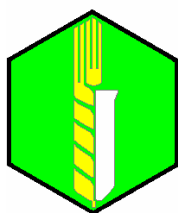




**Jana Chrpová a kol.**

# **Možnosti snížení rizika napadení obilnin klasovými fuzariózami**

## **METODIKA PRO PRAXI**



**Výzkumný ústav  
rostlinné výroby, v.v.i.**

**2007**

Metodika vznikla za finanční podpory MZe ČR a je výstupem řešení výzkumného záměru č. 0002700602 „Nové poznatky, metody a materiály pro genetické zlepšování biologického potenciálu plodin a využití agro-biodiversity pro setrvalý rozvoj zemědělství“ a výzkumného záměru č. 0002700603 „Systémy ochrany rostlin a skladovaných produktů před škodlivými organismy zajišťující zdravotní nezávadnost a kvalitu rostlinných produktů a neohrožující životní prostředí“.

Metodika je určena především pracovníkům v zemědělské praxi a pro orgány státní správy. Metodika prošla oponentním řízením a byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR – odborem rostlinných komodit pod č.j. 696/2008-17220. Ministerstvo doporučuje tuto metodiku pro zemědělskou praxi – pro prvovýrobu, poradenství, Státní rostlinolékařskou správu. O uplatnění metodiky byla 26.11.2007 uzavřena smlouva podle ustanovení §269 zákona 513/1991 Sb., obchodního zákoníku.

**© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2007**

**ISBN: 978-80-87011-33-1**

Jana Chrpová, Václav Šíp, Světlana Sýkorová, Eliška Sychrová

# **Možnosti snížení rizika napadení obilnin klasovými fuzariózami**

**METODIKA PRO PRAXI**

**Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.**

2007

## **Možnosti snížení rizika napadení obilnin klasovými fuzariózami**

Jedním z rizikových faktorů při uplatnění sklizně pšenice je kontaminace zrna obilovin mykotoxiny produkovanými patogeny z rodu *Fusarium*. Na obsah fuzariových toxinů mají značný vliv klimatické podmínky během růstu a zejména v období květu. Dodržování zásad správné zemědělské praxe, která sníží rizikové faktory na minimum, může kontaminaci houbami rodu *Fusarium* do určité míry předejít. Předkládaná publikace přináší základní informace o výskytu klasových fuzarióz na našem území, o původcích choroby a kontaminaci zrna mykotoxiny. Cílem publikace je především informovat o možnostech ochrany a minimalizace rizika výskytu mykotoxinů v zrně s ohledem na výsledky získané ve výzkumu.

## **The possibilities of risk reduction for managing *Fusarium* head blight in cereals**

*Fusarium* pathogens cause on the whole territory of Czech Republic practically each year yield losses and contamination of cereal grains by mycotoxins, which is harmful to both human and animal consumption of cereal products. The content of mycotoxins is highly affected by weather conditions particularly in flowering stage. Keeping to the proposed precautions is needed for better disease management. This manual brings data on the occurrence of *Fusarium* head blight and relevant pathogens causing the disease in this Central European region. It was aimed to provide actual information based on present research results concerning the possibilities of disease control in cereals (wheat, barley) in order to minimize risks of grain contamination with mycotoxins.

### Popis uplatnění metodiky

Metodika je určena především pracovníkům v zemědělské praxi. Cílem metodiky je informovat o možnostech ochrany porostů obilovin a minimalizaci rizika výskytu mykotoxinů v zrně obilovin. Metodika obsahuje výsledky analýzy rizik a nejnovější poznatky o možnostech ochrany. Obsahuje též návrhy eliminace rizikových faktorů.

## Obsah:

1. Úvod.....	4
2. Příпустné minimální obsahy toxických látek .....	4
3. Původci klasových fuzarióz a epidemiologie.....	5
4. Výskyt klasových fuzarióz na území ČR .....	7
5. Ochranná opatření .....	9
5.1 Odolnost odrůd k fuzarióze klasu.....	9
5.2 Fungicidní ochrana .....	10
5.3 Využití odrůdové rezistence v kombinaci s fungicidní ochranou v podmínkách silného ohrožení nákazou .....	11
6. Návrh opatření vedoucích k eliminaci klasových fuzarióz a snížení kontaminace mykotoxiny v průběhu vegetačního roku: .....	12
6.1 Možnost eliminace rizikových faktorů před výsevem .....	12
6.2 Rizikové faktory v průběhu vegetace .....	12
6.3 Rizikové faktory v době sklizně a po sklizni .....	13
7. Závěr.....	13
8. Použitá literatura: .....	14

## 1. 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 zrně. Ke tvorbě nebezpečných mykotoxinů v zrně dochází především při napadení klasu druhu *F. graminearum* a *F. culmorum*. Napadené zrně se nehodí pro pekařské účely ani ke krmění. Výskyt fuzarióz klasu v porostech jarních ječmenů je velmi nežádoucí, protože při dalším zpracování kontaminované suroviny dochází k nežádoucímu přepěňování piva tzv. „gushing.“ Současný výzkum prokázal riziko výskytu deoxynivalenolu (DON), případně zearalenonu v obilovinách pěstovaných v ČR. Vzhledem k tomu, že epidemie přicházejí častěji a jsou silnější, kontaminace DON se stává závažným problémem pro živočišnou výrobu i pro lidskou výživu. Dosavadní studie ukázaly, že v České republice je převažujícím mykotoxinem deoxynivalenol (DON), který patří stejně jako nivalenol (NIV), HT-2 a T-2 toxin mezi trichothecenové deriváty. Zearalenon (ZEA) se obvykle v zrně vyskytuje v nižších koncentracích, avšak jeho toxicita pro lidi a zvířata je vyšší než u DON. 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. 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. Řadou dále podrobněji popsaných zásahů lze kontaminaci do značné míry snížit (minimalizovat).

Předkládaná metodika přináší souhrnné informace o původcích klasových fuzarióz, škodlivosti choroby, o výskytu fuzarióz na našem území a kontaminaci zrna mykotoxiny i nové poznatky o rezistenci odrůd pšenice. Cílem metodiky je informovat o možnostech ochrany a minimalizace rizika výskytu mykotoxinů v zrně a představit konkrétní opatření směřující k eliminaci rizik. Pozornost byla věnována především fuzariózám klasu u pšenice, ale obecné závěry lze aplikovat i na další obiloviny. Uvedené údaje jsou kompilátem literárních i vlastních poznatků.

## 2. Přípustné minimální obsahy toxických látek

Fuzariózy klasu se vyskytují ve všech obilnářských oblastech světa. Společný zemědělský trh EU s obilovinami – konkrétně podmínky intervenčního nákupu se v současné době řídí novelou nařízení Komise (ES) č. 1068/2005 (novelizuje nařízení Komise (ES) č. 824/2000). Členskými státy EU tato novela ukládá povinné kontrolování limitu kontaminujících látek u obilovin v rámci intervenčního nákupu. V rámci EU jsou v současné době 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. Limity maximálního obsahu fusariových toxinů v obilovinách jsou následující: DON – 1,25 mg.kg<sup>-1</sup>; ZEA – 0,1 mg.kg<sup>-1</sup> pro nezpracované obiloviny kromě pšenice tvrdé, ovsa a kukuřice s účinností od 1.7.2006. Tyto limity byly uplatňovány již od počátku intervenčního nákupu, tj. od 1.11.2005.

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 směřuje jak ke zvýšení počtu sledovaných mykotoxinů a komodit, tak k dalšímu upřesnění (zvýšení) maximálních limitů.

### 3. Původci klasových fuzarióz a epidemiologie

Jako původce klasových fuzarióz v naší republice bývá zjišťováno zhruba 15 druhů rodu *Fusarium* a *Microdochium nivale*. V posledních pěti letech to jsou nejčastěji *Fusarium graminearum* (tel. *Gibberella zeae*), *F. avenaceum* (tel. *G. avenacea*) a *F. culmorum*, na některých porostech i *Microdochium nivale* (tel. *Monographella nivalis*), dříve *F. nivale*. Méně často bývá nalézáno *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. equiseti*, *F. sambucinum*, *F. oxysporum*, *F. acuminatum* a další. *F. poae* se často vyskytuje ve spojitosti s napadením škůdci (zelenuškou žlutopásou, bodruškou obilní, plodomorkami, třásněnkami a dalšími). Zvláštním případem je *F. heterosporum*, které se může v klasech vyskytnout i ve velkém množství. Jedná se o hyperparazita, který napadá nejčastěji paličkovici nachovou (*Claviceps purpurea*), původce námele. Za vhodných povětrnostních podmínek je schopné napadnout porosty tzv. námelového žita pěstovaného pro farmaceutické účely a sklizeň zcela znehodnotit.

Klasové fuzariózy se nejčastěji vyskytují na pšenici a to ozimé i jarní, méně časté jsou na žitu a triticales. 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. Obtížnější je i zjišťování přítomnosti fuzarióz v klasech ječmenů. Růžové zbarvení obilek a tvorba konidií se sice vyskytují, ale jsou méně časté. Běžnější projev fuzarióz v klasech ječmene je změna barvy obilky ze světlé do tmavších nelesklých odstínů a scvrkávání obilek. Přítomnost patogena se spolehlivě určí po uložení do vlhké komůrky a následném mikroskopickém vyšetření a kultivaci. Symptomy po umělé infekci *Fusarium culmorum* u pšenice ozimé a u ječmene jarního jsou zachyceny na obrázcích 1 a 2.

V klasech pšenice se napadení projeví asi po týdnu nejprve ztrátou zelené barvy květních obalů, pluch a plev, někdy se tvoří i hnědavé skvrny. Ty se rozrůstají, střed zesvětlí, následuje tvorba konidií. Nejnápadnější je po určité době tvorba sporodochií a masy konidií. Ty jsou růžové, někdy až rumělkové. Projev choroby masovou produkcí konidií v klasech je společný pro většinu hlavních původců fuzarióz. Determinace druhu původce je možná mikroskopicky, případně další kultivací. Obilniny napadené virózy, zejména při pozdějším a slabším napadení někdy vymetají. Tyto klasy jsou velmi často napadeny fuzariózami.

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. Dalším zdrojem může být i osivo nesprávně nebo nedostatečně namořené. V časném jaru se některé druhy šíří askosporami, později převažuje šíření konidiemi.

*Fusarium* může napadat obilniny ve všech fázích vývoje počínaje klíčením. Často se vyskytuje na zbytcích vedlejších redukovaných odnoží, které jsou pak dalším zdrojem inokula. Napadení kořenů se podílí na chorobách pat stébel. Mladé porosty, oslabené během zimy namrznutím, mechanicky poškozené při pohybech půdy (kolísavé jarní mrazíky), poškození je vstupní branou pro infekci. Za vhodných povětrnostních podmínek tvoří na

listech nejasné tmavší rozmyté skvrny. Hlavně na čepelích poškozených mšicemi (se zbytky medovice) nebo i dalšími škůdci, jako jsou vrtalky a třásněnky.

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. Uzavřené lokality uprostřed lesů nebo v údolích či v blízkosti řek a jiných vodních ploch poskytují vhodné podmínky pro rozvoj choroby. I když primárním zdrojem inokula jsou askospory a konidie produkované na rostlinných zbytcích po předplodinách, za vhodných podmínek se spory patogena mohou větrem šířit i na větší vzdálenosti a napadat okolní porosty. Napadení kvítka 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 větveno do sousedních klásků. Zevně je nápadné zprvu blednutí a zasychání klásků, později i skvrny na plevách nebo hnědnutí celých klásků a tvorba sporodochií s konidiami. Bělorůžové až rumělkové masy konidií lze najít i na větenech nebo v místech nasedání klásků. *Fusarium* je za podmínek pro ně příznivých schopné během několika dnů produkovat velké množství konidií, které jsou větrem roznášeny do okolí. I když nejvnímavější k napadení jsou porosty v době kvetení, k šíření patogena na další klasy a k prorůstání na obilky může docházet i později, po celou dobu kdy jsou klasy zelené, případně i déle až do sklizně porostů. Čím pozdější infekce, tím méně prorůstá patogen do obilky. Někdy zůstane jen na povrchu, nebo pronikne jen do osemení. 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 (obr. 4, 5, 6). 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. Napadené obilky jsou zčásti nebo celé bílé, někdy i s narůžovělým či jemně fialovým odstínem. Někdy jsou potaženy slabou vrstvou mycelia, často ale zůstanou hladké. Nápadnější jsou u typů pšenic s tmavšími obilkami, mezi světlými obilkami je lze přehlédnout. Přítomnost bílých obilek ve sklizeném zrne ukazuje na nebezpečí vyššího obsahu mykotoxinů. Samotné bílé obilky (anglický termín tombstone) jsou myceliem *Fusarium* zcela prorostlé a mají vysoké obsahy mykotoxinů. Původce z nich lze snadno kultivovat. Nejčastěji se vyskytují při napadení druhem *F. graminearum*.

Produkce mykotoxinů je ovlivněna více faktory. Je to především záležitost jednotlivých druhů patogena. I uvnitř stejného druhu jsou rozdíly v intenzitě produkce mezi jednotlivými kmeny původce. Některé kmeny produkují méně toxinů, jiné podstatně více. Vliv na produkci mykotoxinů má i stres. Pokud se dostává patogen do stresu, produkce mykotoxinů stoupá. To bylo také příčinou rozporných výsledků s některým ošetřením porostů, kdy po ošetření fungicidy a zdánlivém ozdravení porostů byl přesto ve sklizeném zrne zjištěn určitý obsah mykotoxinů.

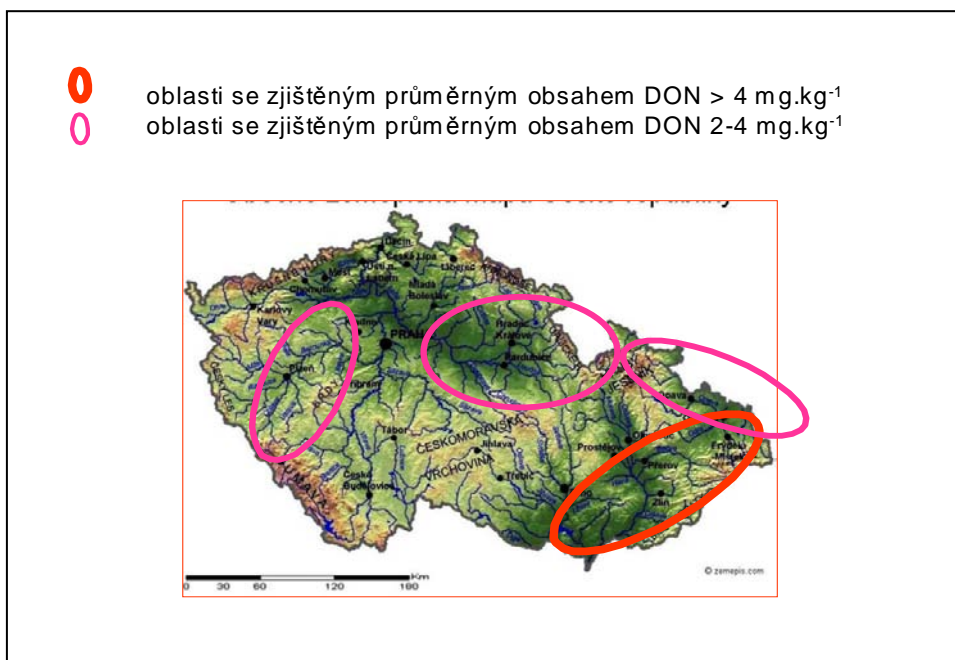
V porostech, které polehnou, ať už vlivem nepříznivého počasí nebo po napadení chorobami pat stébel, dochází k většímu šíření a intenzitě napadení i klasovými fuzariózami. Pokud dojde k prodloužení vegetace porostů a oddálení sklizně především pro nepříznivý vývoj počasí – chladnější a vlhké období - dochází k pozdním infekcím houbou *Fusarium* na ještě nevyzrálých klasech i v porostech, které byly fungicidy správně a včas ošetřeny. Účinek fungicidního ošetření postupně slábne a houba se na klasech může uchytit a prorůstat na obilky. Není vyloučena ani tvorba určité hladiny mykotoxinů.



## 4. Výskyt klasových fuzarióz na území ČR

Informace o výskytu fuzarióz klasu u pšenice vycházejí z vyšetření klasových vzorků pocházejících ze sběrů z celého území České republiky v letech 2003-2006. Získání celoplošných údajů bylo garantováno spoluprací se Státní rostlinolékařskou správou (SRS). Celkově bylo k dispozici 1277 klasových odběrů. Jednalo se o klasy podezřelé z infekce fuzariózou klasu (677) i o náhodné odběry klasů (600). U získaných vzorků byla ve VÚRV vyhodnocena přítomnost symptomů choroby a stanoven obsah DON metodou ELISA. Stupeň napadení a obsah DON v zrně byly vyhodnoceny s ohledem na ročník, oblast, odrůdu, předplodinu a způsob zpracování půdy. K dispozici byly též údaje o použité fungicidní ochraně. Na základě 4 letého průzkumu byly získány následující výsledky:

- Průměrný obsah DON u vzorků podezřelých z infekce byl  $> 3 \text{ mg.kg}^{-1}$  a u náhodně odebraných vzorků  $< 1 \text{ mg.kg}^{-1}$  (Tabulka 1).
- Hygienický limit byl překročen u 10,3 % náhodně odebraných vzorků za celé sledované období (2004 – 14,5 %, 2005 – 11,9 %, 2006 – 7,2 % a 2007 – 7,7 %). Protože se jedná o klasové vzorky, jsou tyto údaje zřejmě poněkud nadhodnocené. Přesto je zřejmé, že ohrožení porostů je každoroční.
- Na základě získaných údajů o napadení klasů a o zvýšeném obsahu mykotoxinů byly identifikovány oblasti se zvýšeným rizikem výskytu klasových fuzarióz. Nejvíce rizikové jsou oblasti na východní Moravě, kde byly opakovaně zjištěny vysoké obsahy DON (obr. 3).
- Výskyt chemotypů produkujících nivalenol je spíše ojedinělý a nebezpečí kontaminace zemědělských produktů tímto mykotoxinem s vysokou toxicitou zřejmě není příliš vysoké.



Obr. 3 Vymezení oblastí se zvýšeným rizikem výskytem fuzariózy klasu

- Mykologické analýzy ukázaly převládající zastoupení druhu *Fusarium graminearum*, dále byly zastoupeny druhy *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae* a *F. equiseti*. Přítomnost těchto druhů byla potvrzena i na molekulární úrovni.
- V rámci čteněji zastoupených odrůd (n>15) byl podlimitní obsah DON (<1,25 mg.kg<sup>-1</sup>) zjištěn u odrůd Šárka, Apache, Alana, Tower, Nela, Ebi a Batis.
- Byl prokázán zhoršující vliv kukuřice jako předplodiny i zhoršující vliv minimalizačních opatření na obsah DON v zrna (Tabulka 2). Nejvíce ohroženy jsou v praxi zřejmě porosty pšenice po minimalizovaném zpracování půdy a předplodině kukuřici (v takovém případě byl zjištěn obsah DON až 10,84 mg.kg<sup>-1</sup>).
- Pozitivní vliv cílené fungicidní ochrany (v průměru přibl. 50%) byl prokázán pouze při použití doporučené dávky přípravku a aplikace fungicidu ve vhodném termínu (BBCH: 65).

Další údaje o obsahu DON v zrna pšenice ozimé byly získány v rámci monitoringu prováděného u náhodně odebraných vzorků zrna pšenice každoročně od roku 2000, s výjimkou roku 2003. Tyto údaje zřejmě více odpovídají úrovni kontaminace DON při výkupu obilí, protože se jedná o zrna získané při kombajnové sklizni. Bylo zjištěno, že zejména u partií napadených *Fusarium* se může obsah DON snížit oddělením napadených obilek, ke kterému dochází při čištění zrna. Celkem za uvedená léta bylo analyzováno 344 vzorků pšenice s průměrným obsahem 0,23 mg.kg<sup>-1</sup> DON, mezi nimiž bylo zjištěno celkem 10 vzorků (2,9%) s nadlimitním obsahem DON. Maximální nalezený obsah DON u 1 vzorku v roce 2006 činil 4,6 mg.kg<sup>-1</sup>. U ječmene jarního bylo od roku 2000 při každoročním monitoringu analyzováno celkem 364 vzorků, průměrný obsah DON se pohyboval od 0,1 do 0,4 mg.kg<sup>-1</sup>. Za toto období bylo zjištěno celkem 6 vzorků s nadlimitním obsahem DON s maximem 3,77 mg.kg<sup>-1</sup> v roce 2001. V letech 2000 a 2001 bylo analyzováno 37 vzorků žita s průměrným obsahem DON 0,15 mg.kg<sup>-1</sup> a maximem 0,39 mg.kg<sup>-1</sup>, nebyl tedy zjištěn žádný vzorek s nadlimitním obsahem DON. Z těchto důvodů nebyl monitoring vzorků žita nadále prováděn. V Bavorsku bylo zjištěno při průzkumu provedeném v ročnicích 2003 a 2004 také větší napadení fuzariózou klasu u pšenice než u žita.

Tabulka 1 Průměrný obsah DON (mg.kg<sup>-1</sup>) v jednotlivých ročnicích zjištěný ve vzorcích ze zemědělské praxe získaných ve spolupráci se SRS

Ročník	Náhodně odebrané vzorky	Vzorky podezřelé z infekce
2003		0,3377*
2004	0,9352**	3,5280**
2005	0,7419**	4,2849**
2006	0,3251**	4,7091**
2007	0,3079**	

\* vzorek od kombajnu

\*\* klasové vzorky

Tabulka 2 Vliv odrůdy, zpracování půdy a předplodiny na obsah DON (mg.kg<sup>-1</sup>)

Odrůda (n>15)	0,522-6,496	Pícniny	2,404
Zpracování půdy		Luskoviny	2,222
Konvenční	2,106	Obiloviny	2,052
Minimalizované	3,569	Olejniny	1,769
Předplodina		Okopaniny	1,481
Kukuřice	6,383	Celkový průměr	2,049 – 2,786

## 5. Ochranná opatření

V ochraně proti fuzarióze klasu existují 4 základní typy opatření, které zahrnují biologické, agrotechnické, chemické a genetické metody. Vývoj biologické látky působící účinně proti fuzarióze klasu (potlačení patogena) představuje dosud obtížný úkol. Agrotechnická opatření, která se opírají o redukci patogena (askospory a makrokonidie fuzarióz) na posklizňových zbytcích, negarantují dostatečnou ochranu. Fungicidy cíleně používané k ochraně před fuzariózami klasu potlačují projev choroby a akumulaci mykotoxinů, avšak nemohou vždy zaručit dostatečnou ochranu. Využití genetické rezistence se jeví jako perspektivní. Úplná rezistence k fuzarióze klasu dosud nebyla u pšenice ani příbuzných druhů objevena, ale existuje řada zdrojů využívaných ve šlechtitelských programech. V současné době existuje řada odrůd s vyšším stupněm odolnosti. Řešením je volba celé technologie pěstování pšenice s cílem snížit výskyt fuzarióz (*Fusarium culmorum* a *Fusarium graminearum*), které nebezpečné mykotoxiny produkují.

Opatření vedoucí ke snížení obsahu mykotoxinů můžeme rozdělit na:

1. nepřímá - agrotechnická opatření, volba odrůd s vyšším stupněm rezistence, posklizňová manipulace se zrnem
2. přímá - aplikace fungicidu

### 5.1 Odolnost odrůd k fuzarióze klasu

Odolnost ke klasovým fuzariózám je polygenně založená a má různé komponenty. Při hodnocení odolnosti odrůd pšenice je pozornost zaměřena především na rezistenci k invazi patogena (I), rezistenci k šíření patogena v klasu (II) a na rezistenci k hromadění mykotoxinů v zrně, která bývá někdy označována jako rezistence typu III. Geneticky podmíněná rezistence ke klasovým fuzariózám je považována za trvalou a účinnou na celém světě. Rezistence není rasově a zřejmě ani druhově specifická. Na odolnosti odrůd k fuzarióze klasu se podílejí také nepřímé faktory. Jedná se o morfologické znaky, které mohou ovlivnit invazi patogena do klasu (výška rostliny) a šíření patogena v klasu (hustota klasu). Dalším faktorem, který může nepřímo ovlivnit akumulaci DON je ranost odrůdy. U souboru odrůd, které byly hodnoceny v polních infekčních testech, byl zjištěn statisticky významný vztah mezi raností (dobou květu) a obsahem DON. U raných odrůd může tedy docházet k nižší akumulaci DON.

Ve VÚRV je dlouhodobě testována rezistence odrůd, novošlechtění a genetických zdrojů k fuzarióze klasu a průběžně jsou vyhledávány zdroje rezistence, které slouží k bezprostřednímu využití ve šlechtitelských programech. V průběhu řešení této problematiky byly vymezeny znaky, které jsou rozhodující pro určení stupně rezistence odrůd pšenice a ječmene k napadení fuzariózou klasu a rezistence k akumulaci mykotoxinů v zrně:

- U **pšenice** bylo zjištěno, že z nepřímých znaků o obsahu DON nejlépe vypovídá procento fuzariózou poškozených zrn, což je v praxi snadno zjistitelný znak. Těsný vztah k obsahu DON byl prokázán též u symptomatického hodnocení a redukce hmotnosti zrna na klas. Byla zjištěna statisticky významná korelace mezi obsahem DON a obsahem ZEA, která naznačuje, že zvýšený obsah DON může indikovat i zvýšený obsah ZEA.
- Hodnocení rezistence v polních infekčních testech je u **ječmene** obtížnější než u pšenice, protože symptomy v klasech nejsou tak výrazné. Rovněž hodnocení znaku % fuzariózou poškozených zrn je u ječmene komplikované a na rozdíl od pšenice nebyl

prokázán statisticky významný vztah k obsahu DON. Dle literárních údajů i v pokusech ve VÚRV byl u ječmene prokázán statisticky významný vztah mezi obsahem DON a redukcí výnosových prvků. K hodnocení napadení je u ječmene využívána metoda stanovení % neklíčivých zrn a % kolonizovaných zrn ze 100 náhodně vybraných obilek, kterou popsal v roce 1996 Amelung. V současné době je také možno kvantifikovat patogena na molekulární úrovni (kvantitativní real time PCR), což je výhodné právě u ječmene, kde je spolehlivá kvantifikace symptomů obtížná.

Ve šlechtění na odolnost ke klasovým fuzariózám jsou využívány dva přístupy. První přístup představuje využití vysoce odolných, ale geneticky velmi odlišných zdrojů rezistence. Odrůdy jarní pšenice s vysokou úrovní rezistence byly vytvořeny především v oblastech, kde pravidelně propukaly epidemie, a proto zde docházelo k přirozenému výběru odolnějších genotypů. U pšenice však může být značný pokrok ve zvýšení odolnosti ke klasové fuzarióze dosažen i kumulováním genů rezistence z různých zdrojů, které jsou adaptovány do evropských podmínek. V současné době jsou v Evropě registrovány odrůdy pšenice ozimé s vyšší úrovní rezistence k fuzarióze klasu např. v Německu (Petrus, Centrum, Romanus, Toras a Solitär). Ve šlechtění je často využívána švýcarská odrůda Arina, která vykazuje zvýšenou úroveň rezistence k fuzarióze klasu.

Nejlépe hodnocené odrůdy pšenice ozimé registrované v České republice lze charakterizovat pouze jako středně odolné (Seznam doporučených odrůd 2007). Jako středně odolné jsou v této publikaci uvedeny odrůdy Alana, Dromos a Simila. Ke středně odolným můžeme řadit i odrůdy Samanta a Apache. Mezi odrůdy náchylné k fuzarióze klasu patří Biscay, Complet, Caphorn, Florett, Heroldo, Karolinum, Mladka a Versailles.

U ječmene jarního byla taktéž detekována řada zdrojů rezistence. V našich tříletých pokusech (2001-2003) s umělou infekcí byla prokázána vysoká úroveň rezistence k akumulaci DON u zdrojů Chevron a CI 4196. Registrované odrůdy Jersey, Olbram a Scarlett vykazovaly v těchto pokusech také vyšší odolnost k akumulaci DON ve srovnání s odrůdami Akcent, Kompakt a Tolar, který se jevil jako náchylný.

## 5.2 Fungicidní ochrana

Základním předpokladem pro aplikaci fungicidu je výskyt patogena. Na našem území se vyskytuje skoro plošně, oblasti se zvýšeným rizikem byly vymezeny (viz. výše). Dalším předpokladem pro aplikaci fungicidu je teplota vyšší než 20 °C a vlhkost vzduchu vyšší než 90 % či srážky v době kvetení. V současné době jsou k dispozici fungicidy na bázi metconazole, tebuconazole a prothioconazole. Fungicidní postřik cíleně aplikovaný proti klasovým fuzariózám je vhodné provést po vymetání klasů v době kvetení (DC 61-69). Údaje o přípravcích je možno získat přímo od agrochemických firem nebo na internetových stránkách Státní rostlinolékařské správy.

Důležitým zdrojem informací o přínosu fungicidního ošetření byly pro nás pokusy prováděné v průběhu 4 let (2001-2004) ve VÚRV s devíti odrůdami ozimé pšenice lišícími se v odolnosti k fuzarióze klasu. Pokusy se 3 opakováními zahrnovaly variantu infekční (I), variantu infekční s fungicidním zásahem (IF) a kontrolní neinfikovanou variantu. Porost byl ve fázi kvetení a opakovaně po týdnu infikován středně až vysoce patogenním izolátem *Fusarium culmorum* postřikem inokula. Rozvoj infekce byl podpořen mikrozávlahou. Varianta IF byla 24 hodin před infekcí ošetřena fungicidy Caramba (2001; účinná látka metconazole) a Horizon (2002-2004; účinná látka tebuconazole). U sklizeného zrna byl stanoven obsah DON metodou ELISA. Průměrná účinnost použitých fungicidů byla ve shodě s literárními údaji 50 % pro DON. Výnosové ztráty byly po fungicidním zásahu v průměru

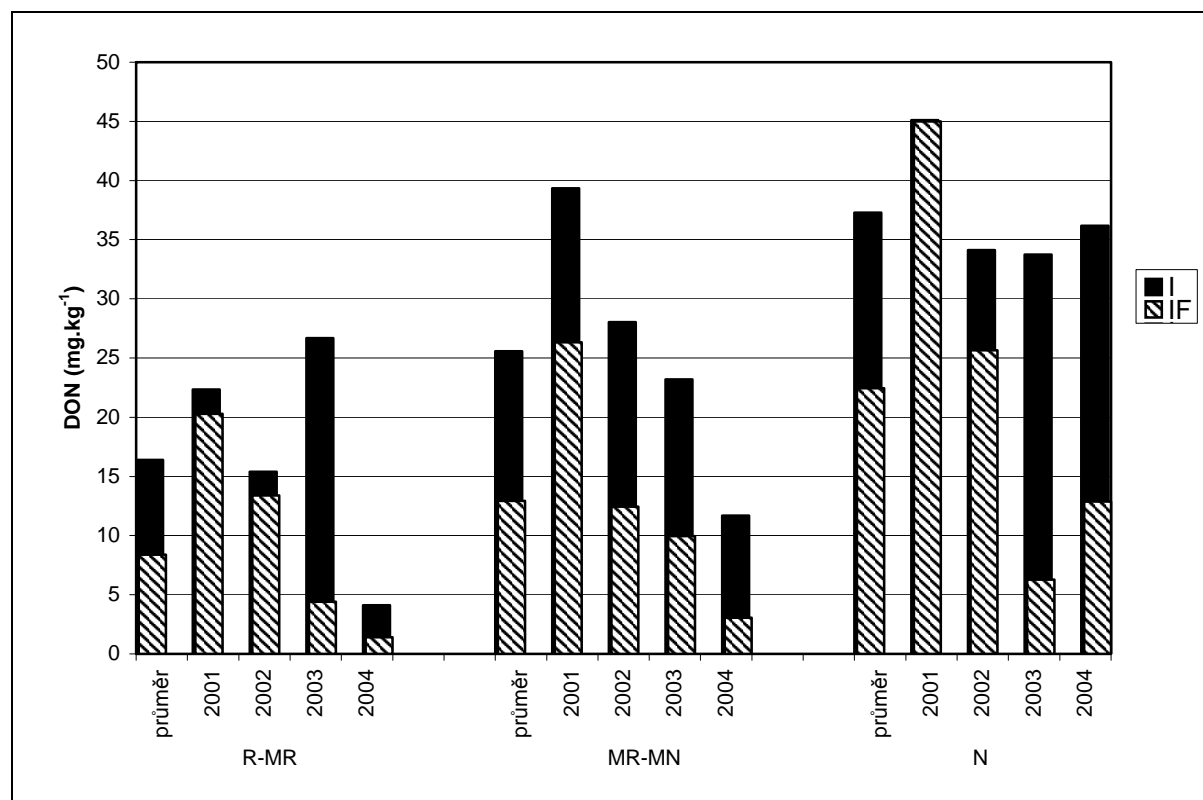
sníženy o 36 %, v interakci s povětrnostními vlivy, charakterem odrůdy i dalšími faktory byly výsledkem značně kolísavé účinky fungicidů na snížení obsahu DON i výnosových ztrát (pohybující se pro redukci obsahu DON od 0 do 89 %).

Ve studii provedené ve VÚRV byly zjištěny vysoké koncentrace DON v klasech i v zrně pšenice ozimé již v raných fázích (7. den) po inokulaci a v další dosud nepublikované studii již 4. den po inokulaci. Tyto výsledky podporují nutnost aplikace fungicidů ve správném termínu.

### 5.3 Využití odrůdové rezistence v kombinaci s fungicidní ochranou v podmínkách silného ohrožení nákazou

Jako neúčinnější opatření se jeví kombinace rezistence odrůdy se správnou aplikací fungicidní ochrany. Vliv odrůdové rezistence v kombinaci s fungicidní ochranou byl sledován ve výše uvedeném pokuse.

Graf 1 ukazuje, že využití rezistence odrůdy vedlo v kombinaci s fungicidním zásahem k 68% redukci obsahu DON. V letech, ve kterých byla dosažena vysoká fungicidní efektivnost (2003 a 2004) došlo u této skupiny odrůd dokonce k 89% redukci obsahu DON. Zvláště v podmínkách silného ohrožení nákazou je využití rezistence odrůdy v kombinaci s fungicidním zásahem potřebné pro zajištění účinnější ochrany porostů. Je ovšem třeba brát v úvahu, že v zemědělské praxi mohou aplikace fungicidu v optimálním termínu bránit povětrnostní podmínky (děšť) a navíc na velkých plochách se vždy fungicid aplikovat ve vhodném termínu nepodaří.



Graf 1. Obsah DON ve 4 letech a pro skupiny odrůd lišících se v odolnosti k fuzarióze klasu (R-rezistentní; MR-mírně rezistentní; MN-mírně náchylné; N-náchylné) v infekční variantě I a po fungicidním zásahu (IF)

## 6. Návrh opatření vedoucích k eliminaci klasových fuzarióz a snížení kontaminace mykotoxiny v průběhu vegetačního roku:

### 6.1 Možnost eliminace rizikových faktorů před výsevem

- Rizikovitost lokality
  - podle informací získaných na základě šetření SRS (rizika v okrese)
  - vlastní zkušenost - problémy s kontaminací zrna DON v předchozích letech přímo v dané oblasti (katastru)
  - podle polohy pozemku - rizikové jsou vlhké uzavřené enklávy s malým prouděním vzduchu
- Předplodina - nejrizikovější 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 plodina jsou okopaniny a řepka
- Systém zpracování půdy – minimalizační zpracování zanechává na povrchu posklizňové zbytky a zvyšuje riziko infekce fuzariózou klasu

#### Možná opatření:

- **Management posklizňových zbytků** – podpořit mineralizaci posklizňových zbytků dodáním dusíku a zlepšením poměru C:N, také promísení posklizňových zbytků s půdou zlepšit jejich rozklad
- **Volba odrůdy** – v případě více rizikových faktorů (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**

### 6.2 Rizikové faktory v průběhu vegetace

- Výskyt fuzarióz v porostu - fuzariózou napadené listy a stébla jsou potencionálním zdrojem infekce
- Napadení porostu jinými chorobami - k silnému výskytu fuzarióz dochází např. po napadení virovými chorobami
- Poléhání porostu
- Teplota vzduchu během kvetení vyšší než 20 °C
- Vlhkost vzduchu – větší než 90 % či srážky v době kvetení

#### Možná opatření:

- **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)

### 6.3 Rizikové faktory v době sklizně a po sklizni

- Mechanické poškození při sklizni
- Sklizeň vlhkého zrna
- Vysoká vlhkost při skladování

#### Možná opatření:

- **Zajistit správné nastavení čistění zrna u sklizňové techniky**
- **Rychle usušit zrna na 14% vlhkost**, což zabraňuje sekundárnímu napadení houbovými patogeny během skladování
- **Kvalitní skladování** je základním opatřením pro uchování produkce v dobré kvalitě

## 7. Závěr

V zemědělské praxi není možné dodržet vždy celý komplex opatření. Je však třeba brát v úvahu jednotlivá rizika a snažit se o jejich eliminaci. Přínos pro praxi lze očekávat i od predikčních modelů rozvoje infekce v určitých podmínkách, které by měly být pro pěstitelskou praxi k dispozici. Např. ve Švýcarsku je takovýto systém k dispozici pro pracovníky zabývající se ochranou rostlin ([www.fusaprog.ch](http://www.fusaprog.ch)). U nás lze v současné době získat informace o výskytu škodlivých organismů na internetových stránkách Státní rostlinolékařské správy.

Dosažené výsledky ukazují, že pěstitelé mají v současné době možnost volby odrůdy s vyšší rezistencí, která dokáže redukovat výskyt fuzarióz a produkci mykotoxinů. Je třeba sledovat informace ÚKZÚZ, které jsou každoročně aktualizovány a vycházejí jak z výsledků získaných při přirozené infekci na pozemcích po předplodině kukuřici s definovaným množstvím zbytků na povrchu půdy, kde převažuje *F. graminearum*, tak z výsledků polních pokusů s přímou infekcí klasů suspenzí konidií *F. culmorum*. Přesto je třeba zdůraznit, že odrůda se zvýšenou rezistencí k této chorobě sama o sobě negarantuje ve všech podmínkách dostatečnou ochranu. Jako nejúčinnější opatření se jeví pěstování odolnějších odrůd se správnou aplikací fungicidní ochrany a respektování dalších zde zmíněných pěstitelských opatření.

## 8. Použitá literatura:

Amelung D. (1996): Experience with isolation of plant pathogenic fungi: In: Dahne et al. (eds): Proc. 4<sup>th</sup> Int. Symp. EFPP Diagnostic and Identification of Plant Pathogens. 9-12 Sept. 1996, Bonn, Germany: 35-36.

Buttner P. (2006): Species of *Fusarium* occurring in the years 2003 and 2004 on wheat and rye in Bavaria. *Gesunde Pflanzen* 2006, 58: 28-33.

Desjardins A.F. (2006): *Fusarium* Mycotoxins: Chemistry, Genetics, and Biology. St. Paul, MN, USA: APS Press.

Horáková V., Beneš F., Mezlík T.: Seznam doporučených odrůd 2007. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno. Národní odrůdový úřad.

Chrpová J., Šíp V., Matějová E., Sýkorová S. (2006): Progression of deoxynivalenol concentrations in spikes and kernels of winter wheat cultivars after inoculation with *Fusarium culmorum*. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* 42(4): 137-141.

Chrpová J., Šíp V., Matějová E., Sýkorová S. (2007a): Resistance of Winter Wheat Varieties Registered in the Czech Republic to Mycotoxin Accumulation in Grain Following Inoculation with *Fusarium culmorum*. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 43: 44-52.

Chrpová J., Šíp V., Sýkorová S., Sumíková T., Sychrová E. (2007 b): Occurrence of *Fusarium* head blight (FHB) in wheat in the Czech Republic and the possibilities of the disease control. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko: v tisku.

Ittu M., Saulescu N.N., Ittu G., Moldovan M. (2002): Approaches in breeding wheat for resistance to FHB in Romania. *Petria*, 12:67-72.

Košťálová E. (2006): Nákup obilovin do intervenčního nákupu dle pravidel EU. *Agrotip* 6: 9-13.

Mesterházy A., Bartók T., Lamper C. (2003): Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of *Fusarium* head blight. *Plant Disease* 87: 1107-1115.

Nařízení Komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. *Úřední věstník Evropské unie* L 364/5.

Nařízení Komise (ES) č. 401/2006 ze dne 23. února 2006, kterým se stanoví metody odběru vzorků a metody analýzy pro úřední kontrolu množství mykotoxinů v potravinách. *Úřední věstník Evropské unie* L 70/12 (cs).

Raus A. (2006): Snížení obsahu mykotoxinů s balíčkem Jewel Top + Caramba. *Agrotip* 6/2006: 12-13.

Seznam doporučených odrůd 2007. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Odbor odrůdového zkušebnictví. Brno 2007, 191s.



Steffenson B.J. (1999): Combating *Fusarium* head blight: an emerging threat to malting barley quality throughout the world. EBC Congr.: 531-538.

Šíp V., Tvarůžek L., Chrpová J., Sýkorová S., Leišová L., Kučera L., Ovesná J. (2004): Effect of *Fusarium* head blight on mycotoxin content in grain of spring barley cultivars. Czech J. Genet. Plant Breed. 40(3): 91-101.

Šíp V., Chrpová J., Leišová L., Sýkorová S., Kučera L., Ovesná J. (2007): Effects of genotype, environment and fungicide treatment on development of *Fusarium* head blight and accumulation of DON in winter wheat grain. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 43: 16-31.

Zimmermann G. (2000): Use of genetic resistance for the reduction of *Fusarium* head blight in wheat. Bodenkultur und Pflanzenbau Schriftenreihe der Byerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, 4: 49-57.

Obr. 1 Fuzariózy klasu na pšenici- symptomy po umělé infekci *F. culmorum* (vlevo náchylná odrůda, vpravo středně rezistentní odrůda)



Obr. 2 Fuzariózy klasu u ječmene – symptomy po umělé infekci *F. culmorum* (vlevo náchylná odrůda, vpravo mírně rezistentní odrůda Chevron)





Obr.4 Pšenice ozimá – poškozená zrna po infekci *F. culmorum* v porovnání se zdravými zrny



Obr.5 Ječmen jarní – poškozená zrna po infekci *F. culmorum* v porovnání se zdravými zrny





Obr. 6 Detail zrna poškozeného fuzariózou klasu  
Pšenice



Ječmen



## Poznámky

---

## Poznámky

---

Autoři: Ing. J. Chrpová, CSc., Ing. V. Šíp, CSc., Mgr. S. Sýkorová, CSc.,  
RNDr. E. Sychrová

Název: Možnosti snížení rizika napadení obilovin klasovými fuzariózami

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Redakce: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Metodika je veřejně přístupná na adrese [www.vurv.cz](http://www.vurv.cz)

Náklad: 300 výtisků

Vyšlo v roce 2007

Vydáno bez jazykové úpravy

Metodika je poskytována bezplatně.

Kontakt na autora: [chrpova@vurv.cz](mailto:chrpova@vurv.cz)

Autor fotografií: Š. Bártová

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2007

**ISBN: 978-80-87011-33-1**



Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2007