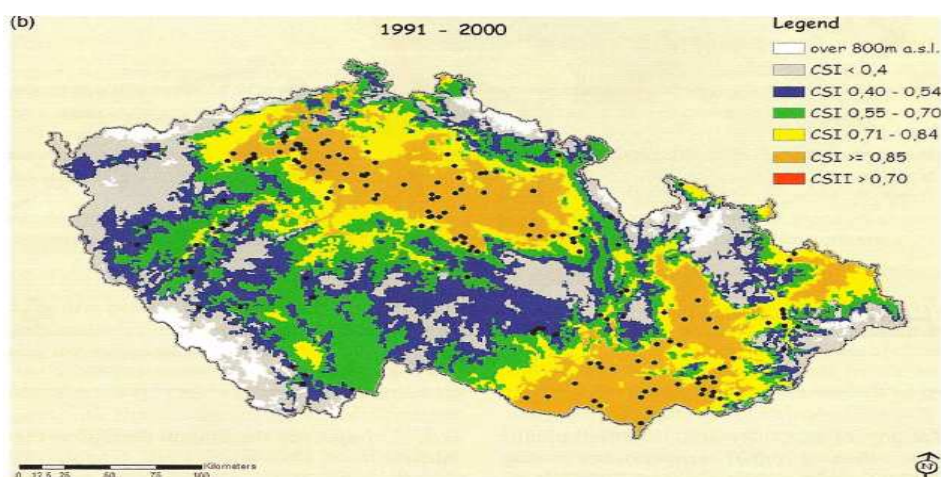
PŘÍLOHA P VIII: SMĚRNÉ HODNOTY MYKOTOXINŮ V PRODUKTECH URČENÝCH KE KRMENÍ ZVÍŘAT

PŘÍLOHA P I: MAPY MOŽNÝCH SCÉNÁŘŮ KLIMATICKÝCH ZMĚN V ČR VE VZTAHU K ZAVÍJEČI KUKUŘIČNÉMU [4]

Mapa č.1: Stav klima ve vztahu k výskytu populací zavíječe kukuřičného v letech 1661 – 1990



Mapa č.2: Změny klimatu ve vztahu k výskytu populací zavíječe kukuřičného v letech 1991 – 2000



Vysvětlivky (přeloženo z anglického jazyka z [4]):

$$CS = \text{Climate suitability index} = \frac{X_{\text{suitability}}}{n}$$

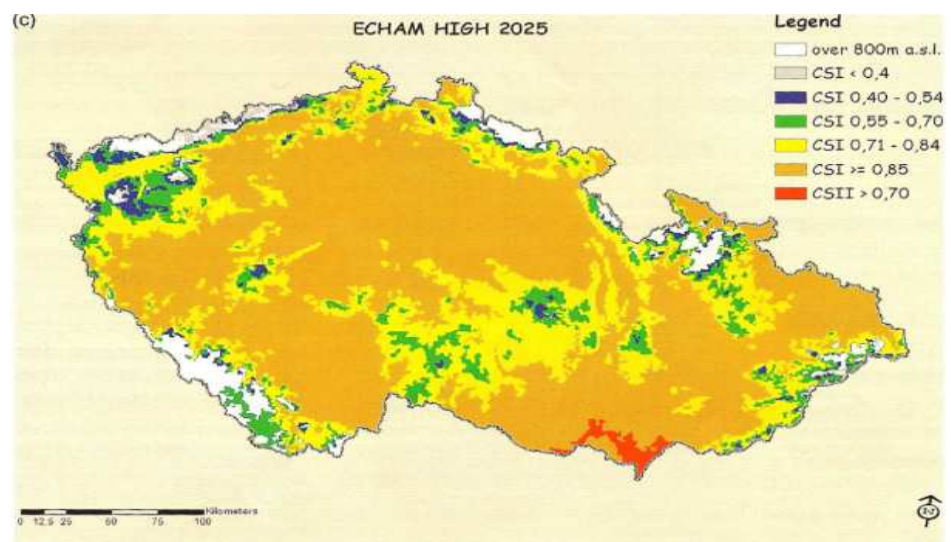
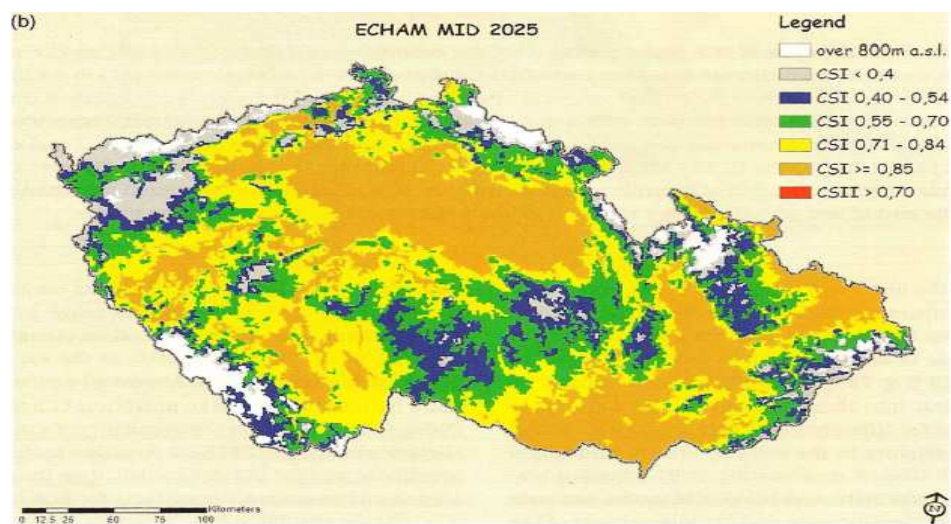
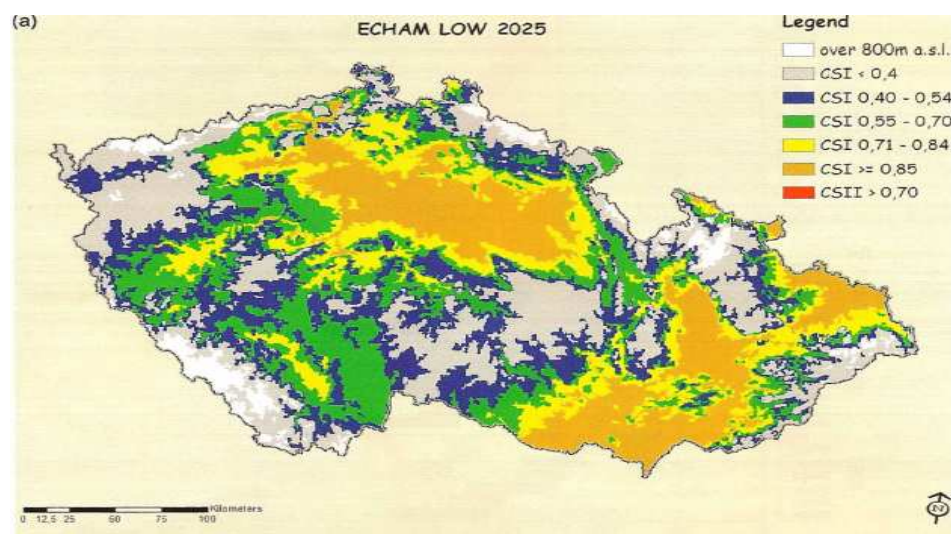
$X_{\text{suitability}}$ – reprezentuje počet sezón v dané lokalitě z n , vhodných pro danou generaci zavíječe za podmínek, že se sezóně vyvine alespoň 5 % populace zavíječe kukuřičného.

n – celkový počet roků.

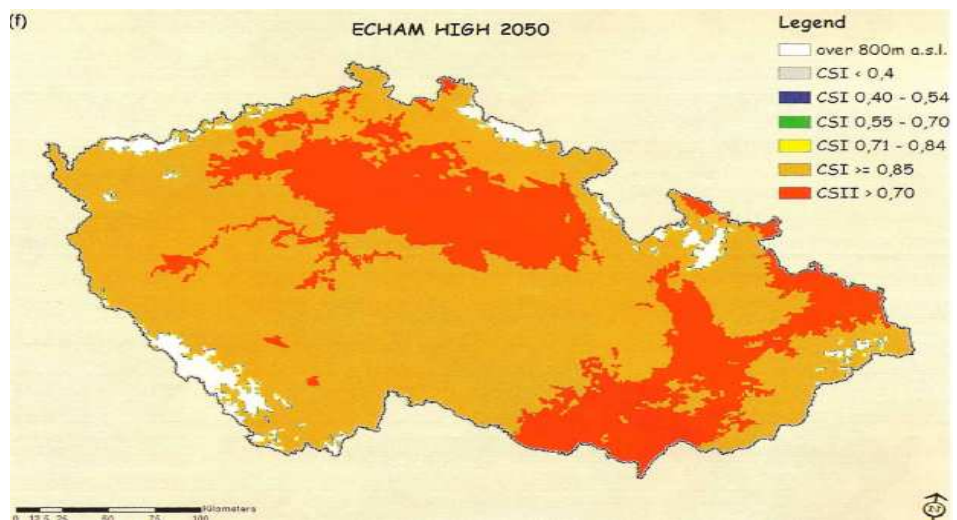
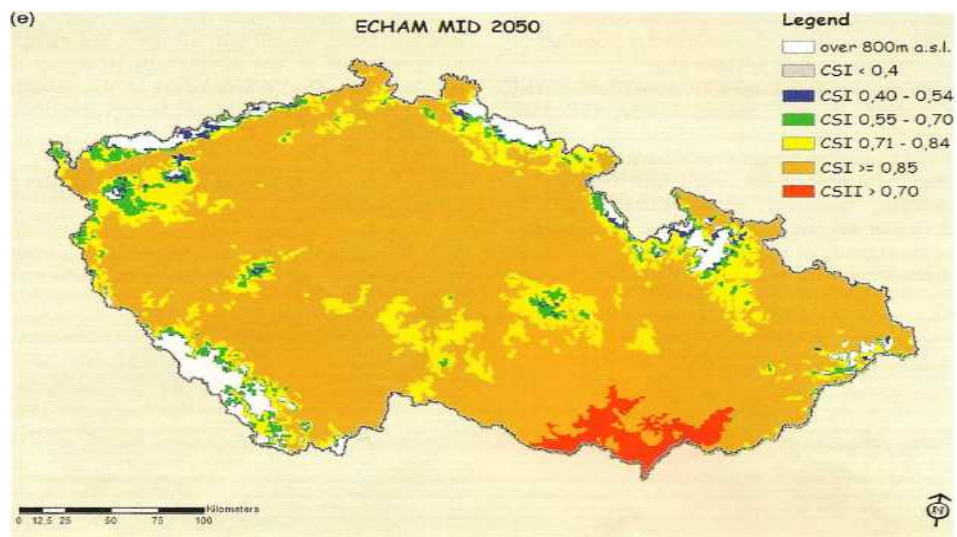
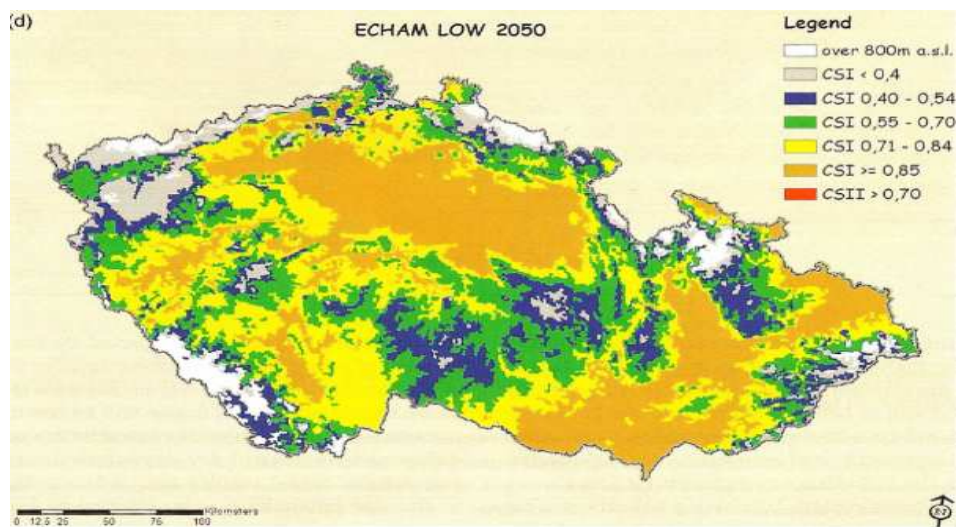
CS_I – Klimatický index vhodný pro výskyt jednogenerační populace zavíječe kukuřičného

CS_{II} – Klimatický index vhodný pro výskyt dvougenerační populace zavíječe kukuřičného

Mapa č.3: Předpokládané změny klimatu dle předpokládáných scénářů ve vztahu k výskytu populací zavřejče kukuřičného v roce 2025 (a-nejnižší možná varianta, b-střední varianta, c-nevyšší možná varianta)



Mapa č.4: Předpokládané změny klimatu dle předpokládaných scénářů ve vztahu k výskytu populací zavíječe kukuřičného v roce 2025 (d-nejnižší možná varianta, e-střední varianta, f-nevyšší možná varianta)



PŘÍLOHA P II: MAPY ŠKODLIVÉHO VÝSKYTU ZAVÍJEČE KUKUŘIČNÉHO V ČR V LETECH 1961 – 2006 [5]

Mapa č. 1: Škodlivý výskyt zavíječe kukuřičného v ČR v letech 1961–1970

V uvedeném období byly sledovány škodlivé výskyty pouze v tradičních oblastech pěstování kukuřice na zrno v okresech Břeclav, Hodonín a Uherské Hradiště. Jsou uvedeny ojedinělé výskyty (ne škody) z vyšších poloh (Dačice a Jeseník).



Mapa č. 2: Škodlivý výskyt zavíječe kukuřičného v ČR v letech 1971–1980

Dochází k rozšíření zavíječe kukuřičného do dalších okresů. Např. v roce 1975 napadení kukuřice v okrese Vyškov dosáhlo rozmezí 28 – 68 %. Za uvedené období se zdvojnásobil počet okresů se škodlivým výskytem zavíječe kukuřičného (celkem 6).



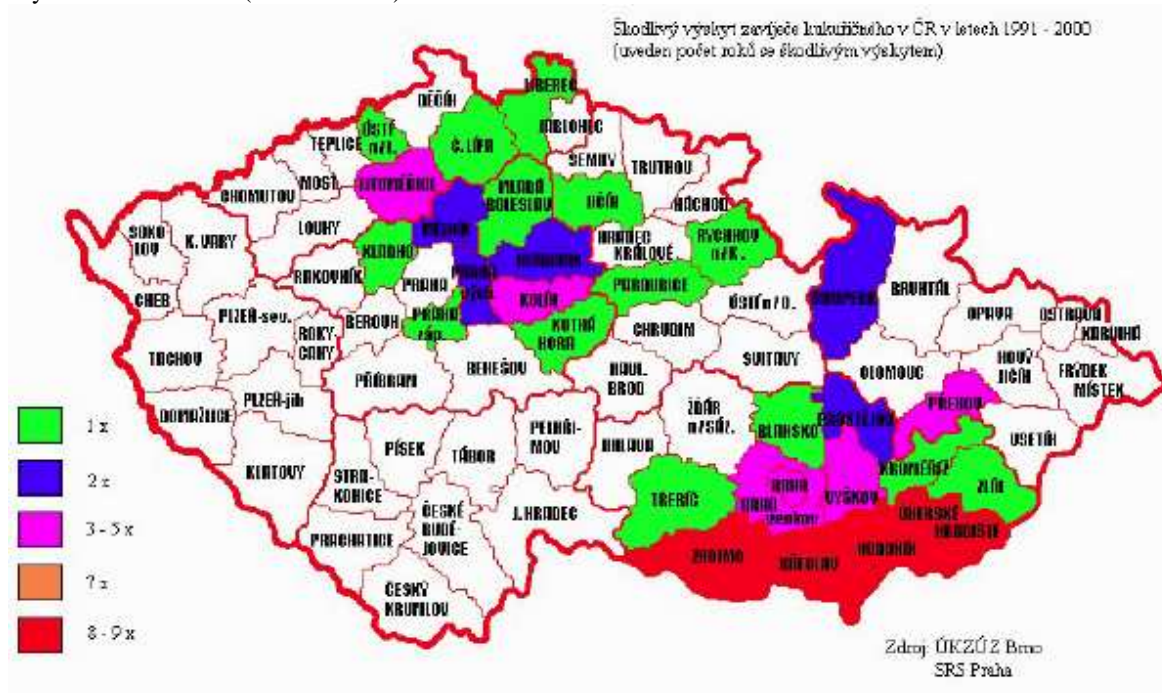
Mapa č. 3: Škodlivý výskyt zavíječe kukuřičného v ČR v letech 1981 – 1990

Rozšiřování zavíječe kukuřičného nadále pokračovalo. Škodlivé výskyty byly hlášeny z deseti okresů. Výrazněji se projevil nejen v nížinách (okresy Břeclav, Hodonín), ale také ve vyšších polohách (okresy Třebíč, Zlín). Velmi silné napadení bylo v roce 1982, kdy rozsah napadení byl v rozmezí 40 – 100 %.



Mapa č. 4: Škodlivý výskyt zavíječe kukuřičného v ČR v letech 1991 – 2000

V roce 1990 se jižní Morava uváděla jako hlavní oblast, kde zavíječ kukuřičný způsobuje škody. V následujícím období ovšem došlo k výraznému rozšíření areálu škodlivosti tohoto škůdce, kdy poškození kukuřice bylo hlášeno z 30 okresů (především období 10). V roce 1991 byl koncem července hlášen silný výskyt z okresu Liberec (horská oblast).



Mapa č. 5: Škodlivý výskyt zavíječe kukuřičného v ČR v letech 2001 – 2005

V roce 2001 byl poprvé hlášen škodlivý výskyt z okresu Plzeň – sever (západní Čechy), v roce 2002 z okresu Domažlice (západní Čechy) a Louny (severní Čechy), v roce 2003 z okresu Rakovník (střední Čechy), Strakonice (jižní Čechy) a Ústí nad Orlicí (východní Čechy).



Mapa č 6: Škodlivý výskyt zavíječe kukuřičného v ČR v roce 2006



**PŘÍLOHA P III: REGISTRované HYBRIDY V ČR DLE STUPNICE
FAO K 31. 12. 2007**

Tab. 11: Počet zapsaných hybridů kukuřice v Státní odrůdové knize dle čísla ranosti [29]

Číslo ranosti (FAO)	Počet hybridů
do 200	10
200-250	95
250-300	81
300-350	30
350-400	17
nad 400	2

Tab. 12: Zařazení hybridů kukuřice do jednotlivých skupin dle stupně ranosti – číslo FAO [58]

Číslo FAO	Ranost hybridu	Délka vegetační doby
do 200	velmi rané hybridy	120 dní
201 - 300	rané hybridy	121 - 127 dní
301 - 400	polorané hybridy	128 - 134 dní
401 - 500	polopozdní hybridy	135 - 141 dní
nad 500	pozdní hybridy	nad 142 dní

PŘÍLOHA P IV: CONVARIETY KUKUŘICE PODLE CHARAKTERU ENDOSPERMU ZRNA [58]

Kukuřice koňský zub (*Z. mays convar. indentata, syn. dentiformis*). Zrno je klínového tvaru, se sklovitými bočními okraji, moučnatý endosperm proniká až k vrcholu zrna. Nerovnoměrně sesychání moučnaté a sklovité části vytváří jamku. Je pozdější, ale výnosnější. Hospodářsky je nejdůležitější convarietou.

Kukuřice obecná – tvrdá (*Z. mays convar. indurata, syn. vulgaris*). Vyznačuje se tvrdým, lesklým, okrouhlým zrnem, moučnatý endosperm přechází na okraji ve sklovitý. Vyznačuje ranností s nižším výnosem.

Kukuřice polozubitá (*Z. mays convar. aorista, semiindentata*). Tvoří přechod mezi předchozími formami. Jamka na vrcholu zrna je méně zřetelná, zrno má sklovitější endosperm než koňský zub.

Kukuřice pukancová (*Z. mays convar. everia, syn. microsperma*). Má menší zrno, tvrdý a sklovitý endosperm. Podle tvaru zrna se rozděluje na kukuřici rýžovou, se zobákovitě zakrouceným vrcholem, a perlou, se zakulaceným zrnem. Používá se k přípravě pukanců a vloček.

Kukuřice cukrová (*Z. mays convar. saccharata*). Má charakteristicky svaštělé zrno se sklovitým endospermem. Obsahuje amyloextrin rozpustný ve vodě. Používá se jako zelevina na vaření a konzervování.

Kukuřice škrobnatá (*Z. mays convar. amylacea*). Zrno má moučnatý charakter s matným povrchem. Pro vysoký obsah škrobu se využívá ve škrobárnách a lihovarnickém průmyslu.

Kukuřice vosková (*Z. mays convar. ceratina*). Zrno je podobné kukuřici obecné, sklovitý endosperm není průhledný a matný povrch zrna opticky připomíná vosk. Obsahuje dextriny, pěstuje se pro technické účely.

Kukuřice plevnatá (*Z. mays convar. tunicata, syn. cryptosperma*). Zrno je uzavřené v plevách. Jedná se o primitivní formu, nemá hospodářský význam.

Z uvedených convariet má hospodářský význam pouze pět convariet, z nichž nejvýznamnější jsou kukuřice koňský zub a kukuřice obecná.

**PŘÍLOHA P V: PŘEHLED HOUBOVÝCH CHOROB KUKUŘICE
PODLE JEJICH PATOGENŮ [27]**

Název choroby – mykóza	Vědecký název patogena (anam.) či choroby (teleom.)
padání a spála klíčících rostlin kukuřice	<i>Fusarium</i> spp.
	<i>Penicillium</i> spp.
	<i>Aspergillus</i> spp.
	<i>Rhizoctonia</i> spp.
hniloba pat stébel kukuřice	[<i>Alternaria alternata</i> (Fr.:Fr.) Keissl. = <i>A. tenuis</i> Nees]
	[<i>Aspergillus glaucus</i> Link:Fr.]
	[<i>Fusarium culmorum</i> (W.G. Smith) Sacc.]
	[<i>Rhizopus microsporus</i> Tiegh.]
hniloba kořenů kukuřice	<i>Gibberella acuminata</i> Wollenweb. (teleom.)
	[<i>Fusarium acuminatum</i> Ellis & Everh.]
	<i>Gibberella intricans</i> Wollenweb. (teleom.)
	[<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht.: Fr. 1824]
	[<i>Fusarium solani</i> (Mart.) App. Et Wr.]
	[<i>Fusarium pallidoroseum</i> (Cooke) Sacc.]
	[<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenweb.]
[<i>Fusarium roseum</i> Link:Fr.]	
růžová hniloba stébel kukuřice	<i>Gibberella zeae</i> (Swein.) Pecht (teleom.)
	[<i>Fusarium graminearum</i> Schwabe (anam.)]
	<i>Gibberella fujikoroii</i> (Sawada) Ito (teleom.)
	[<i>Fusarium moniliforme</i> Sheld (anam.)]
	[<i>Fusarium proliferatum</i> (T. Mutsuthima) Nirenberg (anam.)]
	[<i>Fusarium subglutianas</i> Wollenweb. et Reinking (anam.)]
	<i>Gibberella avenacea</i> R.J. Cooke (teleom.)
[<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.:Fr.) Sacc.]	
žlutozelená hniloba obilek kukuřice	<i>Aspergillus flavus</i> Link: Fr.
	<i>Aspergillus parasiticus</i> Speare
bílorůžová hniloba obilek kukuřice	<i>Gibberella fujikoroii</i> (Sawada) Ito (teleom.)
	[<i>Fusarium moniliforme</i> Sheld (anam.)]
	<i>Gibberella zeae</i> (Swein.) Pecht (teleom.)
[<i>Fusarium graminearum</i> Schwabe (anam.)]	
tečkovaná hniloba obilek kukuřice	<i>Stemocarpela maydis</i> (Berk.) Sutton
	syn.: <i>Diplodia maydis</i> (Berk.) Saccardo
	<i>Diplodia zeae</i> Sutton (Schwein.) Lev.
šedočerná hniloba obilek kukuřice	<i>Khuskia oryzae</i> H. J. Hudson (teleom.)
	[<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk. et Broome) Petch (anam.)]
modrozelená hniloba obilek kukuřice	<i>Penicillium oxalicum</i> Currie et Thom
	<i>Penicillium</i> spp.
zelenočerná hniloba obilek kukuřice	<i>Hypocreae</i> spp. (teleom.)
	[<i>Trichoderma viride</i> Pers.: Fr. (anam.)]
tmavozelená hniloba obilek kukuřice	<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G. A. De Vries
	<i>Mycosphaerella tassiana</i> (De Not.) Johannes. (teleom.)
	[<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.: Fr.) Link (anam.)]

**PŘÍLOHA P VI: PŘEHLED VÝZNAMNÝCH MYKOTOXIKÓZ
ZPŮSOBENÉ MYKOTOXINY VYSKYTUJÍCÍMI SE NA KUKUŘICI**

[41]

Mykotoxikóza	Mykotoxin
Aflatoxikóza	aflatoxiny
Akutní DON toxikóza	deoxynivalenol
Alimentární toxická aleukie	trichothecény
Balkánská epidemická nefropatie	ochratoxin A a další
Cirhóza dětí v Indii	aflatoxiny
Encefalopatie Udorn	aflatoxiny
Fusariotoxikóza v Číně	fuzáriové mykotoxiny
Chronická gastritida	aflatoxiny
Indická endemická artritida	fuzáriové mykotoxiny
Jihoafrická oosteroartróza	trichothecény
Karcinom jícnu	fumonisin
Kwashiorkor	aflatoxiny
Nádory ledvin	ochratoxin A
Nemoc mseleni	trichothecény
Onemocnění akakabi - byo	mykotoxiny z <i>F. graminearum</i> a <i>F. nivale</i>
Otrava červenou plísní	deoxynivalenol
Primární jaterní karcinom	aflatoxiny
Předčasná puberta	zearalenon
Rakovina děložního krčku	zearalenon
Reyův syndrom	aflatoxiny
Tuková degenerace jater	aflatoxiny
Urovova nemoc	trichothecény

**PŘÍLOHA P VII: MAXIMÁLNÍ LIMITY KONTAMINUJÍCÍCH
MYKOTOXINŮ V POTRAVINÁCH KUKUŘIČNÉHO PŮVODU [54]**

Kontaminant	Potraviny	Maximální obsah
Deoxynivalenol	Nezpracovaná kukuřice kromě nezpracované kukuřice určené ke zpracování mokrým mletím	1750 µg/kg
	Mleté frakce kukuřice s velikostí částic > 500 mikronů kódu KN 1103 13 nebo 1103 20 40 a ostatní výrobky z mleté kukuřice s velikostí částic > 500 mikronů nepoužívané k přímé lidské spotřebě kódu KN 1904 10 10	750 µg/kg
	Mleté frakce kukuřice s velikostí částic ≤ 500 mikronů kódu KN 1102 20 a ostatní výrobky z mleté kukuřice s velikostí částic ≤ 500 mikronů nepoužívané k přímé lidské spotřebě kódu KN 1904 10 10	1250 µg/kg
Zearalenon	Nezpracovaná kukuřice kromě nezpracované kukuřice určené ke zpracování mokrým mletím	350 µg/kg
	Rafinovaný kukuřičný olej	400 µg/kg
	Kukuřice určená k přímé lidské spotřebě, svačinky z kukuřice a kukuřičné snídaňové cereálie	100 µg/kg
	Obilné příkrmy určené pro kojenče a malé děti	20 µg/kg
	Mleté frakce kukuřice s velikostí částic > 500 mikronů kódu KN 1103 13 nebo 1103 20 40 a ostatní výrobky z mleté kukuřice s velikostí částic > 500 mikronů nepoužívané k přímé lidské spotřebě kódu KN 1904 10 10	200 µg/kg
	Mleté frakce kukuřice s velikostí částic ≤ 500 mikronů kódu KN 1102 20 a ostatní výrobky z mleté kukuřice s velikostí částic ≤ 500 mikronů nepoužívané k přímé lidské spotřebě kódu KN 1904 10 10	300 µg/kg
Fumonisin (B1 +B2)	Nezpracovaná kukuřice kromě nezpracované kukuřice určené ke zpracování mokrým mletím. Výjimka se týká pouze kukuřice, u které je zřejmé, např. na základě označování, místo určení, že je určena pouze k použití v procesu mokrého mletí (výroba škrobu).	4000 µg/kg
	Kukuřice a kukuřičné potraviny k přímé spotřebě	1000 µg/kg
	Kukuřičné snídaňové cereálie a svačinky z kukuřice	800 µg/kg
	Kukuřičné příkrmy určené pro kojenče a malé děti	200 µg/kg
	Mleté frakce kukuřice s velikostí částic > 500 mikronů kódu KN 1103 13 nebo 1103 20 40 a ostatní výrobky z mleté kukuřice s velikostí částic > 500 mikronů nepoužívané k přímé lidské spotřebě kódu KN 1904 10 10	1400 µg/kg
	Mleté frakce kukuřice s velikostí částic ≤ 500 mikronů kódu KN 1102 20 a ostatní výrobky z mleté kukuřice s velikostí částic ≤ 500 mikronů nepoužívané k přímé lidské spotřebě kódu KN 1904 10 10	2000 µg/kg
Aflatoxin B₁	Kukuřice, jež má být před použitím k lidské spotřebě či jako potravinová složka tříděna nebo jinak fyzikálně ošetřena	5 µg/kg
Aflatoxiny Suma B₁, B₂, G₁ a G₂	Kukuřice, jež má být před použitím k lidské spotřebě či jako potravinová složka tříděna nebo jinak fyzikálně ošetřena	10 µg/kg
Ochratoxin A	Všechny produkty pocházející z nezpracovaných obilovin, včetně zpracovaných výrobků z obilovin a obilovin určených k přímé lidské spotřebě kromě potravin	3 µg/kg

**PŘÍLOHA P VIII: SMĚRNÉ HODNOTY MYKOTOXINŮ
V PRODUKTECH URČENÝCH KE KRMENÍ ZVÍŘAT [56]**

Mykotoxin	Produkty určené ke krmení zvířat	Směrné hodnoty
Deoxynivalenol	obiloviny a produkty obilovin s výjimkou vedlejších produktů kukuřice	8 mg/kg
	vedlejší produkty kukuřice	12 mg/kg
Zearalenon	obiloviny a produkty obilovin s výjimkou vedlejších produktů kukuřice	2 mg/kg
	vedlejší produkty kukuřice	3 mg/kg
Fumonisin B1+B2	kukuřice a produkty kukuřice	60 mg/kg
Ochratoxin A	obiloviny a produkty obilovin	250 mg/kg