

Mykotoxiny v krmivech

RNDr. Jan Nedělník, PhD.
Ing. Hana Moravcová
Výzkumný ústav pícninářský, spol. s r.o. Troubsko
Ing. Alena Honzlová
Státní veterinární ústav Jihlava

V Krmivářství 3/2003 byl publikován souhrnný příspěvek věnovaný problematice mykotoxinů v kukuřičných silážích. Začínal odstavcem, ve kterém byl zdůrazněn význam těchto kontaminantů pro kvalitu potravinářské suroviny, potravin a krmiv. S odstupem tří let se s tímto tématem vracíme na stránky tohoto časopisu s cílem upozornit na změny a aktuální poznatky související především s mykotoxiny v krmivech.

Přesto na úvod několik poznámek ke změnám především v potravinářské oblasti. Se vstupem ČR do EU vstoupila v platnost vyhláška 305/2004 Sb. určující limity pro některé mykotoxiny v potravinách. S postupující implementací evropského práva poprvé od loňského nákupu potravinářské pšenice vstoupila v platnost novela nařízení Komise (ES) č. 1068/2005, která znamená, že každý členský stát EU musí mít zpracovanou analýzu rizik, která vyloučí nákup kontaminovaných obilovin nad maximální přípustné limity kontaminujících látek. Analýza rizik je v ČR uplatňována od počátku intervenčního nákupu obilovin od 1. listopadu 2005. Státní zemědělský a intervenční fond vydal směrnici pro zjišťování a stanovení kontaminujících látek, která mimo zjišťování obsahu těžkých kovů stanoví povinnost v potravinářské pšenici analyzovat obsah deoxynivalenolu a zearalenonu. Maximální přípustné hodnoty jsou v souladu s nařízením Komise (ES) č. 466/2001 (včetně novely č.856/2005) pro DON 1250 µg/kg (ppb) a ZEA 100 µg/kg. Z dalších mykotoxinů budou v hospodářském roce 2005/2006 při intervenčním nákupu kukuřice pro krmné účely prostřednictvím plně automatizovaného systému náhodného výběru analyzovány vzorky na obsah aflatoxinu B1 s maximálním limitem 20 µg/kg. Ve zdůvodnění SZIF se mj. uvádí, že vypracování spolehlivé analýzy rizik výskytu kontaminantů předpokládá získání příslušných informací o potenciálním nebezpečí těchto látek a získání přehledu o jejich dosavadním výskytu. Celá problematika správné analýzy rizik je velmi důležitá, protože v případě nákupu kontaminovaného zboží hrozí skutečnost, že příslušný členský stát ponese veškeré náklady spojené případnou likvidací nebo dekontaminací zasaženého zboží. I tyto skutečnosti svědčí o aktuálnosti studia mykotoxinů a v případě kontaminace surovin o potenciálním nebezpečí pro konzumenty.

V současnosti je popsáno téměř 400 druhů mykotoxinů produkovaných velmi širokým spektrem houbových patogenů, avšak pravidelně je kontrolován výskyt jen těch nejfrekventovanějších a neškodlivějších z nich. Mezi časté producenty těchto látek patří např. druhy rodů *Alternaria*, *Aspergillus*, *Ceratocystis*, *Fusicoccum*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Penicillium*, *Rhynchosporium*, *Stachybotrys*, aj. (Lew et al., 2001). Některé z výše uvedených druhů hub je možné nalézt na velmi širokém okruhu hostitelských rostlin v různých vývojových fázích. Je tedy patrné, že přítomnost jejich metabolitů je do určité míry nevyhnutelná (Salomonsson et. al., 2002, Palermo, 2002).

Toxinogenní houby se nacházejí prakticky po celém světě. Od vypuknutí tzv. nemoci „turkey-X“ ve Velké Británii (Blount, 1961) začalo být zřejmé, že mezinárodní obchod se surovinami pro krmiva usnadňuje přenos mykotoxinů z endemických regionů do oblastí s intenzivním farmářstvím. V současné době je kontaminace krmivářských komodit plísněmi a mykotoxiny považována za jeden z nejdůležitějších negativních faktorů v produkci plodin a kvalitě krmiv pro zvířata (Steyn 1998, Scudamore 1998). Ztráty vyvolané přítomností mykotoxinů na produkci krmiv jsou jen v zemích Evropské unie odhadovány ročně na 5 bil.€. Tento odhad vychází z předpokladu, že roční produkce krmiv je 160 mil. tun a mykotoxiny znehodnotí 25% produkce.

Důsledky působení mykotoxinů na živočišný organismus jsou velmi různorodé v závislosti na typu toxinu, dávce a délce doby jeho působení, druhu, stáří, pohlaví a aktuálním zdravotním stavu jedince. Projevují se např. snížením imunity, alergickými reakcemi, poruchami reprodukce, poruchami

nervové soustavy, dýchacího ústrojí, snížením konverze a využití krmiv či zvýšenou mortalitou v chovu. Mykotoxiny také poškozují sliznici střev, čímž omezují absorpci živin a dále zhoršují funkci jater, ledvin, reprodukčních orgánů a imunitního systému. Gastrointestinální absorpci dochází k pronikání toxinů do krevního řečiště a do tělesných tkání. Poté, co jsou mykotoxiny zkonsumovány a absorbovány v zažívacím traktu, dostávají se do jater, kde dochází k jejich biologické transformaci. Za normálních okolností takováto biotransformace toxicitu škodlivých látek snižuje, v případě mykotoxinů však někdy dochází paradoxně k jejímu zvýšení a zlepšení schopnosti těchto látek pronikat do jedlých tělesných tkání. V porovnání s monogastry jsou přežvýkavci vůči některým mykotoxinům odolnější, protože jejich bачorová mikroflora tyto látky rozkládá a likviduje. Bачorové mikroorganismy jsou schopny některé mykotoxiny transformovat, např. transformace aflatoxinů řady B na M typ (Bertuzzi et al., 2003, Gimeno, Martins, 2002). Nejčastější dopad kontaminace krmiva mykotoxiny na živočišnou produkci je však subklinický. Prvotní dopad mykotoxinů na zdraví zvířat i lidí je imunosuprese a snížení efektivity řady metabolických procesů a tedy zvýšená citlivost k negativním faktorům prostředí (Danicke, 2001). Mykotoxiny mohou vést k akutní intoxikaci, ale především mohou narušit užitkovost zvířete tím, že snižují jejich hmotnostní přírůstek, konverzi krmiva a odolnost proti infekčním nemocem.

Nejčastěji se v krmivech rostlinného původu objevují tyto mykotoxiny: aflatoxiny, fumonisiny, ochratoxin A, patulin, roquefortin C, zearalenon a mykotoxiny ze skupiny trichothečenů. Jejich podrobný popis byl uveden v Krmivářství 3/2003.

Primární kontaminace

Velká část mykotoxinů analyzovaných v krmivech je vyprodukována již během vegetace před sklizní a uskladněním. Patogenní mikroorganismy, především zástupci rodu *Fusarium* byly izolovány ze všech částí rostlin. Houby pronikají do hostitelských pletiv přes kořen, stonek, listy nebo také prostřednictvím vektorů, např. nematod. V průběhu fytopatogenního procesu dochází ke kontaminaci hostitelských rostlin mykotoxiny, které jsou v tomto období již detekovatelné. Obsah mykotoxinů narůstá v posledních týdnech před silážní zralostí, přičemž napadení je častější na odumřelých pletivech. Maximální úroveň obsahu toxinů jsou zaznamenávány v období sklizně a dále se významněji nemění.

Některé trichothece (např. DON a ZEA) byly nalezeny v travách v koncentracích přibližně 2 mg/kg. Silážní kukuřice také obsahovala DON a ZEA v různém množství, a to v rozpětí od 0,005 do 13,75 mg/kg. Incidence těchto mykotoxinů a jejich koncentrace byly zřetelně ovlivněny analyzovanou částí rostliny. Bylo zajímavé, že palice obsahovaly méně ZEA a v nižších koncentracích ve srovnání se stonky. Byla zaznamenána statisticky významná korelace mezi úrovní sušiny při sklizni a obsahem ZEA. U silážní kukuřice byla zaznamenána také přítomnost OTA. Gotlieb (1997) shrnul výsledky mnoha studií v USA, indikujících vysokou incidenci DON v silážích na úrovni až kolem 3 mg/kg. V Německu byly ZEA, DON a OTA nejčastěji izolovány ze siláží vyrobených z celých rostlin kukuřice. Koncentrace v silážích se pohybovala mezi 33 a 51 ppb u ZEA, 673-4297 ppb u DON a 17-37 ppb u OTA. Travní a kukuřičné siláže mohou být kontaminovány množstvím trichothečenů a zearalenonem. Obsahy mykotoxinů byly zaznamenány v nižším rozptylu.

Změny v obsahu mykotoxinů pocházejících z primární kontaminace během fermentace

Změny mykotoxinů pocházejících z fytopatogenního procesu v procesu silážování nejsou stále zcela objasněny. Nicméně je prokázáno, že většina těchto metabolitů vykazuje vysokou stabilitu v silně kyselém prostředí. V průběhu fermentace kukuřičné siláže nebyl pozorován pokles koncentrací ZEA a DON (Lepom et al. 1990). V sérii laboratorních pokusů se silážováním trav a kukuřice nebyl nalezen žádný podstatný efekt fermentace na obsah DON. Spodní hranice koncentrace pro tento mykotoxin byla 570 ppb, a po prodloužené době fermentace byla zjištěna průměrná koncentrace DON 620 ppb. Lindenfelser a Ciegler (1970) studovali změny v obsahu aflatoxinů během silážování a našli jen malé nebo vůbec žádné

snížení koncentrace obsahu těchto látek po 26 dnech skladování. Neúčinnost aflatoxinů popisovaná některými autory může být vysvětlena působením organických, především mléčných kyselin. Účinek byl silně závislý na koncentraci a periodách použití.

Dynamika růstu hub během fermentace a po otevření siláží

Růst vláknitých hub (plísní) je determinován množstvím faktorů, které ovlivňují konečné složení mykoflóry siláží. Nejdůležitější faktory jsou teplota, složení atmosféry, vlastnosti substrátů zahrnující vlhkost, vodní aktivitu, pH a chemické složení, stejně jako biotické faktory (přítomnost hmyzu, obratlovců a ostatních mikroorganismů).

Populace vláknitých hub prodělávají nepřetržité významné změny mezi obdobími vegetace před silážováním až po otevření hotové siláže. Stěžejní roli ve změně mykoflóry během prvních fází silážování hraje dostupnost kyslíku. Jakmile se v počáteční fázi fermentace vytvoří anaerobní prostředí, *Fusarium spp.* nemohou delší dobu přežít. Stejně tak brzy odumírají *Alternaria spp.* a *Cladosporium spp.* Je tedy zřejmé, že případné opožděné uzavření siláže může mít za následek vzrůst počtu houbových propagujících v silážích v počátečních fázích uskladnění.

Dle klasifikace vláknitých hub v silážích na základě jejich tolerance k deficitu kyslíku, jsou druhy rodu *Fusarium* přísně aerobní. Mezi tolerantní plísně řadí *Aspergillus fumigatus*, některé *Mucorales* a *Penicillium*, stejně jako *Monascus ruber*. Některé další druhy např. rodu *Mucor* nebo *Penicillium varioti* a *P. roqueforti* jsou považovány za indiferentní ve vztahu k přítomnosti kyslíku.

V sériích pokusů na rostlinách kukuřice Auerbach et al. (2000) ukázal pokračující snižování počtu nativních houbových propagulí, když byl materiál od začátku uskladněný v anaerobních podmínkách. Přístup vzduchu v počátečních fázích fermentace měl za následek růst některých druhů plísní dříve než jejich počet začal klesat. Jediným druhem vláknitých hub nalezeným v životaschopném stavu i po 60 dnech uskladnění byl *Penicillium roqueforti*. Na druhou stranu, permanentní přítomnost kyslíku nesnížila během celého zkušebního období množství hub.

Dalším faktorem ovlivňujícím sukcesi mikroorganismů během fermentace jsou změny pH způsobené přirozenou produkcí organických kyselin (mléčná, propionová aj.). Ačkoliv úroveň pH výrazně neovlivňuje vláknité houby, které mohou růst nebo zůstat v latentní fázi při širokém rozpětí pH od 3 do 8, kolísání mezi těmito hodnotami může mít vliv na jejich citlivost vůči ostatním okolním faktorům. Odolnost houbových organismů vůči organickým kyselinám je rozdílná mezi rody a druhy. Mléčná kyselina nemá většinou žádné negativní účinky na rozdíl od kyseliny propionové, která je možným inhibitorem plísní.

Růst vláknitých hub je možný také během odebírání krmiva, kdy je siláž znovu okysličována. Kyslík umožňuje růst vláknitých hub, jestliže ostatní faktory, jako jsou teplota, obsah organických kyselin, složení substrátu a konkurenční organismy neomezují jejich vývoj. Všechny micro-aerofilní druhy mají tu výhodu, že se mohou začít prudce množit při nízkých koncentracích kyslíku a relativně vysokých koncentracích oxidu uhličitého. Experimentálně bylo prokázáno, že např. *P. roqueforti* potřebuje pro růst minimální koncentraci kyslíku 4,2%, pokud koncentrace CO₂ nedosahuje 80%.

Mykoflora hotových siláží

Při analýze mykoflóry z 1230 vzorků hotových kukuřičných siláží z francouzských a italských farem bylo izolováno téměř 70 druhů hub. *Penicillium roqueforti* byl dominantním druhem nalezeným v 76% vzorků. Výskyt rodů *Monascus*, *Aspergillus*, *Byssosclama* a *Paecilomyces* byl 31%, 21%, 41%, respektive 27%. Hojně byly také zastoupeny *Mucoraceae*. Mykologické rozbory vzorků z 98 travních siláží a 135 kukuřičných siláží

shromážděných během let 1997 a 1998 v jižním Německu prokázaly také dominanci tři hlavních druhů. *P. roqueforti* byl objeven ve 30% vzorků a *M. ruber* a *A. fumigatus* byly přítomny v 19% a 9% siláží. V Rakousku bylo ve vzorcích 455 travních a kukuřičných siláží analyzováno spektrum vláknitých hub, převládal v 53.6% *P. roqueforti*, *B. nivea*, *A. glaucus* a *M. ruber* (Adler 1993).

Proměnlivé výsledky výzkumu mykoflóry v silážích, s ohledem na přítomnost, četnost a dominanci určitých druhů hub, mohou být připisovány mnoha faktorům. Vliv mohou mít metody používané pro laboratorní analýzy vláknitých hub, inkubace v anaerobním nebo aerobním prostředí ovlivňuje rozsah pěstovaných druhů. Důležitou roli hraje také teplota a složení růstových medií. Výsledky některých studií také naznačují, že populace hub se mohou lišit podle typu siláže. Rozmanitější mykoflóru byla popsána v travních než kukuřičných silážích.

Formování mykotoxinů v silážích

Zjištění vláknitých hub v silážích není definitivním důkazem přítomnosti mykotoxinů. Stejně jako u výše popisovaného růstu hub, je také formování mykotoxinů ovlivňováno množstvím faktorů prostředí. Stejně jako všechny druhy daných rodů plísní nejsou schopné tvořit mykotoxiny, tak vývoj toxinogenních druhů v silážích je předpokladem pro produkci toxických metabolitů v těchto krmivech. Ačkoli produkce mykotoxinů formovaných *in vitro* v umělých podmínkách se ukazuje být společnou charakteristikou mezi druhy izolovanými ze siláží, ne vždy tato data korelují se skutečností *in situ*.

Když po otevření siláže pronikne vzduch, může být zahájen růst plísní a produkce mykotoxinů. Bylo prokázáno, že *P. roqueforti* a *A. fumigatus* v travních a kukuřičných silážích mohou formovat ve výrazných koncentracích roquefortine C, stejně jako verruculogen a fumitremorgen B. Je velmi pravděpodobné, že typ dosažitelných uhlíkových zdrojů a jejich využitelnost může lépe podporovat růst *P. roqueforti* a formování roquefortinu C v kukuřičných silážích ve srovnání s travní siláží. Tyto siláže mají často přebytek cukru a plísně rostou dvakrát rychleji na cukrech jako na produktech fermentace.

Odběr vzorků

Stanovení mykotoxinů v krmivech či jiných komoditách je poměrně nákladná záležitost. Je třeba zajistit, aby takové vyšetření mělo co nejvyšší vypovídací schopnost. Maximální pozornost je proto třeba věnovat nejen vlastnímu analytickému stanovení, ale také vzorkování a přípravě vzorků pro analýzu. Výsledky analýz mohou být bezcenné, pokud vzorek nebyl dostatečně reprezentativní pro celou šarži a navážka vstupující do testu dostatečně reprezentativní pro daný vzorek. Chybné vzorkování materiálu a odběr poměrného vzorku z celkového odebraného vzorku tvoří dle mnohých autorů většinou přes 90% celkové chyby mykotoxinové analytiky. Důležitost správného vzorkování testované šarže pro přesný výsledek je dána dvěma typickými vlastnostmi kontaminace mykotoxiny: nízkou koncentrací těchto látek v dané komoditě a jejich nerovnoměrným rozložením. Pravděpodobnost záchytu kontaminace je možno zvýšit pouze zvýšením objemu jednotlivých vzorků a zvýšením jejich počtu.

Obsahy mykotoxinů v silážích - ČR

Mykologická a mykotoxikologická laboratoř Výzkumného ústavu pícninářského spol. s r.o. Troubsko se od roku 2002 zabývá studiem hygienické kvality různých typů rostlinných krmiv pro hospodářská zvířata. Kromě jiných hodnocení (obsah živin, smyslová hodnocení, celkový počet nativních kolonií kvasinek a plísní) jsou prováděny také testy na přítomnost a koncentraci mykotoxinů.

V letech 2002 a 2003 bylo testováno 65 vzorků různých konzervovaných materiálů na přítomnost a koncentraci pěti nejčastějších a nejzávažnějších mykotoxinů: aflatoxiny, deoxynivalenol,

fumonisinů, T-2 toxin a zearalenon. Vzorčky pocházely z podniků severní a jižní Moravy. Pro analýzy mykotoxinů byla použita ELISA metoda.

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny průměrné záchyty jednotlivých mykotoxinů ve vzorcích testovaných druhů krmiv.

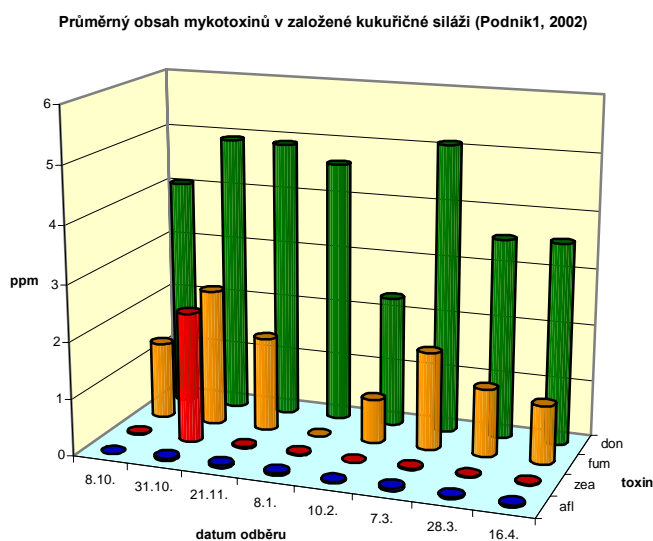
Tab.: Průměrné koncentrace mykotoxinů v sušině různých typů krmiv / ppm

	AFL	T2	FUM	DON	ZEA	Procento pozitivních vzorků
Vojtěšková siláž	0,0035	0,176	0,050	0,500	0,577	100
Kukuřičná siláž	0,0014	0,260	1,870	0,960	1,377	96
Jetelotravní siláž	0,0028	0,242	0,470	0,630	0,179	100
Travní siláž	0,0024	0,207	1,110	0,550	1,197	93
GPS ječmen	0,0024	0,163	1,130	1,370	0,500	100

Z výsledků analýz vyplývá, že z hlediska obsahu mykotoxinů jsou nejvíce problematické kukuřičné siláže. Naproti tomu jetelotravní a vojtěškové siláže byly těmito škodlivými látkami kontaminovány nejméně ze všech testovaných druhů krmiv. Primárním zdrojem kontaminace je napadení hostitelských rostlin patogenními organismy již v průběhu vegetace. Během sklizňového a konzervačního procesu se již obsah mykotoxinů výrazněji nemění s výjimkou látek produkovaných *Aspergillus* spp. či *Penicillium* spp., kdy v průběhu skladování může ještě dojít k sekundární infekci a následné tvorbě těchto látek. Zajímavý je záchyt fumonisinů u travních siláží. Tento typ mykotoxinů byl zatím popisován především z kukuřice, ale zřejmě zde může existovat vazba mezi produkujícími druhy *Fusarium* spp. a dalšími jednoděložnými druhy hostitelů.

Často je kladena otázka jak se mění obsah mykotoxinů např. v průběhu silážování. Následující graf demonstruje na kukuřičné siláži založené v roce 2003 obsah deoxynivalenolu a dalších mykotoxinů v průběhu silážovacího procesu. Vzorčky pro analýzy byly odebírány z horní části silážního žlabu vždy ve 3-4 týdenních intervalech. Z grafu je patrné, že pokud jsou mykotoxiny přítomny již v naskladňované hmotě jejich obsah se v průběhu silážování nijak výrazně nemění a co je hlavní, nedochází ke snižování. Spíše naopak a to v případě, že by siláž byla nekvalitně založena a došlo by k sekundární kontaminaci houbovými mikroorganismy.

Graf: Změny v obsahu vybraných mykotoxinů v kukuřičné siláži v průběhu silážování – příklad jednoho ze sledovaných podniků



Vedle VÚP Troubsko probíhají analýzy mykotoxinů také ve Státním veterinárním ústavu v Jihlavě, který je akreditovaným pracovištěm pro analýzu vybraných mykotoxinů. Pro analýzu deoxynivalenolu, zearalenonu a T2-toxinu v krmivech je používána metoda ELISA. Souhrnné výsledky monitoringu z let 2000-2002 byly prezentovány na semináři pořádaném SZÚ Brno pod názvem Mykotoxiny a toxinogenní mikromycety v potravinách (Honzlová, 2003). Výsledky z let 2003-2005 jsou uvedeny v následujících tabulkách. Všechny hodnoty jsou v ppm (mg/kg).

Rok 2003

Vzorek	Počet vzorků/počet pozitivních			Nadlimitní vzorky, max. koncentrace						Průměr (ppm)		
	DON	ZEA	T2	DON		ZEA		T2		DON	ZEA	T2
Travní senáž	5/2	5/5	5/3	1	2,39	2	0,54	0	0,42	0,55	0,29	0,17
Jetelotravní senáž	2/2	6/6	3/3	1	1,30	1	1,05	1	1,05	0,73	0,41	0,50
Vojtěšková senáž	2/2	4/4	2/2	0	0,87	2	0,77	0	0,27	0,70	0,50	0,22
Kukuřičná siláž	18/15	27/27	10/9	2	1,60	15	2,72	4	1,45	0,52	0,81	0,60
Cukrovarnické řízky	2/1	3/2	1/1	1	208	0	0,20	1	1,24	1,40	0,11	1,24
Sláma	2/1	2/2	2/2	1	2,25	1	0,92	1	0,51	1,13	0,68	0,43
Neurčená senáž	4/2	12/12	4/4	1	1,06	3	0,96	3	1,10	0,39	0,38	0,70
Neurčená siláž	3/2	7/6	2/1	1	1,16	0	0,48	0	0,32	0,66	0,19	0,16

Nadlimitní vzorky –posuzováno vzhledem k pracovním limitům: DON – 1 ppm, ZEA 0,5 ppm, T-2 toxin – 0,5ppm

Rok 2004

Vzorek	Počet vzorků/počet pozitivních			Nadlimitní vzorky, max. koncentrace						Průměr (ppm)		
	DON	ZEA	T2	DON		ZEA		T2		DON	ZEA	T2
Travní senáž	5/5	4/4	5/5	0	0,69	2	1,32	4	5,33	0,39	0,77	1,66
Jetelotravní senáž	6/5	9/9	9/8	0	0,49	2	1,26	5	0,76	0,31	0,42	0,46
Vojtěšková senáž	2/2	3/2	4/4	0	0,43	1	0,72	0	0,46	0,38	0,31	0,35
Kukuřičná siláž	33/27	39/37	42/40	1	1,29	15	2,08	35	2,30	0,40	0,52	0,76
Cukrovarnické řízky	1/1	0	1/1	0	0,38	-	-	1	0,82	0,38	-	0,82
Sláma	2/2	3/2	3/2	0	0,59	0	0,06	0	0,25	0,53	0,05	0,16
Neurčená senáž	11/9	15/13	16/16	0	0,41	4	1,72	11	1,18	0,26	0,43	0,69
Neurčená siláž	10/10	13/13	13/13	0	0,79	10	1,97	11	1,14	0,46	1,12	0,75

Nadlimitní vzorky –posuzováno vzhledem k pracovním limitům: DON – 1 ppm, ZEA 0,5 ppm, T-2 toxin – 0,5ppm

Rok 2005

Vzorek	Počet vzorků/počet pozitivních			Nadlimitní vzorky, max. koncentrace						Průměr (ppm)		
	DON	ZEA	T2	DON		ZEA		T2		DON	ZEA	T2
Travní senáž	5/5	6/6	6/6	0	0,51	0	0,43	2	0,67	0,40	0,22	0,42
Jetelotravní senáž	5/5	5/5	5/5	0	0,36	4	1,68	4	1,19	0,31	1,12	0,71
Vojtěšková senáž	4/4	4/4	4/4	0	0,86	1	1,09	1	0,68	0,51	0,46	0,39
Kukuřičná siláž	22/22	33/25	29/23	5	1,81	13	4,19	16	3,77	0,74	0,69	0,71
Cukrovarnické řízky	1/1	-	-	0	0,23	-	-	-	-	0,23	-	-
Sláma	-	-	-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neurčená senáž	2/2	9/8	8/7	1	1,39	3	3,53	4	1,91	0,93	0,62	0,67
Neurčená siláž	11/11	15/14	14/14	0	0,79	2	1,06	5	2,5	0,44	0,31	0,70

Nadlimitní vzorky –posuzováno vzhledem k pracovním limitům: DON – 1 ppm, ZEA 0,5 ppm, T-2 toxin – 0,5ppm

Na základě uvedených výsledků z let 2003 – 2005 je možné obecně konstatovat, že téměř všechny vzorky siláží a senáží vykazují pozitivní nálezy sledovaných toxinů. Pokud provedeme hodnocení krmiv z hlediska zátěže toxiny, nejvíce zatíženým krmivem je kukuřičná siláž, kde jsou zaznamenávány nejvyšší hladiny deoxynvalenolu a zejména zearalenonu a T2-toxinu. Senáže, přestože jich není vyšetřováno velké množství, vykazují rovněž významné hladiny uvedených toxinů. Z výsledků vyplývá, že analýze mykotoxinů u objemových krmiv musí být věnována větší pozornost, protože by se mnohdy mohlo předejít nepříznivým souvisejícím zdravotním problémům u zvířat.

Hygienické limity

Na rozdíl od potravin chybí ve většině evropských států pro jednotlivé mykotoxiny a jednotlivé kategorie zvířat a krmiv maximálně přípustné koncentrace. Jediným dnes limitovaným mykotoxinem je aflatoxin B1. Používalo se proto srovnání zjištěných výsledků s doporučenými limity publikovanými ve Spojených státech. Pro zearalenone pro všechna krmiva a kategorie zvířat je limit 0,5 mg/kg, T-2 toxin je limitován obdobně, pro fumonisin je maximálně přípustná hranice 5 mg/kg. U deoxynivalenolu je specifikováno několik kategorií, např. pro skot je hranice 10 ppm v méně než 50% krmiva, pro prasata 5 ppm.

V současnosti je vedena diskuse nad návrhem evropských limitů, které jsou uvedeny v následující tabulce.

	prasata	prasnice	selata	brojleři	nosnice	kuřata	přežvýkavci	dojnice	Přežvýkavci výkrm
Aflatoxin B1	20 ppb EU	20 ppb EU	10 ppb EU	20 ppb EU	20 ppb EU	10 ppb EU	50 ppb EU	5 ppb EU	10 ppb EU
Deoxynivalenol (DON)	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm	1 ppm
Zearalenone (ZEA)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)
T-2 toxin	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)
Fumonisin B1	10 ppm (draft)	10 ppm (draft)	10 ppm (draft)	50 ppm (draft)	50 ppm (draft)	50 ppm (draft)	50 ppm (draft)		
Ochratoxin A	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)	0,5 ppm (draft)

Opatření

Základem pro výrobu kvalitních objemných krmiv nekontaminovaných mykotoxiny je **integrováný systém pěstování rostlin s vhodně volenými prvky ochrany rostlin a dodržováním zásad správné zemědělské praxe (GAP – good agricultural practice)**. Patří sem především volba optimálního stanoviště pro pěstovanou plodinu, výběr vhodné odrůdy pro konkrétní pěstitelskou oblast, vyrovnaná výživa či přiměřená pesticidní ochrana proti houbovým chorobám a hmyzím škůdcům, kteří svojí činností vytvářejí vstupní bránu pro patogeny produkující toxické látky (některé mykotoxiny jsou již v malém množství výrazně toxičtější než rezidua běžně používaných pesticidů). Velmi důležitá je také dobře načasovaná a provedená sklizeň plodiny a neprodlené a správné silážování. Stále se v některých provozech setkáváme s nedostatečnou přípravou čerstvé silážní hmoty (řezání na optimální velikost částic) a také s nedokonalým udusáním a vytěsněním vzduchu u naskladněné siláže. Dalším z častých problémů zhoršujících kvalitu siláží bývá jejich nedostatečné a nedokonalé zakrytí umožňující přístup vzduchu a sekundární kontaminaci. Samostatnou kapitolou je dobře organizovaný odběr hotové siláže. I zde při špatném otevření a nekompaktním odběru může docházet ke kontaminaci. Riziko nadměrného růstu houbových mikroorganismů a následné tvorby mykotoxinů např. u skladovaných krmiv lze do určité míry snížit aplikací tzv. „protiplísňových“ přípravků. Pokud ale v dané komoditě (krmivu, siláži apod.) jsou již mykotoxiny přítomny, efekt těchto „protiplísňových“ přípravků je nulový. V této fázi musíme

hovořit o možnostech vyvázání mykotoxinů, což je nepoměrně složitější. Eliminace mykotoxinů, především v našich podmínkách nejrozšířenějších fusariotoxinů, je komplikována nízkou polaritou jejich molekul a tím i omezenou možností adsorpce, která je navíc málo stabilní. Na vyvazování mykotoxinů se donedávna používaly přípravky na bázi jílu, které selektivně adsorbují polární mykotoxiny (aflatoxiny, částečně ochratoxin A). Adsorpce je však možná pouze u molekul, které mají funkční polární skupiny. Adsorbované mykotoxiny nemohou být vstřebány přes střevní stěnu do krve, procházejí trávicím traktem zvířete a v trusu ven z těla. V současnosti je do těchto přípravků inkorporována inaktivovaná biomasa *Sacharomyces cerevisiae* se zachovanou enzymatickou aktivitou esteráz a epoxidáz. Tyto enzymy degradují molekuly trichohecénů a zearalenonu na netoxické metabolity, které jsou opět vyloučeny přirozenou cestou ze zvířete (Visconti et al., 2000, Dvorska, Surai, 2001, Smith et al., 2001).

Použité zkratky: DON – deoxynivalenol, ZEA – zearalenone, OTA – ochratoxin A, T2 – T2-toxin

Uvedené výsledky byly získány při řešení projektů QE0040 a QD1056 podporovaných MZe ČR.

Literatura je k dispozici u autorů.