Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Bakalářská práce

Studium příčin a možností ovlivnění výskytu fuzáriových mykotoxinů u obilovin

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Štěrba, Ph.D.

Autor: Vlasta Plánská

České Budějovice duben 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách

V Českých Budějovicích 14.4.2011

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta
Akademický rok: 2010/2011

Zadání bakalářské práce

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vlasta PLÁNSKÁ**

Osobní číslo: **Z08552**

Studijní program**:** **B4131 Zemědělství**

Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**

Název tématu**:** **Studium příčin a možností ovlivnění výskytu fusáriových mykotoxinů u obilovin**

Zadávající katedra**:** **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce: Hlavním cílem bakalářské práce je shrnutí poznatků o výskytu a možnostech ovlivnění fuzáriových mykotoxinů u obilovin. Práce bude vypracována formou literárního přehledu vytvořeného na základě doporučené i další získané literatury.

1)Úvod – stručný nástin významu tématu

2)Vypracování osnovy bakalářské práce dle kapitol a podkapitol (charakteristika mykotoxinů, významné mykotoxiny u obilovin, vztah k potravinářské a krmné kvalitě obilovin, výskyt u obilovin – příčiny výskytu a faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu obilnin, možnosti ovlivnění)

3)Vyhledání odpovídajících publikací v domácí i zahraniční literatuře včetně informačních databází

4)Zpracování získaných informací a vytvoření přehledné literární rešerše na dané téma

5)Závěr – shrnutí nejdůležitějších poznatků a doporučení vyplývajících ze studované problematiky

6)Seznam literatury - v abecedním pořadí dle ČSN

Rozsah grafických prací**:** **5 stran**

Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Drastichová, K.: Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Vědecká monografie, JU ZF Č.Budějovice, 2005.
Chrpová, J. a kol: Možnosti snížení rizika napadení obilnin klasovými fuzariózami, Metodika pro praxi, VÚRV Praha, 2007.
Prugar J. a kol: Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí, VÚPS a Komise jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha, 2008, 328s.
Ostrý, V., Škarková, J., Ruprich, J.: Deoxynivalenol, zearalenon, potraviny a zdraví člověka. Státní zdravotní ústav v Praze, 2006.
Vědecké a odborné časopisy: Úroda, Farmář, Agromagazín,
Internetové databáze AGRIS, CAB, Current content, aj.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Štěrba Ph.D.**
Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2011**

Souhrn

Studium příčin a možností ovlivnění výskytu fuzáriových mykotoxinů u obilovin

Tato práce poukazuje na závažnost výskytu fuzáriových mykotoxinů, které se čím dál častěji vyskytují v obilovinách. Zabývá se studováním příčin výskytu mykotoxinů, které znehodnocují kvalitu obilovin. Dále se věnuje možnostem ovlivnění jejich výskytu, což je důležité pro zachování kvalitního, mykotoxiny neznečistěného obilí, které je důležitou zásobárnou krmiv a potravin.

Klíčová slova: mykotoxiny, obiloviny,fuzárium

Summary

Study the causes and possible effects of mycotoxins in cereals fusarium

This paper highlights the severity of fusarium mycotoxins, which are increasingly found in cereals. It deals with studying the causes of mycotoxins, which degrade the quality of cereals. It also deals with regulation of their occurrence, which is important for maintaining quality, mycotoxins dirty grain, which is an important reservoir of feed and foodstuffs.

Keywords: Mycotoxins,cereals,fusarium

Obsah

1. Úvod…….....1

2. Literární přehled…….....2
2.1. Význam obilovin v ČR……..…….....2

2.2. Charakteristika mykotoxinů…….....5
2.2.1. Účinky mykotoxinů……...5
2.2.2. Výskyt v přírodě…….....6
2.2.3. Výskyt fuzáriových mykotoxinů v obilovinách…….....6

2.3. Nejvýznamnější mykotoxiny a jejich producenti…….....6
2.3.1.Fuzariové mykotoxiny…….....7
2.3.2. Projevy fuzária v klasech a zrnu…….....8

2.4. Vztah mykotoxinů k potravinářské a krmné kvalitě obilovin.....9
2.4.1. Potravinářská kvalita…….....10
2.4.2. Krmná kvalita…….....10
2.4.3. Význam pro člověka.....11

2.5. Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu obilovin.....12
2.5.1. Genotyp a osivo.…….....12
2.5.2. Ročník a stanovištní podmínky..…….13
2.5.3. Pěstitelské podmínky...…….…….13
2.5.4. Posklizňová úprava a skladování.…….…….16

2.6. Metody stanovování mykotoxinů …….....16
2.6.1. Chromatografické metody analýzy mykotoxinů…… ….....16
2.6.2. Imunochemické metody analýzy mykotoxinů…….....18
2.6.3. Limity pro obsah mykotoxinů…….....19

2.7. Výskyt fuzáriových mykotoxinů v letech 2006 - 2010 v ČR.…….....20

2.8. Výskyt fuzáriových mykotoxinů v Evropě…….....22

2.9. Možnosti regulace kontaminace mykotoxiny……24
2.9.1. Návrh opatření vedoucích k eliminaci klasových fuzarióz…....…...25

2.10. Výzkum v oblasti mykotoxinů a jeho trendy…….....26

3. Závěr …….....27

4. Seznam literatury…….....28

Příloha

Úvod

V současné době je věnována velká pozornost kvalitě zemědělských produktů, která je do značné míry ovlivňována zdravotním stavem rostlin. Problém při výkupu zrna a následném zpracování představuje především výskyt zrna obilovin napadeného fuzariózou klasu. Fuzariózy klasu mohou mít za následek kromě redukce výnosu i přítomnost mykotoxinů ve sklizeném zrnu. Napadené zrno se nehodí pro pekařské účely ani ke krmení. Na obsah mykotoxinů mají značný vliv klimatické podmínky během růstu a zejména v období květu. Do potravního řetězce se tyto sloučeniny mohou dostávat jak přímou konzumací kontaminované produkce, tak i zprostředkovaně krmivy a následně živočišnými produkty. Ekonomické ztráty způsobené kontaminací zrna mykotoxiny jsou významné.

2. Literární přehled

2.1. Význam obilovin v ČR

Obiloviny patří k nejstarším zdrojům potravy, kterou obyvatelé naší planety získávají svou uvědomělou činností z přírody a provázejí lidskou společnost prakticky po celou dobu jejího historického vývoje. Vhodně zpracované obiloviny jsou v celosvětovém měřítku nejvýznamnějším donátorem energie formou sacharidů. Kromě nich však jsou zdrojem mnoha dalších životně důležitých látek, které sice jsou v jiných potravinách obsaženy třeba i ve vyšších koncentracích, ale spotřebou se zdaleka obilovinám nevyrovnají. Není pochyb o tom, že mimořádně důležitou součástí výživového programu lidstva zůstanou obiloviny i nadále. V České Republice došlo po roce 1990 v zemědělství k řadě změn, které mimo jiné vedly i k přechodnému poklesu úrovně obilnářství. Důvody byly vnější (nedomyšlená realizace trhu s možnostmi dotovaného importu) i vnitřní (nedostatek financí na nákup intenzifikačních vstupů – kvalitních osiv, průmyslových hnojiv, prostředků na ochranu rostlin, moderní výkonné techniky). Ceny těchto vstupů stouply několikanásobně, ale ceny obilí jen mírně. Pro nedostatek finančních prostředků omezili pěstitelé podstatně dávky průmyslových hnojiv a aplikaci pesticidů, a tím došlo k poklesu výnosů i kvality obilí. Při nízké dávce dusíku se např. u pšenice obtížně dosahovalo požadovaných 12% dusíkatých látek. Přitom odběratelé nastolili nové, náročnější požadavky na kvalitu dodávané pšenice. Tak došlo k významné změně v obilnářství: pro jistější odbyt a tím i rentabilní pěstování se stala rozhodující kvalita (PRUGAR J. a kol.,2008).

Význam pšenice seté v naší republice vyplývá z jejího dominantního postavení ve struktuře obilnin i ostatních plodin pěstovaných na orné půdě, kde zaujímá cca 30% plochy. Současný stav pěstování a využívání zrna však této skutečnosti plně neodpovídá. Dochází k meziročnímu kolísání osevních ploch a při výkyvech ročníkových podmínek i v celkovém objemu produkce zrna. Přestože se největší podíl (téměř 60%) zkrmuje, větší část osevních ploch pšenice je využívána s cílem dosažení potravinářské (pekařské) kvality, která je realizována za vyšší ceny. Potřebný objem pšenice cca 1,2 mil. (tj. kolem 35% z celkové produkce) pro mlýnsko-pekárenské zpracování stagnuje a pro nadbytečné objemy pšenice v této kvalitě se pak hledá nepotravinářské využití, např. k výrobě biolihu.

Žito na našem území patří k nejstarším zemědělským kulturám využívaným k lidské výživě. Pěstovalo se hojně od pozdního středověku až do počátku 20. Století, kdy bylo nejrozšířenější obilovinou. Často se v některých krajích pěstovalo ve směsi (1577 tis. Tun) než pšenice (1513 tis. Tun). Po druhé světové válce nastal výrazný pokles osevních ploch žita, které nedosáhlo při nástupu intenzivních způsobů pěstování pšenice, ječmene a kukuřice. Ty odsunuly žito do méně úrodných, nepříznivých podhorských, tzv. marginálních oblastí. Tento pokles zesílil ještě v 90. letech a přetrvává až do dnešní doby.

Je druh obilovin vytvořený uměle člověkem křížením pšenice a žita. Obecně je zařazováno spíše mezi hodnotné krmné obiloviny, neboť jeho využití pro lidskou výživu znesnadňuje nízký obsah nekvalitního lepku a zejména vysoká amylolytická aktivita. Tritikale jako obilnina je ceněno především pro vysokou výnosovou výkonnost v méně příznivých podmínkách, kde předčí pšenici a vyjma určitých oblastí i žito, pro tolerantnost k horší předplodině, ke kyselým a písčitým půdám a vyznačuje se i nižší náročností na agrochemické vstupy. Vysoké výnosy i v méně příznivých půdních a klimatických podmínkách předurčují triticale pro pěstování v tzv. marginálních oblastech. Nejvyšší realizace produkčního potenciálu je dosahováno v bramborářské výrobní oblasti (PETR J., 2005). V ČR vzhledem k dobrým půdním podmínkám a dostatku kvalitních pšenic trvala určitá stagnace v jeho pěstování na rozdíl od okolních zemí. Největší osevní plocha v ČR byla v roce 1990 – přes 32 tis. Ha, pak došlo kolesu a až od roku 1997 nastalo postupné zvyšování, jež dosáhlo v roce 2004 zatím nejvyšší hodnoty 62,8 tis. Ha při produkci 301tis. tun. V současné době je v ČR triticale třetím nejrozšířenějším obilním druhem po pšenici a ječmenu.

Ječmenářství bylo významnou součástí českého zemědělství již v dobách Rakousko-Uherska a jeho úroveň se udržela i po roce 1918 v novém československém státě. Po celé dvacáté století ovlivňovaly produkci sladovnického ječmene původní odrůdy vzniklé na bázi hanáckých vysoce jakostních odrůd. V současné době jsou ale na našich polích pěstovány především zahraniční odrůdy. Je to způsobeno, kromě určitého omezení českého šlechtění ječmene, i silným vlivem globalizace, která zasáhla pivovarství a sladařství a následně tedy i ječmenářství. Začleněním České republiky do svazku zemí Evropské unie se nezměnilo nic na faktu, že sladařství i pivovarství zůstává nadále významnou součástí českého potravinářství. Předpokladem úspěchu je ovšem perfektní kvalita suroviny výrobků, které na domácí i mezinárodní trh budeme dodávat. Dnes rozhoduje pouze a jedině optimální a vyrovnaná standardní kvalita bez výkyvů, neboť jen taková surovina je vhodná pro vysoce sofistikované technologické postupy velkokapacitních sladoven a pivovarů.

Oves patří mezi složky tzv. funkčních potravin, které poskytují konzumentům nejen živiny, ale zlepšují i jejich zdravotní stav díky přirozenému obsahu látek v nich obsažených. (WELCH W. R.,1998) označuje zrno ovsa za multifunkční potravinu díky potencionálním vlivům na lidský organismus. Pozoruhodná nutriční hodnota této obiloviny spočívá v relativně vysokém obsahu a příznivé aminokyselinové skladbě bílkovin, která na rozdíl od ostatních obilních druhů je jen málo ovlivňována nárůstem bílkovin (např. N – hnojením).

Potravinářské využití ovsa má však u nás zatím malou tradici. Spotřeba v anglosaských zemích je proti střední Evropě mnohonásobná (MOUDRÝ J., 2003). Rozšíření využívání ovsa můžeme pozorovat v celém hospodářsky vyspělém světě pro přípravu cereálních snídaní a přesnídávek buď ve formě ovesných vloček, či ovesných müsli v různých provedeních a různé přípravě. Toto nebývalé rozšíření ovsa při přípravě a výrobě produktů lidské stravy je především podmíněno nutričně významnou skladbou látek tvořící ovesné zrno (PRUGAR J. a kol.2008).

2.2. Charakteristika mykotoxinů

Mykotoxiny jsou látky, produkované některými mikroskopickými vláknitými houbami. Tyto mikroorganismy, které jsou často nepřesně nazývány plísně, jsou přirozenou součástí životního prostředí. Zatímco působením některých z nich člověk běžně užívá ve svůj prospěch, například při výrobě určitých typů potravin nebo léků, jiné (souhrnně označované jako toxinogenní) mohou kontaminovat rostlinné produkty toxickými sekundárními metabolity – mykotoxiny. Ke kontaminaci může docházet v průběhu vegetace nebo po sklizni, během skladování a zpracování. Z chemického hlediska se jedná o velmi různorodou skupinu látek s rozmanitým spektrem účinků na organismy vyšších živočichů. Mykotoxiny obsahují závažné riziko pro bezpečnost potravinového řetězce na celém světě a jejich ekonomický dopad na zemědělství i zpracovatelský průmysl je značný (PRUGAR J. a kol., 2008).

Z hlediska historické posloupnosti poznávání účinku těchto látek lze mykotoxiny zařadit do několika hlavních skupin: alkaloidy produkované houbou Claviceps purpurea (ergotoxin aergotamin), aflatoxiny, ochratoxiny, trichothecény a fumonisiny (ANONYM 1, 2011).

Mykotoxiny jsou produkty sekundárního metabolismu a jejich tvorba závisí na mnoha faktorech jako např. teplota, vlhkost, typ substrátu atd. Je známo více než 400 druhů.
Mykotoxiny jsou organické látky. Často není spolehlivě popsán mechanizmus jejich vzniku, velmi problematicky se odstraňují z potravin, krmiv a vyznačují se značnou odolností vůči vlivům prostředí. Mají toxické účinky na člověka a zvířata – mykotoxikózy (POSPÍCHALOVÁ M., 2010).

2.2.1. Účinky mykotoxinů

Z hlediska časového projevu negativních účinků mykotoxinů je možno je rozdělit na akutní a chronické Projevy akutní intoxikace, tj. rychlé negativní odezvy organismu člověka na vyšší příjem mykotoxiny kontaminovanými potravinami, jsou v dnešní době známy pouze z různých oblastí Afriky a Asie. Mezi pozdní účinky negativního působení patří v závislosti na druhu mykotoxinu mutagenita, imunotoxicita, neurotoxicita, karcinogenita a teratogenita. V přirozených podmínkách se obvykle vyskytuje více mykotoxinů současně a může docházet k synergickému efektu, kdy se negativní toxické účinky jednotlivých mykotoxinů zesilují (PRUGAR J. a kol. , 2008).

2.2.2. Výskyt v prostředí

Rod *Fusárium* se vyskytuje na rostlinách a v půdě. Je součástí běžné mykoflóry zemědělských komodit. Většina druhů je izolována převážně v tropických a subtropických oblastech, ale řada z nich je přítomna i v půdě chladnějších oblastí. Některé druhy mají teleomorfní stádia. Rod *Fusárium* má více než 20 druhů. Nejběžněji se vyskytují *F. solani, F. oxysporum, F. culmorum, F. poae,F. sporotrichioides, F graminearum a F. avenaceum.* (DRASTICHOVÁ K., 2005).

2.2.3. Výskyt fuzáriových mykotoxinů v obilovinách

Klasové fuzariózy se nejčastěji vyskytují na pšenici a to ozimé i jarní, méně časté jsou na žitu a triticale. Velmi nežádoucí jsou na ječmenech, kde u jarních ječmenů mohou znehodnocovat sladařskou jakost. Na ovsu byla místy zjištěna přítomnost Fusarium v obilkách, je však méně častá a vizuálně nenápadná (CHRPOVÁ J. a kol., 2007).

2.3. Nejvýznamnější mykotoxiny a jejich producenti

Z hlediska kontaminace kontaminovaného řetězce mykotoxiny mají největší význam houby rodu *Aspergillus, Penicillium a Fusarium*. Různé houby mohou tvořit stejné mykotoxiny a jeden druh jich může produkovat více. Prvními známými mykotoxiny byly aflatoxiny. Zatím jsou popsány asi dvě desítky různých aflatoxinů, z nichž přirozeně se v rostlinných produktech vyskytují aflatoxiny. B1,B2, G1 a G2.Jsou produkovány některými druhy hub *Aspergillius* a kontaminují nejčastěji kukuřici, ořechy, koření a sušené ovoce. Obiloviny jako jsou pšenice, ječmen, rýže, žito a oves, pokud jsou skladovány ve vhodných podmínkách, nejsou příliš ke kontaminaci aflatoxiny náchylné. Při zkrmování kontaminovaných krmiv mohou přecházet toxické metabolity i do živočišných produktů v mléce se pak může vyskytovat např. aflatoxin M1. Pro růst hub aspergillius jsou ideální velmi teplé podmínky s nižší vlhkostí. Mezi hlavní toxické účinky aflatoxinů patří hepatotoxicita a karcinogenita. Aflatoxin B1 je nejsilnějším známým přírodním karcinogenem vůbec.

Ochratoxin A je v tropických a subtropických oblastech produkován houbami rodu Aspergillius, v chladnějších Penicilium. Mezi hlavní toxické účinky ochratoxinu A patří nefrotxicita, karcinogenita a teratogenita. Ochratoxin A se vyskytuje v komoditách rostlinného i živočišného původu. Za hlavní zdroje rostlinného původu jsou považovány obiloviny, káva, sušené ovoce, rozinky, koření a víno. Stejně jako aflatoxin patří ochratoxin A k mykotoxinům, které rostlinné produkty kontaminují převážně až po sklizni, v důsledku nevhodných skladovacích podmínek nebo v průběhu zpracování.

Hlavními producenty mykotoxinů v obilovinách jsou v našich klimatických podmínkách houby rodu Fusarium, které způsobují onemocnění obilovin – klasové fuzariózy. Nejvýznamnějšími producenty jsou druhy *Fusarium* graminearum, F.culmorum a F.verticillioides. Jejich toxické produkty tvoří různorodou skupinu mnoha desítek látek, z nichž nejznámějšími a nejsledovanějšími jsou deoxynivalenol, nivalenol,T-2 a HT-2, zearaleon a fumonisiny. Negativní účinky fuzáriových mykotoxinů jsou velmi rozmanité. Deoxynivalenol způsobuje zažívací potíže, kožní a hematologické změny a byl prokázán jeho imunosupresivní a teratogenní efekt, zearalenon má estrogenní a anabolické účinky a fumonisiny jsou klasifikovány jako možné karcinogeny. Fuzáriové mykotoxiny se tvoří v obilovinách především během vegetace, je známa řada faktorů, které jejich tvorbu ovlivňují., k nejdůležitějším patří průběh počasí, předplodina, způsob zpracování půdy a odolnost pěstované odrůdy. Podstatně snížit kontaminaci může správně provedená chemická a fungicidní ochrana.

V naší republice je problém mykotoxikóz omezen především na fusariotoxiny, které jsou významnými kontaminanty potravinářských a krmivářských surovin. Především při průběhu vegetačního období s nadměrnými srážkami a relativně chladnějším počasí je předpoklad zvýšené kontaminace těmito látkami. Na základě dosavadních výsledků se jeví jako hygienicky i ekonomicky nejzávažnější mykotoxiny deoxynivalenol a zearalenon. Zvláště deoxynivalenol by bylo možné považovat za jakýsi indikátor celkové kontaminace mykotoxiny (PRUGAR J. a kol. 2008).

2.3.1.Fusariové mykotoxiny

Rod Fusarium produkuje několik různých mykotoxinů. Substráty jsou obvykle obiloviny a brambory. Rozlišujeme tři hlavní skupiny Fusariových toxinů: trichoteceny, zearalenon, fumonisiny. V kontaminovaných potravinách je obvykle nacházíme v kombinaci, která působí horší poškození než jednotlivé mykotoxiny samotné

Trichoteceny

Mají 148 látek. Nejznámější a nejčastěji se vyskytující je deoxynivalenol, nivalenol a T2 toxin. Jsou velmi rychle absorbovány do krevního oběhu, metabolizovány a celkem rychle vyloučeny močí a výkaly. Nevytvářejí rezidua ve tkáních. Jsou gastrotoxické, způsobují zvracení, nechutenství; hematotoxické – poškozují hematopoetické a lymfatické tkáně; způsobují imunosupresi.

Zearalenon

Nazývaný také F2 toxin, má signifikantní estrogenní účinek. Způsobuje vulvovaginitidy, narušuje cyklus pohlavních hormonů, způsobuje poruchy plodnosti a to nejzřetelněji u prasnic. Typicky se vyskytuje v kukuřici

Fumonisiny a moniliformin

Produkovány plísněmi rodu Fusarium moniliforme. Vyskytuje se hlavně na kukuřici.Moniliformin poškozuje svalovou tkáň a způsobuje dýchací problémy. Chronická expozic způsobí poškození myokardu a ledvin, byly zjištěny nádory v oblasti jícnu a jater. Fumonisiny jsou promotory karcinogeneze a způsobují leukoencefalomalacii u koní a pulmonární edém u prasat. Pro svou strukturální podobnost interferují s metabolismem sfingolipidů (ANONYM 2, 2011).

2.3.2. Projevy fuzária v klasech a zrnu

Jednou z forem napadení obilovin je fuzarióza klasů, která se projevuje zbělením části nebo celého klasu a objevením se charakteristického růžového povlaku na povrchu klásků, zrn nebo klasového vřetena. Napadení klasů je v praxi poměrně známé, jako méně známé se ukazují příznaky napadení zrna. Fuzárii napadená zrna lze vizuálně zjistit podle nápadně menší velikosti, nižší hmotnosti, deformace, případně podle růžových povlaků resp. zabarvení (které může někdy chybět nebo je méně výrazné). Je však třeba poznamenat, že tvorbu zakrnělých zrn nezpůsobují pouze fuzária. Fuzárii napadená a zakrnělá zrna mají sníženou klíčivost, obvykle i vyšší množství mykotoxinů, a proto jsou pro kvalitu výnosu nebo osiva nežádoucí. Při sklizni a mlácení však bývají zrna s menší hmotností převážně součástí sklizňových ztrát a později, při třídění na sítech, bývají součástí tzv. zadinového podílu. Při výrobě osiva nebo čištění potravinářské pšenice či sladovnického ječmene je většina takto napadených zrn odstraněna. Aby bylo výše popsané zrno symptomaticky pozitivní a zakrnělé, musí k napadení dojít v době jeho tvorby. Pokud však dojde k infekci zrna později, vzniká tzv. latentní forma infekce. To je skrytá, pouhým okem nepozorovatelná forma napadení, protože zrno je tvarově normální – symptomatické, bez viditelných příznaků poškození. Tuto infekci je možné zjistit pouze v laboratoři, kultivačními testy. K latentní infekci dochází zpravidla později, během dozrávání zrna. Obsah latentně infikovaných zrn ve vypěstované (i přečištěné) produkci je úplně běžný, na Slovensku každoročně dosahuje i několikaprocentního zastoupení (KOUBOVÁ D., 2006).

2.4. Vztah mykotoxinů k potravinářské a krmné kvalitě obilovin

Fuzariózy klasu mohou mít za následek kromě redukce výnosu i přítomnost mykotoxinů ve klizeném zrnu. Napadené zrno se nehodí pro pekařské účely ani ke krmení. Výzkumy prokazují, že fuzáriové toxiny se vyskytují stále častěji a průměrné hodnoty jejich obsahů často mnohonásobně překračují tolerovanou hranici (VRZALOVÁ J., 2010).

Napadení touto chorobou vede ke ztrátám kvantitativním i kvalitativním. Toxiny produkované houbami rodu Fusarium – původci klasové fuzariózy – kontaminují v různé míře zrna obilnin. Tato kontaminace je nežádoucí jak v potravinářské, tak v krmné pšenici, napadení zrn houbami rodu Fusarium také výrazně zhoršuje kvalitu osiva (PROKINOVÁ E. a kol. 2010).

Nacházejí se jak ve vegetativních, tak i reprodukčních orgánech a způsobují vadnutí, poškození a úhyn rostlin, u cereálií poškození klasů a následně zrna. Po infekci rostlin dochází ke značným ekonomickým ztrátám v důsledku poklesu výnosu (SÝKOROVÁ S. a kol. 2004).Napadení zrna plísněmi má samozřejmě vliv i na klíčivost a následně i na zpracovatelskou kvalitu zrna (SÝKOROVÁ S. a kol. 2004).

Napadení kvítku patogenem má často za následek odumření budoucí obilky nebo její nedostatečný vývin. Silněji poškozené obilky se do sklizně nedostanou. Patogen se ale v napadeném kvítku uchytí a prorůstá přes klasové vřeteno do sousedních klásků. Zevně je nápadné zprvu blednutí a zasychání klásků, později i skvrny na plevách nebo hnědnutí celých klásků. (CHRPOVÁ 2007). Největší problém i z hlediska produkce mykotoxinů nastane, když houba proroste až do endospermu. Silně napadené plně vyvinuté obilky jsou nápadné změnou barvy a mechanické pevnosti. Snadno se mechanicky poškodí, někdy je lze rozdělit i nehtem. Při sklizni se často rozlámou, ale část z nich se dostane až mezi sklizené zrno (CHRPOVÁ J.,2007).

Infekce fuzárii vede k přerušení transportu živin a asimilátů svazky cévními v klasovém vřetenu. To způsobuje narušení syntézy škrobu v endospermu, což má za následek menší tvorbu zrna. Zrno proto vykazuje nižší hodnotu HTS. Kromě toho je po infekci fuzárii potřeba počítat také se zvýšením extracelulárních enzymů, které se podílejí mimo jiné na odbourávání škrobu a bílkovin. V důsledku toho se mohou vyskytnout tyto efekty: pokles obsahu škrobu, zvýšení obsahu redukujících cukrů, zvýšení obsahu bílkovin, snížení podílu lepku (KOUBOVÁ D., 2005).

2.4.1. Potravinářská kvalita

Napadení obilovin houbami rodu *Fusarium* má vliv nejen na jejich hygienickou nezávadnost (kontaminace mykotoxiny), ale i na technologickou jakost, například pšeničné mouky; u sladovnického ječmene postiženého fuzariózou může DON přejít až do výsledného produktu – piva a je pokládán za jeden z faktorů, které s velkou pravděpodobností způsobují spolu se šťavelany přepěňování (tzv. gushing) piva (ŠIRUČKOVÁ , 2007).

Problémy jsou především s porůstáním zrna a snižováním hodnoty čísla poklesu pod meze zpracovatelnosti v pekárnách (VRZALOVÁ J., 2010).

Přítomnost DNO byla také pozorována ve špagetách i když ne ve vysokých koncentracích. Bylo experimentálně zjištěno, že vařením přechází až 50% obsahu mykotoxinu do vody (SPITZER T., 2011).

Infekce fuzárii vede k přerušení transportu živin a asimilátů svazky cévními v klasovém vřetenu. To způsobuje narušení syntézy škrobu v endospermu, což má za následek menší tvorbu zrna. Zrno proto vykazuje nižší hodnotu HTS. Kromě toho je po infekci fuzárii potřeba počítat také se zvýšením extracelulárních enzymů, které se podílejí mimo jiné na odbourávání škrobu a bílkovin. V důsledku toho se mohou vyskytnout tyto efekty: pokles obsahu škrobu, zvýšení obsahu redukujících cukrů, zvýšení obsahu bílkovin, snížení podílu lepku (KOUBOVÁ D., 2005).

Požadavky na jakost pšenice jsou v EU stanoveny příslušnými zákonnými nařízeními. Přitom se rozlišuje standardní jakost pekařské pšenice a jakost měkké pšenice uskladněné v intervenčních skladech. Parametry standardní jakosti pekařské pšenice jsou: obsah bílkovin min. 11,5 %, sedimentace min. 25 ml a číslo poklesu min. 230 sec. Na pšenici uskladněnou v intervenčních skladech jsou požadavky o něco nižší. Vedle toho je potřeba dbát na objektivní ukazatele kvality zrna pšenice jako např. vlhkost, objemovou hmotnost, námel (max. 0,05 % u intervenční pšenice), příměsi a nečistoty (porostlá zrna), jejichž hodnotu lze ovlivnit zejména agrotechnickými opatřeními a stanovištními a sklizňovými podmínkami (KOUBOVÁ D., 2005).

2.4.2. Krmná kvalita

Výskyt mykotoxinů u objemných krmiv v České republice je závažný problém (BERÁNEK T, 2008). Experimentálně podáváním krmiva s přídavkem mykotoxinů byly zjištěny vlivy na pokusná zvířata. Například u prasat byl zjištěn vliv na játra a ledviny také byl zjištěn vliv na potrat u prasnic. U hovězího dobytka byl pokusem zjištěn vliv na zpomalení růstu zvířat a snížení produkce masa.

Používání kontaminovaného krmiva u hospodářských zvířat vede ke snížení váhových přírůstků, konverze krmiva, plodnosti a reprodukce, stejně jako ke snížení funkce imunitního systému a obranyschopnosti hospodářských zvířat (CHRPOVÁ J., 2007).

Z hygienického (kvalitativního) aspektu jde, kromě jiného, o skutečný obsah mykotoxinů v zrnu, nejen o jejich přítomnost. Na vrub škodlivosti mykotoxinů je vhodné uvést i úzce související pravidlo platící pro jedy: – „Jed činí jedem koncentrace“. Rozhodující proto není přítomnost, ale množství fuzáriových toxinů, resp. jejich procentuální obsah v zrnu. Mnoho vědeckých prací poukazuje na to, že přítomnost fuzárií v zrnu obilovin neznamená automaticky i přítomnost mykotoxinů. Na druhé straně bylo dokázáno, že neexistuje ani přímá úměra mezi zvyšováním napadení obilovin a zvyšováním obsahu mykotoxinů. Ve více případech bylo totiž zjištěno, že vzorky osiva s těžkým stupněm napadení obsahovaly méně mykotoxinů než např. ty, které nevykazovaly žádné symptomy fuzarióz. Proto vysoké napadení porostu (vizuálně, podle symptomů) ještě neznamená, že zrno obsahuje i velké množství mykotoxinů (KOUBOVÁ D.,2006).

2.4.3. Význam pro člověka

Stejně jako u rostlin způsobují řadu onemocnění i u lidí a zvířat. Infekce Fusarium se komplexně nazývají fuzariózy. Podle míry patogenity lze seřadit zástupce rodu Fusarium od nejvíce patogenních druhů k nejméně patogenním následovně: *F. graminearum, F. culmorum, F. crookwelense a F. avenaceum*. Poranění rostlinných či živočišných tkání nebo oslabená imunita je hlavním faktorem umožňujícím vývoj fuzáriových infekcí. V souvislosti s Fuzárii byly popsány u lidí keratitidy, záněty středního ucha, záněty žil, záněty čelních dutin a plic, septická artritida, záněty srdečního svalu a mnoho jiných onemocnění. Rod Fusarium produkuje velké množství mykotoxinů. Konzumace obilí kontaminovaného těmito toxiny vede ke zvyšování alergických reakcí a v delším časovém horizontu také k výskytu rakoviny. Nejvýznamnější mykotoxiny produkované Fusarium jsou deoxynivalenol, nivalenol, T-2 toxin, HT 2 toxin, zearalenon. T-2 toxin je označován trichothecen s nevyšší toxicitou. Míra toxicity a druhy onemocnění, které vyvolává, byly zneužity na výrobu biologických zbraní.Trichotheceny typu A (t-2 toxin,HT-2 toxin) jsou více toxické než trichotheceny typu B (deoxynivalenol, nivalenol). Zearalenon negativně ovlivňuje zejména reprodukci. Prokázalo se, že přítomnost zearalenonu v obilninách je příčinou předčasného dospívání dětí v Puerto Ricu (DRASTICHOVÁ K. , 2005).

2.5. Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu obilnin

K nejdůležitějším patří průběh počasí, předplodina, způsob zpracování půdy a odolnost pěstované odrůdy. Podstatně snížit kontaminaci může správně provedená chemická a fungicidní ochrana.

Mezi hlavní faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu obilnin patří: genotyp, osivo, ročník, stanoviště, agrotechnika, skladování (DRASTICHOVÁ K., 2005).

2.5.1. Genotyp a osivo

Rostliny mají přirozenou schopnost rezistence vůči infekci přicházející z prostředí. Na zvýšený tlak patogenních činitelů však nejsou schopny reagovat včas a dostatečně silně (VESELÝ D., 1999). Potencionálně nejefektivnější a nejekonomičtější metodou ochrany rostlin proti chorobám je zajištění rezistence hostitelských rostlin (DRASTICHOVÁ K., 2005). Při volbě odrůdy je vedle geneticky determinované pekařské jakosti a výnosového potenciálu důležitým kritériem především rezistence vůči chorobám a vlastnosti určující tvorbu výnosu (KOUBOVÁ D., 2005).

Výběr rezistentních odrůd redukuje nebo zcela eliminuje použití syntetických chemických látek. Z hlediska geneticky podmíněné rezistence k houbovým chorobám je velmi důležité dodržování agrotechnických termínů, ale i výsev do oblastí, které jsou šlechtiteli doporučeny (SHEW,1994). Omezení vzniku a šíření houbových chorob a cereálií ovlivňují následující vlastnosti odrůd: čas kvetení, trvání kvetení, typ klasu, délka stébla (DRASTICHOVÁ K., 2005).

V sortimentu odrůd jsou výrazné rozdíly v náchylnosti vůči fuzáriím. K odrůdám s relativně nízkou náchylností např. u pšenice patří: ’Centrum’, ’Petrus’, ’Solitär’, ’Toras’ a ’Romanus’(KOUBOVÁ D., 2005).

Významnou součástí preventivní ochrany proti výskytu chorob rostlin je výsev uznaného, kvalitně mořeného osiva. Certifikované osivo zaručuje základní semenářskou kvalitu, ale i zde se mohou vyskytovat rozdíly, například v klíčivosti, velikosti a vyrovnanosti semen nebo ve výskytu patogenů na semenech (HOSNEDL, 2002). Pro pěstitele znaky semenářské kvality udávají vhodnost k pěstování v určité oblasti, pěstební technologii a dobu výsevu. (DRASTICHOVÁ K., 2005). Dalším zdrojem může být i osivo nesprávně nebo nedostatečně namořené (CHRPOVÁ J., 2007).

Zdravé osivo je základem úspěšného pěstování obilnin. Prvním krokem v procesu výroby osiva je eliminace patogenů přenosných obilkou. Těmi jsou sněti, fuzária Další nebezpečí pro vzcházející porost hrozí ze strany půdních patogenů (*Fusarium spp.*) a škůdců - především přenašečů viróz (mšice, křísové). Problematiku uvedených patogenů velmi účinně řeší řada mořidel. Mořidla mají několik výhod. Jsou aplikována cíleně a rovnoměrně, neohrožují okolí úlety, mají větší bezpečnost z hlediska kvality potravin (VÁŇOVÁ M., 2003).

2.5.2. Ročník a stanovištní podmínky

Kritickým obdobím pro napadení klasů je doba kvetení porostů. Je nutné, aby se setkal patogen a vnímavý hostitel, rozhodující pro úspěšnou infekci klasů jsou povětrnostní podmínky. Sucho a teploty příliš vysoké nebo nízké brání infekci. Pokud v době kvetení obilnin nastane povětrnostní situace s teplotami kolem 20°C a vysokou vzdušnou vlhkostí, jsou to podmínky příznivé pro infekci klasů houbou *Fusarium.* Zdrojem vysoké vzdušné vlhkosti jsou především dešťové srážky. Nebezpečné jsou zejména drobné přepršky střídané s obdobím slunečního svitu. Větší jednorázové srážky, třeba i 5 – 10 mm nejsou tak nebezpečné jako stejný úhrn srážek rozdělený do více drobných přepršek. Pro vznik a rozvoj choroby stačí i mlhavé počasí nebo silnější a déletrvající rosy (CHRPOVÁ J., 2007).

Teplé a vlhké počasí, zvláště ve fázi kvetení obilovin, podporuje infekci fuzárii. Riziko infekce se zvyšuje zejména v hustých a polehlých porostech za vlhkého počasí (KOUBOVÁ D., 2005).

Podmínky stanoviště jsou definovány především geografickými faktory (nadmořská výška, expozice, sklon, reliéf atd.) a půdními faktory (půdní typ, půdní druh, skeletovitost, hladina spodní vody, fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy) (ZIMOVÁ, 1974). Fuzária jsou rozšířena od tropů přes oblasti mírného pásma až po pásma s extrémními klimatickými podmínkami jako jsou pouště, alpské a arktické oblasti. Podle teploty od nejchladnějších k nejteplejším stanovištím byly druhy fuzárií řazeny takto: *F. culmorum, F. crookwelense, F. avenaceum,F. graminearum.* Vliv stanoviště na výskyt hub kolísá a může být překryt vlivem ročníku (DRASTICHOVÁ K., 2005).

Uzavřené lokality uprostřed lesů nebo v údolích či v blízkosti řek a jiných vodních ploch poskytují vhodné podmínky pro rozvoj choroby (CHRPOVÁ J., 2007).

2.5.3. Pěstitelské podminky

Agrotechnická opatření plodin lze pro větší přehlednost rozdělit na jednotlivé dílčí kroky: Zpracování půdy, osevní postup, ošetření prostoru během vegetace.

Zpracování půdy

Půda je přirozeným prostředím pro život nejrůznějších mikroorganizmů a rostlin s významnými autoregulačními vlastnostmi. V tomto smyslu jsou metabolická aktiva a charakter metabolitů populací mikroorganizmů velmi důležité (VESELÝ, 1999). Při hodnocení systémů intenzivního zpracování půdy v posledních třiceti letech a možných nepříznivých vlivů na půdu (eroze, hospodaření s vodou) se vedle zlepšování péče o půdu usiluje také o významné snížení nákladů. V současné době se celosvětově používá několik různých principů redukovaného zpracování půdy, které se v praxi často vzájemně prolínají. V České republice jsou u obilnin využívány také redukované systémy (zjednodušené systémy, minimalizace zpracování půdy). Výskyt houbových chorob ovlivňuje také způsob hospodaření. V systémech využívajících minimalizační technologie nebo omezené zpracování půdy, kdy zůstává větší množství posklizňových zbytků na povrchu půdy, dochází k zvýšenému riziku infekce (DRASTICHOVÁ K., 2005).

Minimální zpracování půdy a postupy přímého výsevu po kukuřici velmi výrazně zvyšují riziko infekce fuzárii. Všechna opatření, která podporují rozklad zbytků předplodiny v půdě a zapracování těchto posklizňových zbytků do půdy, přispívají ke snížení infekčního potenciálu (KOUBOVÁ D., 2005).

V sušších lokalitách a při pozdním setí volíme výsev až 5,5 mil.klíčových zrn. Kultivační opatření snižují hladinu inokula v půdě. Po sklizni předplodiny stačí provést střední orbu (do 20 cm). Hloubka orby nemá vliv na výnos ovsa. Jarní ošetřeni půdy a příprava lůžka mají byt rovnoměrné (do 5 cm), co nejčasnější, jakmile to stav půdy dovolí (ŠARAPATKA a kol., 2006).

Osevní postup

Osevní postupy představují jednu ze základních nechemických metod v prevenci ochrany rostlin. Střídání plodin bylo zřejmě první metodou ochrany plodin proti chorobám (SUMMER,1994). Řazením plodin v určitém sledu s sebou nese různou úroveň hnojení jednotlivých plodin, různou úroveň zpracování půdy, apod. Všechny tyto faktory působí na vztahy mezi organizmy v konkrétním agroekosystému. V případě nespecializovaných druhů fuzárií napadající široký okruh hostitelských rostlin však není střídání rostlin dostatečně účinné (WALLER A BRAYFORD,1990). Střídání s odolnými rostlinami zajišťuje dobré

hospodaření s vodou v půdě, odstranění některých chorob nebo použití fungicidů a snižování ztrát spojených s fuzariózami. Správná volba osevního postupu se výrazně podílí na utváření, popř. udržování rovnováhy prostředí a jejich prostřednictvím je možno regulovat s různou úspěšností výskyt nejen fuzarióz, ale i ostatních chorob a škůdců.

Vztahy mezi rostlinami, půdou, mikroorganizmy navzájem nedovolují stanovit kategoricky nemněný,optimální osevní postup. Proto musí být sestavován vždy s ohledem na podmínky konkrétního stanoviště (DRASTICHOVÁ K., 2005).

Primárním zdrojem inokula *Fusarium* jsou zbytky rostlin z předplodin. Houba přežívá ve formě mycelia na zbytcích rostlin v půdě poměrně dlouhou dobu. Běžně bývá uváděno 18 měsíců, může se jednat i o delší dobu. Vydatný zdroj inokula bývá na zbytcích kukuřice na zrno, ale i na zbytcích obilnin, luskovin, vojtěšky i jetele, i na zbytcích plevelných trav (CHRPOVÁ J., 2007).

Kukuřice je hostitelskou rostlinou hub r. Fusarium (zejména F. graminearum) a jako předplodina výrazně podporuje infekci v pšenici. Stejné platí při pěstování pšenice po pšenici (KOUBOVÁ D., 2005).

Ošetření porostu během vegetace

Vysoký obsah dusíku v půdě významně podporuje výskyt fuzarióz. (IVASHENKO V.G.,1990, TEICH A. H., 1989) Jednou z možností ochrany před fuzariózami v polních podmínkách je zajištění vyváženého poměru mezi dusíkem, fosforem a draslíkem (TEICH A. H.,1989, SUMMER,1994). Zvýšení výskytu fuzáriových chorob bylo zaznamenáno při aplikaci regulátorů růstu (MARTIN R. A. a kol. 1991). Rovněž použití fungicidů s sebou nese z hlediska výskytu mykotoxinů pozitivní i negativní aspekty. Je nutné zdůraznit, že pro oves není dosud v České republice registrován žádný fungicidní přípravek. U hospodářsky významných obilnin (pšenice, ječmen, žito) se fungicidy využívají (DRASTICHOVÁ K., 2005).

Účinnost fungicidů je rozdílná a pohybuje se mezi 30 a 70 %. Vysoké účinnosti lze dosáhnout pouze tehdy, pokud se aplikace fungicidů do obilovin uskuteční během fáze kvetení. Nadměrné hnojení dusíkem může podporovat infekci. Za příčinu lze považovat velký počet odnoží (mikroklima) a vyšší nebezpečí poléhání. Poléhání obilovin by se proto mělo (zvláště za vlhka) bezpodmínečně zabránit (KOUBOVÁ D., 2005).

Vliv fungicidního ošetření na snížení obsahu DON v obilovinách není ani v pokusech vždy dostatečný. Mezi nejúčinnější fungicidy ovlivňující napadení fuzárii patří tebuconazol a metconazol, i když i další produkty mohou mít

částečnou účinnost. Vysoké účinnosti není dosahováno vždy a nízké dávky v sólo aplikacích se nedoporučují vůbec. Naopak je vhodné používat směsi několika účinných látek. U některých typů fungicidů (např. azoxystrobin) jsou zaznamenány dobré účinky na *M. nivale*, ale účinnost na *Fusarium spp*. je malá. Vhodná doba aplikace fungicidu je velmi důležitá. Proto je nejrannější možný termín aplikace po vymetání všech klasů (VÁŇOVÁ M., 2006).

2.5.4. Posklizňová úprava a skladování

K růstu hub a produkci mykotoxinů může docházet již na poli, při dosoušení a následném skladování (DRASTICHOVÁ K., 2005).
Při manipulaci se zrnem a při jeho skladování je nutné předcházet mechanickému i biologickému poškození. Maximální vlhkost skladovaného osiva nemá překročit 15%, osivo je potřebné aktivně provětrávat. Při vyšší vlhkosti musíme velmi opatrně dosoušet teplým vzduchem. Oddělené skladování podle odrůd a partií je pro množitele samozřejmostí, ale také sladařský průmysl nyní vyžaduje dodávky odrůdově jednotných partií. Aktivní větrání je předpokladem udržení dobrého stavu skladovaného zrna, v průběhu skladování je nutno pravidelně kontrolovat jeho teplotu, vlhkost a výskyt skladištních škůdců a v případě potřeby učinit potřebná opatření, aby nedošlo ke znehodnocení a ztrátám. (ANONYM 3, 2011)

Oddělená sklizeň silně napadených částí pozemků, např. na souvratích nebo svazích, a následné oddělené skladování může přispět ke snížení kontaminace sklizňového produktu fuzáriovými toxiny (KOUBOVÁ D., 2005).

2.6. Metody stanovování mykotoxinů

Mykotoxiny jsou detekovány pomocí různých technik. Obecně nejstarší metodou, která je považována za standardní, je kapalinová chromatografie. Vývojem analytických technik vhodných k detekci mykotoxinů v cereáliích se zabývala celá řada odborníků (CHU,1991,1995 a,b, SCOTT,1997,1998,BETINA,1993 a,b,.GILBERT, 1993,1996, SYDENHAM a, SEPHARD,1996,WILSON a ABRAMSON,1992) a stávající metody jsou neustále zdokonalovány. Pozornost je věnována také srovnatelnosti výsledků získaných různými metodami. Moderní separační techniky umožňují dělení velice složitých směsí a zisk jednotlivých složek směsi ve velice čistém až homogenním stavu.

2.6.1. Chromatografické metody analýzy mykotoxinů

V principu se jedná o migraci v systému dvou fází, z nichž jedna je stacionární druhá mobilní. Separace se uskutečňuje na základě rozdílného dělení a selektivní retardace složek vzorku v koloně.

Plynová chromatografie

Analytická separační metoda využívaná k separaci těkavých organických sloučenin. Plynová chromatografie pracuje v systému plyn – pevná látka nejčastěji plyn- kapalina. Mobilní fází je interní plyn, který plní pouze funkci transportu analytu kolonou a je interní k analytu i stacionární fázi. Nejčastěji je jako mobilní fáze využíván dusík, vodík a helium, v případě ionizačních detektorů s radioaktivním zářičem argon. Objem vzorku nanášeného na kolonu b\ měl být 0,1-1 mikro litr. Nezbytná pro úspěch separace je teplota komory injektoru, která musí být vyšší než bod varu nejméně těkavé složky vzorku. Rovněž je nutné udržovat stanovenou teplotu kolony, na které je závislá rychlost pohybu složek vzorku. Velmi často jsou pro detekci látek využívány hmotnostní detektory, které umožňují kombinaci ionizačního, fragmentačního a separačního procesu.

Výhodou tenkovrstevné chromatografie je relativní odolnost vůči příměsem balastních látek. Vzorek zpravidla není nutno tak důkladně čistit, což vedle úspory práce, času a materiálních nákladů znamená i menší riziko ztrát při čištění. Druhou výhodou je získání celkového přehledu o vzorku (jsme schopni např. zaznamenat výskyt látek, dávajících podobné nebo identické chemické reakce) a možnost důkladnějšího studia chemických a fyzikálních vlastností podezřelé látky ŠIMŮNEK J. 2003)

Vysoko účinná (vysokotlaká) kapalinová chromatografie

V průběhu posledních let doznala kapalinová chromatografie značného rozvoje. Byly vyvinuty vysoce účinné chromatografické materiály, které umožnily provádění chromatografie za vysokého tlaku. Kapalinová chromatografie pracuje v systémech kapalina nebo pevná látka kapalina. Mobilní fáze může být jednosložková nebo vícesložková. U více složkové fáze pak můžeme volit typ eluce (izokratická nebo gradientová). Gradientová eluce znamená změnu poměru složek mobilní fáze a umožňuje lepší rozdělení složitějších směsí, urychluje analýzu a zvyšuje citlivost. Látky rozpustné v nepolárních rozpouštědlech se separují tzv. chromatografii s převrácenou fází, při níž je stacionární fáze nepolární. Stacionární fázi tvoří převážně sorbenty s alkylovými řetězci s 8 - 22 uhlíky, které mu dodávají hydrofóbní charakter (KRÁLOVÁ a RAUCH 1993).

Tenkovrstvá chromatografie

Metoda, která je založena na vzlínání směsi rozpouštědel (mobilní fáze) v tenké vrstvě sorbentu (stacionární fáze) na povrchu vhodného nosiče. Přes nanesený vzorek na vrstvy necháme přejít rozpouštědlo. Jednotlivé složky vzorku jsou

nanášeny po sorbentu různou rychlostí. Jakmile dojde čelo rozpouštědla na konec desky, jeho pohyb se zastaví. Jednotlivé složky vzorku pak můžeme pozorovat přímo jako barevné skvrny nebo je vizualizujeme postřikem vhodným chemickým činidlem. Některé látky světélkují pod UV světlem. Značnou výhodou je tolerance metody k obsahu balastních látek ve vzorku, což omezuje riziko ztrát zájmové látky čištěním, značně urychluje, usnadňuje a zlevňuje celý analytický proces. Touto metodou získáme také ucelené informace o vzorku. Nevýhodou je komplikovaná a méně přesná kvalifikace.

2.6.2. Imunochemické metody analýzy mykotoxinů

Imunochemické testy na zjišťování mykotoxinů založeny na radioimunoanalýzách byly prováděny již koncem 70. let (KRÁLOVÁ B. a RAUCH, 1993, PESTKA a kol. 1995). Teprve později byla vyvinuta dnes velmi hojně využívaná metoda ke stanovování mykotoxinů – ELISA.

ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assy)

Jedná se o velmi běžnou metodu využívanou pro detekci některých mykotoxinů (BARNA – VETRÓ,1994,TRUCKSESS,a kol., 1995, PARK a CHU,1996, USLEBER a kol. 1995), která je založená na imunitní reakci sledované látky s protilátkou. Touto metodou lze stanovit všechny látky, které jsou schopny vyvolat imunologickou odpověď, tj. tvorbou protilátek v organizmu (PESTKA,1995). Mykotoxiny zpravidla nevyvolávají imunitní odezvu s tvorbou protilátek, ale působí jako hapteny. To znamená, že k tvorbě protilátek dochází až po navázání na vhodný nosič.(např. bílkovina). Metoda má řadu modifikací. Jednou z nich je přidání standardního množství značeného mykotoxinu do vzorku, kdy oba mykotoxiny necháme vyvázat na protilátky fixované na stěně zkumavky. Při vazbě dochází ke kompetici mezi značeným a neznačeným mykotoxinem. Aktivita enzymů ve zkumavce je po odstranění nevyvázaného značeného mykotoxinu nepřímo úměrná množství mykotoxinu ve vzorku Touto metodou lze detekovat velmi malé koncentrace. Výhodou metody je poměrně snadné odečítání výsledků. Zpravidla se měří intenzita zabarvení vzorku fotometrem. Nevýhodou metody je citlivost enzymu, jehož vlastnosti mohou být pozměněny balastními látkami ze vzorku a podílejí se také na znehodnocování analytického kitu (sady). Metoda bývá vypracována pro konkrétní přesně definovanou látku (Šimůnek, 2003),(DRASTICHOVÁ K., 2005).

2.6.3. Limity pro obsah mykotoxinů

Vzhledem k závažným negativním účinkům platí pro maximální obsah některých mykotoxinů legislativně zakotvené limity. V rámci EU jsou současné době (rok 2007) stanoveny požadavky na maximální obsah mykotoxinů v potravinách a v surovinách pro jejich výrobu Nařízením komise (ES) č. 1881/2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. Jsou zde uvedeny limity pro aflatoxiny (aflatoxin B1 a sumu aflatoxinů B1,B2, G1 a G2), ochratoxin A, deoxinivalenol a zearalenon. Doplňujícím Nařízením Komise (ES) č. 1126/2007 jsou určeny také limity pro obsah fumonisinů (suma B1 a B2) v kukuřici a výrobcích z ní. V přípravě je regulace obsahu T-2 a HT-2 toxinů v obilovinách. Výskyt mykotoxinů v dané komoditě může být značně nehomogenní, proto je velmi důležitý správný postup při odběru vzorků. Vzhledem k významu tohoto kroku pro vypovídací hodnotu vlastní analýzy je tato problematika také předmětem legislativy. Nařízení Komise (ES) č. 401/ 2006 stanoví metody odběru vzorků a metody analýzy pro úřední kontrolu množství mykotoxinů v potravinách. Legislativa týkající se regulace obsahu mykotoxinů prochází v současnosti velmi dynamickým vývojem, který se týká jak počtu sledovaných toxinů a komodit, ve kterých se vyskytují, í konkrétní výše maximálních limitů (PRUGAR J.a kol.,2008).

Pro nezpracované potravinářské obiloviny jsou tak v současnosti limitovány kromě těžkých kovů olova a kadmia mykotoxiny aflatoxin B1 a suma aflatoxinů, ochratoxin A a fuzáriové mykotoxiny deoxynivalenol a zearalenon. Pro krmné obiloviny platí směrnice 2002/32/EC, která z mykotoxinů limituje pouze aflatoxin B1. Tato legislativa má dopad na nákup obilovin Státním zemědělským intervenčním fondem, který je podle Nařízení (ES) č. 1068/2005 povinen mít zpracovanou analýzu rizika výskytu kontaminujících látek a teprve na jejím základě požadovat analýzy kontaminantů. Je hodnocen výskyt limitovaných fuzáriových mykotoxinů v obilovinách v ČR, diskutována problematika odběru vzorků a využití obilovin s nadlimitním obsahem mykotoxinů (POLIŠENSKÁ I., 2011).

Maximální přípustný obsah fuzariovych mykotoxinů je v současné době určen nařízením Komise (ES) č. 1881/2006(Evropská Komise, 2006). V nezpracovaných obilovinách je podle tohoto nařízeni limitován obsah nejznámějšího fuzáriového mykotoxinu deoxynivalenolu (DON). V pšenici, ječmeni a žitě platí maximální limit 1250 μg/kg, v ovsu, v pšenici tvrdé a v kukuřici je limitní hodnota vyšší, a to 1750 μg/kg. Dále je stanoven maximální

limit pro zearalenon (ZEA), který je pro pšenici, ječmen, žito a oves 100 μg/kg a pro kukuřici350 μg/kg. Limity jsou určeny pro nezpracované obiloviny, přičemž zpracováním se rozumí jakékoliv fyzikální či tepelné ošetřeni zrna, jiné než sušeni. U ovsa je tedy obsah mykotoxinů v případě pluchatých odrůd posuzován v neloupaném zrnu. Fuzariózy klasů a s nimi související kontaminace sklizeného zrna mykotoxiny byly donedávna spojovány zejména s pšenici a ječmenem, případně s kukuřici. Patogeny *Fusarium spp*. však v příznivých klimatických podmínkách běžně napadají také oves (TEKAUZ A. a kol., 2004). Problém spočívá v tom, že na latách ovsa nemusí byt příznaky napadeni v průběhu vegetace pouhým okem vůbec pozorovatelné (GILBERT J. a TEKAUZ A., 2000).

2.7. Výskyt fuzáriových mykotoxinů v letech 2006 - 2010 v ČR

Rok 2006

POLIŠENSKÁ I.(2006) v roce 2006 uvádí obsah mykotoxinu deoxynivalenolu (DON), ve vzorkách pšenice a žita, kde byl analyzován z různých oblastí ČR, určených pro potravinářské využití. Ze souboru vzorků pšenic bylo pro kvantitativní analýzu DON vybráno 100 vzorků, které obsahovaly viditelně fuzariózní zrna. Nejvyšší nalezená hodnota DON činila 4,995 mg/kg, obsah překračující platný limit podle nařízení Komise (ES) 856/2005 byl identifikován u 23 vzorků. Pšenice s vysokým obsahem DON (nad 2 mg/kg) měly udány kukuřici jako předplodinu v 54 % případů. Ze souboru vzorků žita bylo na obsah DON analyzováno 20 vzorků, pouze jeden vzorek měl pozitivní obsah DON.

Rok 2007

POLIŠENSKÁ I. (2008) hodnotila obsah některých fuzáriových mykotoxinů v obilovinách sklizených v roce 2007. Hodnoty byly porovnávány s platnou legislativou. Ze souboru 1090 vzorků potravinářské pšenice bylo pro analýzu DON vybráno cíleným způsobem na základě obsahu viditelně fuzariózních zrn 100 vzorků. Nejvyšší nalezená hodnota DON činila 20,292 mg/kg, u 36 vzorků byl překročen platný limit pro DON v potravinářských obilovinách (1,250 mg/kg) podle nařízení Komise (ES) 1881/2006. Předplodina kukuřice zvyšovala riziko nadlimitního výskytu DON. Ze souboru 440 vzorků sladovnického ječmene z celé ČR bylo na analýzy DON náhodným výběrem vybráno 50 vzorků. 4 vzorky přesáhly limit. Ze souboru 93 vzorků žita bylo na obsah DON analyzováno 20 vzorků. Na obsah DON, zearalenonu a fumonisinů bylo analyzováno 37 vzorků kukuřice. Obsah všech sledovaných mykotoxinů byl v kukuřici nízký a nepřesáhl platné limity pro potravinářské využití kukuřice.

Rok 2008

POLIŠENSKÁ I. a kol. (2009) v roce 2009 sledovala obsah mykotoxinů. Deoxynivalenol (DON) byl analyzován ve vzorku pšenice, ječmene a žita z různých oblastí ČR, určené pro potravinářské využití. U pšenice byl hodnocen také výskyt zearalenonu (ZEA). Hodnoty byly porovnány s legislativním limitem pro potravinářské obiloviny, který je podle nařízení Komise (ES) 1881/2006 pro DON 1250 μg/kg a pro ZEA 100 μg/kg. Ze souboru 1035 vzorků pšenice bylo pro kvantitativní analýzu DON vybráno cíleným způsobem na základě obsahu viditelně fuzariózních zrn 105 vzorků. Pozitivní obsah DON (nad limit kvantifikace-LOQ) byl zjištěn u 51 vzorků, obsah překračující limit 1250 μg/kg byl nalezen u 20 vzorků. Limit pro obsah ZEA byl u pšenice překročen u 6 vzorků. Potvrdily se závěry z předcházejících let, že vyšší pravděpodobnost výskytu nadlimitních hodnot DON je u pšenice pěstované po předplodině kukuřici. Ze souboru 422 vzorků sladovnického ječmene bylo náhodně vybráno a na obsah DON analyzováno 50 vzorků. 5 vzorků mělo obsah DON nad 500 μg/kg, 1 přesáhl platný limit pro potravinářské obiloviny. Ze souboru 95 vzorků žita bylo na obsah DON analyzováno 20 vzorků, 2 vzorky měly DON nad 200 μg/kg. Žádný vzorek žita nepřesáhl limit pro potravinářské obiloviny. V řadě dosud systematicky sledovaných let 2005–2008 byl v roce 2008 výskyt DON u pšenice nejnižší. Na vzorcích pšenice i ječmene byl sledován výskyt druhů patogenů Fusarium. Nejčastěji se vyskytujícím druhem na pšenici bylo v roce 2008 *F.graminearum*, na ječmeni *F. poae.*

Rok 2009

POLIŠENSKÁ I. a kol. (2010) zjistila u pšenice, ječmene, žita a ovsa ze sklizně 2009, obsah nejvýznamnějších fuzáriových mykotoxinů a byly určovány i patogeny *Fusarium* zodpovědné za jejich produkci. Zjištěné hodnoty byly srovnávány s platnými limity pro maximální obsah fuzáriových mykotoxinů, které jsou dány nařízením Komise (ES) 1881/2006. U pšenice by legislativnímu limitu na obsah mykotoxinu DON (1250 μg/kg) nevyhovělo minimálně 3 % vzorků, což je přibližně o jedno procento vice, než v roce 2008. Kontaminace ječmene mykotoxinem DON byla v roce 2009 nejvyšší za cele sledované období od roku 2005, a to jak s ohledem na podíl nevyhovujících vzorků (26 %), tak take na absolutně zjištěné hodnoty. U žita a ovsa nebyl zjištěn žádný nadlimitní vzorek. Nejčastěji se vyskytujícím druhem *Fusarium* na pšenici bylo *F. graminearum*, na ječmeni se stejně často vyskytovalo *F. graminearum* a *F. poae*. Na ovsu bylo nejčastěji nalezeno *F. poae*. U pšenice a u ječmene se velmi negativně projevil vliv kukuřice jako předplodiny na obsah DON. Po kukuřici bylo pěstováno 21 ze 30 nadlimitních vzorků pšenice a 11 ze 13 nadlimitních vzorků ječmene

Rok 2010

POLIŠENSKÁ I. a kol. (2011) analyzovala náhodně vybrané vzorky pšenice, ječmene, žita a ovsa ze sklizně 2010. Byl zjišťen obsah fuzáriových mykotoxinů deoxynivalenolu (DON) a zearalenonu (ZEA). Maximální obsah těchto mykotoxinů v obilovinách určených pro výrobu potravin je limitován nařízením Komise (ES) 1881/2006. Ze 100 analyzovaných vzorků potravinářské pšenice jeden vzorek nevyhověl na obsah DON, jednalo se o pšenici pěstovanou v Jihomoravském kraji po předplodině kukuřici. Na obsah ZEA vyhověly všechny vzorky pšenice. Všech 60 analyzovaných vzorků sladovnického ječmene vyhovělo na obsah DON i ZEA, úroveň kontaminace ječmene těmito mykotoxiny byla nejnižší za celou dobu sledováni od roku 2005. Z 10 analyzovaných vzorků žita nevyhověl na obsah DON jeden vzorek, byl pěstovaný v Plzeňskem kraji po předplodině kukuřici. Všech 27 sledovaných vzorků ovsa vyhovělo požadovaným limitům. Úroveň obsahu fuzáriových mykotoxinů v pšenici a ječmeni sklizně 2010 byla v porovnaní s předcházejícími roky nižší, u žita vyšší. Výsledky ukazuji, že ročníkový vliv počasí na rozvoj patogenů *Fusarium* a tvorbu mykotoxinů může byt rozdílný u různých druhů obilovin

2.8. Výskyt fuzáriových mykotoxinů v Evropě

Deoxynivalenolu (DON) a nivalenol (NIV) jsou běžné kontaminanty ve většině mírných oblastech světa. Četnost a úroveň expozice se bude lišit podle geografického místa, roční kolísání dešťových srážek, vzory, národní bohatství a souvisejících zemědělských a regulační infrastrukturu, rozmanitost a dostatek dietního jídla. DON kontaminace je častější a na vyšší úrovni než NIV, i když chronická expozice je u obou (TURNER P. C., 2010).

Vznikající problémy HT-2 a T-2 toxinů v evropské produkci obilovin

HT-2 a T-2 toxiny jsou dva z nejzávažnějších trichothecenů, mají dočasně tolerovatelný denní příjem (TDI) o 0,06 mg / kg tělesné hmotnosti / den. Rozdělení HT-2 a T-2 se zdá být velmi omezené v Evropě. Z druhů obilovin, HT-2 a T-2 mají obvykle vyšší výskyt a koncentrace na ovsu následuje ječmen a poté pšenice, nicméně, toto se může lišit mezi jednotlivými zeměmi. Údaje z průzkumu ze severských zemí ukázaly, že tyto mykotoxiny se v posledních letech zvýšily, dosáhly koncentrace 1000 mg / kg HT-2 + T-2 v některých vzorcích. HT-2 a T-2 byly zjištěny rovněž u sladovnického ječmene ve Francii, a to zejména v odrůdách na jaře zasetých. Dopad agronomie na koncentraci HT-2 a T-2 v obilovinách nebyl jasně identifikován, ale je zřejmé, že je to jiné s ohledem na dopad na agronomii deoxynivalenolu. Zpracování obilovin může mít velký dopad na HT-2 a T-2 v obilovinách. Během sladování a vaření ječmene koncentrace HT-2 a T-2

se zvyšuje a snižuje v různých fázích procesu a konečné zatížení piva mykotoxiny bude záviset na jednotlivých procesech používaných jednotlivými sládky a pivovarem. Zda tyto mykotoxiny jsou problém pro lidské zdraví nelze stanovit, dokud se plně nevypočítá TDI na základě dlouhodobé studie expozice (EDWARDS S. G. a kol., 2009).

Obsah mykotoxinů v zrnu ovsa v Polsku

V průběhu tří let (1999, 2000 a 2001) byly provedeny polní pokusy na latách ovsa napadenými plísněmi. Procenta lat napadených plísněmi *Fusarium* se pohybovala od 0,5 do 6%. Plíseň na latách byla způsobena zejména *avenaceum* rod *Fusarium* a *F. poae*. Experiment s umělou infekcí lat 12 genotypů ovsa byla provedena v roce 2001. Laty ovsa byly naočkovány s *F. poae* kmen číslo 37, který způsobil snížení výnosu o 37%. V infikovaných zrnech byly zjištěny tyto toxiny: nivalenol (0,06 - 2,18 mg • kg-1), deoxynivalenolu (od 0,02 do 0.47mg/kg-1), T-2 toxin (0,02 až 0,71 mg • kg-1), HT-2 toxin (0,03 až 0,59 mg • kg-1) (IRENA KIECANA,REMIGIUSZ MIELCAREK,JULIUSZ PERKOWSKI,PIOTR GOLIŃSKI 2005).

Posouzení rizika mykotoxinů rodu Fusarium obilných zrn ječmene - Litva

Celkem 125 vzorků zrna, včetně 60 zimní a 65 jarní úrody shromážděných v období 2006-2007 na sklizni v litevských polích, bylo zapojeno do aktuální studie na výskyt tří druhů mykotoxinů rodu Fusarium. U všech vzorků zrn byla zjištěna kontaminace mykotoxiny. V roce 2006, zimní vzorky obilovin kontaminovaných jedním mykotoxinem představovaly 16% vzorků, a ti se třemi druhy mykotoxinů 25%. Jarní vzorky z obilných zrn obsahujících pouze jeden toxin byly nalezeny málo, zatímco ty, které byly kontaminované třemi toxiny tvořily 91% z celkového počtu testovaných vzorků. V roce 2007 zimní vzorky obilovin kontaminovaných s jedním toxinem zjištěno pouhých 4%, a u jarních vzorků testovaných obilných zrn bylo zjištěno, že 100% bylo kontaminováno deoxynivalenolem, zearalenonem, a T-2 toxinem. Koncentrace mykotoxinů ve vzorcích zrna, ve většině případů, bylo v povoleném rozsahu. Ukázalo se, že testované jarní vzorky zrna ječmene obsahovaly vyšší koncentrace T-2 bez ohledu na test roku předcházejícího (MANKEVIČIENĖ, 2010).

Výsledky sledování infekce Fusarium a DON a jeho zatížení obilovin – Bavorsko,Německo

V letech 2003 - 2008 se v Bavorsku zkoumala úroda pšenice a žita pro výskyt řady druhů rodu Fusarium a kontaminace mykotoxiny.

Bylo zjištěno, že žito je obvykle méně napadáno Fusarium spp. než pšenice. U pšenice a žita *F. graminaerum* s nejčastěji se vyskytujícím DON. Bylo zjištěno úrovně až 31% nakažených zrn. *F. culmorum* bylo jasně v pozadí. Pouze v roce 2008, byl tento druh pozorován častěji. Byla také silná přítomnost *F. poae,* na 28,5% napadených zrn. Kromě toho by mohlo být *F. avenaceum F. tricinctum, F. sporotrichioides* prokázána ve větším měřítku. Nejvyšší úroveň DON v pšenici byly zaznamenány v letech 2003 a 2004 střední hodnoty ve výši 100 a 96 mg / kg. Maximální hodnoty se pohybovaly mezi asi 3000 a 7600 mg / kg. Roční rozdíly jsou pravděpodobně hlavně kvůli počasí. Regionální distribuční úrovně dosáhl DON, byla většinou stejná, známá z předchozích let, tj. jižní Bavorské správní obvody prokázaly vyšší průměrné hodnoty, přičemž severní bavorské správní obvody dosáhly nižší úrovně DON, s výjimkou určitých mezích. U žita jsou hodnoty mnohem nižší, takže nehrozí žádné velké nebezpečí (BÜTTNEP.,LEPSCHYJ.,2008).

2.9. Možnosti regulace kontaminace mykotoxiny

Principem prevence je zamezit vytvoření optimálních podmínek prostředí, které mikroorganismy pro růst, rozmnožování a produkci toxinů potřebují. Tyto podmínky jsou dány zejména teplotou a vlhkostí, ale i dalšími faktory, jako např. množství počátečního infekčního substrátu, odolnost hostitele a další. Základem pro prevenci výskytu mykotoxinů v rostlinných produktech je dodržování zásad správné zemědělské a zpracovatelské praxe. Pro zamezení vstupu kontaminované suroviny do potravinářského řetězce je důležitý účinný systém kontroly, který by měl být postaven na aplikaci vhodných detekčních metod. Pokud jsou rostlinné produkty již jednou mykotoxiny kontaminovány, jsou možnosti snížení jejich obsahu omezené. V úvahu připadá zejména třídění nebo čištění, založené např. u obilovin a na separaci zlomků nečistot a lehčích obilek, u ovoce na vytřídění nahnilých a poškozených plodů. Mykotoxiny obecně jsou poměrně stabilní sloučeniny, které se v průběhu zpracování nerozkládají buď vůbec, nebo v závislosti na druhu mykotoxinu a podmínkách prostředí pouze částečně. Výjimkou je do jisté míry patulin, který je relativně termolabilní a lze jej tepelnou úpravou významně eliminovat (PRUGAR J., a kol. 2008).

2.9.1. Návrh opatření vedoucích k eliminaci klasových fuzarióz

Možnost eliminace rizikových faktorů před výsevem

Rizikovost lokality se určuje se podle informací získaných na základě šetření SRS (rizika v okrese). Vychází z vlastní zkušenosti - problémy s kontaminací zrna DON v předchozích letech přímo v dané oblasti (katastru). Podle polohy pozemku mohou být rizikové vlhké uzavřené enklávy s malým prouděním vzduchu. Nejrizikovější předplodina je kukuřice na zrno, (roli hraje i plodina pěstovaná v roce před předplodinou) – patogen produkující askospóry a makrokonidie může přežívat na nerozložených zbytcích kukuřice až 3 roky. Zlepšující plodinou jsou okopaniny a řepka. Systém zpracování půdy – minimalizační zpracování zanechává na povrchu posklizňové zbytky a zvyšuje riziko infekce fuzariózou klasu. Možným opatřením je management posklizňových zbytků – podpořit mineralizaci posklizňových zbytků dodáním dusíku a zlepšením poměru C:N, také promísení posklizňových zbytků s půdou zlepší jejich rozklad V případě více rizikových faktorů volíme odrůdu (riziková oblast, minimalizace, předplodina kukuřice, riziková poloha pozemku), není vhodné volit odrůdy s prokázanou náchylností k fuzarióze klasu; v případě podmínek s velkým rizikem napadení a tvorby mykotoxinů doporučujeme volit ranější odrůdy. Použít zdravé a mořené osivo.

Rizikové faktory v průběhu vegetace

Fuzariózou napadené listy a stébla jsou potencionálním zdrojem infekce Napadení porostu jinými chorobami - k silnému výskytu fuzarióz dochází např. po napadení virovými chorobami. Další rizikový faktor je poléhání porostu, teplota vzduchu během kvetení vyšší než 20 °C, vlhkost vzduchu větší než 90 % či srážky v době kvetení.Je důležité udržení zdravého porostu během celé vegetace (ochrana před přenašeči virových chorob, ošetření fungicidem ve fázi 32-49) Zabránit polehnutí porostu – usměrněné vedení porostu během vegetace při vhodném použití morforegulátorů a hnojení dusíkem. Aplikace fungicidu cíleně orientovaného proti fuzariózám klasu – doba aplikace ve fázi 61-69, za optimální je považována fáze 65 (střed květu obiloviny)

Rizikové faktory v době sklizně a po sklizni

Rizikovými faktory mohou být: mechanické poškození při sklizni, sklizeň vlhkého zrna, vysoká vlhkost při skladování. Je důležité zajistit správné nastavení čistění zrna u sklizňové techniky. Rychle usušit zrno na 14% vlhkost, což zabraňuje sekundárnímu napadení houbovými patogeny během skladování Kvalitní skladování je základním opatřením pro uchování produkce v dobré kvalitě (CHRPOVÁ J., 2007).

2.10. Výzkum v oblasti mykotoxinů a jeho trendy

V rámci Evropské unie je problematika mykotoxinů a jejich producentů jednou z priorit výzkumu. Je kladen důraz na studium genetiky a biologie syntézy mykotoxinů, studia rezistence rostlinných hostitelů vůči toxinogenním mikroorganismům, na vývoj citlivých, nedestruktivních a rychlých detekčních metod a na vývoj metod pro dekontaminaci komodit po sklizni. Toxikologie se ve vyspělých zemích v současné době zaměřuje na výzkum účinků nízkých (subchronických) koncentrací mykotoxinů, kterým je lidský organismus vystavený po dlouhou dobu, studium pozdních vyvolané, tj. neakutních účinků a výzkum současného působení více mykotoxinů najednou (PRUGAR J., 2007).

3. Závěr

Hlavním cílem práce bylo na základě získaných literárních zdrojů shrnout příčiny a možnosti ovlivnění výskytu fuzáriových mykotoxinů u obilovin.

Riziko fuzárií v klasech zvyšuje nevhodná předplodina (kukuřice, zejména na zrno), minimalizované zpracování půdy, náchylnost odrůdy a zejména dešťové srážky v průběhu kvetení ozimé pšenice. Výskyt fuzarióz může naopak výrazně omezit a následně pak snížit obsah mykotoxinů v zrně cílená aplikace fungicidů.

Z důvodu minimalizace mykotoxinů v obilovinách věnovat pozornost vlhkosti, výběru předplodiny, správným agrotechnickým zásahům a skladování. Tyto zásady je třeba dodržet, pokud chceme co nejvíce ovlivnit výskyt mykotoxinů v obilovinách.

Správná zemědělská praxe je základem řízení kontaminace obilovin fusáriovými toxiny, po ní následuje uplatňování správné výrobní praxe během manipulace, skladování, zpracování a distribuce obilovin pro potraviny a krmiva. Vytvořením specifických zásad správné praxe pro jednotlivé druhy obilovin se zlepší jejich použitelnost, zejména v případě takových plodin, jako je například kukuřice.

Faktem zůstává, že úplné eliminace fuzariových chorob a mykotoxinů za reálných podmínek dosáhnout nelze. Ukázalo se však, že dodržování správné zemědělské praxe, jejíž strategii určují také výsledky mnohaletých výzkumných programů podporovaných Ministerstvem zemědělství a grantovými agenturami včetně Národní agentury zemědělského výzkumu (NAZV) a uskutečňovaných ve spolupráci s Ústavem chemie a analýzy potravin a různými zemědělskými výzkumnými organizacemi, přináší úspěch v boji proti těmto patogenům a hraje významnou roli v udržování hladin mykotoxinů na hodnotách neohrožujících lidské zdraví.

V zájmu zachování a zvyšování požadavků na kvalitu zemědělských produktů, bude nutné v budoucnu věnovat problematice mykotoxinů stále větší pozornost.

4. Seznam literatury

ANONYM 1, staženo (2011) http://hplc1.sweb.cz/Mycotoxins/index.htm,www.mycotocins

ANONYM 2, staženo (2011),Mykotoxiny - Cvičení 5., http://vfu-www.vfu.cz/fvhe/toxikologie/web/soubory/cviceni/Cviceni5.pdf

ANONYM 3, staženo (2011) Agromanual,http://www.agromanual.cz/cz/atlas/plodiny/plodina/jecmen-jarni.html

BERÁNEK T. (2008) Biotechnologickým přípravkem efektivně proti mykotoxinům, Amalgerol,http://www.amalgerol.cz/img/download/uroda2008-mykotoxiny.pdf s 27

BÜTTNER P., LEPSCHY J. (2008) Die Ergebnisse der Überwachung Fusarium und DON Belastung und Getreideerzeugnisse, http://www.lfl.bayern.de/ips/getreide/14708/

DRASTICHOVÁ K. (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta,s 20-29

EDWARDS S. G. a kol., (2009) Emerging issues and HT-2 T-2 toxin in European cereal production, World Mycotoxin Journal, s 173 – 179, http://wageningenacademic.metapress.com/content/b13527w558243x37/

HÝSEK J. (2008), staženo 2011, http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-56-0.pdf

HOSNEDL,(2002) in DRASTICHOVÁ K.,(2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta s 22

CHRPOVÁ J. a kol. (2007) Možnosti snížení rizika napadení obilnin klasovými fuzariózami, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, s 12-13

CHRPOVÁ J. ,(2005),Potřebujeme pšenici bez mykotoxinů, http://www.agroweb.cz/rostlinna-vyroba/Potrebujeme-psenici-bez-mykotoxinu__s44x26336.html

GILBERT J. a TEKAUZ A., (2000) in POLIŠENSKÁ,(2011),Obilnářské listy1.11,Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s 9, www.vukrom.cz/obilnarske-listy/pdf-ol/obil-listy-1-11.pdf

CHU,1991,1995 a,b,, SCOTT,1997,1998,BETINA,1993 a,b,.GILBERT, 1993,1996, SYDENHAM a SEPHARD,1996,WILSON a ABRAMSON,1992) in DRASTICHOVÁ (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, s 15

IRENA KIECANA,REMIGIUSZ MIELCAREK,JULIUSZ PERKOWSKI,PIOTR GOLIŃSKI
(2005), Obsah mykotoxinů v zrnu ovsa v Polsku, Acta Agrobotanica s 91–102, http://www.ib-pan.krakow.pl/pubs/articles?pub=8&annual=2005&art=834

IVASHENKO V.G., (1990), TEICH A. H., (1989) in DRASTICHOVÁ (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, s 27

KOUBOVÁ D. (2006) Článek : 49070 ; Vydáno : 6.7. 2006 ,Tisknuto z : Agronavigátor http://www.agronavigator.cz/

KOUBOVÁ D. (2005), Management pěstování ozimé pšenice,Agronavigátor, http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=411&ch=1&typ=1&val=40156

KRÁLOVÁ a RAUCH, (1993) in Kamila Drastichová (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, s 16-17

MANKEVIČIENÉ, (2010), Institute of Agriculture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry
http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6S-51P9WXR-3&_user=10&_coverDate=06%2F30%2F2011&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=gateway&_origin=gateway&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=565acc890060bdf258d36d2846b3851a&searchtype=a

MARTIN R. A. a kol. (1991) in DRASTICHOVÁ (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, s 28

MOUDRÝ J.,(2003) in PRUGAR J. a kol. (2008) Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. Tisíciletí, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský s.133

PESTKA,(1995) in DRASTICHOVÁ(2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, s 17

PETR J., (2005)) in PRUGAR J. a kol. (2008) Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. Tisíciletí, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský,s 110

POLIŠENSKÁ I., (2011),"Současné představy a požadavky na kvalitu rostlinných produktů", Sborník referátů ze semináře " s 62-65, http://www.isvav.cz/resultDetail.do?rowId=RIV%2F25328859%3A_____%2F06%3A%230000140!RIV07-MSM-25328859

POLIŠENSKÁ I., (2010), Fuzariove mykotoxiny v obilovinach sklizně 2010, obilnářské listy, s 9-10,www.vukrom.cz/obilnarske-listy/pdf-ol/obil-listy-1-11.pdf

POLIŠENSKÁ I. (2008)Sklizeň obilovin 2007 z hlediska obsahu mykotoxinů (2008),Obilnářské listy,

http://www.isvav.cz/h10/resultDetail.do;jsessionid=BB8A89B97F3F284F7908897759A97963?rowId=RIV%2F25328859%3A_____%2F08%3A%230000340!RIV09-MZE-25328859

POLIŠENSKÁ I. a kol. (2010), Fuzariove mykotoxiny v obilovinach sklizně 2010, obilnářské listy, s 12, http://www.vukrom.cz/obilnarske-listy/pdf-ol/obil-listy-1-10.pdf

POLIŠENSKÁ I. a kol. (2010), Fuzáriové mykotoxiny a patogeny Fusarium v obilovinách sklizně 2009,Obilnárské listy, s 3 http://www.vukrom.cz/obilnarske-listy/pdf-ol/obil-listy-1-09.pdf

POLIŠENSKÁ I. (2006), „Jakost obilovin 2006“, Sborník z konference Kroměříž. http://www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/51355.aspx

POSPÍCHALOVÁ M. (2010), Výskyt mykotoxinů v krmivech, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, http://www.ukzuz.cz/Uploads/161834-7-Vyskyt+mykotoxinu+v+ krmivech pdf.aspx

PROKINOVÁ E. a kol. (2010), Ověření vztahu mezi napadením ozimé pšenice Tilletia caries a množstvím fuzariových mykotoxinů ve sklizeném zrnu,Česká zemědělská univerzita v Praze, s. 197-205, http://sab.czu.cz/en/?r=4416&mp=detail&sab=30#213

PRUGAR J. a kol. (2008) Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. Tisíciletí, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský s 75-139 a s 58-59

SUMMER (1994) in DRASTICHOVÁ K. (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, s 20-29

SÝKOROVÁ S. a kol. (2004), Mykotoxiny – stav výskytu v zemědělských surovinách a krmivech v ČR, s 1 10,http://www.phytosanitary.org/projekty/2003/vvf-15-03.pdf

SIPTZER T.,(2011) Mykotoxiny u obilovin,Agrokrom, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, http://www.bezpecna-krmiva.cz/soubory/3-mykotoxiny_u_obilovin.pd

ŠARAPATKA a kol., (2006) in VOŽEŇÍLKOVÁ B. (2008), Problematika mikroskopických hub u pluchatého ovsa, Jihočeská univerzita v Českých budějovicých, s 7 http://wstag.jcu.cz/ws/services/rest/kvalifikacniprace/downloadPraceContent?adipIdno=5652

ŠIMŮNEK J.(2003), Fyzykálně chemické metody, Mykotoxiny, http://www.med.muni.cz/prelek/MYKOTW/mtanafch.htm

ŠIMŮNEK, (2003) in DRASTICHOVÁ (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta s 16

ŠIRUČKOVÁ a kol. (2007), Fuzariózy v obilninách,Ministerstvo zemědělství, www.bezpecna-krmiva.cz/soubory/4-Fuzariozy_na_obilninách s 7

SHEW,(1994) in DRASTICHOVÁ (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta s 21

TEICH (1989), SUMMER,(1994) in DRASTICHOVÁ (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, s 27TEKAUZ a kol., 2004 in POLIŠENSKÁ (2010),www.vukrom.cz/obilnarske-listy/pdf-ol/obil-listy-1-11.pdf s 9

TURNER P. C. (2010) Occurrence and exposure assessment of deoxynivalenol and nivalenol, World mycotoxin Journal, http://wageningenacademic.metapress.com/content/m2806077574x13w1/

VÁŇOVÁ M. (2006), Fuzária v klasech jarního ječmene, Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o. http://konference.agrobiologie.cz/konference/2006-02-13/nh20_vanova_fusaria_v_klasech_jarniho_jecmene.pdf

VÁŇOVÁ M.,(2003), Zdravotní problematika osiva obilnin,Agris, http://www.agris.cz/vyzkum/detail.php?id=125703&iSub=566&PHPSESSID=3e

VESELÝ D.,(1999) in DRASTICHOVÁ K., (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta s 21

VRZALOVÁ J., (2010), Kvalita pšenice byla lepší na Moravě, Úroda http://www.agroweb.cz/rostlinna-vyroba/?page=30&Lang=cs&sid=44

ZIMOVÁ, (1974) in DRASTICHOVÁ K. (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta s 24

WALLER A BRAYFORD,(1990) in DRASTICHOVÁ K. (2005) Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta s 26

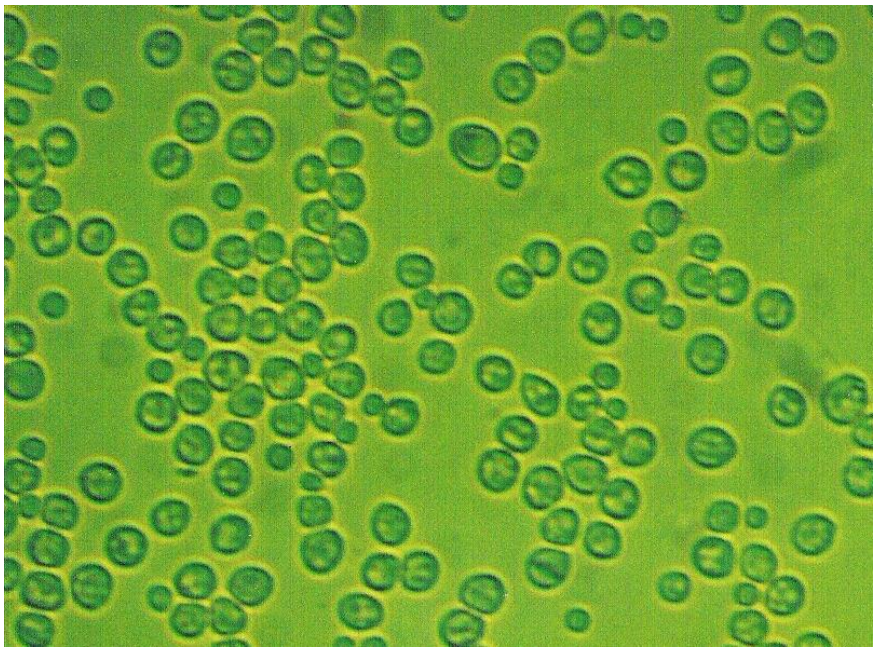
WELCH W. R. (1998) in PRUGAR J. a kol. (2008) Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. Tisíciletí, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský s 75-139 a s 58-59

Příloha

Obr.1.Fusarium graminearum (zvětšeno 500x) (HÝSEK J.,2008)

Obr.2.Fusarium culmorum (500x) (HÝSEK J.,2008)

Obr.3.Fusarium poae (500x) (HÝSEK J.,2008)



Obr. 4. Ječmen jarní – poškozená zrna po infekci *F. culmorum* v porovnání se zdravými zrny (CHRPOVÁ J. a kol.,2007)

Obr. 5. Fuzariózy klasu na pšenici- symptomy po umělé infekci *F. culmorum* (nahoře náchylná odrůda, dole středně rezistentní odrůda) (CHRPOVÁ J. a kol.,2007)

Obr.6. Pšenice ozimá – poškozená zrna po infekci *F. culmorum* v porovnání se zdravými zrny (CHRPOVÁ J. a kol.,2007)