

Obsah fuzáriových mykotoxinů v konvenčně a ekologicky pěstované pšenici v ČR

(Fusarium mycotoxin content of Czech organic and conventional wheat)

Polišenská, I., Jirsa, O., Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, Kroměříž

Souhrn: Byl hodnocen vliv způsobu pěstování pšenice (ekologický, konvenční) na obsah limitovaných fuzáriových mykotoxinů deoxynivalenolu (DON) a zearalenonu (ZEA). Celkem byl obsah mykotoxinů analyzován u 306 vzorků pšenice sklizené v letech 2015 – 2017, z toho 153 pocházelo z ekologicky hospodařících certifikovaných farem a 153 z konvenčního zemědělství. Cílem bylo sestavit identické soubory vzorků s ohledem na místo pěstování, předplodinu a odrůdu a lišící se pouze způsobem pěstování. Kontaminace mykotoxiny byla poměrně nízká v obou souborech vzorků, maximální hodnota DON byla v ekologických vzorcích 306 µg/kg, v konvenčních 960 µg/kg a ZEA v ekologických 11 µg/kg a v konvenčních 18 µg/kg. Rozdíl mezi úrovní kontaminace konvenčně a ekologicky pěstované pšenice nebyl průkazný.

Klíčová slova: Fusarium, mykotoxiny, deoxynivalenol, zearalenon, pšenice, ekologické zemědělství, konvenční zemědělství, předplodina

Abstract: The influence of wheat production system (organic versus conventional) on the content of limited Fusarium mycotoxins deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEA) was evaluated. In total, the mycotoxin content was analyzed in 306 samples of wheat harvested between 2015 and 2017, of which 153 were from certified organic farms and 153 from conventional agriculture. The aim was to compile identical sets of samples with regard to harvest location, preceding crop and variety and differing only by the ecological or conventional production system. Mycotoxin contamination was relatively low in both sets of samples, the maximum DON value was 306 µg/kg in organic samples, 960 µg/kg in conventional and ZEA in ecological 11 µg/kg and in conventional 18 µg/kg. The difference between the level of contamination of conventional and organic wheat was not significant.

Key Words: Fusarium, mycotoxins, deoxynivalenole, zearalenone, wheat, organic farming, conventional farming, preceding crop

Úvod

Houby rodu *Fusarium* jsou problémem všech oblastí, kde jsou pěstovány obiloviny a jsou považovány za nejvýznamnější příčinu jejich kontaminace mykotoxiny. Fuzáriovými mykotoxiny s největšími dopady jsou podle současných znalostí trichothece, a to zejména deoxynivalenol (DON), nivalenol, HT-2 toxin a T-2 toxin. Mezi nejvýznamnějšími faktory, ovlivňujícími kontaminaci obilovin mykotoxiny, je uváděno počasí, a to zejména delší vlhké období v růstových fázích metání, kvetení a pak také před sklizní (Schaafsma a Hooker, 2007). Vliv na intenzitu napadení a úroveň kontaminace mykotoxiny má také předplodina, stupeň odolnosti/náchylnosti dané odrůdy, výživa porostu a jeho celková kondice i další faktory.

Pro jejich negativní zdravotní účinky je obsah některých mykotoxinů v potravinách a v surovinách pro jejich výrobu limitován. V pšenici pro potravinářské využití je podle nařízení komise (ES) č. 1881/2006 stanoven maximální obsah mykotoxinu DON ve výši 1250 µg/kg a zearalenonu (ZEA) ve výši 100 µg/kg. Ekologické zemědělství je veřejností vnímáno zejména jako způsob hospodaření nepoužívající minerální hnojiva a pesticidy. V širším pojetí je ekologické zemědělství chápáno jako vyvážený agroekosystém trvalého charakteru, jehož cílem je snaha o udržení úrodnosti půdy a rozvoj biodiverzity (Urban a Šarapatka, 2003). V posledních dvou desetiletích nabývá na svém významu v celé Evropě. Koexistence ekologického a konvenčního způsobu hospodaření je doprovázena diskusemi ohledně srovnání kvality a zdravotní nezávadnosti z nich pocházejících zemědělských produktů. Aktuální je jak u nutričního složení a možného rozdílného vlivu na zdraví konzumentů, tak u otázky srovnání kontaminace ekologické a konvenční produkce mykotoxiny, a to zejména vzhledem k absenci fungicidů v ekologickém způsobu hospodaření. Ačkoliv již bylo opublikováno mnoho prací na toto téma, výsledky se často liší. Za hlavní příčinu obtíží dopátrat se pravdy označují Lester a Saftner (2011) skutečnost, že autoři srovnávacích studií nevěnují dostatečnou pozornost sestavení srovnatelných souborů produktů pocházejících z ekologického a konvenčního zemědělství. Uvádějí, že pouze soubory sestavené z párově komplementárních vzorků, tj. ze dvojic vzorků lišících se právě jen způsobem pěstování, tj. konvenční nebo ekologický, mají opravdu reálnou vypovídací schopnost. Komplementární vzorky téhož druhu obiloviny (pšenice, ječmen,...) by měly být pěstovány ve stejných půdních podmínkách, mít stejnou předplodinu, odrůdu, pocházet z blízkých lokalit, mít shodný termín sklizně apod. V podmínkách polních pokusů realizovali u nás srovnání kontaminace pšenice fuzáriovými mykotoxiny v konvenčním a ekologickém způsobu hospodaření Váňová et al. (2008). V rámci projektů NAZV MZe QF 3121 a QG 50041 pěstovali v letech 2004-2006 v Kroměříži 9 odrůd potravinářské pšenice v obou způsobech hospodaření. V ekologickém osevním postupu byla pšenice seta po předplodině jeteli (viz směrnice IFOAM: osmileté střídání plodin bez kukuřice s maximálně 50% podílem obilovin), v konvenčním osevním postupu byla předplodinou řepka (čtyřleté střídání plodin bez kukuřice s maximálně 50% podílem obilovin). V rámci konvenční technologie byly navíc použity 3 úrovně pěstitelské technologie, a to nízká, střední a vysoká, lišící se úrovní dusíkaté výživy, fungicidní ochranou a aplikací morforegulátorů. V nízké intenzitě byla fungicidní ochrana aplikována 1x, ve střední intenzitě 2x a ve vysoké dokonce 4x. Morforegulátory byly aplikovány jen u vysoké intenzity pěstování. Zjistili, že kontaminace pšenice

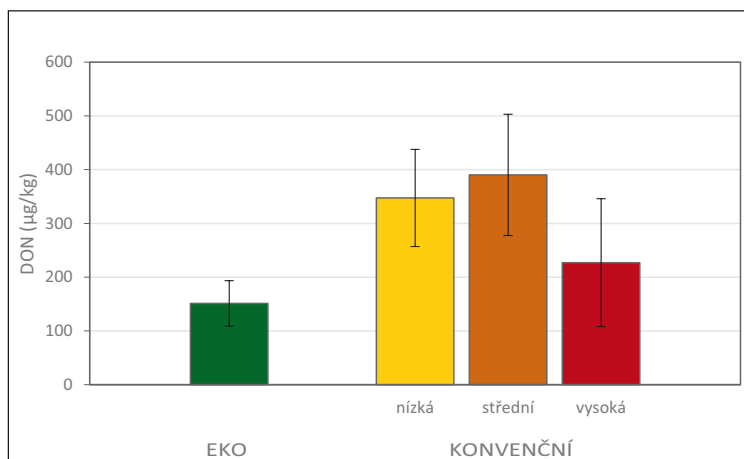
mykotoxinem DON byla v organickém způsobu pěstování průkazně nižší, než v konvenčním způsobu pěstování, avšak jen při nízké a střední intenzitě pěstování (Obr. 1). Ve vysoké intenzitě pěstování rozdíl průkazný nebyl (Váňová et al., 2008). Zhodnocení přítomnosti mikroskopických vláknitých hub rodu *Fusarium* v klasech pšenice v tomtéž pokusu ukázalo, že četnost jejich výskytu byla zpravidla vyšší při konvenčním způsobu pěstování než při pěstování ekologickém (Hajšlová a Schulzová, 2006).

Informace o srovnání kontaminace obilovin mykotoxiny z provozních podmínek ekologického a konvenčního způsobu hospodaření jsou známy ze zahraničí. Tak např. u pšenice zjistili v Belgii Harz et al. (2007) vyšší úroveň DON i zearalenonu (ZEA) u konvenčně pěstované pšenice ve srovnání s ekologicky pěstovanou, stejně jako v Norsku Bernhoft et al. (2010 a 2012). Ve Velké Británii Edwards (2009a) statisticky průkazný rozdíl v obsahu DON ani ZEA mezi konvenčně a ekologicky pěstovanou pšenicí nezjistil, na rozdíl od obsahu T-2 a HT-2 toxinů, který byl u ekologicky pěstované pšenice průkazně nižší. Průzkumy se však přístupy k sestavení souborů vzorků značně lišily. V ČR zatím obdobné informace, podložené rozbory reprezentativních souborů vzorků, chybí.

Cílem naší práce bylo porovnat kontaminaci potravinářské pšenice pěstované v ČR v konvenčním a ekologickém způsobu hospodaření fuzáriovými mykotoxiny deoxynivalenolem DON a ZEA.

Materiál a metoda

Srovnání kontaminace ekologicky a konvenčně pěstované pšenice sklizené v ČR fuzáriovými mykotoxiny DON a ZEA bylo realizováno ve sklizňových letech 2015-2017. Celkem bylo analyzováno 306 vzorků, z toho 153 z ekologického zemědělství a 153 z konvenčního. Vzorky z ekologické produkce pocházely z ekologických farem certifikovaných v souladu s platnými právními předpisy pro ekologické zemědělství. V jednotlivých letech bylo analyzováno 96 (2015), 106 (2016) a 104 (2017)



Obr. 1. Obsah deoxynivalenolu (DON) v pšenici pěstované ekologicky a konvenčně (intenzita nízká, střední, vysoká) v polním pokusu, průměr z 9 odrůd a 3 let pěstování (2004-2006). Podle: Váňová et al., 2008

vzorků pšenice, vždy polovina pocházela z ekologického a polovina z konvenčního způsobu pěstování. Vzorky byly odebrány z pšenice pěstované v provozních podmínkách. Ekologicky pěstované vzorky byly získávány na základě přímých kontaktů s pěstiteli a prostřednictvím firmy PRO-BIO, obchodní společnost s r.o. Komplementární soubor konvenčních vzorků

byl každoročně vybírán z 500 vzorků pšenice z celé ČR, které byly spolu s potřebnými údaji (původ, předplodina, odrůda) shromážděny v laboratoři Agrotestu fyto, s.r.o. pro účely sledování technologické kvality pšenice. Cílem bylo, aby soubory vzorků pěstované v ekologickém a konvenčním zemědělství byly co nejvíce totožné, a to s ohledem na původ (lokality – kraj, okres), předplodinu a pokud možno i odrůdu. Toto však nebylo vždy možné dodržet, zejména v případě odrůd zvlášť doporučených pro ekologické zemědělství (Scaro, Aszita, Capo, Lukullus), které v konvenčním pěstování pšenice k dispozici nebyly. Určité kompromisy bylo nutno dělat také u výběru předplodin, protože mezi předplodinami ekologických vzorků byly takové plodiny (dýně, úročník bolhoj, úhor), ke kterým nebylo možné nalézt přesný ekvivalent v konvenčním zemědělství. V těchto případech byly vybírány komplementární konvenční vzorky s nehostitelskou předplodinou. V případě nahrazování odrůd byl dodržován princip typu (jarní, ozimá) a byl respektován stupeň náchylnosti k fuzáriím, pokud je znám. Pšenice pocházela z 11 krajů ČR.

U všech 306 vzorků byl analyzován obsah DON a ZEA. Byla použita imunoenzymatická metoda ELISA (kity RIDASCREEN®DON, RIDASCREEN®ZEA) s limitem kvantifikace pro DON 10 µg/kg, pro ZEA 2 µg/kg. Metoda je v laboratoři Agrotestu fyto, s.r.o. akreditována ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025.

Úroveň kontaminace souborů vzorků pšenice mykotoxiny je vyhodnocena pomocí průměrných hodnot počítaných z pozitivních (nad LOQ) hodnot, mediánu, minimálních a maximálních hodnot, % pozitivních vzorků a hodnoty 90% percentilu. Průkaznost rozdílů mezi soubory vzorků byla hodnocena pomocí t-testu na hladině významnosti p=0,05, a to pro každý ze sklizňových let i pro souhrnná data. Pomocí chí square testu byly porovnány četnosti hodnot nad a pod limitem detekce. Výpočty byly provedeny v programu STATISTICA 12 (StatSoft).

Výsledky

V roce 2015 byla úroveň kontaminace mykotoxiny nízká jak u konvenčně tak u ekologicky pěstované pšenice. Na obsah DON bylo zjištěno více pozitivních vzorků (DON>10 µg/kg) mezi konvenčně (4 vzorky, tj. 8 %) ve srovnání s ekologicky (2 vzorky, tj. 4 %) pěstovanou pšenicí. Maximální zjištěná hodnota byla o něco vyšší u ekologické pšenice (141 µg/kg) než u konvenční (98 µg/kg) (Tabulka 1, Obr. 2). Rozdíly nebyly statisticky průkazné (t-test). Obsah ZEA byl u všech vzorků velmi nízký, bez ohledu na způsob pěstování, všechny vzorky pšenice měly obsah ZEA pod LOQ.

Tabulka 1. Srovnání obsahu mykotoxinů v ekologicky a konvenčně pěstované pšenicí, sklizeň 2015, 48 dvojic vzorků

	DON		ZEA	
	ekologie	konvence	ekologie	konvence
průměr* (µg/kg)	76	39	<2	<2
medián (µg/kg)	<10	<10	<2	<2
min (µg/kg)	<10	<10	<2	<2
max (µg/kg)	141	98	<2	<2
podíl pozitivních vzorků (%)	4%	8%	0%	0%
90% percentil (µg/kg)	<10	<10	<2	<2

*průměr je počítán jen z pozitivních vzorků tj. nad LOQ

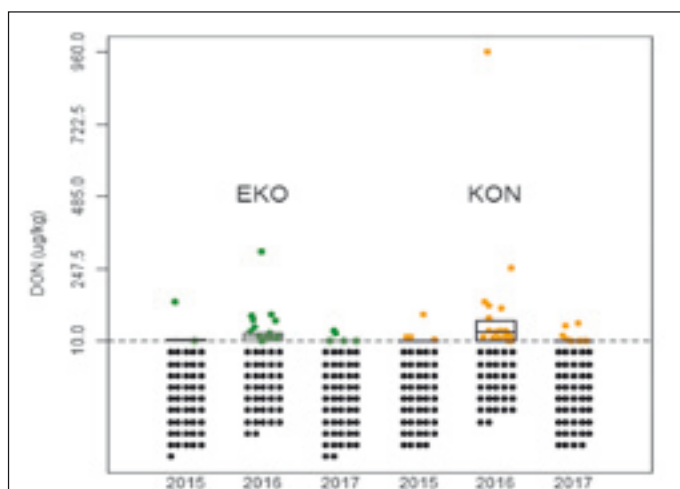
V roce 2016 byla úroveň obsahu mykotoxinů celkově vyšší než v roce 2015. Podíl pozitivních vzorků (DON>10 µg/kg) byl vyšší u konvenčně (21 vzorků, 40 %) než u ekologicky pěstované pšenice (16 vzorků, 30 %) (Tabulka 2, Obr. 2). Vyšší byla u konvenční pšenice také průměrná hodnota (131 µg/kg konvence, 67 µg/kg ekologie) a zejména maximální hodnota (960 µg/kg konvence, 306 µg/kg ekologie), průkazné však rozdíly nebyly. Mezi 53 vzorky pšenice v každém ze souborů bylo vždy po 5 vzorcích (9 %) s obsahem ZEA nad LOQ. Průměrná i maximální hodnota ZEA byla mírně vyšší v souboru konvenčních vzorků (průměr 9 µg/kg, maximum 18 µg/kg) než v souboru ekologických vzorků (průměr 7 µg/kg, maximum 11 µg/kg). Ani pro ZEA průkazné rozdíly nebyly.

Tabulka 2. Srovnání obsahu mykotoxinů v ekologicky a konvenčně pěstované pšenicí, sklizeň 2016, 53 dvojic vzorků

	DON		ZEA	
	ekologie	konvence	ekologie	konvence
průměr* (µg/kg)	61	98	7	9
medián (µg/kg)	<10	<10	<2	<2
min (µg/kg)	<10	<10	<2	<2
max (µg/kg)	306	960	11	18
podíl pozitivních vzorků (%)	30%	40%	9%	9%
90% percentil (µg/kg)	52	77	<2	<2

*průměr je počítán jen z pozitivních vzorků tj. nad LOQ

V roce 2017 byl podíl vzorků pozitivních na obsah DON celkově nižší, než v roce 2016, avšak vyšší, než v roce 2015. Na obsah DON bylo pozitivních 15 % vzorků pěstovaných konvenčním způsobem (8 vzorků) a 13 % vzorků pěstovaných ekologicky (7 vzorků) (Tabulka 3, Obr. 2). Maximální zjištěný obsah byl 69 µg/kg pro konvenčně a 42 µg/kg pro ekologicky pěstovanou pšenicí. Na obsah ZEA byly mezi 52 konvenčně pěstovanými vzorky pozitivní 2 (4 %), mezi 52 ekologicky pěstovanými vzorky 1 (2 %). Ani pro DON ani pro ZEA nebyly rozdíly průkazné.



Obr. 2. Srovnání obsahu deoxynivalenolu (DON) v ekologicky a konvenčně pěstované pšenicí v provozních podmínkách v ČR v letech 2015 – 2017. Černé body znázorňují vzorky pšenice s hodnotami pod limitem kvantifikace (10 µg/kg).

Provedený t-test (Tabulka 4) neprokázal významný rozdíl mezi úrovní kontaminace souboru konvenčně a ekologicky pěstovaných pšeníc, a to v žádném ze sklizňových let, ani pro souhrnná data.

Tabulka 3. Srovnání obsahu mykotoxinů v ekologicky a konvenčně pěstované pšenici, sklizeň 2017, 52 dvojic vzorků

	DON		ZEA	
	ekologie	konvence	ekologie	konvence
průměr* (µg/kg)	19	27	2	5
medián (µg/kg)	<10	<10	<2	<2
min (µg/kg)	<10	<10	<2	<2
max (µg/kg)	42	69	2	7
podíl pozitivních vzorků (%)	13%	15%	2%	4%
90% percentil (µg/kg)	10	11	<2	<2

*průměr je počítán jen z pozitivních vzorků tj. nad LOQ

Diskuse

Ze zahraničí je známa řada studií, které srovnávají kontaminaci konvenční a ekologické produkce obilovin mykotoxiny. Některé studie žádný rozdíl neprokázaly, jiné našly nižší kontaminaci u ekologicky pěstovaných obilovin. Výsledek se liší v závislosti na konkrétním mykotoxinu, druhu obiloviny a záleží také na přístupu k sestavování souboru vzorků.

Harz et al. (2007) srovnávali kontaminaci mykotoxiny DON a ZEA v ozimé pšenici sklizené v letech 2002 až 2005 v Belgii. Soubory vzorků nebyly stejně velké a nebyl brán ohled na místo pěstování nebo předplodinu. Na základě analýzy 65 vzorků konvenčně a 52 vzorků ekologicky pěstované pšenice zjistili vyšší úroveň obou mykotoxinů u konvenčně (průměr: DON 65 µg/kg, ZEA 68 µg/kg; maximální hodnota: DON 2842 µg/kg, ZEA 232 µg/kg) než u ekologicky (průměr: DON 52 µg/kg, ZEA 47 µg/kg; max: DON 1184 µg/kg, ZEA 86 µg/kg) pěstované pšenice.

V Norsku (Bernhoft et al., 2010; Bernhoft et al., 2012) provedli velmi rozsáhlý průzkum, do kterého zahrnuli celkem 602 vzorků obilovin (301 organicky a 301 konvenčně pěstovaných), a to ječmene, ovsa a pšenice. Vzorky pocházely ze sklizní v letech 2002-2004, analyzován byl jak obsah mykotoxinů, tak přítomnost

jejich původců, různých druhů *Fusarium*. Soubory vzorků byly komplementárně sestaveny: organické a konvenční vzorky byly párově vybírány tak, aby bylo shodné jejich místo pěstování, odrůda i datum sklizně a lišily se pouze způsobem pěstování ekologický / konvenční. Průkazně nižší výskyt patogenů *Fusarium* i nižší koncentraci mykotoxinů zjistili v ekologicky pěstovaných obilovinách.

Edwards (2009 a) analyzoval ze sklizní 2001 až 2005 celkem 1624 vzorků pšenice z Velké Británie, pěstované konvenčně (1377 vzorků) i ekologicky (247 vzorků). Statisticky průkazný rozdíl mezi konvenčně a organicky pěstovanými vzorky v obsahu DON ani ZEA nezjistil, na rozdíl od obsahu T-2 a HT-2 toxinů, který byl u ekologicky pěstované pšenice průkazně nižší. Soubory konvenčně a ekologicky pěstovaných vzorků nebyly sestaveny komplementárně, ale lišily se počtem vzorků, skladbou předplodin, odrůdou i místem pěstování.

Obdobná sledování byla provedena i pro jiné obiloviny. Např. Twaruzek et al. (2013) zjistili v Polsku v letech 2009-2011 častější výskyt mykotoxinů v konvenčně než v ekologicky pěstovaném ovsu, stejně jako Kuzdralinski et al. (2013) v letech 2006-2008. Také Edwards (2009 b) ve Velké Británii zjistil vysoce průkazný rozdíl mezi kontaminací konvenčně a organicky pěstovaného ovsa T-2 a HT-2 toxinů, přičemž průměr součtu T-2 + HT-2 byl téměř 5x vyšší u konvenčně než u organicky pěstovaného ovsa. Výsledky našeho průzkumu provedeného na párově sestavených souborech vzorků konvenčně a ekologicky pěstované pšenice statisticky průkazný rozdíl v úrovni kontaminace mykotoxiny DON a ZEA neprokázaly. Obsah mykotoxinů byl srovnatelně nízký u obou souborů pšeníc. U žádného vzorku pšenice z konvenčního ani z ekologického způsobu pěstování nebyl překročen limit pro maximální obsah v potravinářských obilovinách, který je pro DON 1250 µg/kg (max. zjištěná hodnota byla 960 µg/kg) a pro ZEA 100 µg/kg (max. zjištěno 18 µg/kg). Určitá tendence k vyššímu obsahu mykotoxinů byla pozorována pouze v roce 2016, ze kterého pocházejí zjištěné maximální hodnoty. Jednou z příčin nízkého obsahu mykotoxinů v obou souborech vzorků pšenice může být počasí, které mělo ve sledovaných letech v obdobích klíčových pro rozvoj klasových fuzárií sušší charakter, a to zejména v letech 2015 a 2017. Další příčinou může být zvolený způsob výběru konvenčního souboru vzorků, a to zejména zásada dodržení stejných předplodin s ekologickými vzorky tak, aby byl zachován princip komplementarity a srovnávané soubory vzorků se lišily pouze způsobem pěstování ekologický / konvenční, v ostatních parametrech aby byly shodné. U ekologicky pěstované pšenice se předplodina kukuřice vyskytla mezi celkem 153 vzorky pouze 2x (1,3 %). V základním souboru 1500 konvenčních vzorků z celé ČR, ze kterých bylo 153 konvenčních vzorků pro srovnání s ekologickými vybíráno, předplodina kukuřice figurovala mnohem častěji a to u 230, tj. 15% vzorků (Obr. 3). Do srovnávacího souboru však byly ve shodě s ekologicky pěstovanými vzorky zařazeny pouze 2 konvenční pšenice pěstované po kukuřici. Dále, u 66 vzorků ekologicky pěstované pšenice (43 %) byl předplodinou jetel nebo vojtěška. Ta byla naopak u konvenčních vzorků mnohem méně častá, ve výběru konvenčních vzorků však tento počet byl dodržen. Je možno předpokládat, že pokud bychom srovnávali kontaminaci 153 ekologicky pěstovaných pšeníc s kontaminací všech 1500 konvenčně pěstovaných pšeníc nebo by výběr konvenčních vzorků byl proveden proporcionálně s ohledem na reálné zastoupení předplodin v konvenčním zemědělství, obsah mykotoxinů by u konvenčního souboru pšeníc byl pravděpodobně vyšší.

Tabulka 4. Statistické vyhodnocení obsahu mykotoxinů v ekologicky a konvenčně pěstované pšenici, vzorky z celé ČR, 2015-2017, t-test.

Myko-toxin	Rok sklizně	Počet vzorků EKO	Průměr EKO (µg/kg)	Počet vzorků KON	Průměr KON (µg/kg)	p
DON	2015	48	5	48	4	0,85
DON	2016	53	19	53	41	0,27
DON	2017	52	4	52	7	0,23
DON	celkem	153	10	153	18	0,25
ZEA	2015	48	0,3	48	0,3	0,84
ZEA	2016	53	0,9	53	1,2	0,51
ZEA	2017	52	0,3	52	0,2	0,81
ZEA	celkem	153	0,5	153	0,6	0,56

Potvrzují to výsledky z průzkumu výskytu mykotoxinů v ČR (Polišenská a Jirsa, 2016), kdy ze sklizně 2016 byly zjištěny 4 vzorky s nadlimitním obsahem DON (maximální hodnota 4070 µg/kg) a 1 s nadlimitním obsahem ZEA (118 µg/kg). Tři z těchto 5 nadlimitních vzorků měly jako předplodinu kukuřici. Kukuřice je obecně považována za předplodinu významně zvyšující riziko kontaminace následné pšenice fuzáriovými mykotoxiny, a to nejen jako přímá předplodina, ale i její vyšší zastoupení v osevním sledu. Kukuřice bývá totiž silně napadána fuzárií, a to zvláště při napadení zavřečkem, relativně pozdě se sklízí a zbytky se zapravují do půdy mělce.

Dosavadní publikované výsledky týkající se srovnání výskytu mykotoxinů v obilovinách pěstovaných ekologicky a konvenčně shrnuli v nedávné době Brodal et al. (2016). Konstatují, že většina studií srovnávajících výskyt DON průkazný rozdíl nezjistila. V některých studiích byl pak prokázán jeho nižší výskyt v ekologicky pěstovaných obilovinách.

Důvod je přičítán zejména nižšímu zastoupení obilovin v osevních postupech a obecně širším osevním sledům v ekologickém hospodaření. V četných průzkumech je zmiňována nízká úroveň kontaminace obilovin mykotoxiny obecně, dalece pod limitem daným legislativou EU pro potravinářské obiloviny (1250 µg/kg) podle nařízení komise ES č. 1881/2006. Mnozí autoři studií vyvozují závěr, že **počasí, ročník pěstování, lokalita, způsob zpracování půdy a zejména osevní sled jsou pro výskyt fuzáriových mykotoxinů mnohem významnější, než ekologický či konvenční způsob hospodaření. Výsledky našeho průzkumu v českých podmínkách to potvrzují.**

Dedikace: Výsledky byly získány a zpracovány za podpory řešení projektu MZe ČR QJ1510204, funkčních úkolů MZe ČR (419/2015-17221 a 636/2016-17221) v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Agrotest fyto, s.r.o.

/Recenzováno/

Literatura:

Bernhoft, A., Clasen, P.E., Kristoffersen, A.B., Torp, M. (2010): Less Fusarium infestation and mycotoxin contamination in organic than in conventional cereals. *Food additives and Contaminants*, 27, 6:842-852.

Bernhoft, A., Torp M., Clasen, P. E., Loes, A. K., Kristoffersen, A. B. (2012): Influence of Agronomic and Climatic Factors on Fusarium Infestation and Mycotoxin Contamination of Cereals in Norway. *Food Addit Contam Part A*, 29 (7):1129-1140.

Brodal, G., Hofgaard, I. S., Eriksen, G. S., Bernhoft, A., Sundheim, L. (2016): Mycotoxins in organically versus conventionally produced cereal grains and some other crops in temperate regions. *World Mycotoxin Journal*, 9(5):755-770.

Edwards, S. G. (2009a): Fusarium mycotoxin content of UK

organic and conventional wheat. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2009 Apr;26(4):496-506.

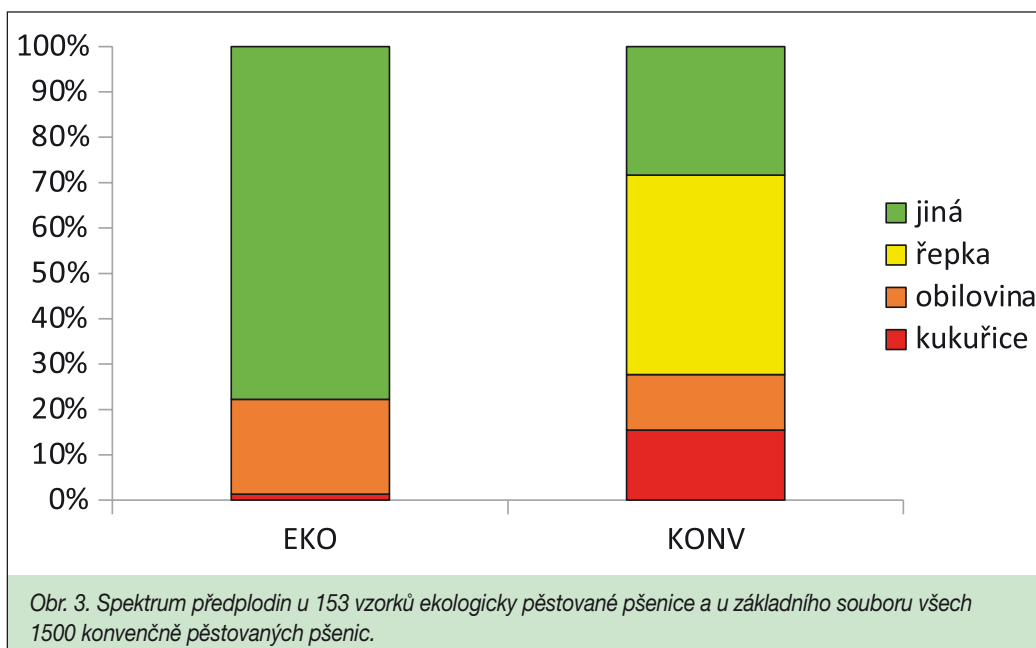
Edwards S.G. (2009b): Fusarium mycotoxin content of UK organic and conventional oats. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2009 Jul;26(7):1063-9.

Hajšlová, J., Schulzová, V.: Porovnání produktů konvenčního a ekologického zemědělství. Praha, ÚZEI, 2006.

Harcz, P. et al. (2007) Contaminants in organically and conventionally produced winter wheat (*Triticum aestivum*) in Belgium. In *Food Addit Contam.*, vol. 24, no. 7, pp. 713-720.

Kuzdralski A., Solarska E., Mazurkiewicz J. (2013): Mycotoxin content of organic and Conventional oats from southeastern Poland. *Food Control* 33:68-72.

Lester G.E., Saftner R.A. (2011). Organically versus conventionally grown produce: common production inputs,



nutritional quality, and nitrogen delivery between the two systems. *J Agric Food Chem*. 59(19):10401-6.

Polišenská, I., Jirsa, O.: Kvalita pšenice v letech 2014-2015.

Šlechtitelský seminář 2016 : Pšenice 2016; Praha 1. - 2. prosince 2016, s. 17-25.

Schaafsma, A. W., Hooker D. C. (2007): Climatic models to predict occurrence of Fusarium toxins in wheat and maize. *Int J Food Microbiol*. 119(1-2):116-25.

Urban, J., Šarapatka, B. (2003): *Ekologické zemědělství učebnice pro školy i praxi 1. díl. Základy ekologického zemědělství, agroenvironmentální aspekty a pěstování rostlin.* Praha, MŽP.

Vaňova, M., Klem, K., Miša, P., Matušinský, P. Hajšlova, J. Lancova, K. (2008). The content of Fusarium mycotoxins, grain yield and quality of winter wheat cultivars under organic and conventional cropping systems. *Plant, Soil and Environment*, 54, s9, 395-402 ISSN: 1214-1178.

Kontaktní adresa autorů: RNDr. Ivana Polišenská, Ph.D., Agrotest fyto s.r.o., Havlíčkova 2787, 767 01 Kroměříž, polisenska@vukrom.cz