

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko
AGROTEST FYTO, s.r.o. Kroměříž
Vysoká škola chemicko-technologická Praha

Metodika 1/07

Možnosti eliminace mykotoxinové kontaminace pšenice

Autorský kolektiv:

Ing. Marie Váňová, CSc.
RNDr. Jan Nedělník, Ph.D.
Prof. Ing. Jana Hajšlová, CSc.
Ing. Ludvík Tvarůžek, Ph.D.
Ing Karel Klem, Ph.D.
Mgr. Pavel Matušinský, Ph.D.
Ing. Hana Moravcová
Ing. Kateřina Lancová

Listopad 2007

**Realizační výstup projektu QF 3121
„Kontaminace pšenice mykotoxiny a rezidui pesticidů v různých
pěstitelských systémech a možnosti jejich eliminace“
podporovaného Ministerstvem zemědělství ČR**

Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko
AGROTEST FYTO, s.r.o. Kroměříž
Vysoká škola chemicko-technologická Praha

ISBN: 978-80-86908-06-9

Úvod

Zajištění kvalitních a bezpečných surovin a potravin je nejaktuálnějším trendem současné zemědělské a potravinářské výroby. Naplnění tohoto trendu je závislé na permanentní kontrole a na zajištění optimálních výrobně-technologických podmínek eliminujících případné hromadění zdraví škodlivých látek v surovinách pro výrobu potravin či krmiv. V agroekosystému je přítomnost vláknitých mikroskopických hub nevyhnutelná. Ty mohou za určitých podmínek produkovat sekundární metabolity, které jsou označovány souhrnným názvem mykotoxiny. Jsou to látky toxické pro teplokrevné živočichy včetně člověka a je třeba jim věnovat soustavnou pozornost. O jejich významu svědčí permanentní zájem Evropské komise. Do vstupu ČR do EU byly hygienické limity pro některé mykotoxiny deklarovány ve vyhlášce 298/1997 Sb. S účinností od 20. 5. 2004 je obsah mykotoxinů regulován vyhláškou 305/2004 Sb. Hygienický limit byl např. pro DON nově stanoven u obilovin pro přímou spotřebu na 0,5 mg/kg, 0,35 mg/kg pro chléb a jemné pečivo a 0,1 mg/kg pro výrobky z obilovin určené pro dětskou výživu. Nově byl také stanoven limit pro zearalenon ve výši 0,05 mg/kg pro obiloviny a výrobky z obilovin. V roce 2005 byla vydána nová nařízení související s mykotoxiny, a to Směrnice Komise (ES) č. 2005/38/EC ze 6. června 2005 o vzorkování a analytických metodách pro účely oficiální kontroly úrovně fuzariových mykotoxinů v potravinách a Nařízení Komise (ES) č. 856/2005 ze stejného data, doplňující Nařízení Komise (ES) č. 466/2001 o limity pro fuzariové mykotoxiny. Pro DON v nezpracovaném obilí je maximální limit 1250 µg/kg, v mouce 750 µg/kg a v potravinách pro děti 250 µg/kg. Dalším regulovaným mykotoxinem je zearalenon s limitem 100 µg/kg v nezpracovaném obilí, 75 µg/kg v mouce a 20 µg/kg v potravinách pro děti. Aktuální pro české producenty potravinářské pšenice jsou od roku 2006 přebíraná pravidla společného evropského trhu s obilovinami s definovanými podmínkami intervenčního nákupu, který se v současné době řídí novelou Nařízení Komise (ES) č. 1068/2005 (novelizuje Nařízení Komise (ES) č. 824/2000). Členským státům EU tato novela ukládá povinné kontrolování limitu kontaminujících látek u obilovin v rámci intervenčního nákupu ze sklizně 2005/2006. Zmíněná povinnost se týká intervenčních agentur členských států EU včetně agentury SZIF zajišťující intervenční nákup pšenice v ČR. (Zdroj: Pokyn k intervenčnímu nákupu, Zemědělec 45/2005, J. Sluková, mluvčí SZIF na podkladě údajů Ing. E. Košťálové, SZIF). Deoxynivalenol bývá považován za marker výskytu ostatních mykotoxinů. To znamená že tam kde byla zjištěna vysoká koncentrace DON mohou být přítomny i ostatní mykotoxiny.

Monitoring realizovaný na konci 90. let a začátku tohoto století v ČR dokumentoval rozsáhlý výskyt fusariových mykotoxinů v cerálních sklizených v různých agrárních ekosystémech; v některých letech byla jejich přítomnost prokázána až v 95 % odebraných vzorků; překročení maximálního limitu pro DON však bylo jen zcela ojedinělé. Toto pozitivní konstatování musí být ale doplněno faktem, že vždy se objeví několik vzorků s nadlimitními hodnotami. A v této situaci je na místě otázka, co s takovou surovinou a zda při jejím potravinářském zpracování nehrozí vstup DON do potravinového řetězce. Experimentální výsledky potvrzují, že pokud by v potravinářské pšenici byla vyšší hladina DON hrozí reálné nebezpečí, že část tohoto mykotoxinu přejde do pečiva. Z experimentálních údajů vyplývá, že celkové snížení obsahu DON v průběhu pečení (mouka – pečivo) činí jen 38–51 %. Pokud

výchozí surovina obsahuje podlimitní množství DON, není ohrožení konzumentů významné, ale pokud by do potravního řetězce vstoupilo pečivo připravené z pšenice kontaminované nadlimitními koncentracemi DONu hrozí reálné nebezpečí vstupu relativně vysokého množství tohoto toxinu do organismu konzumenta. Proto princip předběžné opatrnosti a důsledné kontroly obsahů mykotoxinů v potravinářských surovinách jsou potřebné a aktuální.

Faktory ovlivňujícími úroveň kontaminace jsou nejen klimatické podmínky v daném roce, ale ve značné míře i technologie pěstování daných plodin (příprava půdy, předplodina, výživa, ochrana apod.). Je třeba zdůraznit, že ošetření fungicidními přípravky ne vždy rezultuje v poklesu hladin diskutovaných mykotoxinů, přesto cílená fungicidní ochrana zůstává základním opatřením. Některé přípravky sice eliminují škodlivého činitele, ale současně se jejich aplikace promítá ve vyšší kontaminaci.

Pšenice je plodinou, u které se o mykotoxinech diskutuje již delší dobu a jsou k dispozici také relativně početné soubory výsledků. Hlavní pozornost zemědělské praxe je proto orientována na účinná opatření proti klasovému fuzáriím, hlavním producentům mykotoxinů. V půdně-klimatických podmínkách České republiky jsou dalšími potenciálními producenty těchto látek zástupci rodu *Alternaria*. Druhy obou rodů, *Fusarium* spp. a *Alternaria* spp. jsou proto někdy označovány jako tzv. „polní plísně“. Všechny druhy rodu *Fusarium* spp. nejsou toxinogenní. Např. *Microdochium nivale* var. majus a *M. nivale* var. *nivale* (dříve známé pod jménem *Fusarium nivale*), které se v našich podmínkách vyskytují velmi často a jsou příčinou i větších výnosových ztrát a nižší kvality osiv a také se hojně vyskytuje v i klase, toxické látky neprodukuje.

V roce 2003 bylo ve spolupráci tří organizací (VÚP Troubsko, VŠCHT Praha, AGROTEST FYTO Kroměříž) zahájeno řešení výzkumného projektu podporovaného Ministerstvem zemědělství ČR s názvem „Kontaminace pšenice mykotoxiny a rezidui pesticidů v různých pěstitelských systémech možnosti jejich eliminace“ (MZe ČR NAZV QF 3121). Část výsledků je zpracována v této metodice s doporučeními především pro poradce a také pro farmáře, jak mykotoxinové kontaminaci zabránit nebo ji alespoň snížit. V metodice jsou dále uvedeny výsledky řešení výzkumného projektu „Péče o půdu v podmínkách se zvýšenými nároky na ochranu životního prostředí“ (MZe ČR NAZV 1G 57 042)

I. Cíl

Cílem předložené metodiky je na základě výsledků výzkumů z let 2004–2006 z oblasti kontaminace zrna ozimé pšenice fusariovými mykotoxiny ve vztahu k intenzitě pěstování doporučit pěstitelům zabudování takových pěstitelsko-technologických opatření, která povedou ke snížení nebo eliminaci mykotoxinové kontaminace zrna.

II. Vlastní popis metodiky a výsledky využitelné zemědělskou praxí

Výsledky a doporučení uváděná v následujících kapitolách vycházejí z několikaletých polních experimentů. U každé kapitoly je stručně uvedeno experimentální schéma a dále doporučení pro uživatele.

II. 1. Vliv intenzity pěstování

II.1.1. Metodika pokusů

Do experimentů byly zařazeny tři předplodiny: obilovina, řepka, hrách. V každém pokuse byly tři odrůdy: Ebi, Samanta a Sulamit. Každá z těchto variant měla tři intenzity pěstování (L,M,H), které se lišily: dávkou N (30, 120, 200 kg/ha), aplikací morforegulátorů (L-1x, M-1x, H-2x), aplikací fungicidů (L 1x, M 2x, H 3x). Výskyt fuzárií byl přirozený.

II.1.2. Výsledky

Velmi přesné zhodnocení zdravotní nezávadnosti v porovnání k metodám hodnotícím výskyt fuzárií ať už na zrnu nebo v klase je stanovení mykotoxinu metodou HPLC. Stejně jako u nás i v některých zahraničních studiích bylo prokázáno, že mezi stupněm napadení klasu či výskytem fuzárií infikovanými zrny zjištěnými v laboratorním testu a obsahem mykotoxinu není vysoká korelace. Ze zjišťovaných mykotoxinů jsme vybrali mykotoxin DON, pro něhož jsou v EU stanoveny limity v zrnu.

Přirozený výskyt fuzárií v klase v žádném ze sledovaných let nebyl kritický a zjištěné hodnoty mykotoxinu DON nepřesáhly limit stanovený legislativou EU (1.250 µg/kg)

V roce 2004 byly hodnoty DON od 71,0 do 1.193 µg/kg

V roce 2005 byly hodnoty DON od 25,3 do 1.207 µg/kg

V roce 2006 byly hodnoty DON od 7,9 do 589,8 µg/kg

Série těchto pokusů, v nichž byl hodnocen přirozený výskyt fuzárií a následně obsah mykotoxinu DON v zrnu vybraných odrůd ozimé pšenice, poukázal především na významný vliv ročníku v dané lokalitě, který určuje celkovou výši napadení. Ze sledovaných let byl v těchto pokusech nejnižší obsah DON stanoven v roce 2006. Rozdíly mezi rokem 2006 a ostatními léty byly statisticky průkazné. Ze sledovaných odrůd byl nejvyšší obsah mykotoxinu DON zjištěn u odrůdy Ebi. Rozdíly mezi odrůdami nebyly statisticky průkazné.

II. 1.3. Doporučení pro uživatele

Vliv předplodiny. Velmi dobře je znám vliv předplodiny kukuřice, kde nebezpečí většího výskytu fuzárií u ozimé pšenice je vysoké a je závislé i na způsobu zpracování půdy.

Kukuřice je označována za rizikovou předplodinu z hlediska výskytu fuzárií v klase. V našich pokusech jsme se zaměřili na nejčastější předplodiny pro ozimou pšenici, kterými je ozimá řepka a obilnina a kde naopak není mnoho údajů o jejich vlivu. Nejnižší obsah mykotoxinu DON v průměru všech zkoušených variant a let byl zjištěn **po předplodině řepce**. Po ní následovala obilovina s vyššími hodnotami a nejvyšší obsah DON byly průměru všech variant po předplodině hrachu. Rozdíly nebyly průkazné.

Vliv intenzity pěstování

Intenzity pěstování se výrazně lišily v aspektu N výživy, použití morforegulátorů a aplikace fungicidů. Tyto rozdíly se výrazně projevily především ve výši výnosu, který byl ve všech sledovaných letech statisticky průkazně vyšší při srovnání mezi nízkou a střední intenzitou a mezi střední a vysokou intenzitou. **Zdravotní stav byl závislý nejen na daném ročníku, ale především na aplikaci fungicidů.** Tři aplikace fungicidů, z nichž jedna byla v období metání ozimé pšenice a obsahovala fungicid účinný na fuzária v klase (metconazol) zajistily vynikající zdravotní stav u nejvyšší intenzity pěstování. Střední intenzita pěstování nedosahovala parametrů vysoké intenzity ani co se týče výnosu ani zdravotního stavu. Při nízké intenzitě pěstování byly patrné jak nedostatky ve výživě, tak co se týče zdravotního stavu. Obsah mykotoxinu DON byl v průměru všech variant nejnižší u vysoké intenzity pěstování, pak následovala střední intenzita a při nejnižší intenzitě pěstování byl obsah DON nejvyšší. Rozdíly nebyly statisticky průkazné.

Vysoká intenzita pěstování, u níž mohou být obavy z vyššího výskytu houbových chorob, musí být komponována tak, aby výběr a četnost použitých fungicidů vycházely ze sledování zdravotního stavu porostů s použitím vhodných prognostických modelů pro danou lokalitu i pro choroby klasů. V takovém případě není opodstatněné se obávat, že by vysoká dávka dusíku a morforegulátorů podporujících vyšší hustotu porostu zvyšovaly i nebezpečí vyššího výskytu fuzárií v klase a následně i vyšší obsah DON v zrna ozimé pšenice. Pro ochranu proti výskytu fuzárií v klase jsou u nás povoleny přípravky: Horizon 250 EW v dávce 1 l/ha (úč.l. tebuconazol 250 g/l), Prosaro 250 EC v dávce 0,75 l/ha (úč. látky tebuconazol 125 g/l, prothioconazol 125 g/l), Swing top v dávce 1,5 l/ha (úč.látky dimoxystrobin 133 g/l, epoxiconazol 50 g/l). Pro dosažení dobré pokrývnosti povrchu klasu lze doporučit i aplikaci adjuvantů (Silwet).

II. 2. Vliv způsobu hospodaření na výskyt fuzárií v klase a obsah mykotoxinů v zrně.

II.2. 1. Metodika pokusů

Byly založeny a vyhodnoceny dva typy pokusů v nichž byl porovnáván:

- konvenční způsob hospodaření (čtyřhonný osevní postup)
- organický způsob hospodaření podle směrnice IFOAM (osmihonný osevní postup):

V pokusech s konvenčním způsobem hospodaření byla předplodinou pro ozimou pšenici řepka, byly v něm realizovány tři intenzity pěstování u 9 odrůd ozimé pšenice, v pokuse s ekologickým způsobem pěstování bylo rovněž 9 odrůd ozimé pšenice, předplodinou byl jetel. Výskyt fuzárií byl přirozený.

II.2.2. Výsledky

Tab. 1: Obsah mykotoxinu DON v zrna u devíti odrůd ozimé pšenice pěstovaných v organickém osevním sledu po předplodině jeteli a při konvenčním způsobu hospodaření po předplodině řepce

odrůda	DON $\mu\text{g.kg}^{-1}$			
	O	L	M	H
Batis	147.40	369.37	280.47	254.30
Bill	153.67	408.23	470.93	338.10
Complet	158.00	506.47	587.70	447.27
Contra	172.10	297.50	382.50	226.37
Drifter	117.57	293.17	434.90	194.70
Ebi	134.27	278.33	384.20	193.00
Estica	241.97	198.33	247.97	150.30
Ludwig	87.47	375.50	260.90	225.77
Sulamit	148.40	400.47	461.63	186.93
<i>průměr</i>	151.20	347.49	390.13	246.30

Tab.2 : Srovnání čtyř systémů pěstování odrůd ozimé pšenice– průměrné hodnoty výnosu, HTZ, OH, obsahu N látek v % a DON v $\mu\text{g/kg}$, Kromeriz 2004 – 2006.

system	výnos	HTZ	OH	N-látky v%	DON $\mu\text{g.kg}^{-1}$
O	6.72 a	44.40 b	795.37 a	11.51 a	151.20 a
L	7.96 b	39.93 a	797.59 a	13.13 b	347.49 bc
M	8.38 c	40.17 a	797.00 a	13.53 c	390.13 c
H	9.97 d	40.51 a	805.78 b	14.06 d	246.30 ab

O = Organický osevní postup

L = Konvenční osevní postup nízká intenzita

M = Konvenční osevní postup střední intenzita

H = Konvenční osevní postup vysoká intenzita

II.2.3. Doporučení pro uživatele

Výnos zrna byl v organickém způsobu hospodaření nejnižší (6,72 t/ha). Rozdíl mezi ním a konvenčním způsobem pěstování ve třech intenzitách byl statisticky průkazný. Stejně tak byly statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými intenzitami pěstování. HTZ byla statisticky průkazně nejvyšší v organickém způsobu hospodaření. Ukazatelé jakosti, z nichž byly sledovány N-látky v zrna a OH ve všech čtyřech variantách, vyhovovaly normám pro jakost v kategorii potravinářské pšenice. Statisticky průkazně nejvyšších hodnot bylo dosaženo při vysoké intenzitě pěstování v konvenční technologii pěstování.

Obsah mykotoxinu DON byl statisticky průkazně nejnižší v organickém způsobu pěstování (po předplodině jeteli). Druhý nejnižší obsah DON byl ve vysoké intenzitě pěstování v konvenčním osevním postupu. Při nízké a střední intenzitě pěstování byl obsah DON průkazně vyšší. Získané výsledky podporují systémy hospodaření, v nichž je potlačen výskyt fuzárií ať už způsobem hospodaření, nebo technologií pěstování.

Organický způsob pěstování v pokusech, kde byl realizován způsob hospodaření podle směrnic IFOAM (osmi honný osevní postup), byl ve všech sledovaných letech z hlediska obsahu mykotoxinů bezpečný. Pro konzumenty této produkce neznamenal žádné zdravotní riziko.

V konvenčních způsobech hospodaření (čtyřhonný osevní postup, předplodina řepka) byl obsah mykotoxinu DON vyšší ve variantách bez aplikace fungicidů do klasu. Po ošetření účinnými fungicidy došlo ke snížení obsahu mykotoxinů. Řepka je z hlediska následného výskytu fuzárií v klase jednou z velmi dobrých předplodin a ve většině sledovaných let byly stanovené obsahy mykotoxinu nízké. V části týkající se zpracování pudy a předplodin jsou naopak uvedeny vysoké hodnoty stanovené v zrnu po předplodině kukuřici (přírozená infekce). Po takovéto předplodině je pak třeba většinou ochranu proti výskytu fuzárií v klase provést i při různých intenzivních technologiích pěstování.

II.3. Citlivost vybraných odrůd ozimé pšenice k fuzáriím v klase s následným vyhodnocením obsahu mykotoxinů v zrnu

II.3.1. Metodika pokusů

V roce 2004 až 2006 byl vyhodnocen rozsáhlý pokus s 18 a 22 odrůdami ozimé pšenice, který byl založen po předplodině kukuřici sklizené na zrno, kde byly zbytky kukuřičné slámy rozdrčeny a zapraveny do půdy jen opakovaným diskováním.

Ochrana proti chorobám pat stébel a časnému výskytu padlí travního byla provedena kombinací Alert + Cerelux 1+0,5 l/ha.

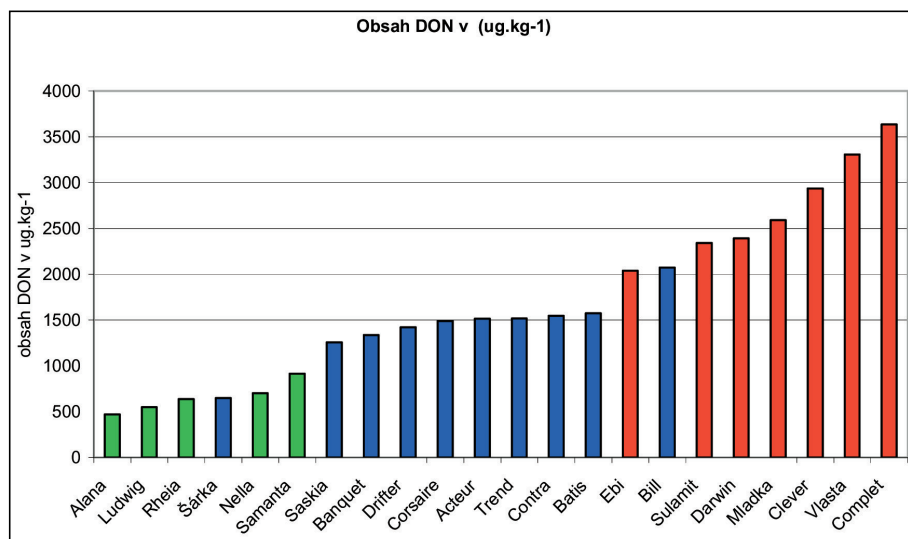
V roce 2004 bylo napadení z přirozených zdrojů infekce, v roce 2005 byl pokus očkovan zádovým postřikovačem směsí *F. culmorum* a *F. graminearum* v době květu ozimé pšenice.

II.3.2. Výsledky

Hlavním způsobem, který by měl významně snížit hladiny mykotoxinů jsou výzkumné programy směřující ke šlechtění a genovému inženýrství pro zvýšení rezistence k houbovým patogenům. V mnoha studiích je detailně popsáno jak fuzária kolonizují hostitelskou tkáň, ale relativně málo je známo o interakcích mezi houbami rodu *Fusarium* a hostitelem. U deoxynivalenolu také není zcela zřejmé jak je jeho produkce ovlivněna hostitelem a jak podmínkami prostředí při vzájemné interakci. Po napadení fuzárií reaguje rostlina celou řadou obranných mechanismů jak morfologických tak biochemických. Odolnost k fuzáriím je komplikovaná a doposud méně probádaná záležitost. Kompletní rezistence zatím neexistuje, ale jsou k dispozici různé zdroje částečné rezistence, které jsou ve šlechtitelských programech využívány a nové jsou hledány. Jsou uváděny i rozdíly mezi odrůdami, které jsou běžně pěstovány.

Rozdíly ve výskytu fuzárií v klase mezi uvedenými ročníky byly dány jednak tím, že v roce 2005 byl pokus očkován, ale také tím, že byly obecně příznivější podmínky pro rozvoj infekce v klase. Toto tvrzení vychází z výsledků jiných pokusů v nichž byly porovnávány varianty po předplodině kukuřici, které byly a nebo nebyly následně očkovány. Dále je třeba proces rozvoje choroby vnímat v jeho dvou podstatných částech. Prvním je dostatek inokula a druhým jsou příznivé podmínky pro rozvoj infekce v klase. Přesto lze na základě tříletých výsledků uvést rozdělení odrůd do skupin podle odolnosti k fuzáriím. Sumární přehled je v níže uvedeném grafu.

Graf 1: Mykotoxin DON u jednotlivých odrůd ozimé pšenice



II.3.3. Doporučení pro uživatele

Náchylnost odrůd, podle obsahu DON v znu, byla u sledovaných odrůd velmi diferencovaná a v jednotlivých letech se mírně od sebe odlišovala. To souvisí velmi pravděpodobně dle literárních údajů s populací patogena v daném roce. Vysoký obsah DON byl nalezen u odrůd Mladka, Clever, Complet, Vlasta, Sulamit, nižší obsah mykotoxinu DON byl u odrůd Alana, Ludwig, Rheia, Šárka, Nella a Samanta. Odrůdy ze skupiny nejvíce odolných (zelené označení v grafu 1) jako je Alana lze doporučit především pro pěstování po předplodině kukuřici, nebo pro půdoochranné způsoby pěstování s minimálním zpracováním půdy. Odrůdy z nejméně odolné skupiny (červené označení v grafu 1), jako je Mladka, ať už jsou pěstovány pro potravinářské účely nebo pro krmné účely je nutné pěstovat s tím, že je žádoucí ochrana proti fuzáriím v klase, kdy zejména v letech s vysokým infekčním potenciálem mohou být nálezy mykotoxinu DON velmi vysoké a mnohonásobně překračují limity EU.

11.4. Účinnost aplikace fungicidů

11.4.1. Metodika pokusů

Aplikace fungicidů redukcujících výskyt fuzárií v klase s následnou redukcí mykotoxinů v zrnu je přímým způsobem ochrany v případě, že pěstitel vyhodnotí riziko napadení jako vysoké. Jeho efekt je závislý na výběru fungicidu a na době, kdy je vybraný fungicid aplikován. Za nejvhodnější dobu aplikace je považováno období květu ozimé pšenice. Vzhledem k tomu, že účinnost stávajících fungicidů není vysoká, byl do pokusu zařazen i adjuvant Silwet. V současné době byly povoleny další přípravky s vyšší účinností (Prosaro).

Tab.3: Účinnost na obsah mykotoxinu DON.

rok 2004	DON (μg/kg)			účinnost(%)	
	kontrola	fungicid	fungicid+ Silwet	fungicid	fungicid+ Silwet
Charisma 1.0 + Caramba 0.5	1 808.8	1 134.8	1 372.5	37.26	24.12
Sportak 45EC 0.75 + Caramba 1.0	5 100.8	3 117.8	1 681.0	38.88	67.04
Amistar 0.5 + Caramba 0.7	2 486.3	2 655.8	1 563.5	-6.82	37.12
Charisma 1.0 + Sportak 45EC 0.75	2 294.8	1 582.6	1 794.5	31.04	21.80
Horizon 0.5 + Sportak 45EC 0.75	2 900.6	1 263.0	1 105.4	56.46	61.89
Juwel 0.8	3 177.3	1 589.2	1 342.9	49.98	57.73
Caramba 1.5	1 930.5	1 111.5	1 036.5	42.42	46.31
průměr	2 814.1	1 779.2	1 413.8	35.60	45.15

Tab. 4: Účinnost na obsah mykotoxinu DON.

rok 2005	DON (μg/kg)			účinnost(%)	
	kontrola	fungicid	fungicid + Silwet 0.1%	fungicid	fungicid + Silwet 0.1%
Charisma 1.0 + Caramba 0.5	2 002.2	1 703.6	1 651.7	14.91	17.51
Sportak 0.75 + Caramba 1.0	2 454.0	1 394.0	1 404.4	43.19	42.77
Amistar 0.5 + Caramba 0.7	2 186.8	2 480.3	2 009.6	-13.42	8.10
Caramba 1.0 + Sportak 0.75	3 109.9	1 891.5	1 405.9	39.18	54.79
Horizon 0.5 + Sportak 0.75	3 112.7	1 322.3	1 008.4	57.52	67.60
Juwel 0.8	4 226.2	2 395.0	1 182.9	43.33	72.01
Caramba 1.5	3 777.3	780.6	493.8	79.33	86.93
průměr	2 981.3	1 709.6	1 308.1	25.51	49.96

Tab. 5: Účinnost na obsah mykotoxinu DON.

rok 2006 Fungicid	DON ($\mu\text{g/kg}^{-1}$)			účinnost(%)	
	kontrola	fungicid	fungicid + Silwet 0.1%	fungicid	fungicid + Silwet 0.1%
Charisma 1.0 + Caramba 0.5	46 147.9	39 373.5	39 061.7	14.68	15.36
Sportak 0.75 + Caramba 1.0	46 147.9	28 595.9	23 526.9	38.03	49.02
Amistar 0.5 + Caramba 0.7	46 147.9	33 297.7	32 563.0	27.85	29.44
Charisma 1.0 + Sportak 0.75	46 147.9	32 985.8	21 259.4	28.52	53.93
Horizon 0.5 + Sportak 0.75	46 147.9	36 909.4	32 815.8	20.02	28.89
Juwel 0.8	46 147.9	23 326.3	19 688.5	49.45	57.34
Caramba 1.5	46 147.9	32 039.5	20 008.3	30.57	56.64
průměr	46 147.9	32 039.5	20 008.3	30.57	56.64

II.4.2. Výsledky

V pokuse byla testována řada přípravků, z nichž některé (Amistar) nepotlačují dostatečně fuzárie produkující mykotoxin DON. Hladina DON v jednotlivých sledovaných letech byla rozdílná. V roce 2004 to bylo v průměru 2.814 $\mu\text{g/kg}$, v roce 2005 – 2.981 $\mu\text{g/kg}$ a v roce 2006 – 46. 1479 $\mu\text{g/kg}$. Vysoký výskyt fuzárií v klase a následný vysoký výskyt mykotoxinu DON v těchto pokusech byl dán jak předplodinou kukuřicí tak také tím, že pokusy byly očkované (směs *F. culmorum* a *F. graminearum*) v době květu ozimé pšenice (odrůda Ebi).

V roce 2004 a 2005 byla nejlepší účinnost u kombinace Horizon 0,5 + Sportak 45 EC 0,75 l/ha (56,46 % a 57,52). V roce 2006, kdy byly zjištěné hodnoty mykotoxinu DON vysoké, byla účinnost u většiny aplikovaných přípravků nižší a tato kombinace měla účinnost jen 20%. Zajímavé výsledky byly získány u přípravku Juwel v dávce 0,8 l/ha, kde ve všech třech letech byla účinnost téměř shodná (49,98, 43,33, 49,45). Aplikace adjuvantu Silwet spolu s fungicidem v řadě případů zvýšila % účinnosti. Neosvědčila se aplikace nízkých dávek vody (pod 200 l/ha).

Přípravky proti fuzáriím v klase jsou aplikovány v období 6ti týdnů před sklizní zrna a tak kromě jejich účinnosti na fuzárie je nutné sledovat i to, zda ve sklizených produktech nezůstávají jejich rezidua. U všech přípravků byla metodou HPLC stanovována rezidua jednotlivých účinných látek v znu pšenice. U žádné z variant nebyla rezidua zaznamenána.

II.4.3. Doporučení pro uživatele

Proti fuzáriím v klase lze používat podle SZP (Správné zemědělské praxe) jen ty přípravky, které mají na etiketě označena fuzárie v klase jako cílený škodlivý činitel. Ta jsou povolena k použití. Speciálně pro ochranu proti výskytu fuzárií v klase jsou u nás povoleny přípravky: Horizon 250 EW v dávce 1l/ha, Prosaro 250 EC v dávce 0,75 l/ha, Swing top v dávce 1,5 l/ha.

Další skupina přípravků je povolena proti ostatním původcům chorob (padlí, rez, braničnatka plevová). Z nich jsme do těchto pokusů zařadili přípravky : Caramba (úč. l. metconazol), Sportak (úč.l. prochloraz), Charisma (úč.l.famoxadone, flusilazol), Juwel (úč.l. epoxiconazol, kresoxim-metyl), Amistar (úč.l. azoxystrobin).

Kromě Amistaru všechny tyto přípravky vykazovaly částečnou účinnost i na fuzárie v klase a lze po jejich aplikaci, pokud je provedena v době květu ozimé pšenice, očekávat i snížení množství mykotoxinů v znu ozimé pšenice.

II.5.: Vliv předplodiny a způsobu zpracování půdy na obsah mykotoxinu DON v zrně ozimé pšenice.

II.5.1. Metodika pokusů

V letech 2005 – 2007 byl hodnocen výskyt mykotoxinu DON po třech předplodinách: vojtěšce, kukuřici a hrachu

Pokusy byly založeny na lokalitě Ivanovice na Hané.

V rámci pokusu bylo po každé předplodině následující zpracování půdy:

orba do 22 cm, orba do 15 cm, bezorebné setí a příprava půdy diskováním do 10 cm.

II.5.2 Výsledky

Ve sklizeném zrně byl stanoven obsah několika mykotoxinů metodou HPLC.

Průměr hodnot (v $\mu\text{g/kg}$) stanovených v letech 2005, 2006 a 2007 je uveden v následující tabulce.

Tab. 6: Mykotoxiny stanovené v zrně ozimé pšenice.

		NIV	DON	FUS X	ADONS	HT-2	T-2	ZEA
orba 22 cm	vojtěška	3,1	276,6	19,3	10,7	1,8	2,6	13,2
orba 15 cm		7,0	405,6	14,9	12,0	6,6	2,6	11,8
bez orby		7,0	495,7	19,2	12,7	1,8	2,7	12,7
disk 10 cm		3,9	705,9	17,1	18,2	1,8	0,8	22,5
orba 22 cm	kukuřice	2,3	1.698,6	14,8	24,8	7,5	3,0	28,3
orba 15 cm		12,1	2.497,1	7,6	17,2	14,2	5,0	34,6
bez orby		6,5	3.322,5	20,9	38,3	1,8	2,8	57,6
disk 10 cm		3,6	2.062,7	14,9	28,8	2,8	2,5	41,3
orba 22 cm	hrách	9,4	648,6	19,2	21,3	7,5	1,1	13,5
orba 15 cm		1,8	332,2	14,9	16,7	12,3	4,4	9,9
bez orby		4,0	252,5	17,2	14,8	1,8	0,9	16,0
disk 10 cm		4,8	355,5	7,6	8,5	17,7	3,9	21,1

Z nich je v následující prezentaci hodnocen obsah mykotoxinu deoxynivalenolu (DON) v $\mu\text{g/kg}$.

Vliv předplodiny

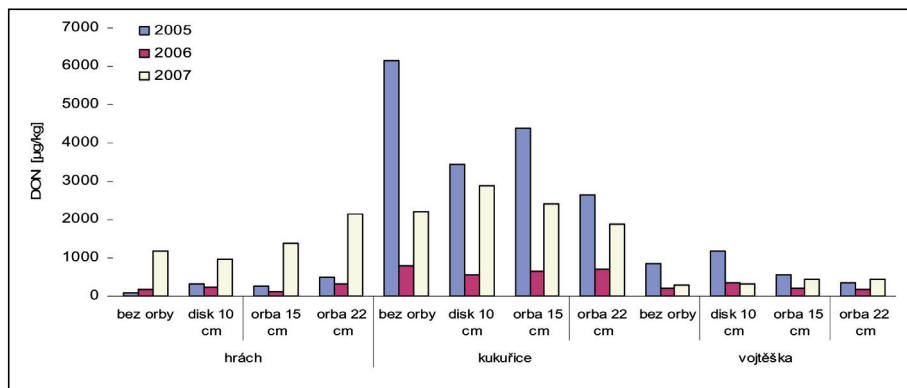
Statisticky průkazně nejvyšší obsah mykotoxinu DON byl zjištěn po předplodině kukuřici, neboť její organická hmota (strniště a zbytky slámy) je výborným hostitelským substrátem pro *Fusarium* spp. Na těchto infikovaných zbytcích se začínou na jaře tvořit černé drobné kuličky (perithecia) a v nich askospory, které následně infikují ozimou pšenici v době květu. Pro vytvoření dostatku infekce je nutný nejen vhodný hostitel (kukuřičné zbytky) ale i příznivá teplota a dostatek srážek, které udržují tyto zbytky ve vlhkém stavu. Na suché slámě je tvorba perithecií omezena, stejně tak jako je za sucha ztíženo jejich prasknutí a následné uvolňování askospor do vzduchu.

Vliv ročníku

V rámci jednotlivých předplodin se významným způsobem uplatnil i vliv ročníku, přičemž průkazný vliv byl zjištěn u všech sledovaných předplodin. Nejnížší kontaminace klasů byla v roce 2006, kdy i po předplodině kukuřici ani v jednom z analyzovaných vzorků nebyl překročen limit stanovený EU (hodnoty se pohybovaly od 370,2 do 994, $\mu\text{g/kg}$ DON). Počasí v daném roce ovlivňuje tvorbu perithécií, jejich dozrávání a uvolňování askospor. Teplé a vlhké počasí v druhé polovině května je pro tento proces velmi příznivé. Uvolněné askospory se šíří větrem i na větší vzdálenosti a tak může být infikována i ozimá pšenice po předplodinách a způsobech zpracování půdy, které se na zvýšení infekčního tlaku nepodílí. Silný lokální zdroj infekce (předplodina kukuřice) zvyšuje pravděpodobnost vyššího výskytu.

U ozimé pšenice dochází k infekci klasů v době jejího plného květu. Květní orgány stimulují klíčení askospor a podporují úspěšnost infekčního procesu. Významným způsobem se ale na úspěšné infekci klasů podílí i následně počasí především vzdušná vlhkost a srážky v době kdy pšenice kvete. Pokud v době, kdy ozimá pšenice začíná metat a kvést, je několik dnů se srážkami do 5mm, je vysoká pravděpodobnost úspěšné infekce především však pokud je dostatek zdrojů infekce. Výskyt fuzárií v klase je tedy na ročníku silně závislý v obou částech infekčního procesu.

Graf 2: Vliv předplodiny, ročníku a způsobu zpracování půdy na obsah mykotoxinu DON v zru ozimé pšenice.



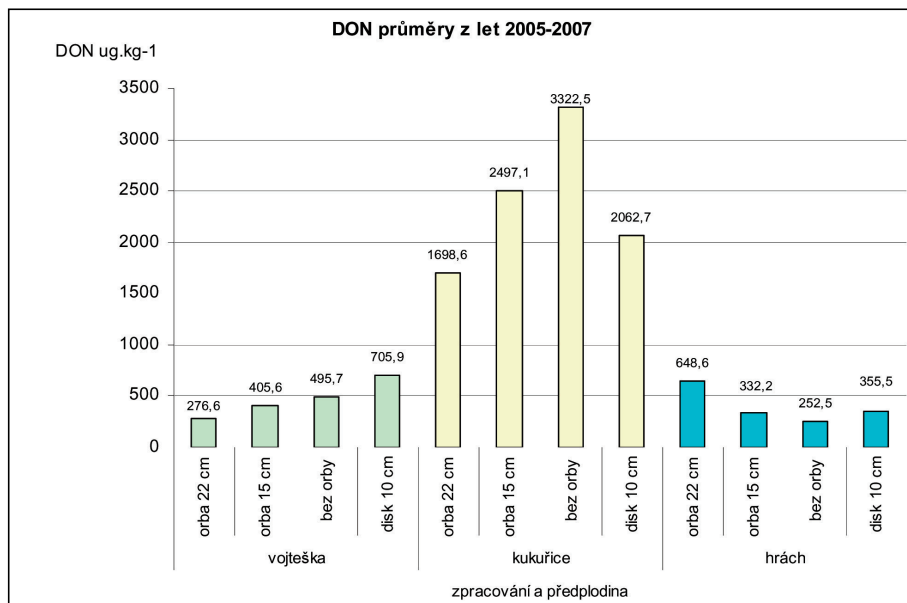
Vliv zpracování půdy

Stanovení významu zpracování půdy je důležité především u předplodin, které statisticky průkazným způsobem ovlivňují výskyt mykotoxinu DON v zru ozimé pšenice a kde může způsob zpracování půdy ovlivnit limity povolené EU. V našich pokusech takovou předplodinou byla kukuřice. Po předplodině vojtěšce nebyl limit nikdy překročen. Po předplodině hrachu byl překročen v roce 2007 při hlubším zpracování půdy (orba 22 cm a orba 15 cm). Předplodinou pro hrách byla ozimá pšenice a je pravděpodobné, že zaoraná sláma, která se dostala zpět na povrch byla zdrojem infekce.

Podstatnější rozdíly ve způsobu zpracování půdy byly zjištěny u předplodiny kukuřice. V roce 2005 a 2007 bylo ve variantě s orbou 22cm stanoveno nejnížší

množství DON v porovnání s ostatními způsoby zpracování půdy. V roce 2006 s nízkým výskytem fuzárií v klase a s následně nízkým obsahem mykotoxinu DON v zrna byly rozdíly mezi způsoby zpracování půdy i po kukuřici velmi malé a neprůkazné.

Graf č. 3: Vliv předplodiny a způsobu zpracování půdy na obsah mykotoxinu DON (průměr za roky 2005–2007).



II.5.3. Doporučení pro uživatele

Nebezpečí silného výskytu fuzárií v klase je především v oblastech s větší výměrou pěstované kukuřice, která je přímou předplodinou pro ozimou pšenici. Vyšší nebezpečí pro ozimou pšenici může být pak i po jiných předplodinách jako důsledek toho, že zdrojem infekce jsou posklizňové zbytky na nichž se tvoří infekce šířená následně větrem. Proto je důležitá i otázka vlivu zpracování posklizňových zbytků kukuřice. V uvedených pokusech byl nejnižší obsah mykotoxinu DON stanoven ve variantě orba do 22 cm. Ve variantě s orbou a s pečlivým zaklopením všech zbytků kukuřice byl obsah mykotoxinů nejnižší.

III. Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice, případně jejich zdůvodnění, pokud se bude jednat o novou neznámou metodiku.

Tato metodika obsahuje nové a originální výsledky rozsáhlých přesných polních pokusů s variantami, které jsou velmi blízké zemědělské praxi i požadavkům společnosti, která požaduje garanci výroby zdravotně nezávadných potravin. Závěry jsou podloženy výsledky přesných analytických měření na akreditovaném špičkovém pracovišti. Přestože výsledky byly během řešení publikovány na mnoha konferencích, seminářích či formou publikací je tato metodika zpracována pro zemědělské poradenství a agronomickou službu tak, aby je bylo možné využít v obecném pojetí daného problému.

Shrnutí doporučení:

- spektrum producentů mykotoxinů se v průběhu času mění
- přirozená kontaminace zrna pšenice mykotoxiny je realitou
- stávající úroveň pěstování je odpovídající a schopná zajistit bezpečnou produkci
- ale při zajištění odpovídajících technologických vstupů
- rozdíly v účinnosti fungicidů
- nutnost permanentní kontroly produkce – přechod mykotoxinů do potravního řetězce!!!
- rezistence odrůd je rozdílná, složitý patosystém pšenice x *Fusarium* spp.
- konvenční i organické pěstování zajistí při dodržování doporučených technologických vstupů bezpečnou produkci

IV. Závěr

Tento metodický postup je určen poradenským organizacím a široké uživatelské veřejnosti z řad farmářů. Bude uplatněna prostřednictvím smluv o její realizaci uzavřených poskytovateli metodiky s uživateli a dále bude v souladu s požadavkem MZe ČR bezplatně poskytnuta všem potenciálním uživatelům. Metodiku vlastním nákladem vydají předkladatelé a bude distribuována mj. na výstavách (např. Techagro 2008), polních dnech, část nákladu bude poskytnuta i MZe ČR pro jeho potřebu.

Použité zkratky:

Mykotoxiny:

DON – deoxynivalenol, NIV – nivalenol, T-2 – T-2 toxin, HT-2 – HT-2 toxin,

ZEA – zearalenon, FUS X – fusarenone X

Intenzity pěstování: L – low (nízká), M – medium (střední), H – high (vysoká)

V. Literatura

Gocieková, M., Lancová, K., Nevrklová, M., Hajšlová, J., Váňová, M., Nedělník, J.: Zhodnocení vlivu technologie pěstování na obsah trichotheceénových mykotoxinů v obilninách. In: Sb. z mezinárodní konference Nové poznatky v pěstování, šlechtění a ochraně rostlin, Brno listopad 2004, 427–428.

Gocieková M., Lancová K., Nevrklová M., Hajšlová J.: Vliv technologie pěstování na výskyt trichotheceénových mykotoxinů v pšenici. XXXVI. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin. Skalský Dvůr, 23.–25. 5. 2005.

Lancová K., Gocieková M., Hajšlová J., Váňová M., Moravcová H., Nedělník J.: Výskyt fusariových mykotoxinů v obilovinách a možnosti jejich eliminace. Sborník příspěvků národní konference XXXVII. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin, Skalský Dvůr, 29.–31. 5. 2006, str. 202 – 205.

Lancová, K., Hajšlová, J., Nedělník, J., Moravcová, H.: Přecházejí mykotoxiny do pečiva? Úroda 3/2007, 10–12.

Moravcová, H., Nedělník, J.: Mykotoxikologická kvalita obilí. Zemědělec 40, 2005, 12.

Moravcová, H., Nedělník, J.: Analýza metabolitů plísní v pšenici. Zemědělec 40, 2005, 13–14.

Moravcová, H., Nedělník, J., Ostrý, V.: Kontaminace pšenice fuzáriovými a alternáriovými toxiny. Úroda 54, 2006, 9, 20–23.

Moravcová, H., Nedělník, J., Hajšlová, J., Lancová, K., Váňová, M.: Mykotoxiny v pšenici ozimé. In: Sb. Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění a ochraně rostlin, Brno, Czech Republic, 23.–24. 11. 2006, 115–122.

Nedělník, J., Moravcová, H., Hajšlová, J., Lancová, K., Váňová, M., Salava, J.: Fusarium spp. in wheat grain in the Czech Republic analyse by PCR Method. Plant Protect. Sci. 43, 2007, 135–137.

Nedělník, J., Moravcová, H., Ostrý, V., Škarková, J.: K mykotoxinům v pšenici. Úroda 6, 2004, 10–11.

Nedělník, J., Moravcová, H.: Plísně ohrožují obiloviny. Zemědělec 41, 2004, 10–12.

Nedělník, J., Moravcová, H.: Nebezpečí mykotoxinů v obilovinách a možnosti jejich eliminace. Agro 4, 2007, 36–39.

Váňová, M., Klem, K., Babušník, J.: Výnosy ozimé pšenice po předplodině obilovině v letošním roce. Obilnářské listy 5–6, 2004, 106–110.

Váňová M., Matušinský P.: Choroby pat stébel v časném jaru a jejich následný vývoj. Obilnářské listy 3/2005, 53–56.

Váňová, M., Matušinský, P., Hajšlová, J., Lancová, K.: Hodnocení výskytu fuzarií na souboru odrůd ozimé pšenice v polním pokusu. Rostlinolékař 4, 2006, 14–16.