

**Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta**

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

**Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Fakulta potravinářské a biochemické technologie**

Opatření k omezení rizika výskytu fuzarióz klasů obilnin v ekologickém zemědělství

Certifikovaná metodika

doc. Ing. Evženie Prokinová, CSc.
prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc.
doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.
Ing. Dagmar Janovská, Ph.D.
Ing. Zdenka Vepříková

Praha

2014

Poděkování: Certifikovaná metodika je dílčím výstupem projektu NAZV QI111B154 "Bezpečnost cereálních bioproduktů z pohledu výskytu alternáriových a fusariových mykotoxinů".

Kolektiv autorů:

doc. Ing. Evženie Prokinová, CSc. (35 %), prokinova@af.czu.cz

prof. Ing. Ivana Capouchová, CSc. (30 %), capouchova@af.czu.cz

doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D. (12 %), konvalina@zf.jcu.cz

Ing. Dagmar Janovská, Ph.D. (12 %), janovska@vurv.cz

Ing. Zdenka Vepříková (11 %), zdenka.veprikova@vscht.cz

Oponenti:

Ing. Josef Škeřík, CSc. - poradce pro ekologické zemědělství - člen spolku Pro Bio poradenství

Ing. Martin Leibl, Ph.D. - Ministerstvo zemědělství ČR, Těšnov 17, 117 05, Praha 1

Uplatněná certifikovaná metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR - Odborem environmentálním a ekologického zemědělství pod č. 1/2014-17250.

Prokinová, E., Capouchová, I., Konvalina, P., Janovská, D., Vepříková, Z. (2014): Opatření k omezení rizika výskytu fuzarióz klasů obilnin v ekologickém zemědělství. Certifikovaná metodika, ČZU v Praze, 40 s.

ISBN 978-80-213-2521-0

Opatření k omezení rizika výskytu fuzarióz klasů obilnin v ekologickém zemědělství

Abstrakt:

Fuzariózy klasů obilnin představují závažné onemocnění rostlin, jehož důsledkem jsou výnosové ztráty, kontaminace zrna mykotoxiny a negativní ovlivnění hygienické i technologické jakosti produkce.

Předložená metodika je orientována na problematiku fuzarióz klasů obilnin a možnosti omezení jejich výskytu v podmínkách ekologického zemědělství, kde není možné využívání chemické fungicidní ochrany. Poskytuje ucelený přehled o souboru opatření, využitelném při ekologickém pěstování (počínaje volbou osiva, výběrem odrůd, agrotechnickými postupy až po sklizeň a uskladnění produkce), který při správném, systémovém uplatňování vede k podstatnému omezení výskytu klasových fuzarióz. Metodika je primárně určena pěstitelům obilnin hospodařícím v ekologickém režimu, doporučení v ní uváděná jsou ale plně využitelná i při konvenčním způsobu hospodaření.

Measures for risks reduction of cereals Fusarium Head Blight occurrence in organic farming

Abstract:

Cereals Fusarium Head Blight (FHB) means very serious plant disease, which leads to the yield losses, grain contamination by mycotoxins and negative influencing of hygienic and technological quality of production.

Presented methodology is oriented to problems of cereals FHB and possibilities of their occurrence reduction in conditions of organic farming, where is not possible to use of chemical fungicide protection. Methodology gives overview of measures complex, utilizable in organic cultivation (from the seed and cultivars choice, agrotechnical techniques, to harvest and store of production), which at the correct, systemic use lead to the substantial reduction of cereals FHB occurrence. Methodology is primarily given to the cereals growers in organic farming system, but mentioned recommendation are fully utilizable even in conventional farming.

Obsah

I. CÍL METODIKY	5
II. POPIS METODIKY	6
1. Úvod	6
2. Příznaky napadení klasů obilnin fuzariózami	6
3. Původci klasových fuzarióz (růžovění klasů)	9
4. Význam napadení klasů <i>Fusarium</i> spp.	10
5. Soubor pěstitelských opatření k omezení rizika výskytu fuzarióz klasů obilnin v ekologickém zemědělství a kontaminace zrn obilnin mykotoxiny produkovanými houbami rodu <i>Fusarium</i>	12
5.1 Osivo.....	12
5.2 Volba druhu obilniny a odrůdy	17
5.3 Osevní postup	22
5.4 Zpracování půdy	25
5.5 Výživa	26
5.6 Rizika výskytu klasů obilnin neovlivnitelná	27
5.7 Manipulace a skladování	28
6. Souhrn opatření k omezení výskytu růžovění klasů (fuzarióz klasů)	28
7. Vliv výskytu fuzarióz klasů obilnin na kvalitu produkce	29
8. Základní informace o projektu	31
III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	32
IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	33
V. EKONOMICKÉ ASPEKTY	34
VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	36
VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	39

I. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout ucelený přehled o souboru opatření, která při správném, systémovém uplatňování vedou k podstatnému omezení výskytu klasových fuzarióz.

Metodika je primárně určena pěstitelům obilnin hospodařícím v ekologickém režimu. Doporučení v ní uváděná jsou ale plně využitelná i při konvenčním způsobu hospodaření, jsou plně v souladu se správnou zemědělskou praxí a řídí se zásadami integrované ochrany rostlin ve smyslu zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči v platném znění a vyhláškou č. 205/2012 Sb., o obecných zásadách integrované ochrany rostlin, která nabyla účinnosti 1. 1. 2014 a vztahuje se i na ekologicky hospodařící subjekty. Metodika je využitelná i jako podpůrný zdroj informací pro dozorové orgány a dále jako studijní materiál pro všechny zájemce z řad odborné veřejnosti.

II. POPIS METODIKY

1. Úvod

Fuzariózy klasů (růžovění klasů obilnin) patří v současné době k nejvíce studovaným chorobám obilnin, především kvůli schopnosti některých druhů rodu *Fusarium* produkovat toxiny a kontaminovat zrna. Silněji kontaminované partie zrna pak nejsou prodejné jako potravinářská surovina vzhledem k výkupu podle stanoveného limitu obsahu zástupce fuzariových toxinů – deoxynivalenolu (DON) – 1 250 µg/kg nezpracované obiloviny. Limitní hodnoty obsahu DON stanovují legislativní předpisy – nařízení Evropské komise č. 466/2001 a Nařízení Evropské komise č. 1881/2006, podrobněji dostupné z http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/fusarium_en.htm). Obilovina s nadlimitním obsahem mykotoxinů není vhodná ani jako surovina pro výrobu krmiv. V přirozených provozních podmínkách obsahuje většina produkce obilovin množství DON pod hranicí limitu, ale v některých letech a některých lokalitách může být kontaminace nad stanovenou hranicí. Napadení klasů obilnin houbami rodu *Fusarium* způsobuje i kvantitativní ztráty, napadená zrna jsou obvykle scvrklá, mají výrazně nižší HTS. Infikovaná zrna mají často i nižší klíčivost, proto také Vyhláška č. 129/2012 Sb., o podrobnostech uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu v příloze 1 stanovuje limit pro výskyt choroby v porostu (3 % napadených klasů pro množitelské stupně SE, E a 5 % pro stupeň C) a mezní hodnotu 10 % napadených zrn ve vzorku pro všechny kategorie.

2. Příznaky napadení klasů obilnin fuzariózami (růžověním)

Příznaky choroby jsou v klasech zřetelně viditelné od fáze zelené zralosti. Na zelených klasech jsou hnědé či hnědofialové skvrny. Dalším příznakem je zasychání částí klasů – buď nepravidelné zasychání jednotlivých klásků nebo zasychání horní třetiny klasu. Ve zralosti se na klasech mohou tvořit růžové nebo oranžové povlaky mycelia a konidioforů se sporama. Choroba se vyskytuje na všech obilninách a kukuřici, patogeny napadají i trávy.



Obr. 1 Počáteční příznaky napadení na pšenici



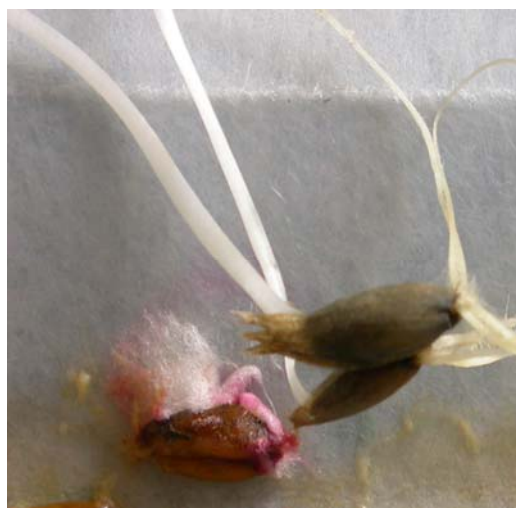
Obr. 2 Počáteční příznaky napadení na ječmeni



Obr. 3 Nepravidelné zasychání klasu napadeného *Fusarium* spp.



Obr. 4 a 5 Na napadeném pletivu jsou vidět barevné povlaky sporulujícího mycelia



Obr. 6 a 7 Infikovaná zrna často ztrácejí klíčivost



Obr. 8 Napadená zrna mají bělavý až růžový nádech – vlevo nahoře zdravá zrna, uprostřed slabé napadení, lze zaměnit i s jinou příčinou svraskání zrn, vpravo dole zrna silně napadená *Fusarium* spp.

3. Původci klasových fuzarióz (růžovění klasů obilnin)

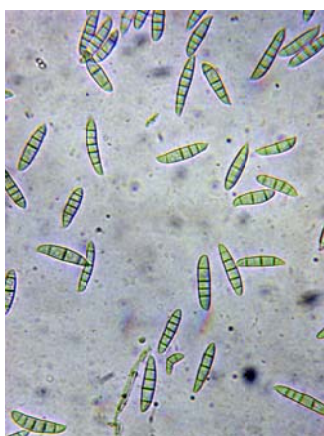
Houby rodu *Fusarium* jsou mikroskopické vláknité houby. Rod je velmi pestrý, jeho zástupci jsou celosvětově rozšíření. Rostou převážně v půdě na mrtvém i živém rostlinném materiálu, na mrtvých tkáních živočichů, některé druhy mohou napadat i žijící živočichy. Jednotlivé druhy se mezi sebou velmi liší v nárocích na prostředí, na živiny - některé nacházíme pouze v tropických oblastech, jiní zástupci jsou obyvateli severní polokoule (Smith, 2007). V současné době je popsáno přes 750 druhů rodu *Fusarium*, často ale jde o synonyma, celkový počet druhů je tedy pravděpodobně nižší. BioLib (Biological Library, dostupné z: <http://www.biolib.cz/>) uvádí 252 druhů a poddruhů. Systematický přehled fytopatogenních druhů rodu *Fusarium* publikovali Takayuki a kol. v r. 2014.

Taxonomické zařazení *Fusarium* spp.:

Říše Fungi, oddělení Ascomycotina, podkmen Pezizomycotina, třída Sordariomycetes, podtřída Hypocreomycetidae, řád Hypocreales, čeleď Nectriaceae

Houby rodu *Fusarium* se mohou rozmnožovat jak pohlavním, tak nepohlavním způsobem. Během vegetace nacházíme na/v napadených rostlinách nepohlavní stadium, tedy druhy *Fusarium* spp. V nepohlavní vývojové fázi (anamorfa) mohou tyto houby vytvářet tři druhy výtrusů (konidií): mikrokonidie, makrokonidie a chlamydospory. U řady druhů známe i pohlavní vývojové stadium (teleomorfa), které má jiné jméno než anamorfa. Plodnicí tohoto stadia je perithecium, uvnitř kterého se tvoří askospory ve věckách (asci).

Fytopatogenní druhy jsou tzv. fakultativní (příležitostné) patogeny, které napadají živé rostliny jen za určitých podmínek. Dominantní vliv na vznik infekce a šíření choroby má vlhkost, resp. doba ovhčnění povrchu klasu v době kvetení pšenice (Saharan et al. 2004, Brennan et al., 2005). Výskyt ale ovlivňují i pěstitelská opatření. Velký význam má předplodina (Schaafsma, 2005), menší vliv má způsob zpracování půdy, výživa (Lori et al., 2009). Roli hraje i odolnost odrůdy (Šíp et al., 2010). U nás jsou z klasů obilnin nejčastěji izolovány druhy *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* a *F. langsethiae*.



**Obr. 9 Makrokonidie
*F. culmorum***



**Obr. 10 Makrokonidie
*F. graminearum***



**Obr. 11 Makro a mikro
konidie *F. poae***

4. Význam napadení klasů *Fusarium* spp.

Schopnost některých druhů rodu *Fusarium*, které napadají klasy obilnin, produkovat toxiny (mykotoxiny), je hlavní příčinou pozornosti věnované růžovění klasů obilnin po celém světě. Mykotoxiny jsou produkty sekundárního metabolismu hub, v případě fytopatogenních druhů mohou být jednou z látek působících v procesu

patogeneze (Ma a kol., 2013). Mykotoxiny produkované *Fusarium* spp. jsou termostabilní, nerozkládají se ani při dalším procesu zpracování zrna (Doyle, 1997). Nejvýznamnějšími producenty nejvíce sledovaných fuzariových toxinů - deoxynivalenolu (DON) a zearalenonu (ZEA) jsou *Fusarium graminearum* a *F. culmorum*. U *F. sporotrichioides* a *F. langsethiae* byla potvrzena produkce diacetoxyscirpenolu, neosolaniolu, HT-2 a T-2-toxinu, *F. avenaceum* a *F. tricinctum* jsou producenty enniatinu, moniliforminu a antibiotika Y (Kokkonen a kol., 2010). Tyto toxiny, převážně řazené do skupiny trichothecenů (estery seskviterpenických alkoholů obsahujících trichothecenový tricyklický systém) mohou být příčinou řady projevů onemocnění zvířat i člověka. Do těla konzumentů se dostávají především konzumací potravy/krmiv vyrobených z kontaminované obiloviny. Ojedinele se mohou vyskytnout akutní otravy, ale dosavadní výsledky výzkumu ukazují na obecně větší nebezpečnost chronické toxikózy. Na buněčné úrovni spočívá hlavní působení toxinů primárně v inhibici syntézy proteinů (Zain, 2011). Toxikózy vyvolané toxiny produkovanými druhy rodu *Fusarium* se objevují hlavně u vepřů a hovězího dobytka. Typickým projevem je hemoragický syndrom vedoucí ke značné ztrátě krve krvácením do střev a břišní dutiny, často končící uhynutím. Hemoragie je především projevem působení toxinu T-2. T-2 toxin a neosolaniol jsou toxické hlavně pro koně (10-15% smrtelnost). Deoxynivalenol, který je pravděpodobně nejrozšířenějším trichothecenem, způsobuje zvracení a nechutenství. Schopnost trichothecenů potlačovat imunitní reakci může být neznámým faktorem lidského karcinomu. Pokusy s T2 toxinem u potkanů potvrdily schopnost iniciovat tvorbu karcinomu trávicího traktu (info z: <http://www.biotox.cz/toxikon/mikromycety/trichotheceny.php>). Podrobné údaje týkající se vlivu fuzariových toxinů na zdraví zvířat jsou obsaženy v přehledu dostupném na stránkách vědeckého výboru pro výživu zvířat, materiál z roku 2005 (Suchý, Herzig, 2005). Ekonomický dopad fuzariových toxinů zahrnuje kromě přímých škod u pěstitelů i náklady na léčbu lidí i zvířat, snížení produkce postižených hospodářských zvířat a náklady na výzkum a realizaci opatření ke snížení jejich nebezpečnosti. Přesto, že je ve většině států věnováno velké úsilí zavedení ochranných opatření, v praxi nejsou vždy doporučené postupy odpovídajícím způsobem používány (Zain, 2011). Důvody jsou nejčastěji ekonomické, dané faktem, že pěstovány jsou takové plodiny, které jsou umístitelné na trhu a to – přinejmenším v našich podmínkách - vede k zániku klasických osevních postupů a tím podpoře populací původů chorob a škůdců. V ekologických systémech hospodaření tento problém obvykle nenastává, přesto ale může v některých

letech – v souvislosti s aktuálním průběhem počasí – dojit k významnému napadení klasů houbami rodu *Fusarium* a ke kontaminaci zrn vyšším množstvím fuzariových toxinů. Proto je nezbytné soustředit se na preventivní opatření k zamezení výskytu fuzarióz.

5. Soubor pěstitelských opatření k omezení rizika výskytu fuzarióz klasů obilnin v ekologickém zemědělství a kontaminace zrna obilnin mykotoxiny produkovanými houbami rodu *Fusarium*

5.1 Osivo

DOPORUČENÍ č. 1:

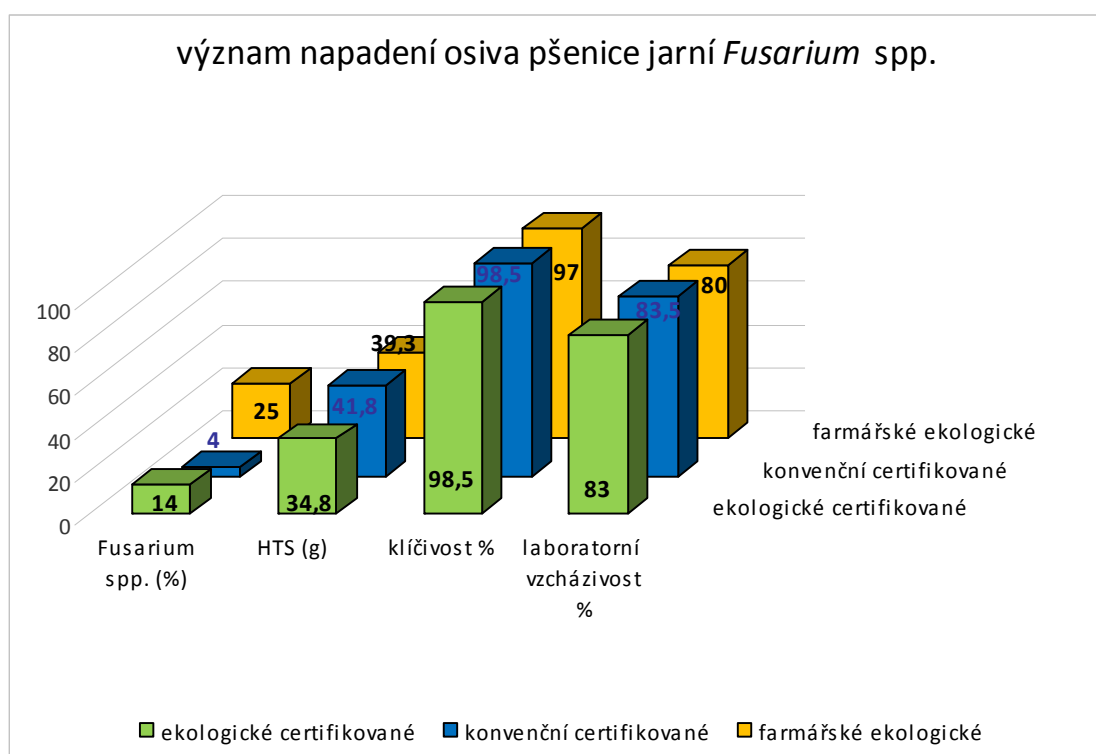
- v případě dostupnosti preferovat certifikované osivo
- v případě dostupnosti přípravků aplikovat biologické ošetření osiva (vhodné je odzkoušení účinnosti na konkrétní odrůdy ve vlastních podmínkách)

Zdůvodnění:

Biologická hodnota osiva je základním, určujícím faktorem pro vzejití vitálních, zdravých rostlin. Nedílnou součástí biologické hodnoty osiva je jeho zdravotní stav. Je to jeden z hlavních faktorů, které ovlivňují polní vzcházivost, ale i zdravotní stav a celkovou vitalitu nové generace rostlin a tím bezprostředně i ekonomiku pěstování. Nejprve je důležité definovat, co rozumíme pojmem „zdravé osivo“. Pod daným pojmem je třeba vidět dvě složky: a) přítomnost původců chorob (popř. škůdců) v (na) semenu, b) vlastní onemocnění a poškození semen. Obvykle větší význam má přenos původců chorob osivem a v tomto smyslu je také zdravotní stav osiv obvykle vnímán. Jako nedílná složka se podílí na celkové biologické hodnotě osiva a v některých případech ji může značně zhoršit. Obecně platí, že zdravé osivo je osivo bez přítomnosti škodlivých organismů. Přitom rozumíme „škodlivými organismy“ jakékoliv druhy, kmeny nebo biotopy rostlin, živočichů nebo původců chorob (například virů, bakterií, hub) škodící rostlinám nebo rostlinným produktům“ (Zákon 326/2004 Sb. o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů) (Samsonová, 2012).

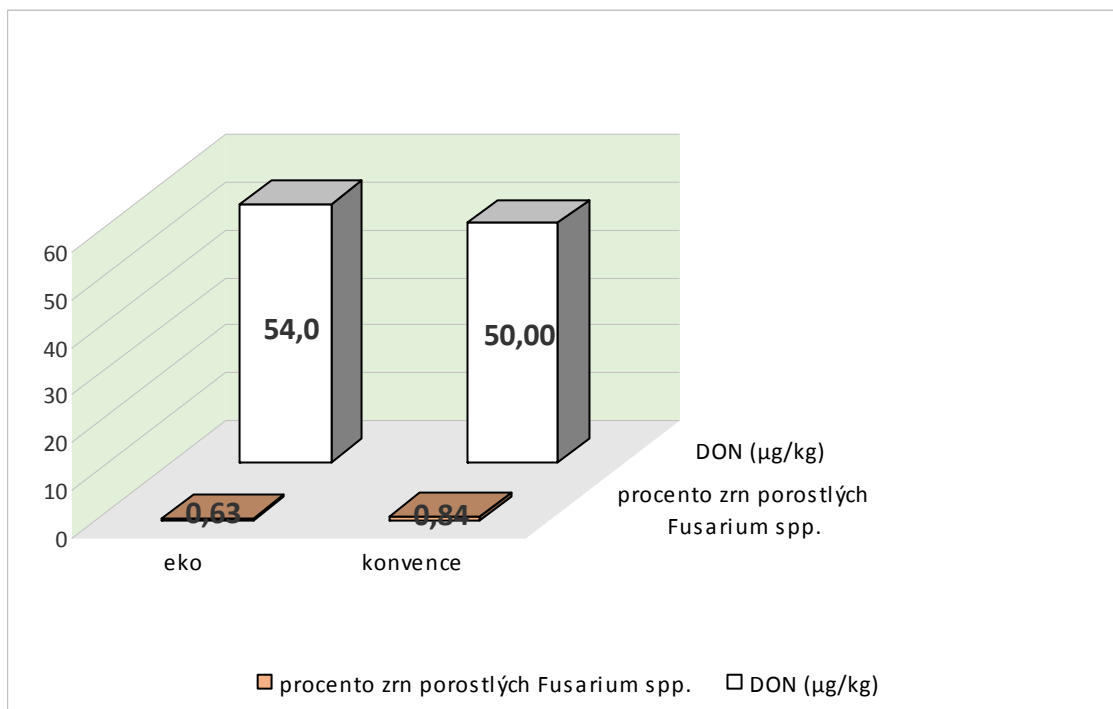
Mezi původce chorob přenosné osivem patří i druhy rodu *Fusarium*. Napadení osiva nemusí výrazně ovlivňovat laboratorní klíčivost, ale může značně ovlivnit další vývoj rostliny. Vyšší napadení osiva obvykle znamená o něco nižší vzcházivost (graf 1). Proto také vyhláška (č. 129/2012) stanovuje maximální hranici pro množství zrn napadených fuzariózami klasů obilnin. Z našich výsledků vyplynulo, že při ekologickém způsobu hospodaření docházelo k mírně vyššímu napadení sklizeného zrna, než tomu bylo u konvenční produkce (grafy 1 – pšenice jarní, 2 – ozimá pšenice, 3 – ozimá pšenice a žito), ale rozdíl nebyl průkazný. V průměru několika let a odrůd nebyly rozdíly příliš velké, ale výsledek ukazuje, že v případě nejsledovanějších druhů (*Alternaria alternata*, *Fusarium culmorum* a *F. graminearum*) bylo certifikované osivo napadeno méně.

Graf 1



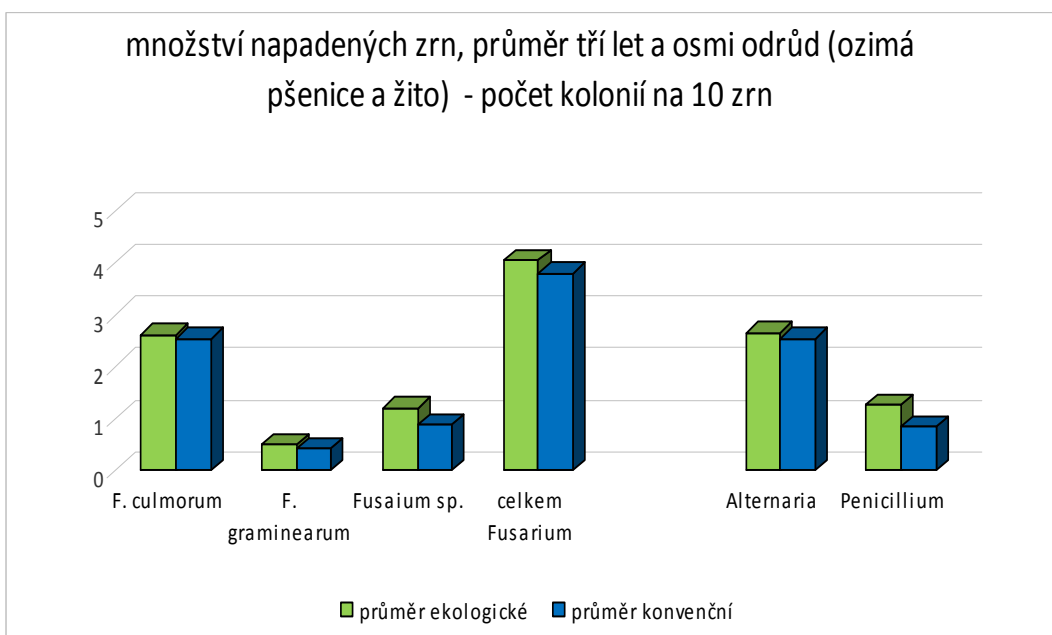
Graf 2

Množství napadených zrn (%) a obsah DON ($\mu\text{g}/\text{kg}$) - průměr tří let a čtrnácti odrůd ozimé pšenice



Graf 3

množství napadených zrn, průměr tří let a osmi odrůd (ozimá pšenice a žito) - počet kolonií na 10 zrn



Podrobnější informace a postup při nákupu osiva pro ekologicky hospodařící subjekty poskytují publikace:

Konvalina, P. a kol. (2010): Volba osiva obilnin v ekologickém zemědělství. Certifikovaná metodika, České Budějovice, 38 s.

Samsonová, P. (ed.) (2012): Produkce osiv v ekologickém zemědělství. Bioinstitut, 127 s.

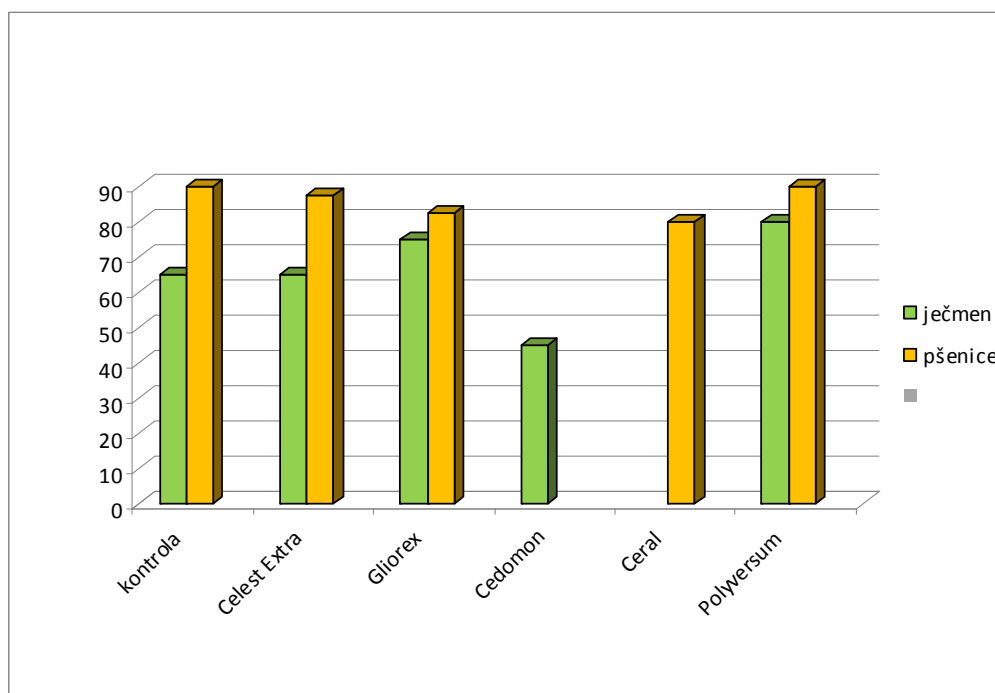
Konvalina, P. a kol. (2013): Produkce osiv obilnin v ekologickém zemědělství. Certifikovaná metodika, VÚRV Praha, v.v.i., 59 s.

Ošetření osiva

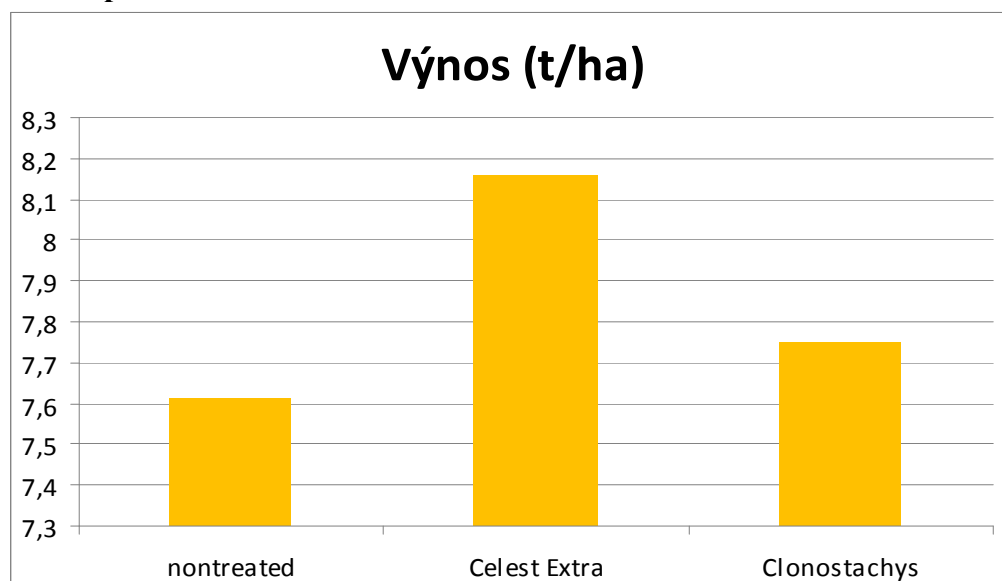
V případě ekologického způsobu hospodaření v souladu s platnými předpisy nelze chemická mořidla používat, obecně nelze ani využívat osivo získané z porostů vypěstovaných z mořeného osiva. Existuje možnost použití nemořeného osiva vypěstovaného konvenčním způsobem. Jedná se ale o výjimku, pěstitel musí v žádosti doložit, že požadované osivo není v biokvalitě na trhu k dispozici. Tato možnost je využívána ponejvíce pro zakládání ekologických semenných porostů, které je vhodné zakládat z vyšších množitelských stupňů a právě ty obvykle nejsou v biokvalitě k dispozici. V případě dostupnosti je možné použít biologické ošetření osiva. V ČR je registrován zatím pouze přípravek Polyversum, v dohledné době se očekává registrace pomocného přípravku na bázi houby rodu *Clonostachys*. V našich pokusech jsme ověřovali v laboratorních a skleníkových pokusech vliv ošetření osiva jarních obilnin biologickými přípravky. Jako standard bylo použito fungicidní mořidlo Celest Extra. Z grafu 4 je patrné, že v případě pšenice (SW Kadrlj) nemělo ošetření prakticky žádný vliv, dokonce došlo k mírnému zhoršení vzházivosti. Naopak u ječmene (Xanadu) byla reakce na ošetření vesměs pozitivní. Z uvedeného výsledku pokusu a z naší dosavadní zkušenosti vyplývá, že reakce na biologické ošetření osiva se může lišit jak mezi druhy, tak mezi odrůdami. Z tohoto důvodu doporučujeme - pokud nejsou informace ke konkrétní odrůdě již dostupné – ověřit si vliv takového ošetření na konkrétní odrůdě na menší ploše ve vlastních podmínkách. Přípravky Ceral a Cedomon zatím nejsou v ČR k dispozici, přípravek Polyversum je běžně na trhu, přípravek Gliorex (výrobce Fytovita) je k dispozici v omezeném množství, bude nahrazen zdokonaleným přípravkem od stejného výrobce, jehož uvedení na trh se očekává v průběhu roku 2015. Tento přípravek jsme měli možnost testovat po dva roky na konvenční ploše v ozimé pšenici (projekt NAZV QI111C039). Konstatujeme, že v ošetřené variantě byl v obou

letech vyšší výnos (graf 5). Ani v jedné variantě nebylo zaznamenáno ani v jednom roce (2012, 2013) významné napadení klasů houbami rodu *Fusarium*, ve zdravotním stavu nebyl rozdíl mezi variantami.

Graf 4 Laboratorní vzházivost (%) - jarní pšenice SW Kadrilj, jarní ječmen Xanadu



Graf 5 Vliv ošetření osiva ozimé pšenice na výnos, průměr dvou let, provozní pokus



5.2 Volba druhu obilniny a odrůdy

DOPORUČENÍ č. 2:

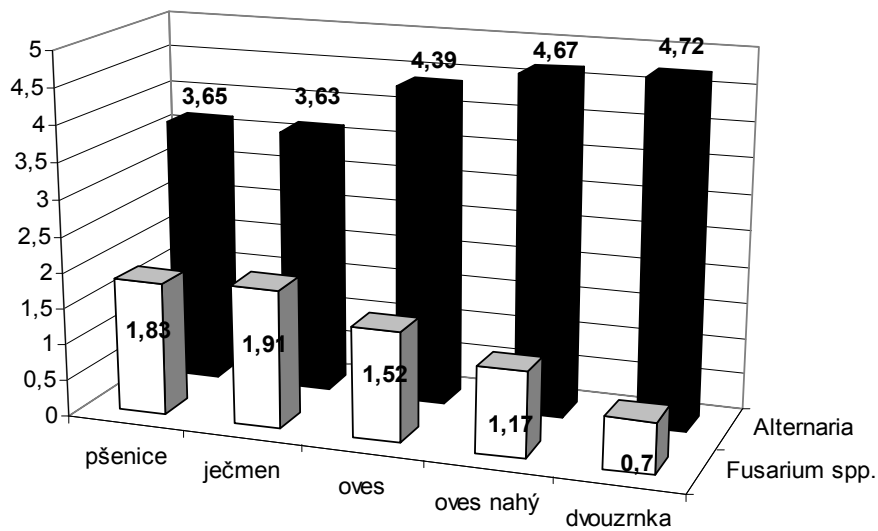
- na základě dostupných informací (odolnost odrůd k fuzariózám klasů, dostupné na portálu ÚKZÚZ, zkoušení odrůd) zvažovat volbu nejen odrůdy, ale podle možnosti i druhu obilniny**

Zdůvodnění

V současné době je k dispozici jen velmi málo speciálních doporučení druhů a odrůd obilnin pro ekologické pěstitele. Dosavadní šlechtění je orientováno především na zvyšování výnosu a udržení, resp. zvýšení kvality produkce. To ovšem předpokládá zvýšené vstupy, především ve formě minerálních hnojiv. Proto je sice poněkud obtížné, ale možné a nutné správně volit nejen odrůdu, ale i druh obilniny, vhodný do půdně-klimatických podmínek konkrétního pěstitele. V citlivosti vůči napadení klasů houbami rodu *Fusarium* a následné kumulaci deoxynivalenolu byly mezi druhy obilnin prokázány rozdíly (Langevin a kol., 2004, Miedaner a kol., 2008). Také v našich pokusech se zřetelně projevila různá citlivost jednotlivých druhů obilnin k napadení klasů houbami rodu *Fusarium*. V pokusu byly zařazeny u každého druhu jarní obilniny dvě odrůdy. Z grafu 6 je zřejmé, že nejodolnější byla pšenice dvouzrnka, nejméně citlivější ječmen. V případě ozimů jsme testovali pšenici a žito. Zkoušené odrůdy žita byly výrazně citlivější k napadení klasovými fuzarií než použité odrůdy pšenice (graf 8). Poměrně velké rozdíly byly i v citlivosti jednotlivých odrůd jarních obilnin (graf 7). Rozdíl mezi odrůdami jsme potvrdili i u ozimých obilnin (graf 8). Zajímavé výsledky jsme získali při hodnocení míry kumulace deoxynivalenolu v různých odrůdách ozimé pšenice při různém způsobu pěstování. Z výsledků, které znázorňuje graf 9, je zřejmé, že jednotlivé odrůdy se v míře kumulace DON lišily nejen mezi sebou, ale stejná odrůda reagovala různě při různých pěstebních podmínkách (v tomto pokusu byla certifikovaná ekologická plocha ve stejné lokalitě jako plocha konvenční, tj. pozemky na stejném půdním typu a pod vlivem stejného průběhu počasí). Bohužel ale dochází k příliš rychlé obměně odrůd na trhu na to, aby bylo reálné získat relevantní výsledky pro danou odrůdu včas, takže dosavadní výsledky se týkají odrůd, které z trhu již téměř zmizely. Lze předpokládat, že rozdíly by byly zjištěny i u současně pěstovaných odrůd.

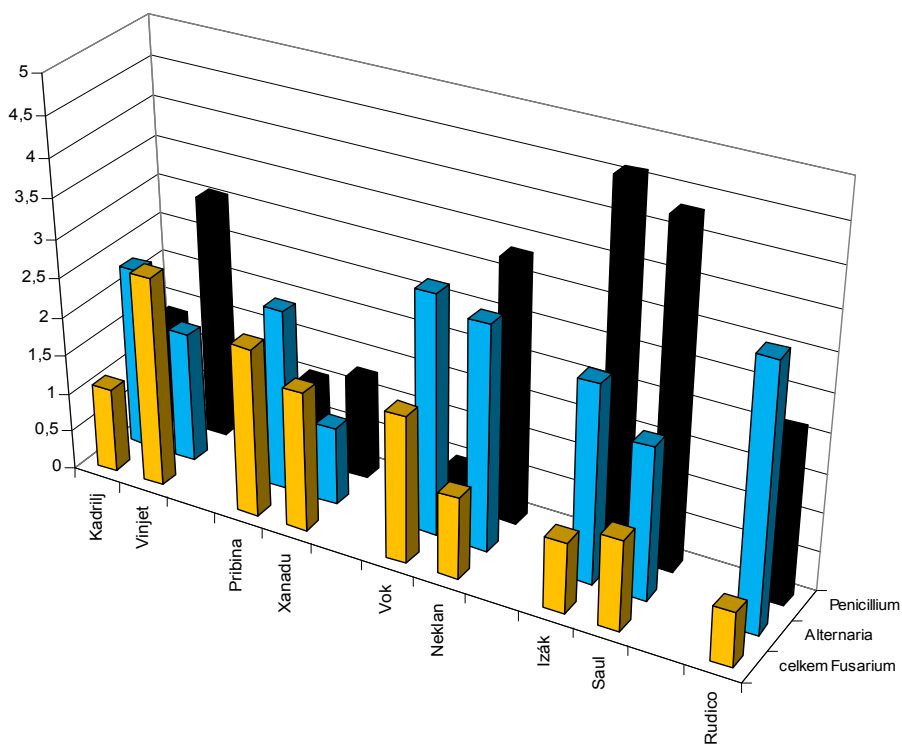
Graf 6

počet kolonií na 10 zrn, průměr čtyř let a dvou lokalit

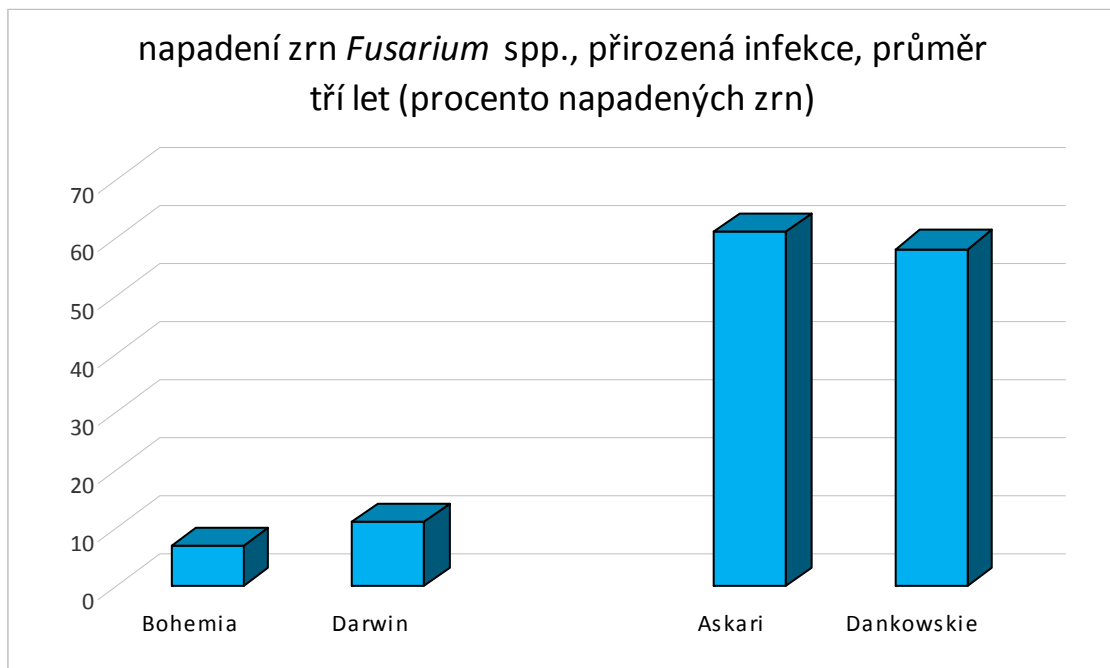


Graf 7

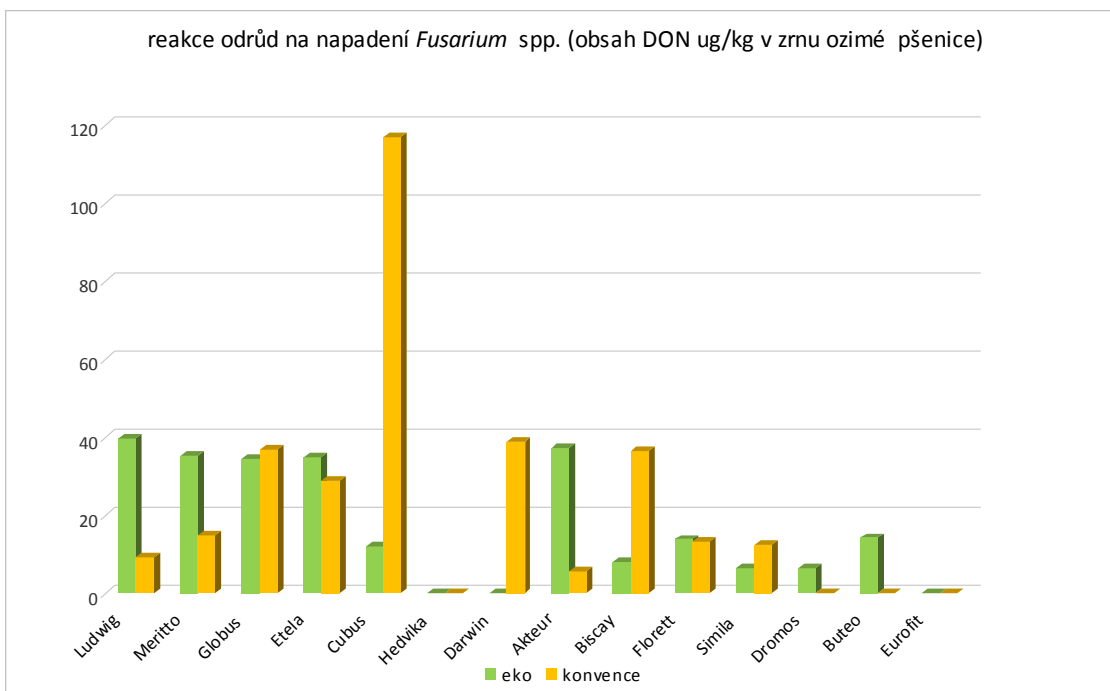
počet kolonií na 10 zrn



Graf 8



Graf 9



Pokud není k dispozici požadovaná odrůda v kategorii ekologické osivo, je nutno se řídit Metodickým pokynem č. 4/2012, kterým se stanovují specifická pravidla

pro udělování výjimek z pravidel ekologického zemědělství na použití konvenčního osiva a vegetativního rozmnožovacího materiálu. (Právní předpis: Nařízení Rady (ES) č. 834/2007, Nařízení Komise (ES) č. 889/2008 a Zákon č. 242/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů)

Příklady odrůd odolnějších k fuzariózám klasů, registrovaných v několika posledních letech:

Pšenice ozimá

Cimrmanova raná (E). U této odrůdy je sice deklarována nižší odolnost vůči padlí travnímu, ale v systémech ekologického hospodaření, kde nejsou porosty tak zahuštěné a není aplikována vysoká dávka dusíku obvykle není padlí problémem.

Evina (E). Tuto odrůdu bychom ale neměli zařazovat ve vyšších polohách vzhledem k riziku vymrzání.

Pšenice jarní

Astrid (E), Seance (B) - středně odolné k fuzariózám a poměrně dost tolerantní i k napadení rzemi.

Především u pšenic je třeba mít na paměti, že pro ekologické pěstování je méně riziková odrůda se střední až vyšší citlivostí k napadení fuzariózami klasů, ale plně odolná k napadení rzivostí (*Puccinia* spp.), protože výskyt klasových fuzarióz lze omezit dlouhodobě uplatňovaným souborem vzájemně se doplňujících opatření, zatímco v případě rzivosti má ekologický pěstitel k dispozici pouze odolnost odrůdy.

Ječmen jarní

Kangoo. Odrůda je ale citlivější k napadení hnědou skvrnitostí a rhynchosporiovou skvrnitostí. Původce obou chorob a tím i výskyt choroby lze omezit obdobnými opatřeními, jako fuzariózy klasů – dominantně střídání plodin a kvalitní zpracování půdy, v případě hnědé skvrnitosti i důraz na zdravé osivo.

Bojos. Odrůda je ale citlivější k rhynchosporiové skvrnitosti, tj. je nezbytné dodržet alespoň čtyřletý odstup v pěstování ječmene na daném pozemku. Součástí preventivních opatření proti *Rhynchosporium secalis* je rychlá likvidace výdrolu.

Ječmen ozimý

Titus, Lester, Nero. Odrůdy jsou ale citlivější k napadení původcem hnědé skvrnitosti (*Pyrenophora teres*). Výskyt choroby lze omezit striktním dodržováním střídání plodin (odstup v pěstování ječmene na pozemku alespoň čtyři roky) a výsevem zdravého osiva.

K dispozici je poměrně málo informací o vlivu pluchy na úroveň napadení zrna houbami rodu *Fusarium*. Přitom právě v ekologickém zemědělství zaujímají pluchaté obilniny, zejména minoritní druhy pšenice, jako špalda či dvouzrnka, poměrně významné postavení. Podle názoru některých odborníků sehrává plucha určitou "ochrannou" roli, podle jiných omezuje napadení zrna patogenními mikromycetami nedokáže.

Tab. 1 Napadení loupaného a neloupaného zrna špaldy ozimé (průměrný počet kolonií na 10 zrn) z ekologického a konvenčního způsobu pěstování vybranými rody mikromycet (VS Praha-Uhřetěves, průměr sklizňových let 2012 a 2013)

Způsob pěstování	Odrůda	Varianta	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Ulocladium</i> spp.	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Epicothium</i> spp.
špalda ozimá - loupaná							
EKO	Ceralio	kontrola*	0,64	2,24	1,34	6,00	0,00
		<i>Fusarium</i> **	8,37	0,77	0,40	3,84	0,10
KONV	Ceralio	kontrola	2,00	2,84	0,60	6,84	0,00
		<i>Fusarium</i>	7,74	1,04	0,70	3,04	0,00
EKO	Rubiota	kontrola	0,93	2,34	1,64	4,20	0,10
		<i>Fusarium</i>	8,79	0,74	0,30	2,77	0,60
KONV	Rubiota	kontrola	1,00	2,54	1,04	3,04	0,15
		<i>Fusarium</i>	7,63	0,87	1,10	3,07	0,00
špalda ozimá - neloupaná							
EKO	Ceralio	kontrola	1,64	5,04	0,84	2,40	2,64
		<i>Fusarium</i>	10,00	2,84	0,34	1,50	2,10
KONV	Ceralio	kontrola	1,14	6,00	2,87	5,07	2,60
		<i>Fusarium</i>	10,94	1,87	2,84	4,00	3,00
EKO	Rubiota	kontrola	2,40	5,64	5,54	4,10	0,37
		<i>Fusarium</i>	9,99	2,51	1,70	3,87	2,90
KONV	Rubiota	kontrola	1,13	3,57	3,34	3,64	1,27
		<i>Fusarium</i>	10,67	2,97	2,80	2,74	0,00

* přirozená kontaminace

** umělá inokulace *Fusarium* spp.

Z našich výsledků hodnocení napadení loupáného a neloupaného zrna ozimé špaldy (odrády Rubiota a Ceralio) z ekologického a konvenčního způsobu pěstování na výzkumné stanici ČZU v Praze-Uhřetěvsi (Tab. 1) je zřejmý výrazný nárůst počtu kolonií *Fusarium* spp. u varianty s umělou inokulací kvetoucích klasů oproti neošetřené kontrole (přestože k umělé inokulaci byla použita "směs" spor *F. culmorum* a *F. graminearum* v poměru 1:1, na sklizených zrnech *F. culmorum* jednoznačně převážilo a výskyt *F. graminearum* nebyl až na výjimky zaznamenán). U variant s umělou inokulací *Fusarium* spp. současně došlo k určitému "potlačení" ostatních rodů mikromycet. Vliv způsobu pěstování (ekologický x konvenční) na výskyt sledovaných rodů hub se takřka neprojevil.

Z hodnocení vlivu pluchy na úroveň napadení zrna je patrné, že u neloupané špaldy byl zaznamenán oproti špaldě loupané (shodné vzorky jako u neloupané špaldy, jen s pluchou a pluškou odstraněnou pomocí laboratorní loupačky) mírně vyšší výskyt počtu kolonií *Fusarium* spp. (zejména u variant s umělou inokulací), vyšší, někdy až dvojnásobný výskyt počtu kolonií *Alternaria* spp., *Ulocladium* spp. a *Epicoccum* spp.; v případě výskytu *Cladosporium* spp. nebyl výsledek jednoznačný - u odrůdy Rubiota byl zaznamenán vyšší počet kolonií u většiny variant na neloupaném zrně, u odrůdy Ceralio na zrně loupáném. Celkově lze na základě těchto výsledků konstatovat, že určitý "pozitivní" vliv pluchy na napadení zrna uvedenými mikromycetami zaznamenán byl.

5.3 Osevní postup

DOPORUČENÍ č. 3:

- **nikdy nezařazovat obilninu po kukuřici**
- **striktně dodržovat střídání plodin**
- **vhodnými předplodinami jsou druhy čeledi *Fabaceae* a *Brassicaceae***

Zdůvodnění:

Důležitost střídání plodin je známá už od 18. století. Důvodů je několik. Každý rostlinný druh má určité nároky na živiny a v případě opakovaného pěstování odčerpává z půdy stále stejné formy živin. Každý druh má také specifické složení kořenových

exsudátů, které jsou mimo jiné potravní složkou řady půdních mikroorganismů. Stále stejné spektrum těchto látek vede k jejich příliš vysokému obsahu v půdě, ke snížení biodiverzity půdních mikroorganismů. Při dlouhodobém pěstování stále stejného druhu tak vzniká efekt označovaný jako únava půdy. Z hlediska původců chorob rostlin je důležité to, že řada z nich, včetně fytopatogenních druhů rodu *Fusarium*, přežívá na nerozložených posklizňových zbytcích (Miller a kol., 1998). Pokud zařadíme stejnou plodinu (resp. hostitelskou plodinu) na daný pozemek dříve, než se posklizňové zbytky rozloží, musíme počítat s tím, že v půdě je poměrně velká populace patogenu a tím výrazně zvýšené riziko napadení dané plodiny. V konvenčním zemědělství je tento stav řešen urychlováním rozkladu posklizňových zbytků aplikací dusíkatých hnojiv a pomocí fungicidní ochrany, při ekologickém hospodaření na půdě je nutno dodržovat pestrý osevní postup. V případě obilnin by z hlediska fytopatologa neměla být obilnina po obilnině zařazena dříve než za tři roky. V žádném případě (ani v konvenčním systému) by neměla následovat obilnina po kukuřici. Kukuřice je hostitelskou rostlinou druhů rodu *Fusarium*, které napadají i obilniny a současné poznatky publikované různými autory z mnoha zemí světa včetně českých jasně dokladují, že výskyt fuzarióz klasů a obsah fuzariových toxinů v zrně obilnin pěstovaných po kukuřici je významně vyšší než při pěstování po jiné předplodině (např. Dill-Mackay a Jones, 2000; Váňová 2006; Schaafsma, 2005).

Tab. 2 Celkový obsah trichothecenových mykotoxinů v zrně ječmene jarního - odrůdy Kompakt (2002) po různých předplodinách (umělá inokulace klasů)

Předplodina	Celkový obsah trichothecenových mykotoxinů (µg/kg)
řepka	239,82
cukrovka	310,90
cukrovka	391,79
obilnina	564,77
kukuřice	1044,74

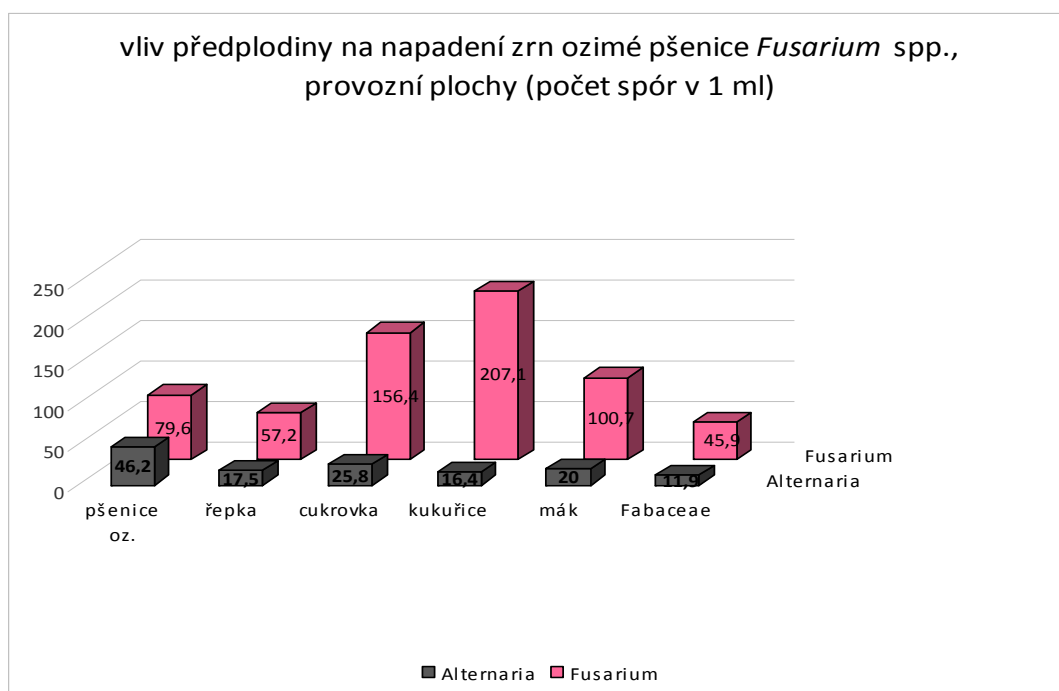
podle: Váňová, 2006

Na našem pracovišti jsme neprováděli cílené pokusy ke zjištění vlivu předplodiny na obsah fuzariových toxinů, zjišťovali jsme ale míru napadení zrn ozimé

pšenice pěstované po různých předplodinách z provozních ploch. Díky spolupráci pěstitelů jsme získali dostatečný počet vzorků, které bylo možno vyhodnotit. Dvouleté výsledky uvádíme v grafu 10.

V případě ekologických farem by mělo být střídání více než dvou nebo tří druhů plodin samozřejmostí, vyplývá z Nařízení rady (ES) 834/2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení (EHS) č. 2092/9.

Graf 10



Obr. 12 *Perithecia Giberella zeae* (anamorfa: *Fusarium graminearum*)
na starém stéble slámy

5.4. Zpracování půdy

DOPORUČENÍ č. 4:

- **při zpracování půdy dávat přednost klasickému systému se zařazením orby. Výjimku představují pozemky, na které se vztahují platné předpisy k protierozním opatřením (GAEC 2) a půdy extrémně lehké, písčité.**

Zdůvodnění:

Velký význam má kvalitní zapravení posklizňových zbytků, na kterých přežívá řada patogenů. Jedním z hlavních zásahů je proto zpracování půdy, které bezprostředně ovlivňuje vláhový režim v půdě a její provzdušněnost. Tyto faktory působí nejen na funkci kořenů, ale i na mikrobiální život v půdě – čím je bohatší, čím více rodů a druhů mikroorganismů v půdě žije, tím menší je pravděpodobnost přemnožení některého z nich. Právě přemnožení některých půdních mikroorganismů vede často k tomu, že napadají kořeny rostlin a důsledkem napadení pak je oslabení až odumírání rostlin. To se týká převážné většiny půdních fytopatogenních hub – tzv. příležitostných patogenů. Většinou se jedná o druhy, které mají široké hostitelské spektrum, napadají různé rostlinné druhy. Mezi tyto patogeny patří např. *Rhizoctonia solani* (známá jako kořenomorka) – podílí se na hnilobách kořenů. Další půdní houba, která napadá řepku, slunečnici, mák, luskoviny a další rostliny, je *Sclerotinia sclerotiorum*, známá mezi pěstiteli jako hlízenka. Nezanedbatelným rodem, jehož fytopatogenní druhy jsou součástí půdní mikroflóry, je *Fusarium*. Největší množství těchto hub se nachází do hloubky 10 -15 cm, kde čerpají živiny především z odumřelých rostlinných zbytků. V případě vlivu způsobu zpracování půdy na napadení klasů druhu rodu *Fusarium* existují velmi rozdílné názory, většinou podložené konkrétními výsledky pokusů. Část autorů dokladuje negativní vliv bezorebných systémů a zvýšení výskytu fuzariózy klasů při jejich používání. Takové výsledky získala např. Váňová (2006) – viz tabulka Vliv zpracování půdy na obsah DON v zrně. Převažují ale práce, které dokladují malý vliv způsobu zpracování půdy jako samostatného faktoru ve srovnání s jinými činiteli - především průběhem počasí, odolností odrůdy (Lori a kol., 2009, Teich a Nelson, 1984). V ekologickém zemědělství by měla být dána přednost klasickému orebnímu

zpracování půdy především s ohledem na prevenci růstu populací půdních patogenů, u kterých je vazba na způsob zpracování půdy užší (např. *Sclerotinia sclerotiorum*) a s ohledem na regulaci plevelů. Z dosavadních výsledků různých autorů lze dovodit, že negativní vliv bezorebných technologií na výskyt původců chorob se projevuje spíše na středně těžkých až těžkých půdách.

Tab. 3 Vliv zpracování půdy na obsah DON v zrnu jarního ječmene Prestige po předplodině kukuřici (Braníšovice, 2004)

	<i>Fusarium</i> spp. na zrnu (%)	DON (μg/kg)
Var. 1 - minimální zpracování půdy	7	939
Var. 2 - bezorebné setí	17	1085
Var. 3 - orba	11	501

Podle: Váňová 2006

5.5 Výživa

DOPORUČENÍ č. 5:

- **zabezpečit vyrovnanou výživu porostů**
- **nezvyšovat doporučený výsevek (riziko příliš hustých porostů, které jsou náchylné k poléhání)**

Zdůvodnění:

Nedostatky ve výživě zvyšují citlivost rostlin k napadení houbovými patogeny včetně *Fusarium* spp. Rizikem je nadměrná výživa dusíkem. Taková situace ale při dodržování správných postupů v ekologickém systému hospodaření prakticky nemůže nastat. Stejný efekt ale může mít i deficit dusíku. Pletiva rostlin jsou při nepřiměřené výživě N měkčí a tím snadněji prostupná pro patogenní houby. Mimo to jsou takové porosty náchylné k poléhání, které je také rizikovým faktorem pro napadení klasů různými houbami. K poléhání jsou náchylné i příliš husté porosty.

Zajímavou informaci publikovali Teich a Nelson (1984), kteří při průzkumu výskytu růžovění klasů v provozních porostech a hodnocení faktorů, které výskyt ovlivňují zjistili, že vyšší napadení bylo na pozemcích s nízkou zásobou fosforu.

5.6 Rizika výskytu fuzarióz klasů obilnin neovlivnitelná

Průběh počasí

Většina autorů se shoduje v tom, že maximální riziko infekce klasů houbami *Fusarium* spp. je při teplém a vlhkém počasí (Xu X. 2003, Jirsa a kol. 2009). Nejčastěji je udávána teplota 20°C a více než 90 % relativní vlhkosti vzduchu v době kvetení. V této souvislosti je třeba upozornit na to, že důležité je ovlhčení povrchu klasu. Vyšší ovlhčení rostlin je nejen při dešti, ale trvá déle i u příliš hustých porostů.

Dostupnost odolných odrůd

V současné době nemají pěstitelé k dispozici žádné odrůdy obilnin rezistentní nebo vysoce tolerantní k napadení fuzariózami klasů. Dostupné jsou pouze odrůdy středně odolné, kterým je potřeba dávat přednost před odrůdami citlivými k napadení. Navíc je informace dostupná jen pro nejrozšířenější druhy obilnin.

Okolní plochy s vysokým obsahem inokula

Bylo prokázáno, že hlavním zdrojem infekce jsou výtrusy *Fusarium* spp., které jsou přítomné ve vzduchu (Schmalle, 2005). Jejich hlavním zdrojem jsou houby, které kolonizují rostlinné zbytky, dominantně kukuřice a pšenice. Sledování pohybu výtrusů vzduchem pomocí lapacích pastí prokázalo, že infekční výtrusy mohou být na pozemek zanášeny i z okolních ploch a tyto výtrusy významně přispívají ke vzniku infekce klasů (Schaafsma, 2005). Z toho plyne, že pokud má pěstitel v sousedství svého porostu pole, na kterém není dodržován osevní postup, je zařazována obilnina po kukuřici, nemá žádnou možnost zabránit náletu spor *Fusarium* spp. na svůj porost.

5.7 Manipulace, skladování

DOPORUČENÍ č. 6:

- **uskladňovat vždy suché zrno**
- **uskladňovat pouze řádně vyčištěné zrno**
- **podle možnosti zabránit mechanickému poškození zrna**
- **zajistit alespoň základní možnost větrání skladu**

Zdůvodnění:

Bylo ověřeno, že v průběhu skladování se může měnit počet zrn napadených *Fusarium* spp. a také obsah fuzariových mykotoxinů. Pokud bylo skladováno zrno při vysoké vlhkosti (90 % relativní vzdušné vlhkosti) a teplotě 25°C, došlo k nárůstu výskytu sledovaných hub a zvýšení obsahu toxinů (Homdork a kol., 2000). Birzele a kol. (2000) také potvrdili nárůst obsahu deoxynivalenolu v zrnech pšenice z ekologické produkce v průběhu skladování a to při vlhkosti zrna 17 % a teplotě 20°C. Nejlepší výsledky – zastavení růstu fuzarií a tvorby toxinů - byly získány při skladovací teplotě 24°C v aktivně větraném skladu (Beattie a kol., 1998). Zrno by při naskladnění a v průběhu skladování nemělo mít vlhkost vyšší než 14 %. Důležité je důkladné vyčištění – obsah příměsí obvykle znamená i zvýšení vlhkosti během skladování. Vhodnou variantou je skladování na sítích.

6. Souhrn opatření k omezení výskytu fuzarióz klasů

Na základě dostupných informací o původcích fuzarióz klasu obilnin bylo s využitím vlastních experimentálních výsledků i literárních odkazů na výsledky dalších, tuzemských i zahraničních autorů formulováno šest doporučení, tvořících soubor pěstitelských opatření k omezení rizika výskytu fuzarióz obilnin v ekologickém zemědělství a kontaminace zrn obilnin mykotoxiny produkovanými houbami rodu *Fusarium*.

S ohledem na to, že v ekologickém zemědělství nelze využívat prostředky chemické ochrany, používané v konvenčním hospodaření pro cílenou ochranu proti fuzariózám klasu, soustředili jsme se především na opatření, týkající se:

- výběru osiva (preferovat certifikované osivo, pokud možno aplikovat biologické ošetření osiva)
- volby druhů a odrůd obilnin
- osevních postupů (striktně dodržovat střídání plodin, volit vhodné předplodiny)
- agrotechniky (zpracování půdy, výše výsevu, výživy porostů)
- sklizně a skladování zrna

I přes dodržování všech výše uvedených doporučení je třeba počítat s riziky výskytu fuzarióz klasu neovlivnitelnými, či obtížně ovlivnitelnými, ke kterým patří především průběh počasí v konkrétních ročnících a na konkrétních lokalitách, nedostupnost odolných odrůd (dostupné jsou jen odrůdy středně odolné, kterým je třeba dávat přednost před odrůdami citlivými) či existence okolních ploch s vysokým obsahem inokula.

7. Vliv výskytu fuzarióz klasů obilnin na kvalitu produkce

Pro doplnění celkového pohledu na danou problematiku zde uvádíme některé poznatky, týkající se vlivu výskytu fuzarióz klasu obilnin na kvalitu produkce.

Je známo, že infekce *Fusarium* spp. v době květu obilnin vede ke snížení hmotnosti zrna a ke tvorbě scvrklých zrn, častý je rovněž výskyt hluchých klásků, případně celých klasů – to může vést k významným výnosovým ztrátám (Beck et al., 1997). Současně zpravidla dochází i ke snížení jakosti zrna. Např. Boyacioglu a Hettiarachchy (1995) uvádí, že při napadení zrna pšenice *F. graminearum* dochází k destrukci škrobových zrn a zásobních proteinů. Rovněž podle Pawelzik et al. (1998) je vysoká kontaminace *Fusarium* spp. spojena se zhoršením pekařské jakosti a redukcí měrného objemu pečiva. Infekce *Fusarium* spp. je současně zpravidla provázena výskytem mykotoxinů, z nichž k nejčastěji detekovaným patří deoxynivalenol (DON). Ten se často vyskytuje i ve vysokých koncentracích.

Z našich výsledků hodnocení základních jakostních ukazatelů a obsahu deoxynivalenolu v zrně ozimých obilnin z ekologického a konvenčního způsobu pěstování (Tab. 4) je zřejmé, že koncentrace DON v zrně u kontrolních, neošetřených variant byla velmi nízká u pšenice špaldy a pšenice seté a znatelně vyšší u žita; limit pro obsah DON v nezpracovaném zrně (1250 µg/kg) nebyl překročen v žádném případě. U variant s umělou inokulací *Fusarium* spp. byl ovšem tento limit mnohonásobně překročen. Přestože nemusí být přímá úměra mezi intenzitou napadení zrna *Fusarium*

spp. a produkci mykotoxinů, v případě enormně vysokého tlaku způsobeného umělou inokulací lze očekávat, že i koncentrace mykotoxinů bude vysoká. To potvrdily i naše výsledky. U uměle inokulovaných variant bylo, podle očekávání, zaznamenáno výrazné snížení HTS a OH; naproti tomu u obsahu N-látek v sušině zrna byl zaznamenán nárůst - u drobného zrna můžeme vyšší obsah N-látek očekávat. Přestože u inokulovaných variant došlo k navýšení obsahu N-látek v zrna, výrazně poklesla kvalita bílkovinného komplexu, hodnocená Zeleného testem, což lze přičíst narušení struktury bílkovin. Obdobný efekt, související s narušením struktury škrobu, byl zaznamenán prostřednictvím čísla poklesu.

Tab. 4 Základní jakostní ukazatele a obsah DON v zrna ozimých obilnin (VS ČZU Praha-Uhřetěves, sklizeň 2013)

Způsob pěstování	Odrůda	Ošetření	Obsah N-látek v sušině zrna (%)	OH kg/hl	Zelený test (ml)	ČP (s)	HTS (g)	DON (µg/kg)
Pšenice setá								
EKO	Bohemia	<i>Fusarium*</i>	15,21	47,15	26	267	24,72	45 049
	Bohemia	kontrola**	11,63	75,58	41	382	50,17	75
KONV	Bohemia	<i>Fusarium</i>	15,30	46,55	24	252	21,11	56 711
	Bohemia	kontrola	13,06	76,03	46	356	51,20	62
Pšenice špalda								
EKO	Rubiota	<i>Fusarium</i>	18,19	72,35	17	211	40,33	10 302
	Rubiota	kontrola	16,18	78,05	32	305	48,82	<10
KONV	Rubiota	<i>Fusarium</i>	19,56	64,15	22	202	35,55	8 050
	Rubiota	kontrola	18,59	78,55	34	294	49,65	48
Žito seté								
EKO	D.Diament	<i>Fusarium</i>	12,59	61,8	-	137	34,95	18 466
	D.Diament	kontrola	9,69	72,8	-	246	41,72	183
KONV	D.Diament	<i>Fusarium</i>	13,40	53,2	-	120	26,12	25 303
	D.Diament	kontrola	10,99	70,2	-	231	36,36	598

* varianty s umělou inokulací kvetoucích klasů *Fusarium* spp.

** neošetřená kontrola

8. Základní informace o projektu

Cílem projektu NAZV QI111B154 "Bezpečnost cereálních bioproduktů z pohledu výskytu alternáriových a fusariových mykotoxinů" je zvýšení bezpečnosti cereálních bioproduktů, diagnostika a možnosti minimalizace rizik v rámci celé produkční spirály (farmář - zpracovatel - výrobce).

Doba řešení projektu: 1.1. 2011 - 31.12. 2014

Projektový tým:

Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i.

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Česká zemědělská univerzita v Praze

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

PRO-BIO, obchodní společnost, s.r.o.

GOODMILLS, a.s.

III. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Fuzariózy klasu obilnin představují závažné onemocnění rostlin, jehož důsledkem jsou výnosové ztráty, kontaminace zrna mykotoxiny a negativní ovlivnění hygienické i technologické jakosti produkce.

Při konvenčním pěstování se stále častěji využívá fungicidní ošetření, které v interakci s odrůdami s vyšší úrovní rezistence vůči fuzariózám výrazně snižuje napadení zrna a jeho kontaminaci mykotoxiny. Podle dostupných údajů je chemická ochrana u tohoto onemocnění účinná asi z 50 %.

V ekologickém zemědělství však využití chemické fungicidní ochrany není možné. O to důležitější je striktně dodržovat veškerá další (nechemická) opatření, jimiž lze riziko výskytu tohoto onemocnění omezit, či dokonce výrazně redukovat.

Novost postupů dané metodiky spočívá právě v tom, že je orientována na problematiku fuzarióz klasu obilnin a možnosti omezení jejich výskytu v podmínkách ekologického zemědělství. Poskytuje ucelený přehled o souboru opatření, využitelném při ekologickém pěstování (počínaje volbou osiva, výběrem odrůd, agrotechnickými postupy až po sklizeň a uskladnění produkce), který při správném, systémovém uplatňování vede k podstatnému omezení výskytu klasových fuzarióz i bez použití chemické ochrany.

IV. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Certifikovaná metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu QI111B154 "Bezpečnost cereálních bioproduktů z pohledu výskytu alternáriových a fusariových mykotoxinů".

Metodika je primárně určena pěstitelům obilnin hospodařícím v ekologickém režimu. Doporučení v ní uváděná jsou ale plně využitelná i při konvenčním způsobu hospodaření, jsou plně v souladu se správnou zemědělskou praxí a řídí se zásadami integrované ochrany rostlin ve smyslu zákona č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči v platném znění a vyhláškou č. 205/2012 Sb., o obecných zásadách integrované ochrany rostlin, která nabyla účinnosti 1. 1. 2014 a vztahuje se i na ekologicky hospodařící subjekty. Metodika je využitelná i jako podpůrný zdroj informací pro dozorové orgány a dále jako studijní materiál pro všechny zájemce z řad odborné veřejnosti.

Smluvním uživatelem certifikované metodiky je společnost PRO-BIO, obch. spol., s.r.o., která se dlouhodobě zabývá nákupem a zpracováním cereální bioprodukce a obchodem s obilninami v bio-kvalitě. Certifikovanou metodiku bude distribuovat prioritně mezi své dodavatele a odběratele (ekologické zemědělce) a dohlížet na uplatňování souboru opatření k omezení rizika výskytu fuzarióz klasů obilnin na jejich provozních plochách.

V. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Přesné obecně platné celkové ekonomické vyhodnocení přínosů metodiky nelze věrohodně doložit. Přesnější údaje je možné uvést u produkce osiv. Zatím obecným jevem je trvalý nedostatek ekologického osiva obilnin. Častým důvodem k zamítnutí porostu nebo partie osiva po kontrole ve vzorku je právě napadení zrn houbami rodu *Fusarium*. Zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby) v § 13, odst. 3 uvádí, že: “Pro ekologické zemědělství lze použít pouze rozmnožovací materiál, který nevyžaduje moření podle § 3 odst. 5“. Paragraf 3 odst. 5 říká, že „Osivo v kategoriích rozmnožovací materiál předstupňů, základní rozmnožovací materiál a certifikovaný rozmnožovací materiál se smí uvádět do oběhu nemořené pouze za předpokladu, že u něj nejsou překročeny mezní hodnoty výskytu škodlivých organismů, které stanoví prováděcí právní předpis. Osivo druhů, u nichž není mezní hodnota výskytu škodlivých organismů stanovena, smí být uváděno do oběhu nemořené.“ V případě většiny obilnin stanovuje Vyhláška č. 129/2012 Sb., o podrobnostech uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu v příloze 1, část III, oddíl 4 maximální napadení klasů houbami rodu *Fusarium* v porostu pro stupně SE, E 3 % a pro stupeň množení C 5 % napadených klasů, ve vzorku pak je maximální přípustné napadení pro všechny stupně množení 10 % napadených zrn. Přitom v ekologickém zemědělství je větší riziko výskytu fuzarióz klasů než při konvenčním pěstování, kde lze napadení významně redukovat fungicidní ochranou. Proto je nezbytné klást maximální důraz na dodržování celého souboru pěstebních opatření (popsaných a zdůvodněných v předkládané metodice), protože mohou reálně významně snížit – pod požadovanou hranici – četnost napadených klasů/zrn v semenném porostu a to nejen houbami rodu *Fusarium*, ale i několika dalšími patogeny.

Cena bioosiv je cca o 50 – 100 % vyšší než osiv konvenčních, pohybuje se přibližně v rozmezí 12 000 – 15 000 Kč,-/t, v závislosti na druhu obilniny. Pokud není porost/partie z důvodu nadlimitního výskytu zrn napadených *Fusarium* spp. uznána, může být sklizeň realizována jako potravinářské nebo krmné obiloviny. V tom případě ale pěstitel prodělává cca 3 000 – 7 000 Kč,-/t produkce. Přitom může nastat i situace, kdy u partie zrna dojde k překročení limitu obsahu deoxynivalenolu (DON); pak je produkce prakticky nevyužitelná a ztráta je ještě vyšší (cca 7 – 10 000,- Kč/t).

Počet vzorků obilovin z ekologické produkce, které překračují povolený obsah DON (1250 µg/kg) není ve většině let velký. Přesto ale napadení zrn houbami rodu *Fusarium* může vést a vede ke ztrátám, i když obtížně vyčíslitelným. Negativní dopad na zdraví konzumenta má i dlouhodobá konzumace podlimitních obsahů fuzariových toxinů, protože se v organismu mohou kumulovat. V tomto směru jsou ohrožena především hospodářská zvířata. Pak hovoříme o chronických mykotoxikózách, které se vyskytují při opakovaném, déletrvajícím příjmu nízkých až středních dávek toxinů. Probíhají bez zjevných klinických příznaků, a tím většinou unikají pozornosti. Projevují se sníženou užitkovostí (zpomalený růst, snížená laktace a snáška), poruchami imunitního systému se sníženou odolností zvířat proti infekcím, poruchami rozmnožování a zhoršenou tržní jakostí živočišných produktů. V závislosti na přítomném mykotoxinu se intoxikace hospodářských zvířat projevují alergickými reakcemi, poruchami reprodukce, poruchami funkcí orgánů nervové soustavy, dýchacího, trávicího a močového ústrojí, poškozením imunitního systému a zvýšenou mortalitou. Imunosupresivní účinky mykotoxinů se mohou projevovat zvýšeným výskytem virových a bakteriálních onemocnění, velmi často zvýšeným počtem somatických buněk v mléce a mastitidami a sníženou účinností vakcinace zvířat. Snížená bývá i využitelnost krmiv (Kummer a Faldíková, 2002). V tomto smyslu jde tedy o nepřímé ztráty (vyšší náklady na veterinární péči, ztráty díky nižší užitkovosti) způsobené primárně napadením zrna fuzarií.

VI. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Antonissen G., Martel An, Pasmans F., Ducatelle R., Verbrugghe E., Vandenbroucke V., Li S., Haesebrouck F., Filip Van Immerseel F., Croubels S. (2014): The Impact of *Fusarium* Mycotoxins on Human and Animal Host Susceptibility to Infectious Diseases. *Toxins* , 6, 430-452

Beattie S., Schwarz P. B., Horsley R., Casper H. H. (1998): The effect of grain storage conditions on the viability of *Fusarium* and deoxynivalenol production in infested malting barley. *J. Food. Prot.* , 61(1):103-6.

Beck R., Lepschy J., Obst A. (1997): Fusarien schon im Herbst aufs Korn nehmen. *Deutsche Landwirtschaftszeitung*, 9:28-32

Birzele B., Prange A., Krämer J. (2000): Deoxynivalenol and ochratoxin A in German wheat and changes of level in relation to storage parameters. *Food Additives & Contaminants*, 17 (12): 1027-1035

Boyacioglu A., Hettiarachchy N.S. (1995): Changes in some biochemical components of wheat grain that was infected with *Fusarium graminearum*. *J. of Cereal Science*, 21:57-62

Brennan J. M.†, Egan D., Cooke B. M., Doohan F. M. (2005): Effect of temperature on head blight of wheat cause by *Fusarium culmorum* and *F. graminearum*. *Plant Pathology*, 54: 156–160

David G. Schmale D. G., Shah D. A., Bergstrom G. C. (2005): Spatial Patterns of Viable Spore Deposition of *Gibberella zeae* in Wheat Fields. *Phytopathology* (95) 5: 472-479

Dill-Macky R., Jones R. K. (2000): The Effect of Previous Crop Residues and Tillage on *Fusarium* Head Blight of Wheat. *Plant Disease* 84, (1): 71-76

Doohan F. M., Brennan J., Cooke B. M. (2003): Influence of climatic factors on *Fusarium*. *European J. Pl. Pathol.*, 109: 755-768

Doyle E. (1997): *Fusarium* mycotoxins. Dostupné na:
https://fri.wisc.edu/files/Briefs_File/fusarium.pdf
ear blight. *European Journal of Plant Pathology*, 109 (7): 683–689

Edwards S. G. (2004): Influence of agricultural practices on fusarium infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. *Toxicology Letters* , 153(1):29-35

Homdork S., Fehrmann H., Beck R. (2000): Influence of Different Storage Conditions on the Mycotoxin Production and Quality of *Fusarium*-Infected Wheat Grain. *Journal of Phytopathology*, 148 (1):7 – 15

Jirsa O., Polišínská I., Matušinský P. (2009): Monitoring askospor *Gibberella zeae* v porostu ozimé pšenice *Obilnářské listy* (XVII) 4: 95-98

Kokkonen M., Ojala L., Parikka P., Jestoi M. (2010): Mycotoxin production of selected *Fusarium* species at different culture conditions. *Int. J. Food Microbiol.*, 143(1-2):17-25.

Konvalina P. a kol. (2010): Volba osiva obilnin v ekologickém zemědělství. *Certifikovaná metodika, České Budějovice* , 38 str.

Konvalina P., Moudrý J. (2008): Pěstování pšenice seté v ekologickém zemědělství. [Wheat Growing in Organic Farming.] 1 edition. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice. Dostupné z: <http://orgprints.org/20813/>

Konvalina P. a kol. (2013): Produkce osiv obilnin v ekologickém zemědělství. Certifikovaná metodika, VÚRV, v.v.i., 59 s.

Kummer V., Faldíková L., 2002. Účinky mykotoxinů na zdraví a reprodukci hospodářských zvířat. Náš chov, on-line verze, dostupné z: <http://naschov.cz/ucinky-mykotoxinu-na-zdravi-a-reprodukcii-hospodarskych-zvirat/>

Langevin F., Eudes F., Comeau A. (2004): Effect of Trichothecenes Produced by *Fusarium graminearum* during Fusarium Head Blight Development in Six Cereal Species. European Journal of Plant Pathology , 110 (7): 735-746

Lori G. A., Sisterna M. N., Sarandón S. J., Rizzo I., Chidichimo H. (2009) : Fusarium head blight in wheat: Impact of tillage and other agronomic practices under natural infection. Crop Protection, (28) 6: 495-502

Ma L-J., Geiser D. M., Proctor R. H., Rooney A. P., O'Donnell K., Trail F., Gardiner D. M., Manners J. M., Kazan K. (2013): Fusarium Pathogenomics. Annu. Rev. Microbiology, 67:399–416

Miedaner T., Reinbrecht C., Lauber U., Schollenberger M., Geiger H. H. (2001): Effects of genotype and genotype—environment interaction on deoxynivalenol accumulation and resistance to *Fusarium* head blight in rye, triticale, and wheat. Plant Breeding, 120 (2): 97–105

Pawelzik H.H. et al. (1998): Untersuchungen zum Einfluss einer Fusarien-Kontamination auf ausgewählte Qualitätsmerkmale von Weizen. Getreide Mehl und Brot, 52:264-266

Saharan, M. S., Kumar J., Sharma A. K., Nagarajan S.: Fusarium head Blight (FHB) or Head Scab of Wheat – A review. Proc. Indian Natn. Sci. Acad., B70, 3 (2004): 255-268. Dostupné z: http://www.new.dli.ernet.in/rawdataupload/upload/insa/INSA_1/2000c_954-255.pdf

Samsonová P. (ed.) (2012): Produkce osiv v ekologickém zemědělství. Bioinstitut, 127 str.

Sherwood R. F., Peberdy J. F. (1974): Production of the mycotoxin, zearalenone, by *Fusarium graminearum* growing on stored grain. I. Grain storage at reduced temperatures. Journal of the Science of Food and Agriculture, 25 (9): 1081–1087

Schaafsma A.W., Tamburic-Ilincic L., Hooker D.C. (2005): Effect of previous crop, tillage, field size, adjacent crop, and sampling direction on airborne propagules of *Gibberella zeae*/*Fusarium graminearum*, fusarium head blight severity, and deoxynivalenol accumulation in winter wheat. Can. J. Pl. Path., 27 (<http://www.informaworld.com/smpp/title~db=all~content=t913932741~tab=issueslist~branches=27-v272>), 2005: 217 – 224

Smith S. N. (2007): An Overview of Ecological and Habitat Aspects in the Genus *Fusarium* with Special Emphasis on the Soil- Borne Pathogenic Forms. Plant Pathology Bulletin, 16: 97-120)

Suchý P., CSc., Herzig I. (2005): Plísňe a mykotoxiny, prevence jejich vzniku a dekontaminace v krmivech. Vědecký výbor výživy zvířat. Dostupné z: <http://www.vuzv.cz/sites/File/vybor/Hezig,Suchy-Plisne a mykotoxiny.pdf>

Šíp V., Chrpová J., Veškrna O., Bobková L. (2010): The Impact of Cultivar Resistance and Fungicide Treatment on Mycotoxin Content in Grain and Yield Losses Cause by Fusarium Head Blight in Wheat. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 46 (1): 21–26

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. of Genetics and Plant Breeding*, 40:91-101

Takayuki Aoki, Kerry O'Donnell, David M. Geise (2014): Systematics of key phytopathogenic Fusarium species: current status and future challenges. *J. Gen. Plant Pathol.* 80:189 – 201

Teich A. H., Nelson K. (1984): Survey of fusarium head blight and possible effects of cultural practices in wheat fields in Lambton County in 1983 *Canadian Plant Disease Survey*, 64(1):1984

Váňová M. (2006): Fusaria v klasech jarního ječmene. Sborník z konference „*Úspěšné plodiny pro velký trh*“ - Ječmen a cukrovka“: 52 – 54

Xu X. (2003): Effects of environmental conditions on the development of Fusarium

Zain M. E. (2011): Impact of mycotoxins on humans and animals. *J. Saudi Chem. Soc.*, 15 (2): 129–144

VII. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Kostelanská M., Džuman Z., Malachová A., Capouchová I., Prokinová E., Škeříková A., Hajšlová J. (2011): Effects of milling and baking technologies on levels of deoxynivalenol and its masked form deoxynivalenol-3-glucoside, *J. Agric. Food Chem.* 59, 9303–9312

Capouchová I., Papoušková L., Kostelanská M., Prokinová E., Škeříková A., Hajšlová J., Konvalina P., Faměra O. (2012): Effect of different intensities of fusarium infestation on grain yield, deoxynivalenol content and baking quality of winter wheat. *Romanian Agricultural Research*, 29(1):297-306

Capouchová I., Konvalina P., Stehno Z., Václavíková M., Prokinová E., Škeříková A., Janovská D. (2012): Technologická jakost a obsah deoxynivalenolu v zrna obilovin s různou intenzitou kontaminace *Fusarium* spp.. Sborník příspěvků semináře "Výzkum, vývoj a aplikace nových postupů zaměřených na kontrolu a minimalizaci vlivu činitelů s negativním dopadem na bezpečnost zemědělských surovin, produktů a potravin, průběžné poznatky řešení aktuálních projektů MZe ČR", 20.11. 2012, VÚRV Praha, s. 53-57

Konvalina P., Moudrý J., Štěrbá Z., Capouchová I. (2012): Výnos a pekařská jakost pšenice seté v ekologickém zemědělství. *Úroda (odborná příloha)*, 60(8):27-30

Pazderů K., Vepříková Z., Václavíková M., Capouchová I., Hajšlová J., Konvalina P., Prokinová E., Janovská D., Honsová H. (2013): Diagnostický klíčící test pro stanovení celkové kontaminace zrna obilovin fusariovými mykotoxiny. Certifikovaná metodika schválená Odborem environmentálním a ekologického zemědělství MZe ČR pod č. 3/2013-17252. ČZU v Praze, 28 s.

Prokinová E., Capouchová I., Konvalina P., Vospělová J. (2013): Mikroskopické houby osiva jarních obilnin v ekologickém zemědělství. In: *Osivo a sadba*, XI. odborný a vědecký seminář, 7.2. 2013, ČZU v Praze, s. 129-134

Capouchová I., Konvalina P., Janovská D., Mičák L., Škeříková A. (2014): Ozimá pšenice pěstovaná ekologicky a konvenčně. *Úroda*, 62 (11):24-26

Název: Opatření k omezení rizika výskytu fuzarióz klasů obilnin v ekologickém zemědělství (certifikovaná metodika)

Autoři: E. Prokinová a kol.

Vydavatel: Česká zemědělská univerzita v Praze

Vydání: 1. vydání, 2014

Počet stran: 40

Náklad: 250

Tisk: tiskárna Power Print

ISBN: 978-80-213-2521-0