

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra rostlinné výroby

Disertační práce

Mykotoxikologická kvalita ovsa

Autorka práce: Ing. Hana Pejsarová

Vedoucí práce: doc. Ing. Jana Pexová Kalinová, Ph.D.

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 30.6.2023

.....

Podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí disertační práce doc. Ing. Janě Pexové Kalinové, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytla při řešení této práce a Ing. Zdeňku Štěrbovi, Ph.D., za pomoc při samotném pokusu.

Tato práce byla zpracována za podpory projektu MZe NAZV 81060 Stanovení příčin a možností omezení nových rizik spojených s výskytem fuzáriových mykotoxinů a jejich vázané formy v obilovinách.

Abstrakt

Za jedno z nejvážnějších onemocnění obilovin způsobující vysoké ekonomické ztráty jsou celosvětově považovány fuzariózy. Jejich výskyt je významně ovlivněn klimatickými podmínkami i agrotechnickými zásahy. Toxiny produkované mikroskopickými houbami především z rodu *Fusarium* sp. jsou častým kontaminantem pšenice, kukuřice, ječmene, žita i ovsa. Cílem této práce bylo proto získat poznatky o vlivu faktorů (odrůda, ročník a předplodina) na mykotoxikologickou kvalitu ovsa. Na deseti odrůdách ovsa, pěstovaných v letech 2009 až 2012 na pokusném pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích byla sledována přítomnost houbových patogenů a hladina vybraných mykotoxinů (HT-2, T-2, DON, NIV a D3G). Mezi porovnávané odrůdy byly zahrnuty čtyři nahé odrůdy (Abel, Avenuda, Izak, Saul) a šest pluchatých odrůd (Atego, Flämingsprofi, Neklan, Pogon, Salo, Veli). Dalšími faktory, které byly zahrnuty do pokusu, byly předplodina a ročník. Porovnávana byla citlivost jednotlivých odrůd k napadení, hladina jednotlivých mykotoxinů v zrně, růstové charakteristiky ovsa hodnocené v průběhu vegetace a parametry technologické kvality.

Klíčová slova: oves; *Fusarium*; předplodina; odrůda

Abstract

Fusarium head blight is considered to be one of the most serious cereal diseases causing high economic losses worldwide. Their occurrence is significantly influenced by climatic conditions and agrotechnical interventions. Toxins produced by microscopic fungi, especially from the genus *Fusarium* sp., are common contaminants of wheat, corn, barley, rye and oat. The aim of this work was therefore to obtain knowledge about the influence of factors (variety, season and pre-crop) on the mycotoxicological quality of oats. The presence of fungal pathogens, mainly from the genus *Fusarium*, and the level of selected mycotoxins (HT-2, T-2, DON, NIV and D3G) were observed on ten varieties of oats grown from 2009 to 2012 on the experimental plot of the University of South Bohemia in České Budějovice. The compared varieties included four naked varieties (Abel, Avenuda, Izak, Saul) and six hulled varieties (Atego, Flämingsprofi, Neklan, Pogon, Salo, Veli).

The impact of season, pre-crop or variety on the presence *Fusarium* species was focused. The susceptibility of individual varieties to infestation, the level of individual mycotoxins in the grain, the growth characteristics of oats evaluated during vegetation and the parameters of technological quality were compared.

Key words: oat; *Fusarium*; pre-crop; variety

Obsah

1.	Úvod	9
2.	Literární rešerše	10
2.1	Produkce a význam ovsa	10
2.2	Původ a botanická charakteristika ovsa	11
2.3	Biologická charakteristika a zvláštnosti ovsa.....	14
2.4	Šlechtění ovsa.....	15
2.5	Agrotechnická charakteristika.....	16
2.6	Houbové choroby ovsa.....	18
2.6.1.	Fuzariózy – <i>Fusarium</i> sp.	20
2.6.2.	Faktory ovlivňující výskyt fuzarióz.....	24
2.6.3.	Mikroskopické znaky <i>Fusarium</i> sp.	26
2.6.4.	Identifikace fuzárií.....	30
2.7	Kvalita zrna ovsa.....	31
2.8	Mykotoxiny	32
2.8.1.	Mykotoxiny a jejich význam	32
2.8.2.	Faktory ovlivňující produkci mykotoxinů.....	34
2.8.3.	Přehled nejvýznamnějších mykotoxinů a jejich producentů	35
2.8.3.1	Mykotoxiny druhů rodu <i>Fusarium</i> sp.	36
2.8.3.2	Konjugáty mykotoxinů	48
2.8.3.3	Fuzáriové mykotoxiny na ovsu.....	48
3.	Cíl.....	50
3.1.	Hypotézy	50
4.	Materiál a metody.....	51
4.1	Charakteristika stanoviště	51
4.2	Charakteristika použitých odrůd	51
4.3	Založení polního pokusu	54
4.4	Parametry hodnocené během vegetace	55
4.5	Parametry hodnocené po sklizni	55
4.6	Analýzy spektra mikroskopických hub na obilkách ovsa metodou morfologických znaků.....	56
4.7	Charakteristika identifikovaných zástupců rodu <i>Fusarium</i>	58
4.7.1.	<i>Fusarium avenaceum</i> (Fries) Saccardo	58

4.7.2.	<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Saccardo	59
4.7.3.	<i>Fusarium graminearum</i> Schwabe	60
4.7.4.	<i>Fusarium poae</i> (Peck) Wollenweber	61
4.7.5.	<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherbakoff.....	62
4.7.6.	<i>Fusarium tricinctum</i> (Corda) Saccardo	63
4.8	Ověření přítomnosti mikroskopických hub rodu <i>Fusarium</i> pomocí PCR	64
4.9	Analytická metoda HPLC/MS/MS pro stanovení fuzáriových mykotoxinů	65
4.10	Statistické vyhodnocení dat	66
5.	Výsledky.....	67
5.1	Vizuální hodnocení napadení rostlin ovsa houbovými chorobami během vegetace	67
5.2	Vizuální hodnocení napadení lat ovsa houbami z rodu <i>Fusarium</i>	68
5.3	Identifikované druhy mikroskopických hub na povrchu obilek ovsa	70
5.4	Identifikované druhy fuzárií.....	73
5.5	Délka juvenilní fáze ovsa	74
5.6	Počet plodných stébel.....	76
5.7	Stupeň polehnutí	77
5.8	Výnos	79
5.9	Počet zrn na latu (počet plodných kvítků v latě).....	80
5.10	Hmotnost zrn v latě	82
5.11	Hmotnost tisíce zrn	83
5.12	Vyrovnanost	85
5.13	Mykotoxiny	87
5.13.1.	HT-2	87
5.13.2.	T-2	89
5.13.3.	DON	91
5.13.4.	NIV	94
5.13.5.	D3G	96
6.	Diskuse	99
6.1	Zastoupení fytopatogenních hub na ovsu.....	99
6.2	Vliv ročníku na napadení houbami rodu <i>Fusarium</i>	99
6.3	Mykotoxiny	101
6.3	Vliv druhu a odrůdy na napadení houbami rodu <i>Fusarium</i> a produkci mykotoxinů	103

6.4 Vliv předplodiny na napadení houbami rodu <i>Fusarium</i> a produkci mykotoxinů	107
6.5 Vztah napadení a obsahu mykotoxinů ke sledovaným morfologickým a kvalitativním parametrům ovsa	110
6.5.1. Délka juvenilní fáze	110
6.5.2 Počet plodných stébel	111
6.5.3 Stupeň polehnutí	112
6.5.4 Výnos	113
6.5.5 Počet zrn na latu	114
6.5.6 Hmotnost zrn v latě	115
6.5.7 Hmotnost tisíce zrn	116
6.5.8 Vyrovnanost	117
7. Závěr	119
Seznam použité literatury	122
Seznam příloh	141

1. Úvod

Obiloviny patří k nejvíce pěstovaným kulturním plodinám na světě. V současné době se pěstuje mnoho druhů a odrůd obilovin, zejména pšenice, rýže a kukuřice, které mají zásadní význam pro lidskou výživu. Oves byl dlouhou dobu druhořadou obilovinou, která se pěstovala v oblastech méně příznivých pro pěstování pšenice, ječmene či kukuřice. V posledních několika desetiletích je oves vyhledávanou obilovinou, ceněnou zejména pro své jedinečné nutriční složení. Jeho pozitivními účinky na lidský organismus, zejména sportovců, dětí a starších lidí, byly již mnohokrát popsány. Konzumace ovsa vede ke snížení hladiny cholesterolu v krvi, působí jako prevence proti rakovině trávicího ústrojí, k redukci glukózy u diabetiků a ke zvýšení psychické pohody organismu. Aby byl účinek ovsa na zdraví člověka či zvířat pouze pozitivní, je ale nutné věnovat pozornost i jeho hygienické kvalitě.

Na rozdíl od ostatních základních obilovin byl oves dlouhou dobu považován za plodinu méně napadanou chorobami a škůdci. Houbové onemocnění vyskytující se na obilninách, bylo donedávna spojováno pouze s pšenicí, kukuřicí či ječmenem. Nicméně patogeny způsobující houbová onemocnění se běžně vyskytují i na ovsu, jen jejich napadení nemusí být okem viditelné.

Mikroskopické houby rodu *Fusarium* jsou celosvětově rozšířeným polyfágním druhem, který je původcem onemocnění polních plodin, zeleniny, okrasných rostlin i lesních dřevin. Onemocnění vyvolané houbami tohoto rodu se obecně označuje jako fuzariózy. Fuzariózy se mohou na hostitelské rostlině projevovat různým způsobem, jejich přítomnost negativně ovlivňuje kvantitativní i kvalitativní parametry infikovaných plodin. Napadené rostliny se vyznačují nižším výnosem, zrno je svraštělé a má nižší HTZ. Dalším rizikem je produkce sekundárních metabolitů – mykotoxinů, které negativně ovlivňují jakost zrna a jsou pro lidské zdraví škodlivé.

Základem zemědělské produkce by mělo být zajistit zdravotní nezávadnost během pěstování, sklizně, skladování a zpracování nejen u hlavních plodin, ale i druhů pěstovaných méně.

2. Literární rešerše

2.1 Produkce a význam ovsa

V minulosti byl oves důležitou hospodářskou plodinou. Pěstoval se pro obilky, které byly potravou koní (obrok), a slámu, která byla oblíbeným krmivem pro hovězí dobytek. V našich zemích došlo po roce 1945 k poklesu jeho pěstování, a to kvůli snížení stavu koní. V roce 2016 se plochy ovsa pohybovaly v řádu 37 600 hektarů, průměrný výnos činil za rok $3,67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a celková sklizeň byla 138 tis. t (Kůst et Stehlíková, 2016). Následoval mírný nárůst osevni plochy ovsa, který dle údajů Českého statistického úřadu činil 44 065 hektarů pro rok 2017 (ČSÚ, 2017), 46 740 hektarů v roce 2020 (ČSÚ, 2020). Pěstitelské plochy nahého ovsa se v České republice pohybují mezi 3000-4000 ha, což je pouze okolo 5-7 % celkové plochy ovsa (Moudrý, ústní sdělení).

Plochy ovsa v EU v roce 2014 dosahovaly 2 552 879 ha a průměrný výnos byl $3,04 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Světová produkce dosahuje plochy 9 591 795 ha při výnosu pouhých $2,37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Mezi nejvýznamnější producenty patří Rusko, Kanada, Austrálie, Polsko, Španělsko, USA, Finsko, Ukrajina, Brazílie, Argentina, Čína, Kazachstán, Rumunsko, Švédsko, Bělorusko, Velká Británie, Čile, Německo a Itálie (Faostat, 2017)

Oves je stále nejvíce využíván ke krmení hospodářských zvířat a dále k potravinářským účelům. V poslední době se oves stal synonymem zdravé výživy, vzpomeňme například ovesné vločky, ovesnou kaši, ovesné tyčinky, či ovesné mléko či koktejly (Kocián, 2017).

Ovesné vločky mohou být též součástí různých sladkých jídel, zákusků, moučníků, cukrovinek a jogurtů, kde nahrazují mandle a oříšky. Osvědčily se také jako přísada nádivek, karbanátků, polévek, jíšek atd. Ve Skandinávii se z ovesné mouky peče chléb a tvrdé nekvašené pečivo. Z ovsa se dokonce vařilo pivo, které se v současné době produkuje v Belgii, stejně tak se oves využívá při výrobě některých druhů piv v anglosaských zemích. Rusové z něj připravovali alkoholický nápoj – kvas (Šliková et al., 2010).

Oves je vhodnou složkou potravy pro děti a mládež, těžce pracující, sportovce, nemocné a staré lidi díky vysokému obsahu bílkovin (11-16 %), tuku (5-12 % v sušině), příznivému složení sacharidů, vysokého obsahu lehce rozpustné vlákniny (14-25 %), vitamínů B1, B2, E, hořčíku, železa a dalších minerálních látek (Prugar, 2008). Nahý oves obsahuje více bílkovin (16 %), tuků (11 %) a vlákniny ($23 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) než pluchatý oves (Sterna et al., 2016).

Výsledky Givens et al. (2004) a Biel et al. (2009) ukazují, že nahý oves obsahuje nižší obsah vlákniny. Pozitivní vliv ovesné vlákniny na snížení rakoviny zažívacího traktu, hladiny cholesterolu v krvi, redukci krevní glukózy u diabetiků, omezení srdečních a cévních chorob, zvýšení psychické stability organismu a řada dalších léčivých účinků byl mnohokrát prokázán (Moudrý, 1993). Denní příjem 40 g ovesných otrub významně snižuje rezistenci vůči inzulinu u pacientů s cukrovkou (Raimondi de Souza et al., 2016).

Oves obsahuje vysoký podíl esenciálních aminokyselin např. cystein, avenin, avenalin, edestin a jiné. β -glukany v ovsu jsou lineární nevětvené polysacharidy skládající se přibližně ze 70 % (1 \rightarrow 4) a 30 % (1 \rightarrow 3) β -D-glukopyranosyl, který je uložen v endospermu buněčných stěn, v aleuronové vrstvě a zárodku (Wood, 2011; Salmenkallio-Marttila et al., 2011; Marshall et al., 2013). Oves dále obsahuje vysoké procento lipidů, převážně nenasycených mastných kyselin (kys. olejová 55 % a kys. α -linolová 35 %), které jsou také částečně zodpovědné za rozvoj hořké příchutě a žluknutí během zpracování. Příčinou je především působení hydrolytických a oxidoredukčních enzymů na lipidy a další samovolné neenzymatické pochody závislé na teplotě, vlhkosti, přítomnosti kyslíku a těžkých kovů. Minimalizace mechanického poškození, dosoušení zrna na 12 % vlhkost, skladování při teplotách do 18°C a provětrávání může zabránit znehodnocení ovesného zrna (Moudrý, 1991).

Oves je vhodným krmivem zvláště pro mladá, plemenná, nemocná nebo vysoce výkonná zvířata. Vhodné je zařazení bezpluchého ovsu do krmných dávek koní závodních i sportovních a tažných (až 10 kg na kus a den), služebních psů (Fahey, 1992) či dojníc pro zvýšení produkce mléka a současném mírném snížení jeho tučnosti, zvláště na počátku laktačního období. Oves převyšuje energetickou hodnotou ostatních obilnin a je srovnatelný po této stránce s kukuřicí (Cuddeford, 1995).

Okrajové využití má oves i v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu (Kocián, 2017).

2.2 Původ a botanická charakteristika ovsu

Oblast původu ovsu není dosud jednoznačně zřejmá. Hypotetickými centry domestikace byly dvě oblasti – oblast Blízkého východu (Írán, Irák a Turecko) a západní Středomoří (Iberský poloostrov a severozápadní Afrika) (Jellen et Beard, 2000, Loskutov, 2008) (obr. č. 1). Oves obecný (*Avena sativa* L.) se rozšířil z Blízkého Východu do Evropy v pozdní době bronzové. (Marshall et al., 2013).

Nejstarší důkazy o výskytu ovsa pocházejí z nálezů ve švýcarských kolových stavbách z doby bronzové a nasvědčují tomu, že v této době byl oves spíše plevelem. Teprve v raném středověku jsou jeho nálezy, zejména na slovanských a germánských sídlištích, hojnější a ukazují tedy na jeho záměrné pěstování. Šířiteli kultury ovsa byli pravděpodobně Slované (Dostálová, 1992).

Obr. č. 1 Oblast původu *Avena* sp. (Loskutov, 2008)

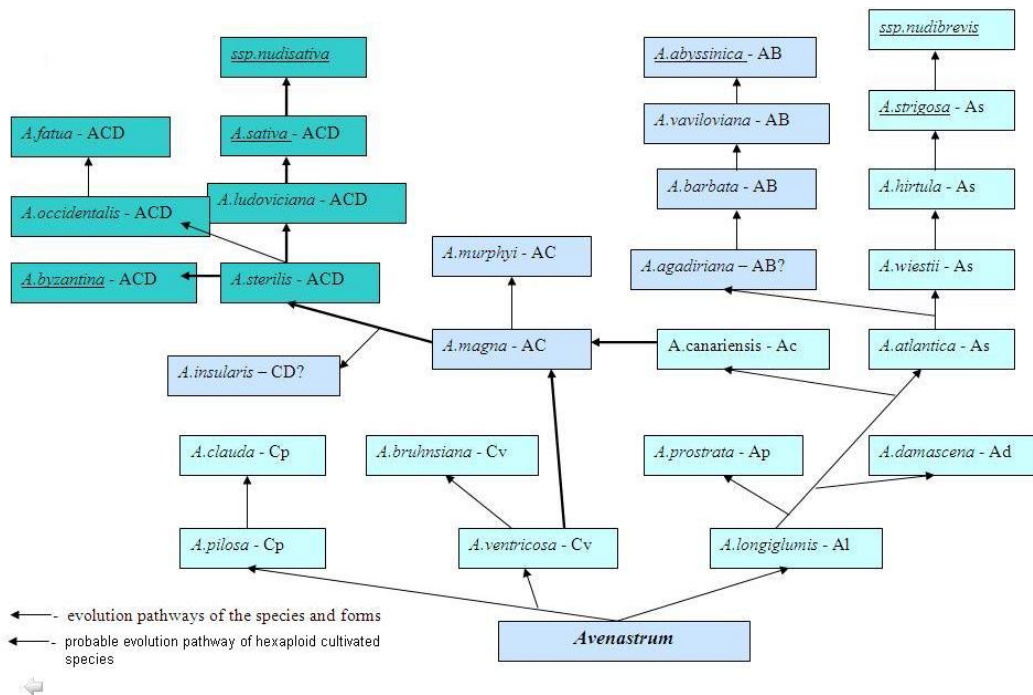


O počátcích pěstování ovsa je zatím velmi málo dokladů; extrémní bohatství typů ovsa setého zahrnující skoro celou světovou variabilitu tohoto druhu se zachovalo na Slovensku, proto je možné, že by například Slovensko mohlo patřit k vývojovému centru kulturního ovsa (Kühn, 1984).

Oves setý (*Avena sativa*) má stejný počet chromozomů (42), stejně jako oves hluchý (*Avena fatua*), ze kterého pravděpodobně vznikl. Stejně jako pšenice je hexaploidním organismem, který vznikl cykly mezidruhové hybridizace a polyploidizace (Marshall et al., 2013). Genom *Avena sativa* je pravděpodobně tvořen ze tří diploidních progenitorů, z nichž každý obsahuje 7 chromozomů. Studie o genetickém původu hexaploidního genomu vedly k závěru, že došlo k mnoha účinkům polyploidizace, zahrnující jak diploidní, tak tetraploidní předky, což vyústilo ke vzniku genomu známému jako AACCCD (Chew et al., 2016).

Moderní taxonomie rodu *Avena* je prezentována na základě komplexního hodnocení včetně genomové diference, viz obr. č. 2. (Loskutov, 2008).

Obr. č. 2 Fylogeneze rodu *Avena* sp. (Loskutov, 2008)



Rod oves (*Avena* L.) zahrnuje cca 70 druhů, které se řadí do dvou 2 sekcí. Do sekce *Avenastrum* Koch. náleží vytrvalé druhy. Nová taxonomie ovsa nepředpokládá zahrnutí vytrvalých druhů do tohoto rodu. Sekce *Euavena* Grieb. zahrnuje jednoleté plané, plevelné a kulturní druhy. Tato sekce se dělí ještě na 2 podsekcce: *Aristulatae* Malz. zahrnující druhy diploidní ($2n = 14$) a tetraploidní ($2n = 28$) vyznačující se vrchní pluchou hluboce rozštěpenou a zakončenou ostrými hroty. Podsekcce *Denticulatae* Malz. zahrnuje druhy hexaploidní ($2n = 42$), které mají pluchy zakončeny krátkými zoubky. Skupina hexaploidních druhů zahrnuje nejvýznamnější kulturní druhy, oves setý (*Avena sativa*), oves byzantský (*Avena byzantina*) a oves nahý (*Avena nuda*) (Ladizinsky, 2012).

Oves setý zaujímá 90 % světových osevních ploch ovsa. Jako bezpluchou formu k němu někteří botanici přiřazují i oves nahý (*A. sativa*, var. *nuda* Mordv.), jiní ho řadí samostatně (*Avena nuda* var. *multiflora*), protože pravděpodobně vznikl spontánní mutací v horských oblastech Číny a Mongolska. Do Evropy se rozšířil jako plevel z Číny v 17. století a následně zdomácněl v Anglii, v Norfolku a Suffolku (Valentine, 1995).

2.3 Biologická charakteristika a zvláštnosti ovsa

Oves setý (*Avena sativa*) je jednoděložná rostlina z čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Stébla má přímá, dělená kolénky. Pochvy listů jsou lysé. Jazyček je zpočátku jemně zoubkovitý, později rozdrípený. Ouška chybí. Čepele listů jsou ploché, na okraji dolní části zpravidla porostlé dlouhými chlupy. Květenstvím je lata. Plody pluchaté obilky (Kocián, 2017).

Oves je rostlina samosprašná. K cizosprašení v 1,5 - 3 (10) % může dojít za střídavého teplého a chladného počasí nebo za vysokých teplot, kdy se pluchy kvítků rozevřou a prašníky vyčnívají ven. Nejdříve kvete lata hlavního stébla, potom laty odnoží. Lata kvete akropetálně, tj. od vrcholu směrem k bázi a od obvodu k ose. Uvnitř klásku začínají kvést nejdříve spodní kvítky. Celkově kvete lata 6-8 dní. Proto je pro oves charakteristické nerovnoměrné dozrávání zrn v latě. Rozkvétání začíná obvykle mezi 14.-15. hod., teplo a sucho kvetení urychluje. Otvírání kvítku trvá několik minut, po opylení zůstává květ otevřený asi hodinu. Lata kvete týden, celá rostlina asi 2 týdny (Welch, 1995).

Oves je rostlina dlouhodobí. Krátký den podporuje vyšší tvorbu odnoží a diferenciaci většího počtu větví a klásků v latě (uplatňuje se zejména při velmi včasném výsevu na jaře). Vysoké teploty a dlouhý den zkracovaly především tři první fáze růstu po setí a jim příslušející etapy organogeneze. Dlouhý den je hlavní faktor ovlivňující vývoj ve 2. fázi a teploty mají hlavní vliv na období vývoje zrna (Moudrý, 2003).

Počet zrn klásku se pohybuje od jednoho do tří. Ve vícezrnném klásku jsou obilky nestejně, vnější zrno je větší a až o polovinu těžší než zrno vnitřní. Výhodnější jsou klásky dvouzrnné s vyrovnaným vývinem obou obilek. Oves je náchylný k redukci počtu klásků (zasycháním) především ve spodní části laty. Negativním jevem je, že čím více klásků v latě je založeno, tím větší je jejich redukce. V latě je většinou 30-50 dvojrnných klásků. Počet zrn v latě závisí na počtu založených pater a počtu větví a klásků, což ovlivňuje hustota porostu. Počet zrn v latě rozhoduje o výnosu víc než HTZ (Moudrý, 1993).

U pluchatých ovsů je obilka obalena vnějšími obaly-pluchou a pluškou, které k ní nepřirůstají, u nahých zůstává obilka volná. Právě přítomnost silné vláknité pluchy u pluchatého ovsa snižuje energetickou hodnotu zrna. Pozitivní roli hrají pluchy při ochraně zrna před mechanickým poškozením a tím i snižováním jejich kvality a následného využití (Valentine, 1995).

Nepříjemným jevem u bezpluchého ovsa je ochmýření obilek, které při uvolnění dráždí sliznice očí a způsobuje kožní záněty. Hmotnost zrna se pohybuje mezi 20-40 g a závisí na velikosti zrna, na podílu vícezrnných klásků, na pluchatosti i na vlivu podmínek v době tvorby a zrání. HTZ v latě je nevyrovnaná, nejtěžší jsou zrna ve vrcholových kláscích. HTZ negativně souvisí s vyšším počtem vytvořených zrn v latě, neboť při větším počtu jsou zrna drobnější. Pluchatost obilek u domácích pluchatých odrůd se pohybuje od 23 do 26 %, u bezpluchých činí jen 2 % (Červenka, 1997).

2.4 Šlechtění ovsa

Šlechtění ovsa v našich zemích začalo ve 20. st. na Moravě v Drásově u Tišnova a v Chlumci nad Cidlinou. V roce 1936 bylo v sortimentu 36 odrůd, v roce 1947 20 odrůd, v roce 1966 už jen 3 odrůdy (Macháň et Šebesta, 1989).

V 60. letech byla vyšlechtěna odrůda nahého ovsa Krukanický nahý, avšak pro nižší výnos a výkupní cenu shodnou s pluchatým ovsem nedošlo k jejímu rozšíření a byla po dvou letech restringována. Šlechtění nahého ovsa bylo obnoveno v 80. letech. V roce 1988 byla povolena odrůda Adam. Vyšší výkonnost této odrůdy a dohody, které vedly k úpravě výkupní ceny, umožnily její rozšíření (Chour et Chourová, 2007).

Současné šlechtění je soustředěno ve ŠS Krukanice (Selgen, a.s.). Šlechtění ovsa je zaměřeno na tvorbu intenzivních výnosných odrůd s kratší vegetační dobou, s vyrovnanou velikostí zrna (podle podílu na sítu s otvory 1,8 mm nebo 2,2 mm), vysokou výtěžností ovesné rýže a požadovanou jakostí obilek, na odrůdy nepoléhavé, nevypadavé, rovnoměrně dozrávající a odolné k chorobám (sněti prašné, sněti ovesné, rzi ovesné, rzi černé, padlí travnímu) (Chour et Chourová, 2007).

Oves setý je velmi variabilní, vytváří mnoho variet odlišných v tvaru a vlastnostech laty (rozložená, jednostranná), v barvě plev (bíla, žlutá, šedá, hnědá) a pluch a osinatosti (bez osin, s osinami). Nejdůležitější jsou variety bezosinné *aurea* (žluté zrno) a *mutica* (bílé zrno). Rozlišujeme dvě skupiny kultivarů: skupinu *Sativa* s všetranně rozloženou latou a skupinu *Contracta* s jednostranně staženou latou. (Kocián, 2017).

Oves setý má jarní i ozimé formy, v ČR se využívá jarních forem. Ozimé formy ovsa se pěstují v oblastech s mírnou zimou (V. Británie, Francie) (Moudrý, 2003).

V současnosti je ve státní odrůdové knize ČR registrováno 22 odrůd ovsa setého jarního a 10 odrůd ovsa nahého. Většina odrůd pochází z české šlechtitelské stanice firmy Selgen a.s. (ÚKZUZ, 2023).

2.5 Agrotechnická charakteristika

Klimaticky ideální oblasti pro pěstování ovsa mají dostatek zimní vláh, možnost setí ve 2. polovině března, dostatek srážek a relativně nižší teploty v květnu a červenci, a naopak málo srážek v době dozrávání počátkem srpna. Vlhký a chladný průběh počasí v době dozrávání je příčinou drobnějšího zrna nižší kvality (Moudrý, 1993).

Oves nahý není tolik citlivý na půdní podmínky jako pluchaté odrůdy. Optimální jsou půdy středně těžké, humózní, s dostatečnou vodní jímavostí (Moudrý, 2003).

Oves nahý je z hlediska agroekologických požadavků náročnější než pluchaté, u nás pěstované odrůdy. Za nejlepší předplodiny ovsa lze považovat okopaniny, jeteloviny nebo zaorané travní porosty a luskoviny. Pokud je oves zařazen po obilninách, je nejvhodnější předplodinou ozimá pšenice setá po okopanině, méně žito. Od obilek bezpluchého ovsa se však těžko oddělují drobné obilky pšenice či žita, proto jsou tyto obiloviny méně vhodnými předplodinami, zvláště v semenářských porostech (Moudrý, 2003).

Pěstování ovsa po sobě je nežádoucí vzhledem k nárůstu výskytu hád'átek a bzunky ječné. Oves je vhodnou krycí plodinou pro jeteloviny a vzhledem k vysokému i pevnému stéblu i pro vojtěšku. Je možná jeho sklizeň (jako krycí plodiny) na GPS v mléčné zralosti nebo při výsevku 90-100 kg. ha⁻¹ i sklizeň na zrno (Marshall, 2013).

Oves vzhledem k delší vegetační době i požadavku dobrého vyžrání zrna vyžaduje co nejranější setí. Nevadí mu ani poněkud vyšší vlhkost půdy. Rané setí přispěje k využití vlivu nižších teplot, kratšího dne, vhodnějšího složení slunečního spektra, vyššího obsahu vláh v povrchové vrstvě půdy pro vyšší odnože a založení klásků v latě. V oblastech s vyšším výskytem bzunky ječné a sterilní zakrslosti ovsa je rané setí ovsa nezbytné (Moudrý, 1993). Podle Petra, Húsky et al. (1997) se může snížit výnos o 40–70 kg za každý opožděný den.

Pozdní setí nelze dostatečně vykompenzovat vyšším výsevkem ani vyššími dávkami dusíku (Moudrý, 1993). Vyšší výsevky stabilizují výnos zejména v suchých

letech. Rostliny hustého porostu mají nižší délku laty a nižší hmotnost i počet zrn v latě (Ulmann et al., 1987).

Bezpluchý oves má velmi citlivý klíček, který se často poškodí a klíčivost klesá až do 75 % (průměrně 85 %). Vzhledem k častému poškození klíčnicích rostlin (bažanti, havrani) bývá i polní vzcházivost nižší. Protože oves navíc tvoří velmi málo plodných odnoží, je pro zajištění dobrého výnosu třeba vysévat 550 zrn.m⁻², tj. podle hmotnosti tisíce zrn (26 až 30 g) asi 160 až 190 kg.ha⁻¹. Oves sejeme do hloubky 30 až 40 mm (na lehčích půdách hlouběji) do řádků 80 až 125 mm (Moudrý, 1993).

Pluchatý oves se pěstuje v chladnějších a vlhčích oblastech, především v bramborářské oblasti, protože je náročný na vláhu. Nejvhodnější pro pěstování jsou půdy střední až těžší, snáší i půdy méně strukturní a kyselé. Nevhodné jsou půdy lehké a vysýchavé. Pluchatému ovsu vyhovuje setí do hloubky 40–50 mm, výsevka v našich podmínkách je 500 a více zrn.m⁻², hmotnost tisíce zrn (28 až 42 g) v přepočtu 140–210 kg.ha⁻¹ (Moudrý, 1993).

Oves má mohutnou kořenovou soustavu, nejvyvinutější a nejhlouběji zasahující ze všech obilnin. Je schopen přijímat z půdy nejen více vody i živin z půdního roztoku, ale i pevněji vázané živiny. Vzhledem k těmto schopnostem dobře využívá živiny z hnoje, zeleného hnojení, posklizňových zbytků i zaoraného drnu (Moudrý, 1993).

Nejlépe snáší vyšší půdní kyselost. Je však citlivý na nevyváženou bilanci živin, má větší požadavky na obsah K a Mg v půdě. Doporučený poměr základních živin N: P: K pro oves je 1:0,3-0,39:0,83-1,44. Oves je schopen využívat až 60 % dusíku z půdní zásoby. Pro výnos 4–6 t. ha⁻¹ je celkový odběr z půdy asi 180 kg (Moudrý, 1993).

Válení ihned po zasetí zlepšuje na lehčích sušších půdách klíčivost a vzcházivost. Vlácení od fáze 3-4 lístků až do konce odnožování, podporuje odnožování a stejnoměrný růst rostlin. Vlácení přispívá ke zlepšení struktury půdy, aeraci a tím rozvoji kořenů a zlepšení příjmu živin, i k omezení výskytu plevelů až o 60 %. Vzhledem k relativně vysoké konkurenční schopnosti ovsa vůči plevelům je možné zásahy proti plevelům až do 30 % pokryvnosti plevelů bez vlivu na výnos vyloučit úplně (Moudrý, 1993).

Aplikace morforegulačních přípravků není při pěstování potravinářského ovsa povolena. Vzhledem k vysoké odolnosti nahého ovsa proti poléhání (o 1-2 body lepší než pluchaté odrůdy), není u semenářských porostů (založených na lehčích půdách, nižším výsevka a hnojených méně dusíkem) nutná. Moření osiva bezpluchého ovsa se běžně neprovádí (Moudrý, 1993).

O konečném počtu zrn v latě (dále jen PZL) rozhoduje nakonec proces redukce, ke kterému dochází při vyšších teplotách. Délka plnění a rychlosti růstu obilek jsou ovlivňovány vysokou teplotou (nad 25 °C), a to již v nejranějších fázích tvorby obilek. To lze dokumentovat zjištěním, že se zvyšující se sumou teplot za celou tuto fázi klesla HTZ a produktivita laty (Tichý et al., 1992).

Na výnos mají výrazný vliv srážky, zejména v období odnožování až sloupkování. Ve většině ročníků s maximálním výnosem byla suma srážek od počátku odnožování nižší. V těchto letech měly porosty mohutný kořenový systém a následně i vysokou produktivitu laty. (Tichý et Ulman, 1991). Dle Mitrofanov et Mitrofanova (1967) při nedostatku vláhy v období sloupkování až metání došlo k výraznému snížení výnosu zrna. Příčinou je nejen zbrždění růstu, ale i procesů generativního vývoje.

Délka vegetační doby ovsa se pohybuje v rozmezí od 70 do 120 dnů, rané odrůdy metají už za 45 dnů po vzejití. Bezpluchý oves vzhledem k delší vegetační době dozrává později než pluchatý. Je u něj běžné, že až do plné zralosti jsou spodní kolénka i část stébla zelená, živá (Moudrý, 2003).

Sklizeň ovsa se provádí na počátku plné zralosti. Optimální vlhkost ovsa při sklizni je 14 až 16 %. Maximální skladovací vlhkost bezpluchého ovsa je 12 %. Při vyšší skladovací vlhkosti dochází ke snížení klíčivosti osiva, žluknutí a hořknutí obilek (Moudrý, 1993).

2.6 Houbové choroby ovsa

Oves stejně jako jiné obilniny může být napadán množstvím patogenů, které ho mohou infikovat přes zrno nebo půdu. Nejdůležitější onemocnění ohrožující oves jsou prašná sněť ovesná (*Ustilago avenae* (Pers.) Rostr.) a rez korunkatá syn. ovesná (*Puccinia coronata* Cda var. *avenae*), případně rez travní (*Puccinia graminis* Pers.), kde se poškození objevuje zejména na listech. Napadené mohou být i laty. Zde se objevují také fuzariózy způsobené houbami rodu *Fusarium* (Twaružek et al., 2013). U ovsa byly dále pozorovány tyto onemocnění – padlí travní (*Erysiphe graminis* DC) a hnědá skvrnitost ovsa (*Pyrenophora avenae* S. Ito & Kurib.) (ÚKZUZ, 2014-2023).

Nejvýraznější symptomy prašné sněti ovesné (*Ustilago avenae* (Pers.) Rostr.) se objevují v době kvetení a metání. Jednotlivé klásky a zrna jsou přeměněny v černou masu prášivých chlamydospor. Zpočátku jsou kryty šedou blankou, která se trhá, a spory se

uvolňují. V době dozrávání zůstávají namísto lat jen zbytky rozrušených klásků. Latentní napadení rostlin má za následek zkrácení stébla. Nejpriznivější pro infekci jsou teploty kolem 16-19 °C (ÚKZUZ, 2014-2023). Mycelium se rozrůstá v oplodí, mezi zrnem a pluchou, dále postupuje pod epidermis oplodí. Při klíčení zrna dojde k infekci mladé rostlinky. Vhodná teplota pro infekci klíčků je 15°C. Během růstu rostliny proniká houba až do klásku a po vymetání se objeví snětivý klas (Vaverka, 1995). Caffè-Treml et al. (2017) uvádí, že např. odrůda ovsa Hayden' (Reg. No. CV-383, PI 676028), vyšlechtěná na South Dakota State University v roce 2014, je odolná proti sněti. Nákup certifikovaného osiva ochrání před snětivostí (Vaverka, 1995).

Rez ovesná (*Puccinia coronata* CDA var. *avenae*) se vyskytuje na ovsu do konce června, postihuje listy, pochvy, stébla, příležitostně i plevy a zrno. Na obou stranách listů se objevují kulaté nebo oválné kupky urediospor. Optimální podmínky pro infekci je teplota okolo 20°C a vysoká vzdušná vlhkost. Od poloviny července se tvoří teleutospory, které obvykle lemují kupky urediospor. Teleutospory jsou kryty epidermis. Silně napadené porosty ovsa snadno polehají a nouzově dozrávají. Urediospory klíčí až při 5°C. Velmi silně bývají napadeny obrůstající odnože ovsa posečeného ke krmení na zeleno (Vaverka, 1995). Každé procento výskytu rzi ovesné na hostitelské rostlině ovsa snižuje výnos o 50 kg.ha⁻¹ (Bissonette et al., 1994). Existují významné meziodrůdové rozdíly v citlivosti k této chorobě. Např. odrůda Vok má vysokou odolnost k této rzi (Anonym, 2017).

Rez travní (*Puccinia graminis* Pers.) se projevuje červenohnědými až hnědočernými kupkami spor především na stéblech, při větším napadení i v latách. U napadených rostlin se snižuje počet klásků i zrn v rostlině. Ztráty na výnosech mohou dosáhnout až 20 %, výrazně se zhoršuje kvalita zrna. Odrůdy Azur a Vok mají vysokou odolnost k této rzi (Anonym, 2017).

Padlí travní (*Erysiphe graminis* f. *avenae*) se projevuje napadením horních listů, popř. klasů. Inkubační doba je 4-5 dnů při teplotě 20°C, kdy se houba může velmi dobře šířit. U náchylných kultivarů se vytváří méně odnoží, klesá počet zrn v latě i jejich hmotnost, při silnějším napadení dochází k redukci výnosu až o 10 % a více. Typickými symptomy jsou bělavé, moučnaté, později načernalé husté povlaky mycelia s plodničkami (kleistothecii) (Hýsek et Vach, 2009).

Houba *Pyrenophora avenae* ITO způsobující hnědou skvrnitost ovsa napadá hostitele po celou dobu vegetace. Projevuje se ve formě úzkých, chlorotických skvrn, které stárnutím hnědnou. Na starších nekrózách se objevují kolonie černě zbarvených konidioforů (ÚKZUZ, 2014-2023).

2.6.1. Fuzariózy – *Fusarium* sp.

Nejvýznamnější chorobou obilnin způsobenou druhy z rodu *Fusarium* je fuzarióza klasu (angl. Fusarium head blight = head scab = Fusarium ear blight = ear scab), jejímž původcem je nejméně 17 druhů hub tohoto rodu (Salava et al., 2010). Zástupci tohoto rodu napadají druhy čeledí *Poaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae*, *Chenopodiaceae*, *Linaceae*, *Asteraceae*, ale i některé druhy zeleniny a okrasných rostlin. Jejich význam je nemalý. Celosvětově způsobují ročně ztráty na produkci obilovin ve výši asi 1 mld. dolarů (Kalabus, 2010; Polišenská et al., 2009). Navíc zhoršují parametry technologické jakosti, jako jsou nižší HTZ a horší pekařské či sladovnické vlastnosti (narušení tvorby lepku při napadení má za následek špatné kynutí těsta). V semenářství se silné napadení semen projeví snížením klíčivosti a energie klíčení (Bezdíčková, 2008).

Z geografického pohledu je rozšíření fuzarióz spojeno především s klimatickými podmínkami. Zatímco v teplých a mírných oblastech Ameriky, Austrálie, Afriky, Asie a Evropy se nejvíce vyskytuje *F. graminearum* a *F. pseudograminearum*, které jsou také pokládány za nejvýznamnějšího původce fuzariózy klasů, ve studenějších, vlhčích, přímořských oblastech Evropy převládá jako majoritní kontaminant obilovin *F. culmorum*, *F. poae* a *F. avenaceum* (Backhouse et al., 2001).

V České republice existují oblasti s každoročním výskytem klasových fuzarióz. Nejohroženější byl opakovaně východ Moravy (kraje Zlínský, Olomoucký a Moravskoslezský) (Horčíčka et al., 2015) (obr. č. 3). Na území České republiky se jako nejčtenější patogen vyskytuje *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae* a *F. equiseti* (Havránková et Ovesná, 2012).

Obr. č. 3 Monitoring rizikových oblastí výskytu fuzarióz v ČR (Horčíčka et al., 2015)



Z taxonomického hlediska je rod *Fusarium* zařazen v doméně *Eukaryota*, říši *Fungi*, oddělení *Ascomycota*, třídě *Sordariomycetes*, podtřídě *Hypocreomycetidae* a řádu *Hypocreales*. Rod *Fusarium* obsahuje cca 150 druhů, které se vyskytují v přírodě na substrátech rostlinného původu (Hýsek et Vach, 2006; Šrobárová et Šliková, 2015). Názory na taxonomii se různí a zabývá se s ní např. Brayford, 1989 (obr. č. 4).

Obr. č. 4 Seznam sekcí a druhů *Fusarium* spp. (Brayford, 1989)

Sekce	Anamorfa (<i>Fusarium</i>)	Teleomorfa (<i>Gibberella</i> , <i>Nectria</i>)
Elegans	<i>F. oxysporum</i> Schlecht.	není známá
	<i>F. udum</i> Butler	<i>G. indica</i> Rai et Upadhyay
	<i>F. xylarioides</i> Steyaert	<i>G. xylarioides</i> Heim et Saccas
Liseola	<i>F. annulatum</i> Bugnicourt	není známá
	<i>F. beomiforme</i> Nelson, Toussoun et Burgess	není známá
	<i>F. dlamini</i> Marasas, Nelson et Toussoun	není známá
	<i>F. moniliforme</i> Sheld	<i>G. fujikuroi</i> v. <i>moniliformis</i> (Wineland) Kuhlman
	<i>F. moniliforme</i> v. <i>intermedium</i> Neish et Leggett	<i>G. fujikuroi</i> v. <i>intermedia</i> Kuhlman
	<i>F. moniliforme</i> v. <i>subglutinans</i> Wollenw.	<i>G. fujikuroi</i> v. <i>subglutinans</i> Edwards et Reinking
	<i>F. napiforme</i> Marasas, Nelson et Rabie	není známá
	<i>F. nygamai</i> Burgess et Trimboli	<i>Gibberella</i> sp.
Sporotrichiella	<i>F. poae</i> (Peck) Wollenw.	není známá
	<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.	<i>G. tricincta</i> El-Gholl, McRitchie, Schoulties et Ridings
Arthrosporiella	<i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	<i>G. avenacea</i> R. J. Cook
	<i>F. camptoceras</i> Wollenw. et Reinking	není známá
	<i>F. chlamydosporum</i> Wollenw. et Reinking	není známá
	<i>F. pallidoroseum</i> (Cooke) Sacc.	není známá
	<i>F. polyphialidicum</i> Marasas, Nelson, Toussoun et Van Wyk	není známá
	<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.	není známá
Gibbosum	<i>F. acuminatum</i> Ellis et Everhart	<i>G. acuminata</i> Wollenw.
	<i>F. compactum</i> (Wollenw.) Gordon	není známá
	<i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc.	<i>G. intricans</i> Wollenw.
	<i>F. longipes</i> Wollenw. et Reinking	není známá

Obr. č. 4 Seznam sekcí a druhů *Fusarium* spp. (Brayford, 1989) - pokračování

Sekce	Anamorfa (<i>Fusarium</i>)	Teleomorfa (<i>Gibberella</i> , <i>Nectria</i>)
Discolor	<i>F. buharicum</i> Jacz.	není známá
	<i>F. crookwellense</i> Burgess, Nelson et Toussoun	není známá
	<i>F. culmorum</i> (W. G. Sm.) Sacc.	není známá
	<i>F. flocciferum</i> Corda	není známá
	<i>F. graminearum</i> Schwabe	<i>G. zeae</i> (Schw.) Petch
	<i>F. heterosporum</i> Nees	<i>G. gordonii</i> C. Booth
	<i>F. sambucinum</i> Fuckel	<i>G. pulicaris</i> (Fr.) Sacc.
	<i>F. tumidum</i> Sherb.	<i>G. tumida</i> Broadhurst et Johnston
Lateritium	<i>F. lateritium</i> Nees	<i>G. baccata</i> (Wallr.) Sacc.
	<i>F. lateritium</i> v. <i>buxi</i> C. Booth	<i>G. buxi</i> (Fuckel) Wint.
	<i>F. stilboides</i> Wollenw.	<i>G. stilboides</i> Gordon ex. C. Booth
Martiella	<i>F. bugnicourtii</i> Brayford	není známá
	<i>F. coeruleum</i> Lib. ex Sacc.	není známá
Ventricosum	<i>F. illudens</i> C. Booth	<i>N. illudens</i> Berk.
	<i>F. solani</i> (Martius) Sacc.	<i>N. haematococca</i> Berk. et Br.
	<i>F. staphlae</i> Samuels et Rogerson	<i>N. atrofusca</i> (Schw.) Ell. et Everh.
	<i>F. ventricosum</i> Appel et Wollenw.	<i>N. ventricosa</i> C. Booth
Spicarioides	<i>F. decemcellulare</i> Brick	<i>N. rigidiuscula</i> Berk. et Br.
Episphaeria	<i>F. aquaeductuum</i> Lagerh.	<i>N. purtonii</i> (Grev.) Berk.
	<i>F. aquaeductuum</i> v. <i>medium</i> Wollenw.	<i>N. episphaeria</i> (Tode:Fr.) Fr.
	<i>F. buxicola</i> Sacc.	<i>N. desmazierii</i> Becc. et De Not.
	<i>F. ciliatum</i> Link	není známá, možná <i>N. decora</i> (Wallr.) Fuckel, Samuels et Nirenberg
	<i>F. epistroma</i> (Höhn) C. Booth	<i>N. magnusiana</i> Rehm ex. Sacc.
	<i>F. expansum</i> Schlecht.	<i>N. stilbosporae</i> Tul.
	<i>F. melanochlorum</i> (Casp.) Sacc.	<i>N. flavoviridis</i> (Fuckel) Wollenw.
	<i>F. merismoides</i> Corda	není známá
	<i>F. sphaeriae</i> Fuckel	<i>N. leptosphaeriae</i> Niessl
Coccophillum	<i>F. coccidiola</i> Henn.	<i>N. diploa</i> Berk. et Curt.
	<i>F. cocophilum</i> (Desm.) Wollenw. et Reinking	<i>N. flammea</i> (Tul.) Dingley
	<i>F. larvarum</i> Fuckel	<i>N. aurantiicola</i> Berk. Et Br.
	<i>F. tasmanicum</i> (MacAlpine) Rossman	<i>N. coccidophaga</i> (Petch) Rossman
Setofusarium	<i>F. setosum</i> Nirenberg et Samuels	<i>N. setofusariae</i> Samuels et Nirenberg

Tyto druhy jsou označovány jako oportunní organismy, které napadají stresované nebo poškozené rostlinné tkáně (Lane et al., 2012; Kunert, 2000). Houbový patogen přezimuje na rostlinných zbytcích v půdě, tudíž zdrojem inokula je právě půda a napadené osivo. Xu (2003) označil jako primární zdroj inokula právě rostlinné zbytky v půdě. Houby přezimují ve formě mycelia nebo spor a jsou rozšiřovány pomocí vzduchu, vody či zařízeními (Agrios, 1978). Právě přetrvávání hub přes mimovegetační období je z epidemiologického hlediska velmi důležité, neboť přezimující houby jsou zdrojem tzv. primární infekce, která nastává v dalším vegetačním období.

Zvyšující se přítomnost hub rodu *Fusarium* spp. v polních kulturách je především důsledkem snížení biologické činnosti ornice. Tyto houby, chovající se jako saproparazité, v půdě lépe přežívají díky zvyšujícímu se podílu nehumifikovaných organických zbytků, působících pro ně jako „mosty“ v období vegetačního klidu.

Výkonná biologická půdní činnost nejenže tyto „mosty“ bourá s rozkladem a humifikací zbytků rostlin, ale i podporuje konkurenční, antagonistické druhy pro houby rodu *Fusarium* (Bezdíčková, 2008).

Fusaria napadají kromě klasů i stébla, listy a kořeny (Bezdíčková, 2008). Symptomy se mohou projevovat jako epinastie, ucpávání a zhnědnutí xylemu, nekrózy, vadnutí, a nakonec odumření rostliny. Také bylo pozorováno padání klíčících rostlin, hniloba stonků či kořenů (Agrios, 1978).

Fuzariózy klasu patří k závažným onemocněním především pšenice, ječmene a kukuřice. Prvním příznakem napadení fuzárií v klasech jsou drobné nevýrazné vodnaté skvrnky na pluchách a plevách. Při postupujícím vývinu patogena se za příznivých podmínek (dostatečné vlhkosti) brzy začnou na napadeném pletivu tvořit růžové až rumělkové povlaky a vrstvy konidií, které jsou zřetelným příznakem napadení. Prorůstáním houby osou klásku dochází k přerušení cévních svazků a následnému zbělení jednotlivých klásků a v případě napadení klasového větene nakonec celé části klasu nad místem infekce (Horčíčka et al., 2015). Zrna infikovaných lat bývají menší než obvykle, zakrnělá, vrásčitá, méně vyvinutá a odbarvená (Bjørnstad et Skinner, 2008).

Dle Hooker et Schaafsma (2002) jsou nejvhodnější podmínky pro infekci v období od tvorby 50 % klasů až do konce kvetení, za předpokladu, že průměrná teplota po 24 hodin je vyšší než 18°C a úhrn srážek je vyšší než 5 mm. Infekce je sled pochodů od penetrace k procesu rozpoznání, během nichž patogen navozuje kompatibilní vztah s rostlinou, začíná z ní využívat živiny, kolonizuje ji a rozmnožuje se. Ten je ovlivňován faktory prostředí a aktuálním fyziologickým stavem rostliny a poatogenů (Pokorný et al., 2015).

Na rozdíl od pšenice a ječmene, u ovesa nemusí být napadení klasu v polních podmínkách viditelné (Polišenská et al., 2007), ale patogeny *Fusarium* spp. oves v příznivých klimatických podmínkách zcela běžně napadají a kontaminují jej svými toxickými produkty (Tekauz et al., 2004). Například v roce 2007-2008 bylo *Fusarium* sp. detekováno na 87-93 % vzorků ovesa sklizených v severozápadním Rusku (Gavrilova et al., 2009). Přesto je oves k fuzariózám méně citlivý než ostatní obiloviny kvůli struktuře květenství umožňující infekci jednotlivých kvítků a tím i pomalejšímu šíření infekce (Kosová et al., 2009).

2.6.2. Faktory ovlivňující výskyt fuzarióz

Na výskyt houbových patogenů a následně fuzarióz má vliv řada faktorů, především průběh počasí v době vegetace (zvláště v kvetení) a předplodina (Hajšlová et al., 2006; Kalabus, 2010). Četnost a vydatnost srážek, denní teploty, vlhkost vzduchu a délka slunečního svitu ovlivňují všechny složky ekosystému patogen – hostitel. Pro úspěšnou infekci se musí v příznivých podmínkách prostředí setkat zralé inokulum patogena a rostlina v náchylné růstové fázi (Agrios, 1978).

Dle Doohan et al., (2003) teplota a vlhkost významně ovlivňují vznik a rozvoj onemocnění rostlin. Teplé a suché půdní podmínky jsou příznivé pro rozvoj infekce (Parry et al., 1995). Dle Vaverka (1995) je rozvoj většiny fuzarióz podporován častými dešti, vyššími teplotami, kromě *Fusarium nivale*, jež je stimulováno chladným počasím.

Pokud k infekci klasů dojde, počasí v následujících týdnech ovlivňuje míru rozvinutí infekce. Situace je složitější, pokud se na ohoření klasu podílí více patogenů *Fusarium* (Xu et al., 2008 b), protože jejich nároky na podmínky prostředí se mohou lišit. Proto je zastoupení jednotlivých druhů *Fusarium* na obilovinách variabilní v závislosti na geografických podmínkách, ročníku i agrotechnice (Logrieco et al., 2002 a).

Vlhkost, stejně jako teplota, ovlivňuje vznik a rozvoj infekce rostlinných organismů mnoha způsoby. Například jako déšť, závlaha na povrchu rostliny nebo v okolí kořenů, jako relativní vlhkost vzduchu či rosa. Nejvýznamnější funkcí vody pro rozvoj choroby je ovlivnění klíčení spor a penetrace patogena do hostitelské buňky. Déšť a vzdušná vlhkost také napomáhají k šíření patogenů po okolí ve formě kapek, které po odražení infikují sousední zdravou rostlinu nebo pohybem infikované kapky vody v půdě (Agrios, 1978).

Proudění vzduchu ovlivňuje schopnost infekce hostitelské rostliny primárně šířením patogena a sekundárně tím, že zbavuje povrch rostlin vlhkosti, tedy vytváří méně vhodné prostředí pro penetraci patogena (Agrios, 1978).

Světlo ovlivňuje schopnost patogena infikovat hostitelskou buňku v přirozených podmínkách méně než předchozí faktory. U rostlin rajčete bylo prokázáno, že intenzita a délka trvání světla může zvyšovat citlivost rostliny k napadení houbami rodu *Fusarium* a *Botrytis*. Redukce intenzity světla obecně zvyšuje citlivost rostlin k napadení (Agrios, 1978).

Dle Říhy et Krause (2006) je nejpodstatnějším zásahem na ochranu klasů agrohygiena pozemků, tedy zacházení s posklizňovými zbytky. Dále pak ochrana spočívá

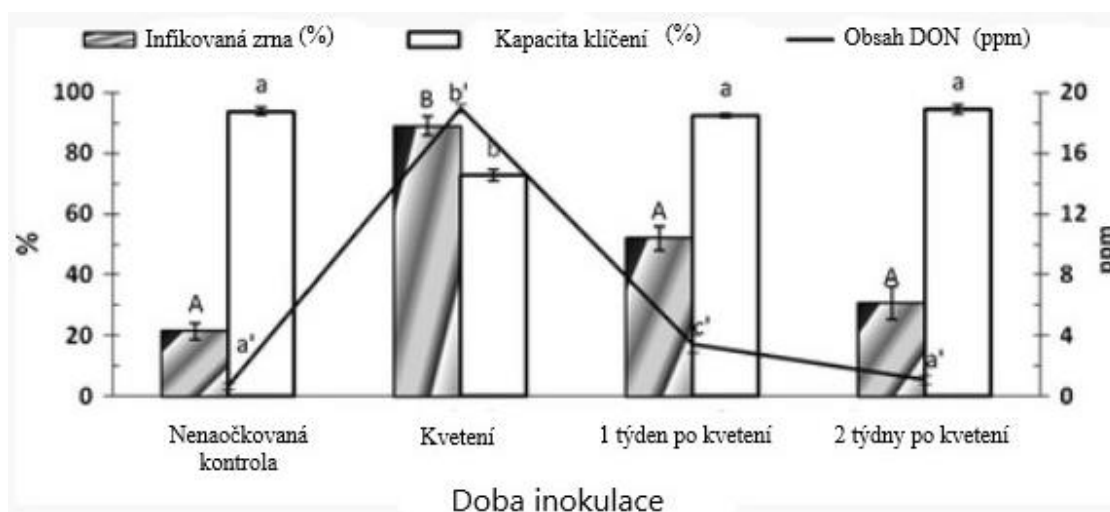
především v setí zdravého osiva (Vaverka, 1995). Rozšiřování hub tohoto druhu podporuje minimalizace zpracování, ale i zúžení sortimentu pěstovaných plodin, a tím jejich nedostatečné střídání (Bezdíčková, 2008). Vyšší riziko napadení je po nevhodné předplodině (např. kukuřici, zejména na zrno), při bezorebném zpracování půdy, při vysokém zastoupení obilovin v osevním postupu, v hustých porostech, případně přehnojených půdách dusíkem nebo u náchylných odrůd (Bezdíčková, 2008). Krnjaja et al. (2015) uvádí, že aplikace dusíku v dávce 75 a 150 kg.ha⁻¹ u pšenice nezvýšila přítomnost fuzarióz ani hladinu mykotoxinů (DON a ZON). Naproti tomu Lemmens et al. (2004) zaznamenal prokazatelně významné zvýšení přítomnosti fuzarióz a kontaminaci mykotoxinem deoxynivalenolem pouze u dávek od 0 do 80 kg.ha⁻¹.

Výskyt fuzarióz lze usměrnit zeleným hnojením a podporou biologické aktivity půdy či úpravou pH půdy (Kalabus, 2010). Bernhoft et al. (2010) prokázal, že nižší procento infikovaných zrn fuzáriemi bylo v ekologicky pěstovaných obilninách, ale agronomické a klimatické faktory mohou být limitující stránkou infekce a kontaminace.

Důležitá je i ochrana rostlin pomocí vhodných fungicidů obsahujících látky účinné proti původcům růžovění klasů (např. prothioconazole). Ke snížení výskytu choroby také přispívá ošetření obilnin proti chorobám pat stébel a listovým chorobám, které potažmo omezuje napadení klasu. Aplikace fungicidu musí být provedena v době největší vnímavosti k infekci – ve fázi kvetení (Kroutil, 2010).

Množství napadených zrn ovsu je závislé na vývojové fázi rostliny, ve které došlo k infekci, viz obr. č. 5. Patogen napadá rostliny ve všech fázích jejich vývoje, nejideálněji v období kvetení (Havránková et Ovesná, 2012), nejcitlivější vývojová fáze je mezi počátkem a koncem plného kvetení (Širučková et Kroutil, 2007). Pokud je v období kvetení vlhko a teploty nad 20°C, nastávají podmínky velmi vhodné pro šíření fuzárií (Ort, 2007).

Obr. č. 5 Vliv inokulace *F. graminearum* v jednotlivých vývojových fázích na obsah DON (Tekle et al., 2012)



Mezi významné vnitřní faktory ovlivňující výskyt fusarií patří výživa, zdravotní stav a morfologie hostitelské rostliny. Výzkumy prokázaly, že zkrácení stébla pšenice u nových odrůd mělo za příčinu zvýšené napadení klasů patogeny rodu *Fusarium* z důvodu aktivního nebo pasivního vystřelování patogena směrem do vyšších pater (Pokorný et al., 2015). Důležité jsou i další mechanismy tzv. pasivní rezistence, kromě výšky je to hustota květenství či typ kvetení. Příkladem odrůdy s dobrými mechanismy pasivní rezistence je odrůda pšenice ozimé Bohemia, která je vysoká s pevným stéblem a s dlouhým řidším klasem (Horčíčka et al. 2015).

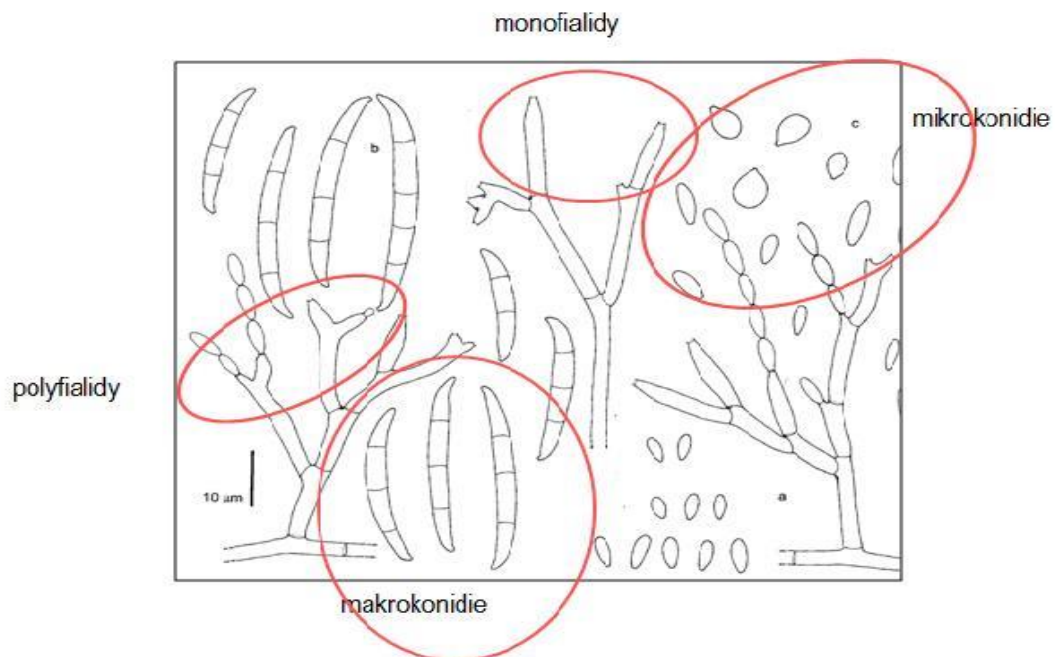
Bylo zjištěno, že *A. strigosa* a *A. sativa* jsou méně náchylné k fuzariózám než *A. byzantina* a *A. abyssinica*. Nahé formy ovsa setého byly odolnější vůči fuzariózám než pluchaté formy. Také krajové odrůdy a odrůdy s tmavými barvami pluch byly odolnější vůči fuzariózám než vyšlechtěné odrůdy (Loskutov, 2017).

2.6.3. Mikroskopické znaky *Fusarium* sp.

Za optimálního průběhu počasí pro rozvoj infekce se na povrchu napadených orgánů vytváří mycelium (Širučková et Kroutil, 2007). Mycelium je rychle rostoucí, bledé (bělavé až krémové) nebo světle žluté, hnědavé, narůžovělé, načervenalé, nafialovělé nebo fialkové (Samson et al., 1996). Napadená zrna jsou drobná, svaštělá a při silné infekci porostlá právě myceliem. Produktem teleomorfní fáze rozmnožování jsou

askospory tvořené v periteciích, která se vytvářejí na jaře na infikovaných zbytcích hostitelských rostlin. K uvolnění askospor po jejich dozrání (asi koncem května a v první polovině června) jsou potřebné srážky větší než 5 mm. Tyto askospory jsou primárním zdrojem infekce a za 3-5 dní po dešti se rozšiřují větrem i na poměrně velké vzdálenosti a infikují kvetoucí klasy obilnin, pronikajíc přes prašníky do jednotlivých květů (Širučková et Kroutil, 2007).

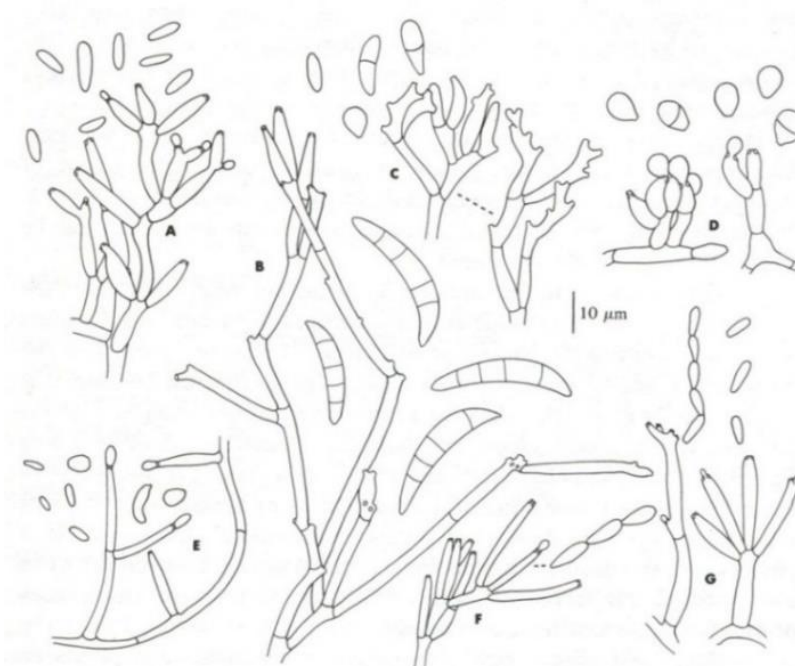
Obr. č. 6 Mikroskopické znaky *Fusarií* (Kubátová, 2010)



Morfologické znaky *Fusarií* jsou založené na nepohlavním stadiu houby (anamorfa), jehož hlavní částí jsou konidiofory s konidiemi. Konidiofory jsou obvykle větvené, u některých druhů jsou redukovány na jednotlivé fialidy (obr. č. 6), popřípadě formovány do komplexu tzv. sporodochií nebo formované jako množství spor s tlustou nebo slizkou podobou tzv. pionoty. Fialidy jsou štíhlé či zúžené, obvykle nesou jedno nebo slizkou podobou tzv. pionoty. Fialidy jsou štíhlé či zúžené, obvykle nesou jedno plodné vyústění, u některých druhů je takových vyústění více díky sympodiálnímu větvení, tzv. polyfialidy (Samson et al., 1996). Fialidy vytvářejí fusiformní, více či méně zakřivené konidie, které mohou být přehrádkované či nikoliv (Seifert, 2001). Rozlišujeme tři typy konidií, makro-, mezo – a mikrokonidie. Makrokonidie jsou jedno – až vícepřehrádkované, mají zakřivený tvar, tzv. srpovitý. Skládají se obvykle z bazální buňky (označované footcell) a z prodloužené apikální buňky. Makrokonidie jsou štíhlé a produkované ze sporodochií nebo pionotů. U některých druhů se makrokonidie nalézají ve vzdušném myceliu (Samson et al., 1996; Seifert, 2001). Ne všechny kmeny rodu

Fusarium produkují makrokonidie nebo je produkují zřídka, např. *F. poae* produkuje pouze kulaté mikrokonidie vznikající na větvených konidioforech. Některé kmeny nevytvářejí makrokonidie, některé produkují rozptýlené a poněkud zakrnělé makrokonidie a jen malé množství kmenů produkuje typické makrokonidie (Seifert, 2001) (viz obr. č. 7).

Obr. č. 7 Anamorfy *Fusarium* sp. (Nelson, 2002)



A. *F. subglutinans*, jednobuněčné konidie ve slizu z polyfialidů. B *F. incarnatum* (*F. pallidroseum* = *F. semitectum* auct.), anamorfa *Pseudofusarium*, vícebuněčné konidie produkované jednotlivě z polyblastických konidiogenních buněk. C *F. sporotrichioides*, jednobuněčné nebo dvoubuněčné konidie produkované jednotlivě z polyblastických konidiogenních buněk. D *F. poae*, kulaté jednobuněčné a dvoubuněčné konidie produkované ve slizu z baculatých fialid. E *F. dlamini*, anamorfa *Acremonium*, jednobuněčné konidie produkované ve slizu z fialid. F. *F. verticillioides* (= *F. moniliforme*), anamorfa *Septofusidium*, jednobuněčné konidie produkované v řetězcích z fialid. G *F. proliferatum*, jednobuněčné konidie produkované v řetězcích z fialid.

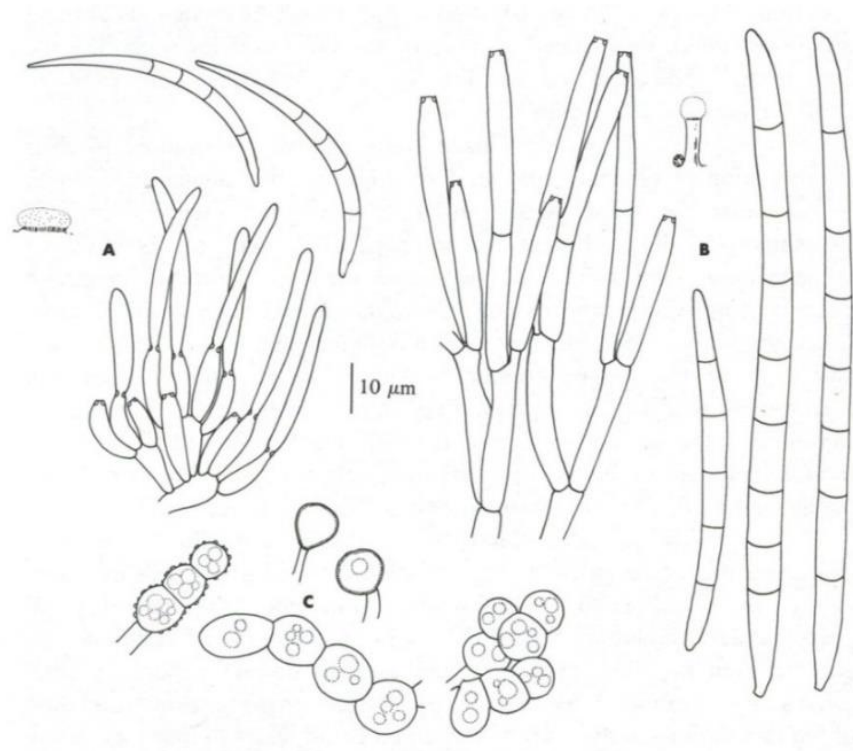
Mikrokonidie jsou jedno – nebo dvoubuněčné konidie, které jsou menší než makrokonidie, produkované v řetězcích nebo jednotlivě ve vzdušném myceliu (obr. č. 8). Jednotlivé druhy se odlišují tvarem a seskupením – mikrokonidie mohou být jednotlivé konidiálního tvaru nebo ve směsi elipsoidních, ovoidních, alantoidních, globózních, pyrifonních nebo citrifonních konidií. Mezokonidie jsou přehrádkované fusiformní konidie produkované ve vzdušném myceliu, které jsou velikostně mezi makro – a

mikrokonidiemi. Mezokonidie se vyskytují jednotlivě a jsou produkovány polyfialidami (Samson et al., 1996; Seifert, 2001).

Chlamydospory mohou být přítomny nebo úplně chybí. Pokud jsou, pak se vyskytují jednotlivě, v řetězcích nebo hroznech, v hyfách nebo konidiích (Samson et al., 1996). Tyto tlustostěnné spory přežívají i několik let (Pokorný et al., 2015).

U některých druhů *Fusarií* jsou známy i pohlavní formy z řádu *Hypocreales* *Nectria*, *Calonectria*, *Gibberella* a *Fusarium nivale* (*Microdochium nivale*), které náleží do rodu *Monographella*. Základem při určení sekcí a druhů je přítomnost mikrokonidií a chlamydospor, morfologie a rozměry makrokonidií (Booth, 1971).

Obr. č. 8 Konidie *Fusarium* sp. (Nelson, 2002)



Některá konidiomata a stadia pro přežití anamorf rodu *Fusarium*.

A sporochialní konidioma, konidiofory a konidie *F. acuminatum* (= *Fusarium sensu stricto*), skica habitu není v měřítku.

B synnematózní konidioma, konidiofory a konidie *F. coccophilum* (= *Atractium* auct.), skica habitu není v měřítku.

C Chlamydospory různých druhů *Fusarium* (nepoužita žádná generická jména anamorf)

2.6.4. Identifikace fuzárií

Identifikačními medii pro určení makroznaků pro identifikaci hub rodu *Fusarium* jsou PDA (PotatoDextrose Agar) a PSA (PotatoSacharose Agar), pomocí nichž se určuje zbarvení kolonií, spodní strany kolonií a rychlost růstu kolonií. Identifikační medium pro určování mikroznaků je SNA (Synthetischer Nährstoffaremer agar), což je speciální živný agar podle Nirenberg (1976), dle kterého se rozlišují makro – a mikrokonidie, fialidy, chlamydospory. Sumíková et al. (2009) ještě doporučují jako kultivační medium OA (Oatmeal Agar). Nejvhodnější teplota pro kultivaci na mediích je 25°C, doba kultivace 5, 7, 10 a 14 dní (Kubátová, 2006). U některých rodů by měla být sporulace stimulována inkubací pod black light světlem (blízké UV, 310-360 nm) a umělým denním světlem. Sporulace může trvat méně než jeden týden a více než jeden měsíc v závislosti na druhu. Po 7-14 dnech by měly být viditelné hlavní charakteristické znaky (Samson et al., 1996).

Při studiu znaků makrokonidií je nutné pozorovat makrokonidie ze sporodochií, všimnout si tvaru apikální a bazální buňky, celkového tvaru a velikosti makrokonidií. U mikrokonidií je důležitý tvar, velikost a způsob tvorby v řetězcích nebo ve shlucích. Při pozorování konidioforů na vzdušném myceliu je nutné se zaměřit na hledání mono – a polyfialid, sledovat jejich délku, případně větvení. Sledování chlamydospor, jako znaku sekundárního významu, se provádí až po 20-22 dnech. Nepřítomnost chlamydospor neznámá, že je kmen není schopen tvořit za jiných podmínek (Seifert, 1996).

2.7 Kvalita zrna ovsa

Kvalitu neboli jakost lze definovat jako souhrn komplexních znaků a vlastností, které mají stanovené nebo předpokládané potřeby spotřebitelů, kdy u potravin působí faktor, že jsou předmětem denní spotřeby a není bez nich lidský život myslitelný (Perlín, 1997). Jedná se v podstatě o ekonomický termín, který vyjadřuje stupeň naplnění potřeb vůči nějakému standardu (Celba, 2001). Hodnocení kvality je podmíněno především vlastnostmi, které se dají měřit a představují pouze část všech charakteristik produktu (Petr, 2001).

Důležitou součástí hodnocení kvality je kvalita hygienická, která rozhoduje o použitelnosti potraviny. Potravina je buď hygienicky nezávadná, tedy schopná distribuce, anebo jiná než nezávadná. Pokud potravina nesplňuje hygienické limity zdravotní nezávadnosti, musí být vyhrazena z oběhu, ale nemusí být nutně zdravotně závadná. Je to dáno bezpečnostními koeficienty při stanovení hodnot ADI (*acceptable daily intake*), což je denní množství rizikové látky (Celba, 2001). Hygienická jakost zahrnuje obsah těžkých kovů, rezidua pesticidů, mikrobiální kontaminaci, mykotoxiny, nežádoucí ionty, antinutriční látky a endotoxiny (Petr, 2001).

Potravinové suroviny jsou v průběhu pěstování, skladování, zpracování a distribuce vystaveny riziku mikrobiální kontaminace. Mikrobiologická kvalita produktů, např. mouky, závisí do značné míry právě na mikrobiologické kvalitě suroviny, v tomto případě tedy obilí. V mouce bývají přítomny sporující bakterie, grampozitivní koky, laktózo-negativní enterobakterie, gramnegativní aerobně a fakultativně anaerobně rostoucí bakterie (Görner et Valík, 2004). Z hub se v mouce mohou vyskytovat rody *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Rhizopus*, *Mucor* (Jay et al., 2005). Tato mikrobiologická kontaminace může být zdrojem mykotoxinů, sekundárních metabolitů mikroskopických hub, které určují mykotoxikologickou kvalitu produktů.

2.8 Mykotoxiny

2.8.1. Mykotoxiny a jejich význam

Toxiny mohou být definovány jako látky syntetizované rostlinnými druhy, zvířaty či mikroorganismy, které jsou škodlivé pro jiné organismy (Turner et al., 2008). Mykotoxiny jsou sekundární metabolity mikroskopických hub toxické pro bakteriální, rostlinné, houbové nebo živočišné buňky. Mohou být produkovány do potravy či krmiv a po požití mohou u člověka i živočichů vyvolávat toxické reakce zvané mykotoxikózy (Agrios, 1978). Mykotoxikózy se mohou vyskytovat v jedné ze tří forem:

- akutní primární mykotoxikóza – vzniká po požití vyšších dávek mykotoxinů, což způsobuje specifický a klinicky zjevný akutní syndrom onemocnění nebo smrt
- chronická primární mykotoxikóza – vyskytuje se při opakovaném příjmu středních a nízkých množství mykotoxinů a projevuje se např. poruchami rozmnožování a imunitního systému, zpomaleným růstem
- sekundární choroby způsobené přítomností mykotoxinů – vznikají po příjmu velmi nízkých koncentrací specifických mykotoxinů (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004).

Faktory, které ovlivňují celkový toxický účinek mykotoxinů na organismus, jsou dávka a délka doby působení, věk, pohlaví a druh exponovaných zvířat (Cigic et al., 2009). Vliv mykotoxinů na zdraví zvířat a člověka závisí nejen na koncentraci jednotlivých mykotoxinů, ale také na synergistickém efektu s ostatními mykotoxiny přítomnými v zrně (Ficheux et al., 2012). Například kukuřice může být kontaminována aflatoxiny, fumonisiny, a navíc mohou být přítomny deoxynivalenol, nivalenol a zearalenon (Soleimany et al., 2012). Tyto synergistické efekty jsou důvodem toho, že i nízké koncentrace mykotoxinů v potravinách a krmivech mohou způsobovat vážné poškození zdraví (Pleadin et al., 2012).

Jako sekundární metabolity označujeme látky, jež nejsou nezbytné pro živý organismus. Tyto látky mají význam v ekologických vztazích s jinými organismy, kde působí jako chemické signály v komunikaci mezi druhy (Samson et Frisvad, 2004). Z hlediska chemického jsou to organické sloučeniny s dosti rozmanitou stavbou. Jsou odvozeny nejčastěji od polyketidů (aflatoxiny, patulin), terpenoidů (trichoteceny, penitrem) nebo aminokyselin (gliotoxin, tremorgeny), nebo mohou vznikat i kombinací

těchto látek. Betina (1990) uvádí, že je známo přes 300 mykotoxinů, které produkuje asi 350 druhů hub. Dnes už bude tento počet jistě vyšší.

Mezi nejvýznamnější toxigenní mikromycety patří zástupci rodu *Aspergillus*, *Fusarium*, *Stachybotrys* a *Penicillium* (Agrios, 1978). Mnohé mykotoxiny mohou být druhově specifické, tedy charakteristické pro daný druh, ale některé mohou být produkovány i více druhy, např. ochratoxin je produkován druhem *Aspergillus ochraceus* zejména v tropických oblastech, zatímco v mírném pásu je produkován rodem *Penicillium verrucosum* (Turner, 2008). Na druhé straně je však známo, že ne všechny kmeny téhož druhu jsou schopny mykotoxiny produkovat. Dokonce i u jednoho a téhož kmene dochází ke změnám v produkci mykotoxinu.

V celosvětovém měřítku je dle Mezinárodní zemědělské organizace (FAO, 1999) významně kontaminováno mykotoxiny více než 25 % zemědělských plodin, což představuje mimo jiné obrovské ekonomické ztráty. Hospodářské ztráty zahrnují snížené výnosy plodin, snížení užitkovosti zvířat a náklady plynoucí z onemocnění, nepřímé ztráty – používání fungicidů, snížení tržní hodnoty komodit, řízení zdravotní péče, náklady na veterinární péči a investice do vytváření strategií na snížení obsahu těchto látek a výzkumné programy (FAO).

V rámci Evropské Unie se otázkou mykotoxinů zabývá Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA). Problematiku mykotoxinů upravuje Nařízení komise (ES) č. 1881/2006, ze dne 19.12.2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách. V případě kontaminujících látek, které jsou považovány za genotoxické karcinogeny nebo v případech, kdy je současná expozice populace nebo ohrožených skupin populace blízká přípustné dávce či ji překračuje, by měly být maximální limity stanoveny na co nejnížší rozumně dosažitelné úrovni („ALARA“). Takové přístupy zaručí, aby provozovatelé potravinářských podniků uplatňovali opatření, jež v zájmu ochrany veřejného zdraví v co nejvyšší míře zabrání a omezí kontaminaci.

Kontaminaci mykotoxinů lze částečně předcházet dodržováním zásad dobré zemědělské praxe jako použitím rezistentních odrůd, včasnou sklizní, dodržováním zásad střídání plodin v osevním postupu a integrovanou ochranou rostlin. Nicméně toto není účinné zcela, protože tvorba mykotoxinů pokračuje i během skladování. Tyto látky jsou navíc extrémně odolné k běžně používaným fyzikálním a chemickým ošetřením potravin a krmiv (Loi et al., 2017). Clear et al. (1997) či Trenholm et al. (1991) prokázali, že loupáním a leštěním zrna ječmene a ovsa se prokazatelně snižuje obsah mykotoxinů.

Dekontaminační postupy dělíme na fyzikální (sítování, odstranění vnějších částí zrna, promývání, mletí, separace kontaminovaných a nekontaminovaných zrn, tepelné zpracování), chemické (kyselina chlorovodíková, peroxid vodíku, chlornan sodný, kyselina askorbová, ozón, chlor, amoniak, hydroxid amonný, siřičitan sodný, oxid siřičitý, hydroxid vápenatý a uhličitan amonný) a biologické (použití látek vážící mykotoxiny jako zeolit, bentonit aj. či ředění kontaminovaného obilí nekontaminovaným). Při nízké kontaminaci lze např. obsah DON a NIV v pšeničné mouce snížit (v závislosti na stupni vymletí a metodě) o 30–80 % (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004).

2.8.2. Faktory ovlivňující produkci mykotoxinů

Obecně lze říct, že kontaminace mykotoxiny může být spuštěna už během vegetace nebo až po sklizni, např. deoxynivalenol a T-2 toxin produkované rodem *Fusarium* před sklizní a ochratoxiny produkované rody *Aspergillus* a *Penicillium* a aflatoxiny produkované rodem *Aspergillus* po sklizni (Mze, 2016). Podle druhu a chemotypu houby může být produkován jeden nebo více mykotoxinů v různém množství. Přítomný toxin může přetrvávat v dané komoditě i po vymizení houbového mycelia (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004).

Faktory, které ovlivňují produkci mykotoxinů lze kategorizovat jako fyzikální, chemické a biologické. Fyzikální faktory zahrnují podmínky prostředí, které přispívají ke kolonizaci houbovým patogenem a následně produkci mykotoxinů. Mezi fyzikální faktory patří teplota, relativní vlhkost a výskyt škůdců. Chemické faktory zahrnují použití fungicidů a hnojiv. Biologické faktory jsou interakcí mezi přítomností vhodného kmene houby (tj. toxigenního kmene houby) a substrátem (Kubátová, 2009). Množství mykotoxinů v rostlinném produktu je tedy spojeno i s technologií pěstování dané plodiny. Vědecké studie se proto zaměřují na zjišťování vlivu vybraných faktorů, které mohou snížit mykotoxiny v zemědělských plodinách.

Obsah mykotoxinů v rostlinách není podmíněn geneticky. Jednou z možností vyvarování se výskytu mykotoxinů v obilninách je však vývoj transgenních plodin schopných působit proti tvorbě mykotoxinů v terénu. Syngenta patentovala transgenní rostliny rezistentní na trichotheceny nesoucí gen Tri101 *Fusarium graminearum*, který kóduje 3-o-acetyltransferázu, katalyzující přenos acetátu do polohy C3 trichothecenů.

Společnost provedla polní zkoušky, které potvrdily, že vývoj takových plodin je dosažitelný (Hohn et al., 2002).

2.8.3. Přehled nejvýznamnějších mykotoxinů a jejich producentů

Mezi nejvýznamnější rody mikroskopických hub, které mohou produkovat mykotoxiny, patří *Aspergillus*, *Fusarium* a *Penicillium*, případně i některé další houby (tab. č. 1). Zástupci rodu *Fusarium* se řadí mezi významné patogeny hospodářských plodin. Své mykotoxiny tak mohou produkovat do rostlin ještě před jejich sklizní a pak během skladování. Naproti tomu aspergily a penicilia se uplatňují hlavně jako kontaminanty již uskladněných produktů.

Tab. č. 1 Přehled nejvýznamnějších mykotoxinů a jejich producentů
(Samson et al, 1996; Peterson et al, 2001; Ito et al, 2001)

MYKOTOXINY	PRODUCENTI
afatoxiny	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i> , <i>A. bombycis</i> , <i>A. pseudotamarii</i>
fumonisin	<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. nygamai</i>
ochratoxiny	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>A. melleus</i> , <i>A. sulphureus</i> , <i>Petromyces alliaceus</i>
trichotheceny	<i>Stachybotrys</i> , <i>Myrothecium</i> , <i>Cylindrocarpon</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Fusarium</i>
zearalenony	<i>Fusarium cerealis</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. incarnatum</i>
tenuazonová kys.	<i>Alternaria alternata</i> , <i>A. citri</i> , <i>Pyricularia oryzae</i> , <i>Phoma sorghina</i> , <i>Aspergillus nomius</i>
patulin	<i>Byssochlamys</i> , <i>Eupenicillium</i> , <i>Aspergillus clavatus</i> , <i>A. giganteus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Penicillium carneum</i> , <i>P. glandicola</i> , <i>P. coprobium</i> , <i>P. vulpinum</i> , <i>P. clavigerum</i> , <i>P. concentricum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. griseofulvum</i>
xanthomegnin a viomellein	<i>Penicillium cyclopium</i> , <i>P. freii</i> , <i>P. melanoconidium</i> , <i>P. tricolor</i> , <i>P. viridicatum</i> , <i>Aspergillus ochraceus</i>
nefrotoxicé glykopeptidy	<i>P. polonicum</i> (dříve určováno jako <i>P. aurantiogriseum</i> nebo <i>P. verrucosum</i> var. <i>cyclopium</i>)
sterigmatocystin	<i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Emericella nidulans</i> , <i>Chaetomium</i>
fusarochromanon	<i>Fusarium equiseti</i>
ergotové alkaloidy	<i>Claviceps</i>
citrinin	<i>Penicillium verrucosum</i> , <i>P. citrinum</i>
3-nitropropionová kys.	<i>Arthrinium sacchari</i> , <i>A. saccharicola</i> , <i>A. phaeospermum</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. flavus</i>
roquefortin C	<i>P. chrysogenum</i> , <i>P. griseofulvum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. crustosum</i> , <i>P. hordei</i> , <i>P. roqueforti</i>
sekalonová kys. D	<i>Claviceps purpurea</i> , <i>P. oxalicum</i> , <i>Phoma terrestris</i> , <i>Aspergillus aculeatus</i>
verukosidin	<i>Penicillium aurantiogriseum</i> , <i>P. polonicum</i> , <i>P. melanoconidium</i> , <i>P. polonicum</i>

2.8.3.1 Mykotoxiny druhů rodu *Fusarium* sp.

Profil mykotoxinů produkovaných jednotlivými druhy rodu *Fusarium* se vyznačuje druhově specifickým charakterem. Nejkomplexnější skupinou fuzáriových toxinů jsou trichotheceny (Brodacz, 2005), široká skupina cyklických seskviterpenoidních látek, intoxikující trávicí trakt, kardiovaskulární a nervový systém (Stakheev et al., 2011).

Nejznámější jsou trichothecenové mykotoxiny jako T-2 toxin a deoxynivalenol (DON, vomitoxin). Další významné mykotoxiny jsou butenolid, zearalenon, moniliformin (Kubátová, 2009). Mykotoxiny fuzárií jsou uvedeny v tab. č. 2.

Fuzária byla příčinou velké epidemie projevující se jako hemorhagický syndrom a nazvané alimentární toxická aleukie (ATA) za 2. světové války v bývalém Sovětském svazu, při níž zahynulo několik tisíc lidí (Kendrick, 1992). Počáteční příznaky této mykotoxikózy byly podráždění ústní sliznice, slabost, horečka, poruchy spánku, pálení úst, jazyka, zvracení, bolesti břicha (3-9 dní). Po několika týdnech došlo ke zničení krvetvorného systému – leukopenie, granulopenie, progresivní lymfocytóza a nekrózy. Předpokládá se, že hlavní příčinou byl T-2 toxin produkovaný druhy *F. poae* a *F. sporotrichioides*. Zprávy o podobné chorobě jsou i z 19. století z východní Sibíře (Kubátová, 2009).

Fuzáriové toxiny negativně ovlivňují rostliny, jejich reakce je nespecifická, může docházet k redukci klíčení, zpomalení růstu, odumírání klíčících rostlin, změně barvy, deformaci aj. (Visconti et Bottalico, 1983).

Jeden druh *Fusarium* spp. je schopen produkovat více různých mykotoxinů a na jedné rostlině se může vyskytovat i více druhů *Fusarium*. Může pak docházet k synergickému efektu, kdy se negativní toxické účinky jednotlivých mykotoxinů na lidský organismus zesilují (Polišenská et al., 2009).

Převládající skupinou mykotoxinů, která kontaminací obilnin a kukuřice v Evropě způsobuje velmi významné škody, jsou trichotheceny. Tyto toxické produkty metabolismu *Fusarií* ohrožují celosvětově zdraví lidí a zvířat (Brodacz, 2005). Produkce trichothecenů byla prokázána i u některých kmenů hub z rodů *Myrothecium*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Cylindrocarpon*, *Phomopsis*, *Verticimonosporium* a *Stachybotrytis* (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004).

Tab. č. 2 Nejvýznamnější mykotoxiny fusarií napadající obiloviny (Kotowicz et al., 2014)

Druh	Produkovávané mykotoxiny
<i>F. avenaceum</i>	moniliformin, beauvericin
<i>F. cerealis</i>	nivalenol, fusarenon, zearalenon
<i>F. culmorum</i>	deoxynivalenol, 3-acetyldeoxynivalenol, 15-acetyldeoxynivalenol, nivalenol, fusarenon, zearalenon
<i>F. equiseti</i>	fusachromanon, zearalenon, diacetoxyscirpenol
<i>F. graminearum</i>	deoxynivalenol, 3-acetyldeoxynivalenol, 15-deoxynivalenol, nivalenol, fusarenon, zearalenon
<i>F. oxysporum</i>	moniliformin, kyselina fusariová
<i>F. poae</i>	T2-toxin, HT2-toxin, nivalenol, diacetoxyscirpenol, fusarenon
<i>F. proliferatum</i>	fumonisin, moniliformin, fusarin C
<i>F. sporotrichoides</i>	T2-toxin, HT2-toxin, neosolaniol, diacetoxyscirpenol, fusarenon, zearalenon
<i>F. tricinctum</i>	moniliformin
<i>F. verticillioides</i>	fumonisin, moniliformin, fusarin C

Trichotheceny (tetracyklické seskviterpenoidy)

Výskyt: Cereálie v mírných i teplejších oblastech.

Trichotheceny jsou seskviterpenoidní mykotoxiny, jejichž základem je 12,13-epoxytrichothecenový skelet (Niessen, 2007), zahrnující šestičlenný heterocyklus s kyslíkem, epoxyskupinou v poloze C-12, C-13 a dvojnou vazbu v poloze C-9, C-10 (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004) (obr. č. 9). Samson et al. (1996) uvádějí, že existuje okolo 170 různých druhů trichothecenů. Po chemické stránce patří mezi nejrozmanitější skupinu mykotoxinů. Zahrnují sloučeniny makrocyclické (producenti *Stachybotrys*, *Myrothecium*, *Cylindrocarpon*, *Phomopsis*) a anemakrocyclické (producenti *Fusarium*) (tab. č. 3).

Trichotheceny (obr. č. 10) mohou být klasifikovány na základě substitučního vzorce tricyklického 12,13-epoxytrichothec-9-enu (EPT) a dělíme je tedy do 4 skupin dle přítomných funkčních skupin (typ A, B, C a D). Trichotheceny typu A se odlišují od typu B absencí karbonylové skupiny na uhlíku C8 (Langset et al., 1998). Houby rodu *Fusarium* produkují pouze toxiny skupiny A a B (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004).

- typ A – obsahuje na uhlíku C-8 jinou funkční skupinu než ketonickou
- typ B – na uhlíku C-8 je karbonylová skupina
- typ C – obsahuje mimo epoxyskupinu v poloze C-12, C-13 další epoxyskupinu v poloze C-7 a C-8 nebo C-8 a C-9

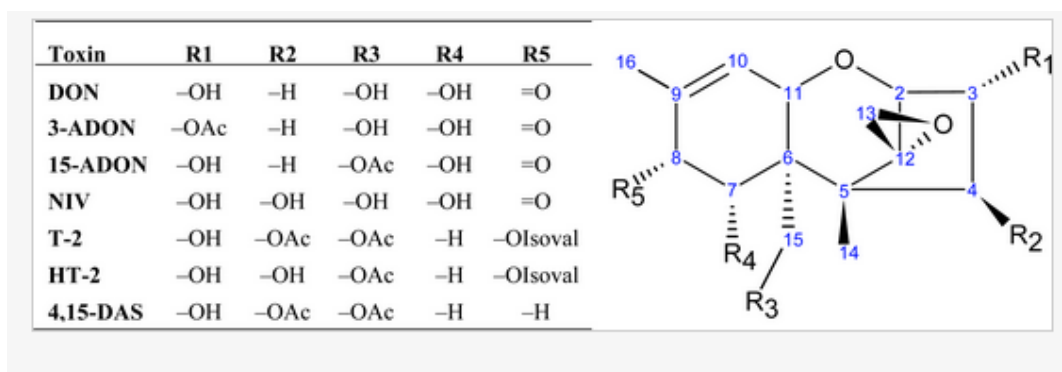
- typ D – obsahuje makrocyclický kruhový systém mezi C-4 a C-15 spojený esterovými vazbami.

Nemakrocyclické trichotheceny se podle chemické struktury dělí (Thrane, 1989) na trichotheceny

- typu A: monoacetoxyscirpenol (MAS), diacetoxyscirpenol (DAS), triacetoxyscirpenol (TAS), HT-2 toxin, neosolaniol (NEO), T-2 toxin, T-2-tetraol, T-2-triol
- typu B: nivalenol (NIV), deoxynivalenol (DON), 3-Acetyldeoxynivalenol (3-ADON), 15-Acetyldeoxynivalenol (15-ADON), fusarenon X (FUS-X)

Trichotheceny skupiny A jsou potencionálními inhibitory syntézy bílkovin v iniciační fázi a skupina B ve fázi elongace (Šrobárová et Šliková, 2015).

Obr. č. 9 Struktura jednotlivých trichothecenů (Foroud et Eudes, 2009)



Trichotheceny jsou bezbarvé, opticky aktivní, většinou krystalické pevné látky. Jsou termostabilní do teploty 120°C, středně stabilní při teplotě 180°C a rozkládají se při 200-210°C během 30-40 minutového působení. Trichotheceny typu A jsou rozpustné v mírně polárních rozpouštědlech, jako jsou chloroform, diethylether a ethylacetát, zatímco více polární trichotheceny typu B vyžadují polárnější rozpouštědla (např. směsi methanol: voda, acetonitril: voda) (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004).

Biologická aktivita – antibakteriální, antifungální, antiprotozoální, fytotoxické, cytotoxické, kancerostatické, antileukemické, imunosupresivní, protivirové a insekticidní (Kubátová, 2009). Trichotheceny absorbované ze zažívacího traktu jsou rovnoměrně distribuovány do mnoha tkání a orgánů bez výrazné kumulace (Radová-Sypecká et

Hajšlová, 2004). Působí neurotoxicky, imunosupresivně a způsobují toxicitu ledvin (Richard, 2007).

Tab. č. 3 Rozdělení trichothecenů dle charakteru substituentů (Betina, 1990)

<u>Podle charakteru substituentů a jejich polohy se trichotheceny dělí do několika skupin</u> (podle Betiny 1990)	
I. trichodermol (roridin C) trichodermin scirpentriol diacetoxyscirpenol	- <i>Myrothecium roridum</i> , <i>Trichoderma polysporum</i> - <i>Trichoderma viride</i> , <i>T. polysporum</i> - <i>F. equiseti</i> - mnoho druhů r. <i>Fusarium</i> (např. <i>F. sporotrichioides</i>)
II. neosolaniol T-2 toxin krotocin sporotrichiol	- mnoho druhů r. <i>Fusarium</i> (např. <i>F. sporotrichioides</i>) - mnoho druhů r. <i>Fusarium</i> (např. <i>F. sporotrichioides</i>) - <i>Acremonium crocacinigenum</i> , <i>Trichothecium roseum</i> - <i>Fusarium sporotrichioides</i>
III. trichothecin deoxynivalenol (vomitoxin) nivalenol fuzarenon-X	- <i>Trichothecium roseum</i> - <i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. graminearum</i> - <i>F. graminearum</i> - více druhů r. <i>Fusarium</i> (např. <i>F. graminearum</i>)
IV. makrocyclické trichotheceny: verukariny roridiny	- <i>Myrothecium verrucaria</i> , <i>M. roridum</i> , <i>Stachybotrys atra</i> - <i>M. roridum</i> , <i>Stachybotrys atra</i> , <i>Cylindrocarpon</i> sp.

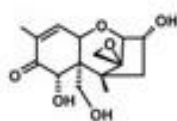
Makrocyclické trichotheceny (roridiny, verukarin) - způsobují u koní, příp. u hovězího dobytka a ovcí otravy zvané stachybotryotoxikózy (4 různé formy: postižení kůže a sliznice, celková intoxikace – postižení krevetvorby a krve, nervová forma, potraty) (Kubátová, 2009).

Trichotheceny a zearalenon jsou také spojovány s tzv. žlutým deštěm v době války ve Vietnamu, Laosu a Kambodži. Zprávy hovoří o tom, že postižení trpěli zvracením, průjmami, bolestí hlavy a závratěmi, problémy s dýcháním, puchýři a vnitřním krvácením, v některých případech se smrtelnými následky. Trichotheceny a zearalenon byly zjištěny v krvi, moči a tkáních obětí. Protože zprávy o žlutém dešti byly zamlžovány, není dnes zřejmé, do jaké míry se tyto zprávy zakládají na pravdě (Kubátová, 2009).

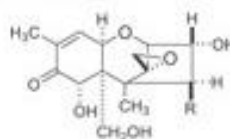
Fusaria kontaminují široké spektrum zemědělských plodin, zejména obilovin (kukuřice, pšenice, ječmen, oves, žito). Znehodnocení těchto komodit je spojeno zejména s přítomností *F. graminearum*, *F. culmorum* a *F. moniliforme*. V menších koncentracích byly trichotheceny nalezeny také v rýži, čiroku, hořčičném semeni, sójových bobech, podzemnici olejné, bramborách, slunečnici a jiných plodinách (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004).

Obr. č. 10 Přehled nejvýznamnějších trichothecenů – strukturní vzorce (Malíř et Ostrý, 2003; Orlando et al., 2019)

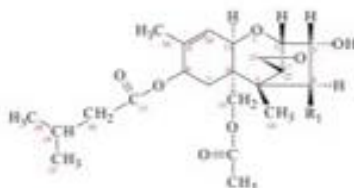
Deoxynivalenol – DON



Nivalenol - NIV

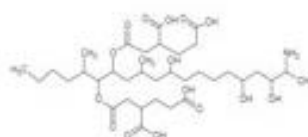


T-2 a HT-2 toxin

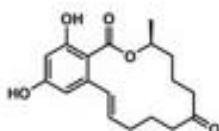


(R₁ pro HT-2 toxin je OH, pro T-2 toxin CH₂O₂)

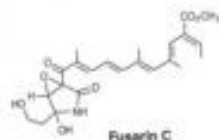
Fumonisin B₁



Zearalenon



Fusarin C

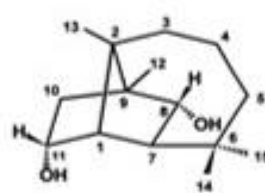


Enniatiny a beauvericin

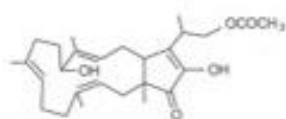


Compound	R ₁ , R ₂ , R ₃
Beauvericin	R ₁ =R ₂ =R ₃ =-CH ₂ CH ₃
Enniatin A	R ₁ =R ₂ =R ₃ =-CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃
Enniatin A1	R ₁ =R ₂ =-CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃ , R ₃ =-CH(CH ₃) ₂
Enniatin B	R ₁ =R ₂ =R ₃ =-CH(CH ₃) ₂
Enniatin B1	R ₁ =R ₂ =-CH(CH ₃) ₂ , R ₃ =-CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃

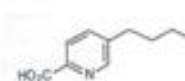
Culmorin



Fusaproliferin



Kyselina fuzáriová



Účinky na člověka mohou být spojovány s výskytem onemocnění jako např. septická angína (ATA), Red Mold Disease (červená diskolorace napadeného zrna), Stachybotrytoxikosa (způsobena makrocyclickými trichotheceny – satratixiny, roridinem E, verukarinem J), onemocnění kloubů u dětí (KBD) a rakovina jícnu. Mezi typické příznaky akutní intoxikace patří dávení, zvracení, průjem, nechutenství, špatné vylučování, krvácení ze zažívacího traktu, bolesti břicha, hlavy, závratě, horečka, patologické změny ústní dutiny a destrukce kostní dřeně, přičemž v pozdějších fázích

dochází k rozsáhlému snížení počtu krevních destiček a bílých krvinek (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004).

Deoxynivalenol – DON (vomitoxin)

Producenti: *F. graminearum*, *F. culmorum*.

Biologická aktivita – DON se běžně vyskytuje v potravinách a krmivech připravených z kontaminované pšenice a kukuřice (Rotter et al., 1996), pěstovaných v různých oblastech světa. Odhadovaný denní příjem DON u lidí se pohybuje od 0,77 do 2,4 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti.den⁻¹ (FAO/WHO, 2001). Předběžný maximální přípustný denní příjem (PMTDI) stanovený pro tento mykotoxin a jeho acetylované deriváty pro celkovou expozici 1 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti a 8 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti pro akutní expozici (JECFA, 2001). Dle IARC (1993) není klasifikován jako karcinogenní pro člověka, nicméně může mít škodlivé účinky na zdraví člověka, jako je anorexie, ztráta hmotnosti, podvýživa, endokrinní dysfunkce a imunitní změny (Pestka, 2010 a).

Je považován za velice stabilní sloučeninu, která si zachovává vlastnosti i po různém způsobu zpracování. Ovlivňuje specifická místa v mozku a způsobuje nechutenství, nevolnost a zvracení (Šrobárová et Šliková, 2015). Chronická expozice nízkých dávek DON způsobuje zpomalení růstu a imunotoxicitu, zatímco vyšší dávky mohou interferovat s reprodukcí a vývojem. Patofyziologické události, které předcházejí těmto toxicitám, zahrnují změněné neuroendokrinní odpovědi, upregulaci exprese prozánětlivých genů, interferenci se signalizací růstového hormonu a narušení permeability gastrointestinálního traktu (Pestka, 2010 b).

Deepoxidační metabolity od NIV a DON byly nalezeny ve výkalech, moči a plazmě (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004). Prasata jsou obzvláště citlivá na přítomnost DONu, akutní intoxikace vede ke zvracení, odmítání potravy, snížení váhy a průjmům při příjmu 1–2 mg DON.kg⁻¹ krmiva. (Bretz et al, 2006). Podle Nedělníka (2004) působí přítomnost DONu v krmivu také k ovlivňování neuropřenašečů podmiňující nervové poruchy vedoucí k agresivitě až kanibalismu.

Obsah DON vzrostl ve vzorcích s nepatrnou (4 %) nebo střední (15 %) hladinou infekce *Fusarium*, kdy bylo zrno skladováno v teplých a vlhkých podmínkách. Nivalenol (NIV) nebyl nalezen v žádném vzorku bezprostředně po sklizni, ale později při skladování a pouze za chladných nebo teplých, ale velmi vlhkých podmínek (15 °C / 84 % relativní vlhkosti a 25 °C / 90 % relativní vlhkosti) (Homdork et al., 2000). Vědecký výbor pro potraviny se zabýval v prosinci 1999 hodnocením deoxynivalenolu a přijal několik

stanovisek, která stanovila tolerovatelný denní příjem (TDI) $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti (Nařízení komise (ES) č. 1881/2006).

Nivalenol

Producenti: *F. cerealis*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. proliferatum*.

Výskyt: nivalenol byl zaznamenán na obilninách (pšenici, kukuřici, ječmeni, ovsu a žitu).

Biologická aktivita: NIV inhibuje syntézu bílkovin a nukleových kyselin (Ueno et Fukushima, 1968). Nízká hodnota nivalenolu ($0,01 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) vyvolává apoptózu (Ueno et al., 1995). Působí imunotoxicky, hematotoxicky/myelotoxicky a prokazoval i toxicitu z hlediska reprodukčního.

Snížení hladiny nivalenolu v obilovinách lze docílit v procesu přečišťování, při mletí nedochází ke snížení hladiny, ale k dělení na různé frakce. Nivalenol je nestabilní při teplotách $>150 \text{ }^\circ\text{C}$ (EFSA, 2013). Pro nivalenol neexistuje legislativně daný limit ani doporučení navzdory tomu, že jeho toxicita je desetkrát vyšší než u DON (Ueno, 1983). Vědecký výbor pro potraviny přijal v říjnu 2000 několik stanovisek, která se zabývala hodnocením nivalenolu a stanovila prozatímní TDI $0,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti (Nařízení komise (ES) č. 1881/2006).

Diacetoxyscirpenol

Producenti: *F. equiseti*, *F. sambucinum*, *F. venenatum* (Desjardins et Proctor, 2001).

Biologická aktivita: Diacetoxyscirpenol a jeho deriváty inhibují syntézu proteinů, které způsobí likvidaci rychle se množících buněk (protirakovinotvorné účinky), na druhé straně jsou schopny vyvolat apoptózu jako nežádoucí vedlejší účinek.

U drůbeže působí 3x až 4x více toxicky než HT-2 toxin (Diaz, 2002).

HT-2 a T-2 toxin

Producenti: *F. acuminatum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* (Desjardins et Proctor, 2001).

Biologické účinky – toxin T-2 má teratogenní účinky (poškození plodu, např. u drůbeže), způsobuje i nekrózy kůže (Trebstein, 2008).

Jeho nejvyšší koncentrace byly nalezeny ve svalové tkáni, játrech, ledvinách a zažívacím traktu zvířat. Nejčastěji kontaminují kukuřici, pšenici, ječmen, oves a žito. Výskyt onemocnění signalizují úbytky hmotnosti nebo špatné přírůstky, krvavý průjem, dermální nekrózy na zobáku, ústní léze, krvácení a snížená produkce mléka a vajec (Richard, 2007).

Údaje o toxicitě toxinu HT-2 jsou velmi omezené. Protože toxin T-2 se rychle metabolizuje na toxin HT-2 a akutní toxicita toxinu T-2 a toxinu HT-2 je v rámci stejného rozmezí, toxicita T-2 toxinu in vivo se považuje za toxicitu toxinu HT-2 toxinu (EFSA, 2010). T-2 toxin je rychle metabolizován převážně na HT-2 toxin a některé další metabolity. Ty jsou poté exkretovány z organismu močí, výkaly apod. (v závislosti na druhu). Rezidua byla také nalezena ve vejcích a mléce, ale pro běžného konzumenta nejsou žádným rizikem (Radová-Sypecká et Hajšlová, 2004). Mykotoxiny T-2 a HT-2 jsou převážně nacházeny u ovsa, ale jiné obilniny mohou také tyto toxiny obsahovat. Toxický efekt T-2 toxinu a jeho metabolitu HT-2 na zvířata a buněčné kultury způsobuje inhibici proteosyntézy a mitochondriálních funkcí, imunosupresivitu a obecnou cytotoxicitu (Trebstein, 2008). Ovlivňuje aktivně se dělící buňky, jako jsou buňky lemující gastrointestinální trakt, kůži, lymfatické a erytroidní buňky. Může snižovat hladiny protilátek, imunoglobuliny a některé další humorální faktory, jako jsou cytokiny (Niyo et al., 1988). Rozsah teplot vhodných pro produkci HT-2 a T-2 je široký (0–32 °C), maximální produkce je při teplotách pod 15 °C (EFSA, 2010). Stávající legislativa EU neuvádí maximální přípustný limit HT-2 a T-2 toxinu. Vědecký výbor pro potraviny přijal v květnu 2001 několik stanovisek, která se zabývala hodnocením T-2 a HT-2 toxinu a stanovila kombinovaný prozatímní TDI 0,06 µg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti (Nařízení komise (ES) č. 1881/2006).

Většina genů, související s biosyntézou sekundárních metabolitů, je v genomu plísní uspořádána do tzv. klastrů – vazbových skupin. *F. graminearum* a *F. sporotrichioides* mají geny biosyntetické dráhy trichothecenů (tzv. Tri geny) lokalizovány ve 3 lokusech. Většina plísní rodu *Fusarium* má obdobné uspořádání genů jako *F. graminearum* a *F. sporotrichioides*, u jiných je pak lokusů méně. Je zřejmé, že biosyntéza trichothecenů je komplexní proces, který vyžaduje spolupráci řady enzymů. Genetická podmíněnost této biosyntetické dráhy je u rodu *Fusarium* předmětem celosvětového zkoumání. Významným faktorem ovlivňujícím expresi Tri genů může být například vztah patogen – hostitel, odlišnost v genotypu jednotlivých hostitelů nebo konkurence mezi patogenními plísněmi (Havránková et Ovesná, 2012).

Fumonisin

Chemicky se jedná o diester propantrikarboxylové kyseliny a pentahydroxyicosan s aminoskupinou.

Producenti: *Gibberella fujikuroi*, *Fusarium verticillioides*, *F. anthophilum*, *F. dlamini*,

F. napiforme, *F. nygamai*, *F. proliferatum* (Frisvad, 1995).

V posledních letech byli zjištěni producenti fumonisinu i z jiných skupin hub: *Aspergillus niger* (Frisvad et al. 2007).

Výskyt: např. obiloviny. Zjištěny v kukuřici (USA, Polsko, JAR aj.) (Sun et al., 2011). První zpráva o výskytu je z roku 1988. Preference růstu ve vlhčím klimatu s vysokými teplotami (Marin et al., 1995).

Biologická aktivita – Fumonisin B₁ je nejčastějším fumonisinem u kukuřice, u dalších fumonisinů (B₂, B₃ a B₄) byla prokázána účinnost i při nízkých dávkách (Desjardins et al., 2001). Fumonisin B₁ je dominantním fumonisinem s nefrotoxickými a hepatotoxickými účinky, byl klasifikován do skupiny 2B, jako možný karcinogen člověka. Mechanismus účinku souvisí s inhibicí metabolismu kyseliny listové (Stevens et Tang, 1997), zatímco jeho karcinogenní účinky souvisí s celkovým narušením metabolismu lipidů, membránové struktury, které jsou následkem inhibice syntézy ceramidu (IARC, 2002; JECFA, 2012).

Fumonisin B₁ a B₂ byly zjištěny jako původci leukoencefalomalacie u koní, prokázala se karcinogenní aktivita, a dále byly zjištěny v souvislosti s plicním edémem u prasat (Marasas et al., 1988; Kubátová, 2009). Podle Malíře (2003) dále způsobují špatnou plodnost drůbeže a poškozují játra skotu. Dle Diaz (2002) fumonisin poškozuje základní imunitní funkce, ohrožuje srdce, snižuje hmotnost a zvyšuje úmrtnost zvířat. Další dosud známé fumonisinů jsou označovány B₃, B₄, A₁, A₂, C₁ a C₃.

Fumonisin B₁ mohou mít také souvislost s výskytem nádorů u obyvatel Afriky a Číny, kteří konzumují kontaminované výrobky z kukuřice (Malíř, 2003). Tato skupina mykotoxinů směřuje ke klasifikaci jako karcinogeny jaterních buněk (Nedělník, 2004). Vědecký výbor pro potraviny se zabýval hodnocením fumonisinů v dubnu 2003 a stanovil TDI 2 µg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti.

Zearalenon a jeho deriváty

Zearalenon (ZEA) je nesteroidní estrogení mykotoxin, který pasivně proniká přes buněčnou membránu a po vytvoření komplexu s receptorem je přenesen do jádra, kde po vazbě na specifický receptor vyvolává odpověď na estrogen přes aktivaci genů (Caldwell et al., 1990).

Producenti: *Gibberella zeae* (anam. *F. graminearum*), *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. pallidoroseum*, *F. crookwellense* (Frisvad, 1995).

Výskyt: Po celém světě, většinou v cereáliích (kukuřice, pšenice, ječmen, oves, žito, rýže, čirok). Vyšší výskyt zaznamenán v teplejších oblastech. Četnější nálezy na obilninách jsou spojeny s vlhkým mírným klimatem a nevhodným skladováním s vysokou vlhkostí (Massart et al., 2008).

Biologická aktivita – Zearalenony jsou primárně zootoxické, již méně fyto toxické (Desjardins et Proctor, 2001), mají estrogení a anabolické účinky, poškozují pohlavní orgány (zvětšení mléčných žláz a dělohy, naopak atrofie vaječníku). Příjem tohoto mykotoxinu je spojený s předčasnou pubertou u dívek (Massart et al., 2008). Estrogení účinky byly zjištěny např. u drůbeže a u vepřů (Kubátová, 2009). U prasat se vyskytly i případy změny pohlaví (Malíř, 2003). Dle Hýsek (2000) zearalenon způsobuje vulvovaginitidu a neplodost dobytka a prasat. Betina (1990) uvádí, že v USA byly zearalenony použity jako anabolikum pro podporu růstu ovcí a hovězího dobytka. Prasata jsou nejvýznamněji postiženými druhy a jsou výrazně citlivější na zearalenon než například hlodavci a jiné druhy, jako je skot a drůbež. Slabá selata a malá velikost vrhu byly přičítány účinkům zearalenonu podáváného prasnicím během březosti. Úrovně 0,5 až 1,0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ zearalenonu byly spojeny s posledně uvedenými účinky, zatímco hyperestrogenismus u prasat byl spojen s hladinami 1,5 až 5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Prelusky et al., 1994). WHO a další státy stanovily prozatímní maximální přípustný denní příjem 0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti (JECFA, 2000) a maximální tolerované hladiny, které se pohybují od 50 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do 1000 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ v potravinách (FAO, 2004). Vědecký výbor pro potraviny se zabýval v červnu 2000 hodnocením zearalenonu a stanovil prozatímní TDI 0,2 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ tělesné hmotnosti (Nařízení komise (ES) č. 1881/2006).

Enniatiny a beauvericin

Enniatiny jsou skupinou cyklických hexadepsipeptidů, které byly objeveny v roce 1947 jako produkt *Fusarium oxysporum* (Gäumann et al., 1947). Různé enniatiny jsou produkovány rody *Beauveria*, *Halosarpheia*, *Paecilomyces*, *Polyporus* a *Verticillium* (Bernardini et al., 1975; Hamill et al., 1969; Lin et al., 2002; Nilanonta et al., 2003). Hoornstra et al. (2003) prokázali mitochondriotoxické vlastnosti enniatinů. Mimoto mají enniatiny vlastnosti herbicidní, antibiotické a insekticidní (Gäumann et al., 1947; Herrmann et al., 1996; Nilanolta et al., 2003). Na obilovinách byly vysoké hladiny enniatinů A1, B a B1 v kontaminovaných zrnech *F. avenaceum* (Logrieco et al., 2002 b).

Enniatiny B a B1 jsou spojeny především s infekcí *F. avenaceum* a pravděpodobně by mohla být spojena i s *F. poae* (Uhlig et al., 2006).

Beauvericin

Producenti: *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. tricinatum*, *F. subglutinans*.

Biologická aktivita – kontaminuje spolu s enniatiny obilniny v různých oblastech světa, dále se může vyskytovat při špatném uskladnění kukuřice. Způsobuje programovou smrt leukocytů, má analogické účinky na membránové systémy v buňkách rostlin, v důsledku čehož způsobuje odumření buněk na špičkách listů (Šrobárová et Šliková, 2015). Bylo zjištěno, že beauvericin, řazený k enniatinům, je toxický pro určité buňky savců (Macchia et al., 1995), ovlivňuje elektromechanické a fyziologické vlastnosti hladkých srdečních svalů (Lemmens-Gruber et al., 2000).

Fusariny

Fusarin C

Producenti: *F. poae*, *F. tricinatum*, *F. sporotrichioides*, *F. avenaceum*, *F. crookwellense*,
F. culmorum, *F. graminearum*, *F. sambucinum*, *F. verticillioides* (Frisvad, 1995).

Mnoho zástupců rodu *Fusarium* je schopno produkovat fusarin C a další fusariny A, D a F (Desjardins et Proctor, 2001).

Biologická aktivita – silný mutagen srovnatelný s aflatoxinem B₁ a sterigmatocystinem.

Výskyt: např. kukuřice v Jižní Africe, USA, Číně.

Moniliformin (3-hydroxy-3-cyclobutén-1,2-dion) C₄H₂O₃

Producenti: *F. verticillioides*, *F. proliferatum*, *F. avenaceum*, *F. subglutinans*,
F. chlamydosporum, *F. pallidoroseum*, *F. acuminatum*, *F. anthophilum*
(Frisvad 1995).

Výskyt: cereálie, např. kukuřice, pšenice, žito, oves.

Biologická aktivita – fytotoxické účinky, růstový regulátor, silně toxický pro živočichy. LD₅₀ pro 1denní kohoutky 4mg.kg⁻¹ (Kubátová, 2009). Potrava kontaminovaná tímto mykotoxinem může způsobovat krevní poruchy, snížení plodnosti, úmrtnost kuřat, káčat, selat a králíků.

U drůbeže působí akutně i chronicky, způsobuje svalové oslabování, imunosupresivní efekt, respirační potíže, cyanózu, kóma až smrt (Šrobárová et Šliková, 2015). Moniliformin je podezříván jako původce nemoci „keshan“, srdečních problémů, které se vyskytly u obyvatel některých oblastí Číny a Afriky, kde kukuřice představuje významnou část jejich stravy (Malíř, 2003).

Butenolidy

Producenti: *F. tricinctum*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides*, *F. acuminatum*,
F. culmorum, *F. poae*, *F. sambucinum*.

Biologická aktivita – způsobují onemocnění dobytka krmeného krmnou napadenou fuzárií během zimních měsíců ("fescue foot"). Onemocnění se projevuje úbytky na váze, ohnutým hřbetem, drsnou srstí, suchou gangrénou ohonu a nohou (Kosuri et al., 1970).

Culmoriny

Producenti: *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. cerealis*, *F. venenatum*.

Tento bicyklický seskviterpenický diol se vyznačuje selektivní toxicitou, tzn., není toxický pro všechny organismy a buněčné systémy, má však významnou antifungální aktivitu (Pedersen et Miller, 1999). Předpokládá se, že je syntetizován z trans-fernesylpyrofosfátu, poprvé izolován v roce 1937 z *Fusarium culmorum* (Kasitu et al., 1992). Biologická aktivita – zvyšuje toxicitu DON u hmyzu, ovlivňuje růst rostlin a způsobuje jejich odumírání.

Equisetiny

Producenti: *F. equiseti*.

Tento fytotoxický a antibiotický metabolit inhibuje funkci mitochondrií a blokuje antivirové sloučeniny, snižuje klíčivost osiva, inhibuje růst mladých rostlin a způsobuje nekrotické léze na kořenech a listech klíčících rostlin (König et al., 1993; Šrobárová et Šliková, 2015).

Fusaproliferin

Producent: *F. proliferatum*, *F. subglutinans*.

Tato seskviterpenoidní sloučenina byla nalezena u kukuřice. Je toxický pro zvířata (Desjardins et Proctor, 2001; Ritieni et al., 1995).

Kyselina fuzáriová

Producenti: *F. verticillioides*, *F. oxysporum*, *f. subglutinans*, *F. proliferatum*, *F. solani*,
F. crookwellense, *F. sambucinum*, *F. heterosporum*.

Biologická aktivita: Způsobuje inhibici specifických hydroláz v mozku a biosyntézy antibiotik, v některých liniích karcinogenních buněk má antiproliferační efekt a je potenciálním inhibítozem syntézy DNA (Katone et Kaminski, 2002). Dle Smith et al. (1995) kyselina fuzáriová signifikantně zvyšuje působení ostatních fuzáriových toxinů.

2.8.3.2 Konjugáty mykotoxinů

Část mykotoxinů je vázána na více polární sloučeniny, jako je např. glukóza. Tyto konjugáty jsou označovány jako „maskované“ (vázané) mykotoxiny. První zmínky o „maskovaných“ mykotoxinech se objevily již v polovině 80. let 20. století v rámci klinických studií mykotoxikóz hospodářských zvířat, kdy výrazné intoxikační symptomy, nekorelovaly s nízkým obsahem mykotoxinů zjištěným při analytickém vyšetření v podávaném krmivu (Berthiller et. al., 2005).

První důkaz metabolické přeměny mykotoxinů v rostlinách byl pozorován ve studiích zabývajících se tvorbou DON v obilovinách infikovaných houbou *Fusarium graminearum*. Po počátečním vzestupu byl pozorován postupný pokles hladin DON, který byl přičítán právě jeho konjugaci. Jako hlavní metabolit mykotoxinu DON byl identifikován deoxynivalenol-3-β-D-glukosid (D3G). Detoxikace probíhající v plodinách však nemusí vést ke snížení rizika pro konzumenty. V řadě případů totiž v gastrointestinálním traktu člověka i zvířat může docházet k hydrolýze konjugátů (existujících vedle volných forem toxinů) a k jejich absorpci (Savard, 1991). D3G byl nalezen na obilninách a obilných produktech celosvětově v poloviční koncentraci než DON (Berthiller et al., 2009). Navzdory častému výskytu toxinu D3G jeho toxicita zůstává do značné míry neznámá, prokázána je zatím toxicita vůči savcům (Wu et al., 2014).

2.8.3.3 Fuzáriové mykotoxiny na ovsu

Ječmen, kukuřice a žito byly často kontaminovány trichothecey typu B, zejména DON a NIV. Zatímco trichothecey typu A převládají jako kontaminanty ovsa (Pettersson et al., 2011). Ve Velké Británii Imathiu et al. (2009) našli ve vzorcích ovsa sklizených

v letech 2002 až 2005 vysoký obsah mykotoxinů, zejména ze skupiny trichothečenů typu A (T-2 a HT-2 toxiny). V průměru pro všech sledovaných 324 vzorků byl součet obsahu HT-2 a T-2 toxinů více než 500 ppb ($\mu\text{g.kg}^{-1}$). V Norsku bylo zjištěno, že oves obsahuje HT-2 a T-2 toxiny v koncentracích, které mohou být pro časté konzumenty ovsa přímou hrozbou (Langseth et Rundberget, 1999).

Ve Východní Kanadě druhy rodu *Fusarium* infikují častěji oves než pšenici. 47 % vzorků ovsa bylo kontaminováno DON a 15 % vzorků kontaminováno nivalenolem. Zearalenon, ochratoxin A, 3-acetyl DON, 15-acetyl DON a T-2 byly detekovány v nízkých koncentracích (Campbell et al., 2000).

Za producenty trichothečenů typu A (kromě T-2 a HT-2 např. diacetoxyscirpenol-DAS) jsou u obilovin považovány zejména druhy *F. poae* a *F. sporotrichioides*, další na obilovinách často identifikované druhy jako *F. graminearum*, *F. culmorum* a *F. avenaceum* produkují trichotheceeny typu B (deoxynivalenol, nivalenol). V nedávné době byl identifikován nový druh rodu *Fusarium*, a to *Fusarium langsethiae* (Langseth et Rundberget, 1999; Torp a Langseth 1999; Torp a Nirenberg, 2004), které se podobá morfologicky *F. poae*, profilem produkovaných mykotoxinů pak *F. sporotrichioides* (Yli-Mattila et al., 2004). *F. langsethiae* je producentem trichothečenů A a velmi často je nalézáno zejména v severských zemích Evropy právě na ovsu.

3. Cíl

Hlavním cílem této práce bylo získat poznatky o vlivu faktorů (odrůda, ročník a předplodina) na mykotoxikologickou kvalitu ovsa.

3.1. Hypotézy

1. Nahý oves je méně kontaminován houbami rodu *Fusarium* a mykotoxiny než oves pluchatý.
2. Základní morfologické parametry rostliny ovsa jsou v korelaci s výskytem fuzarióz na ovsu.
3. Parametry technologické kvality jsou negativně ovlivněny napadením houbami rodu *Fusarium*.
4. Mezi jednotlivými odrůdami je rozdíl v intenzitě napadení houbami rodu *Fusarium*.
5. Předplodiny mají rozhodující vliv na výskyt fuzarií na ovsu a následnou produkci mykotoxinů.
6. Napadení houbami rodu *Fusarium* je ovlivněno průběhem počasí v době vegetace, zvláště v době kvetení.
7. Kontaminace mykotoxiny není závislá na intenzitě napadení houbami rodu *Fusarium*.

4. Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanoviště

Pokus byl založen na pozemku Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích v letech 2008-2012. Areál se nachází v Českobudějovické pánvi ve výšce 381 m n. m., v bramborářské výrobní oblasti (48°58'29" severní šířky a 14°28'29" východní délky). Půda v areálu je hlinitá s jemnou zrnitostí, kde převládá hnědá půda oglejená a pH půdy je slabě kyselé (pH 5,9). Průběh počasí v jednotlivých letech je uveden v tabulce č. 4.

Tab. č. 4 Průměrné teploty a srážky v letech 2008–2012 na stanovišti České Budějovice

Teplota (°C)	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Ø teplot
2008	2,6	7,3	13,2	16,9	17,4	17,0	12,4
2009	2,8	11,4	12,9	14,5	17,5	17,9	12,8
2010	2,1	7,6	11,3	16,0	19,3	16,4	12,1
2011	3,2	9,7	12,6	16,2	15,7	17,3	12,5
2012	4,9	7,5	13,4	16,4	17,2	17,3	12,8
Dlouhodobý normál teploty vzduchu (°C)	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16,0	11,5
Úhm srážek (mm)	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Σ srážek
2008	62	55	56	67	85	70	395
2009	71	30	101	166	117	89	574
2010	31	53	107	95	128	131	545
2011	35	34	81	72	145	61	428
2012	12	54	55	103	133	120	477
Dlouhodobý srážkový normál (mm)	39	49	75	94	83	82	422

4.2 Charakteristika použitých odrůd

Odrůdy nahého ovsa

- ABEL – Odrůda nahého ovsa vyšlechtěná na ŠS Krukanice, Selgen a.s. povolena v r. 1994. V současné době je registrována a prodávána i v Německu pod názvem Mozart, kde byla pro své výsledky zařazena jako kontrolní odrůda v oficiálních

zkouškách. Vznikla křížením (/Kp2539/75 x (C. Phoenix x 4/III/) x KR-N-830. Vyznačuje se vysokou objemovou hmotností, vysokým obsahem bílkovin, dobrou odolností k poléhání a rezistencí k hád'átku ovesnému. Tato odrůda představuje ideální surovinu pro zpracování v potravinářském průmyslu. Je polopozdní, rostliny jsou středně vysoké až vysoké, méně odolné proti poléhání. Odrůda je méně odolná proti napadení hnědou skvrnitostí.

- AVENUDA – Tato odrůda je podobná odrůdě Abel, od které se liší vyšším výnosem zrna a lepší kvalitou. Vyznačuje se vyšší HTZ a geneticky podmíněným nižším obsahem pluchatých zrn. Pro vyšší podíl tuku a nižší procento nestravitelné vlákniny je efektivnější pro výživu zvířat. Je standardní odrůdou slovenských oficiálních pokusů a spolu s odrůdou Izak nejvýnosnější odrůdou nahého ovsa na Slovensku. Je registrována jako odrůda EU. Pěstuje se ve Francii, velice dobrých výsledků dosahuje ve Švédsku. Jde o středně vysokou odrůdu s vyšší HTZ (30,9 g) a geneticky podmíněným nižším obsahem pluchatých zrn. Předností je velký obsah β -D-glukanu. Registrována byla v roce 2001 jako odrůda Jakub, v roce 2005 přejmenována.
- IZAK – Odrůda vyšlechtěná na ŠS Krukanice, pro velmi dobré výsledky ve státních zkouškách povolena již po dvouletém zkoušení v r. 1998. Předností této odrůdy oproti odrůdě ABEL je velmi dobrá odolnost k poléhání, ranější zrání a kratší stéblo.
- SAUL – Odrůda vyšlechtěna firmou Selgen a.s., na šlechtitelské stanici Krukanice, pochází z křížení (Dragon x S 16906/76) x KR 86-5278, je to středně raná, žlutozrná odrůda se střední až dobrou odolností proti poléhání a dobrým zdravotním stavem. Zrno je kvalitní, má vyšší HTZ, vysokou objemovou hmotnost a vysoký výnos.

Odrůdy ovsa setého pluchatého

- ATEGO – Majitelem této středně rané žlutozrné odrůdy nižšího vzrůstu s dobrou odolností proti poléhání odrůdy je SELGEN, a.s. Praha. Vyznačuje se dobrým zdravotním stavem, střední odolností proti chorobám a vysokými výnosy zrna. Zrno je středně velké a má středně vysokou objemovou hmotnost, pluchatost

střední až vyšší. Je vhodný především do OVO a BVO. Vyznačuje se dobrou odolností k poléhání a střední odolností k napadení chorobami. Je vhodná pro všechny oblasti pěstování ovsa, využívá se pro krmné i potravinářské účely

- FLÄMINGSPROFI – Je to polopozdní odrůda, bělozrná, ve státních odrůdových zkouškách v letech 2002-2005 dosáhla nejvyššího výnosu ze zkoušených odrůd – 103 % na průměr kontrolních odrůd (Abel, Izak). Vegetačními vlastnostmi je tato odrůda podobná odrůdě Abel (středně vysoká, polopozdní), liší se však dobrou odolností k poléhání, která je na úrovni odrůdy Izak. Mechanickými vlastnostmi zrna se tato odrůda od odrůd Abel a Izak výrazně neliší. Úroveň polní odolnosti k houbovým chorobám je srovnatelná s odrůdami Abel a Izak. Vznikla křížením Berber x Jumbo. Udržovatelem je Lochow - Petkus GmbH, D.
- NEKLAN – Majitelem této středně vysoké odrůdy je SELGEN, a.s. Praha., registrována je od roku 1998. Vznikla křížením (Flämingsnova x KR -396) x KR-85-43. Zrno je středně velké až velké. K jeho přednostem patří vysoký výnos zrna, nízká pluchatost. Naproti tomu stojí menší odolnost proti poléhání.
- POGON – Vysoce výnosná nová odrůda středního vzrůstu, s vyšším počtem zrn v latě a vyváženou odolností ke všem chorobám. Je nenáročná odrůda vhodná na všechny stanoviště vhodné pro pěstování ovsa. Nemá vyhraněné nároky na pěstování a poměrně dobře odolává i sušším lokalitám. Vznikla křížením (NORD 950 x Inula) x Coach. Udržovatel je Nordsaat Saatzucht GmbH, D a v registraci je od roku 2007.
- SALO – Švédská odrůda pluchatého ovsa, registrovaná v roce 1989. Vyznačuje se velkou odolností k polehání, nízkou pluchatostí a suchovzdorností (Hietaniemi et al., 2004).
- VELI – Finská odrůda pluchatého bělozrného ovsa, registrovaná již v roce 1981. Hlavním znakem této odrůdy je vysoký výnos, obsah proteinů a velká hmotnost zrna (Hietaniemi et al., 2004). Jde o pluchatou, vysokou odrůdu, s nižší HTZ a nižší objemovou hmotností. Předností je velká lata s jemnou pluchou.

4.3 Založení polního pokusu

Maloparcelkový polní pokus byl založen bezezbytkovým secím strojem Hege ve dvou opakováních a po třech předplodinách (řepka, obilovina-oves, kukuřice), o rozloze parcelky 2,5 m² (10 řádků s roztečí 12,5 cm). Okolo testovaných parcelek byly vysety pásy ovsa s ochrannou funkcí o šířce 1,25 m na každé straně (tab. č. 5). Výsevek u odrůd nahých ovsů byl 5,5 MKS a u pluchatých 5 MKS. Setí probíhalo v nejranějším možném termínu – v první dekádě dubna (6-7.4) do hloubky 3 cm. Klíčivost použitého osiva u odrůd ovsa nahého byla minimálně 90 % a u odrůd ovsa pluchatého 95 %. Parcelky byly přihnojeny před setím dávkou 35 kg čistých živin N/ha a dále produkční dávkou 25 kg čistých živin N.ha⁻¹ (DC 30).

V pokusu nebyly aplikovány herbicidy, fungicidy, ani insekticidy.

Sklizeň byla provedena počátkem srpna (4.-10.8.) pomocí maloparcelkového kombajnu Wintersteiger Elite se staženým vzduchem v plné zralosti porostu. Každá odrůda byla sklizena odděleně. Před sklizní bylo z každé parcely ručně ostříháno 30 lat pro účely rozborů laty.

Tab. č. 5 Rozmístění jednotlivých odrůd na pokusném pozemku

<i>Obsev</i>	<i>Obsev</i>	<i>Obsev</i>	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Salo I.	Atego II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Veli I.	Neklan II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Abel I.	Flämingsprofi II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Izak I.	Pogon II	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Saul I.	Salo II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Avenuda I.	Veli II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Atego I.	Abel II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Neklan I.	Izak II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Flämingsprofi I.	Saul II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	Pogon I.	Avenuda II.	<i>Obsev</i>
<i>Obsev</i>	<i>Obsev</i>	<i>Obsev</i>	<i>Obsev</i>

4.4 Parametry hodnocené během vegetace

V průběhu vegetace byly sledovány a hodnoceny fenologické fáze vzejití a metání, napadení chorobami a prvky produktivity porostu. Mezi hodnocenými znaky bylo napadení chorobami, příznaky fuzariózy na latách, stupeň polehání a počet plodných stébel.

Hodnocení napadení chorobami bylo provedeno ve fázi kvetení, každá parcelka byla hodnocena vizuálně a při pozitivním nálezu zaznamenán výskyt procentuálním hodnocením (množství napadených rostlin vztažené na plochu parcelky) a zdokumentován fotograficky.

Stupeň polehání byl hodnocen subjektivně, vizuálním porovnáním parcelk a ohodnocením koeficientem v rozmezí 1-9, přičemž 1 znamená úplné polehnutí parcelky a 9 je bez polehnutí.

Počet plodných stébel byl hodnocen vždy z celé parcelky, spočítán 2x a výsledek byl zprůměrován.

Počet lat na m² byl hodnocen pomocí „čtvrtmetrovy“. Odečítalo se 2x na každé parcelce ve fázi sloupkování.

Vyloupáním 30 lat odebraných z každé parcelky před sklizní byl vyjádřen počet a hmotnost zrn v každé latě a stanoven průměr.

Vizuální hodnocení napadení zrn fuzárií na kvítcích a jednotlivých zrnech, pozorována přítomnost mycelia a změn na zrnech.

4.5 Parametry hodnocené po sklizni

Po sklizni byl sledován výnos sklizeného zrna, vlhkost sklizeného zrna (stanovena pomocí digitálního vlhkoměru), hmotnost tisíce zrn (HTZ), podíl zrna na síti 1,8 mm pro odrůdy nahého a 2 mm pro odrůdy pluchatého ovsa, podíl pluchatých zrn u odrůd nahého ovsa, pluchatost zrna u odrůd pluchatých a vizuální hodnocení napadení zrn fuzárií.

Každý sklizený vzorek z jedné parcelky byl zvážen na digitální váze a hmotnost následně přepočtena na výnos v t/ha.

Při hodnocení HTZ bylo odpočítáno 2krát 500 zrn, zváženo na digitální váze.

Podíl zrna na síti byl hodnocen pomocí Steineckerova prosévadla, kdy bylo množství zrna (pluchatého 500 g a nahého 250 g) třeseno po dobu 3 minut a zrna, která byla zadržena na síti o velikosti otvorů 2 mm pro odrůdy pluchatého a 1,8 mm pro odrůdy nahého ovsa, byla zvážena a vypočítán procentický podíl z původního množství.

U odrůd nahého ovsa byl posuzován podíl pluchatých zrn, bylo odváženo 2krát 100 g a ručně přebráno na pluchatá zrna (zrna s pevně přirostlou pluchou), zrna nevymláčená (zrna uvízlá v klásku či kvítku) a zrna nahá. Výsledek byl vyjádřen procenticky. U odrůd pluchatých byla hodnocena pluchatost odpočítáním 3krát 100 zrn (vyjma hluchých, malinkých zrn a dvojzrn), které byly zváženy a poté ručně vyloupany. Součet zvážených pluch a zrn by měl souhlasit s původním množstvím.

Po sklizni každé parcely byl odebrán vzorek min. 500 g pro laboratorní analýzy mykotoxinů. V roce 2010 nebyly provedeny analýzy mykotoxinů u některých odrůd pěstovaných po předplodině kukuřici z důvodu malého množství vzorku následkem zničení úrody havrany.

4.6 Analýzy spektra mikroskopických hub na obilkách ovsa metodou morfologických znaků

K určení kontaminace zrna mikroskopickými houbami metodou morfologických znaků byly vzorky připraveny izolací ze zrn jednotlivých odrůd. Zrna se nejprve povrchově sterilizovala promytím ve čtyřech 3-5 % roztocích (1x roztok s přídavkem SAVO a TWEEN 20 a 3x s destilovanou vodou na promytí od SAVA). Poté byl vložen do Petriho misky sterilní filtrační papír a na něj kladena jednotlivá zrna, která byla postupně ovhčována destilovanou vodou. Petriho misky se zrny byly umístěny do místnosti s upravenou teplotou na 25°C, vlhkostí a světlem (12 hod světlo/ 12 hod tma) pro ideální rozvoj houbových mikroorganismů. Mikroskopické houby narostlé na klíčcích byly přeneseny pomocí mikrobiologické kličky (v podmínkách sterilního prostředí) na živné

medium v Petriho misce a několikrát přečištěny (cílem bylo získat čisté kultury). Jako živná média byl použit bramborovo-dextrózový agar (PDA) a ovesný agar (OA).

Složení PDA (Booth, 1971): 200 g brambor, 15 g dextrózy, 20 g agaru, 1000 ml destilované vody. Složení OA (Samson et al., 1996): 30 g ovesných vloček, 15 g agaru, 1000 ml destilované vody.

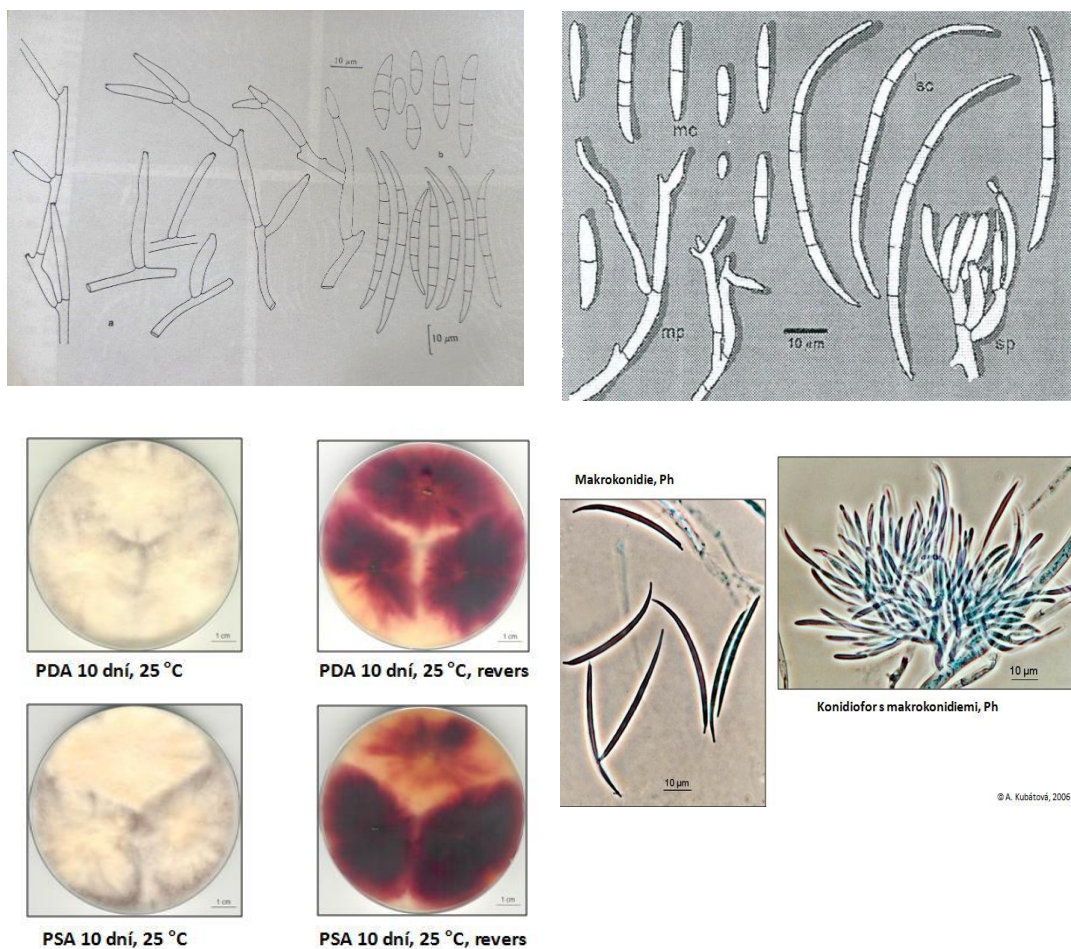
Pro určení druhů z rodu *Fusarium* byly misky uloženy pod UV světlem se střídáním „black light“ (blízké UV, 310-360 nm) pro ideální sporulaci hub. Kultivace probíhala různě dlouhou dobu dle rychlosti růstu houby (7,10,14,21,28 dní) při teplotě 25°C. Na narostlých koloniích byla hodnoceno zbarvení svrchní a spodní strany kolonie. Z mikroskopických znaků byly hodnoceny velikost a tvar konidií, způsob jejich tvorby, tvar bazální a apikální buňky a přítomnost či absence chlamydospor. Identifikace byla provedena podle několik odborných publikací: *The Fusarium Laboratory Manual* (Leslie et Summerell, 2006), *The Genus Fusarium – a Pictorial Atlas* (Gerlach et Nirenberg, 1982), *FusKey* (Seifert, 1996) a *Introduction to Food-borne Fungi* (Samson et al., 1996).

4.7 Charakteristika identifikovaných zástupců rodu *Fusarium*

4.7.1. *Fusarium avenaceum* (Fries) Saccardo (teleomorfa *Gibberella avenacea* Cook)

Tento druh *Fusaria* se vyznačuje rychle rostoucími koloniemi, narůžovělé, broskvové až načervenalé barvy s flokozním myceliem, dosahující 3,0-5,9 cm prům. Spodní strana kolonie je žlutavá až vínová. *F. avenaceum* má více či méně větvené konidiofory, vyrůstající ze vzdušného mycelia nebo ve sporodochiích. Vřetenovité mikrokonidie s 1-3 přehrádkami vznikají na polyfialidách a jsou 6-30 μm dlouhé. Makrokonidie vyrůstají na monofialidách a jsou úzce vřetenovité, zahnuté až téměř rovné, nejčastěji se 4-7 přehrádkami, s rozměry cca 35-89 x 3,5-4 μm a protáhlými koncovými buňkami. Chlamydostry v myceliu chybí. Optimální teplota pro rozvoj je 25°C (Samson et al., 1996). Polyfialidy jsou snadno detekovatelné na kulturách SNA po 3-5 dnech, a i ve starších kulturách (Seifert, 1996).

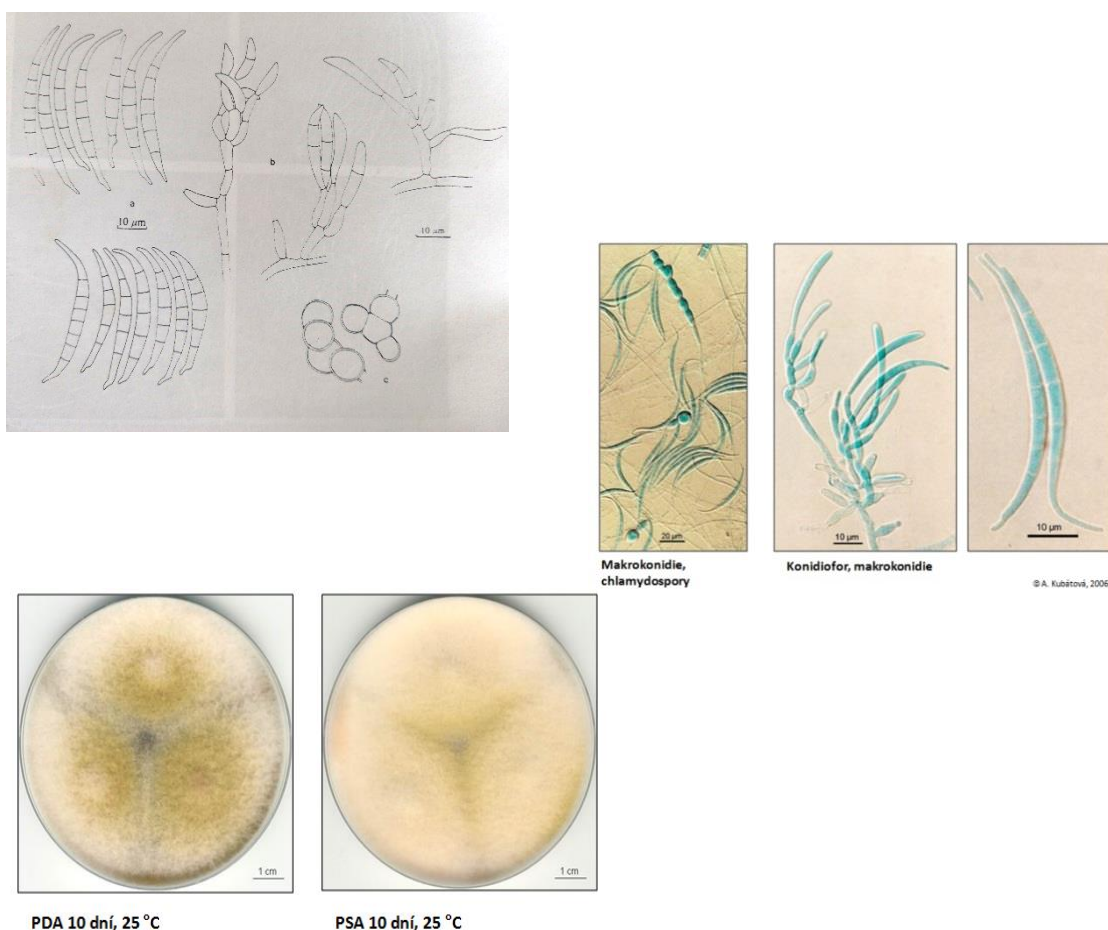
Obr. č. 11 *Fusarium avenaceum* (Samson, 1996; Fuskey 1996; Kubátová 2006)



4.7.2. *Fusarium equiseti* (Corda) Saccardo
(teleomorfa *Gibberella intricans* Wollenweber)

Tento druh se vyznačuje rychle rostoucím flokozním myceliem v krémové až žlutohnědé barvě, dosahující 6,0-8,0 cm prům. po 6 dnech při 25°C na PDA (Gerlach et Nirenberg, 1982). Jeho spodní strana je broskvová, později při stárnutí kolonie světle až tmavě hnědá. Konidiofory jsou více či méně větvené, vřetenovité, zakřivené, nejčastěji se 3-5 přehrádkami, cca 40-58 x 3,7-5 µm, s protáhlou koncovou buňkou a s výraznou nožkou na bazální buňce. Makrokonidie jsou velice dlouhé a velmi štíhlé, obvykle s 5 až 7 přehrádkami. Mikrokonidie chybí. Chlamydospory jsou hojné a hnědé, lépe viditelné bez UV světla. Optimální teplota pro kultivaci je 21 (30)°C (Samson et al., 1996; Seifert, 1996).

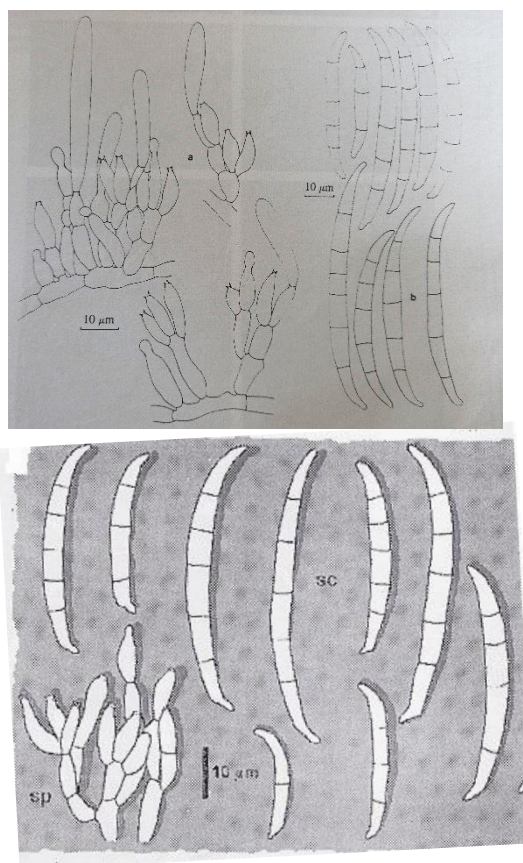
Obr. č. 12 *Fusarium equiseti* (Samson, 1996; Kubátová 2006)



4.7.3. *Fusarium graminearum* Schwabe (teleomorfa *Gibberella zeae* Schwein (Petch))

F. graminearum se vyznačuje velice rychlým růstem kolonií bělavé barvy, po žlutou a světle oranžovou, které dosahují 7,5-8,0 cm prům. za 5 dní na PDA při 25°C. Reverzní strana je červená až červenohnědá (Samson et al., 1996). Konidiofory vznikají jako jednotlivé postranní fialidy, volné nebo hustě větvené (Gerlach et Nirenberg, 1982). Makrokonidie jsou obvykle uniformní tvarem i velikostí. Jsou štíhlé, tenkostěnné a středně velké, které mají zakřivený až rovný tvar s 5-6 přehrádkami. Mikrokonidie chybí. Chlamydostry vyskytují se samostatně, ve shlucích nebo v řetězcích (Leslie et Summerell, 2006).

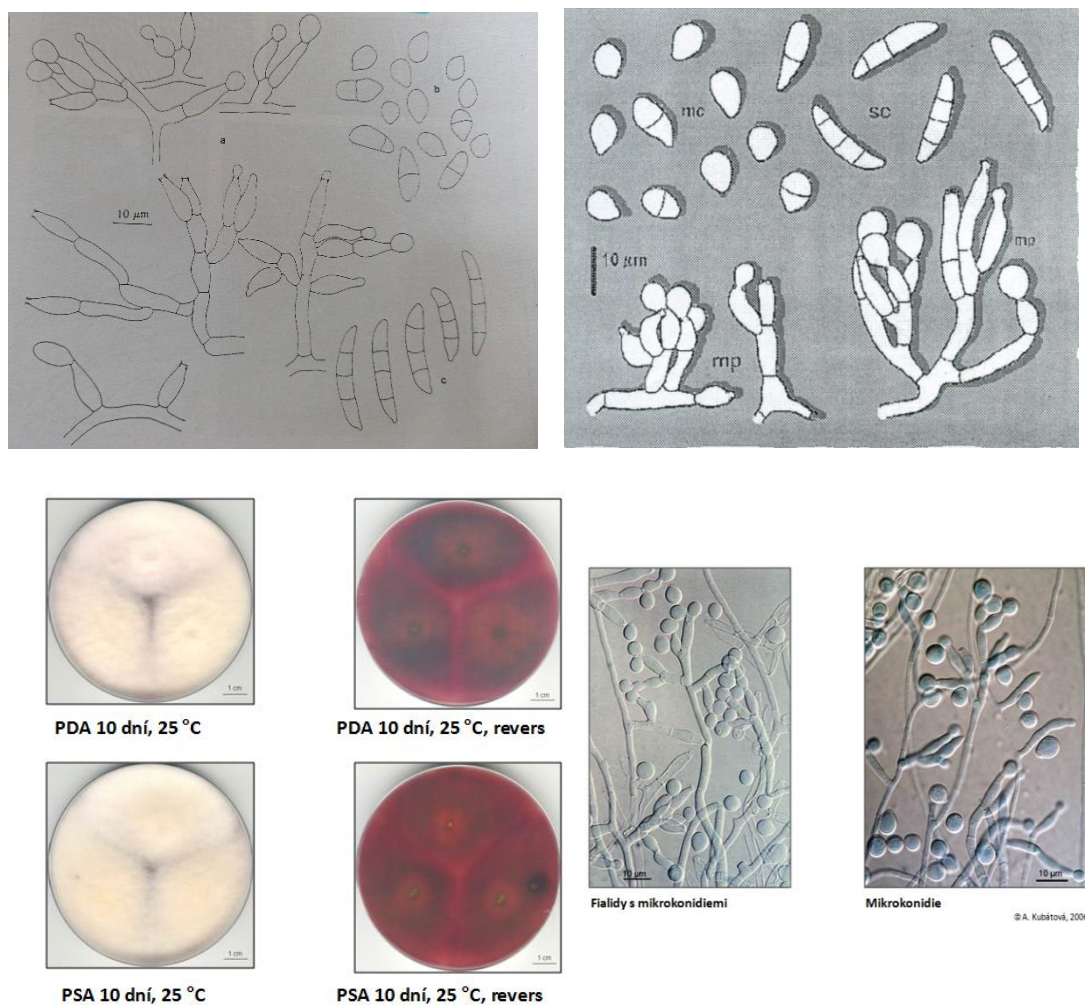
Obr. č. 13 *Fusarium graminearum* (Samson, 1996; Fuskey 1996)



4.7.4. *Fusarium poae* (Peck) Wollenweber

Pohlavní stadium není známo. Tento druh se vyznačuje rychle rostoucími koloniemi s flokozním myceliem, narůžovělé až béžové barvy. Dosahují 7,5-8 cm prům. za 4 dny na PDA při 25°C (Gerlach et Nirenberg, 1982). Spodní strana je žlutavá až červená. Typickým znakem je ovocný odér (voní po broskvích). Jeho konidiofory jsou více či méně větvené, s poměrně krátkými a širokými monofialidami. Mikrokonidie jsou většinou jednobuněčné, široce kapkovité až hruškovité o velikosti 6-10 x 5,5-7,5 µm. Makrokonidie se tvoří zřídka (jsou štíhlé, relativně krátké, 2-3 přehrádky) a jsou obtížně detekovatelné, pouze pod UV světlem (Seifert, 2002). Chlamydostry se netvoří vůbec. Morfologicky podobný druh *F. tricinctum* tvoří cintronkovité mikrokonidie a *F. sporotrichioides* tvoří polyfialidy. Optimální teplota je v rozmezí 22,5 – 27,5°C (Samson et al., 1996).

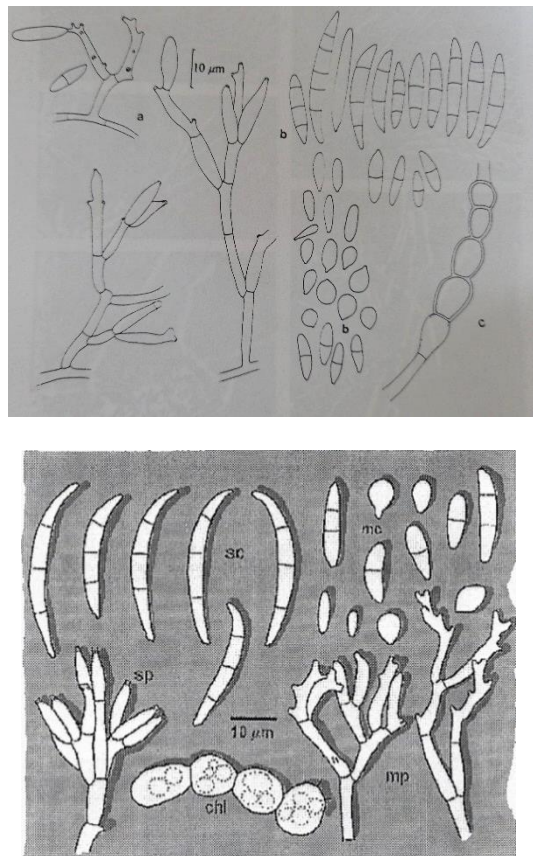
Obr. č. 14 *Fusarium poae* (Samson, 1996; Fuskey 1996; Kubátová 2006)



4.7.5. *Fusarium sporotrichioides* Sherbakoff

Pohlavní stádium není známo. *F. sporotrichioides* se vyznačuje velice rychle rostoucími koloniemi, dosahující 7,5-8,0 cm prům. po 4 dnech na PDA při 25°C. Kolonie jsou bělavé až narůžovělé, později karmínově červené, červenohnědé, občas nafialovělé (Gerlach et Nirenberg, 1982). Spodní strana je červená, žlutá, až hnědavá. Konidie jsou nevětvené a dále větvené s mono- a polyfialidami. (Samson et al., 1996). Makrokonidie jsou srpkovitého tvaru, 3-5 přehrádkované. Pro tvorbu makrokonidií je nutná kultivace pod UV světlem. Mikrokonidie jsou pyriformní, nebo 1přehrádkované elipsoidní, produkované na keříčkovitých konidioforech (Seifert, 1996). Chamydospory se vyskytují soliterně nebo v řetězcích v hyfách (Leslie et Summerell, 2006).

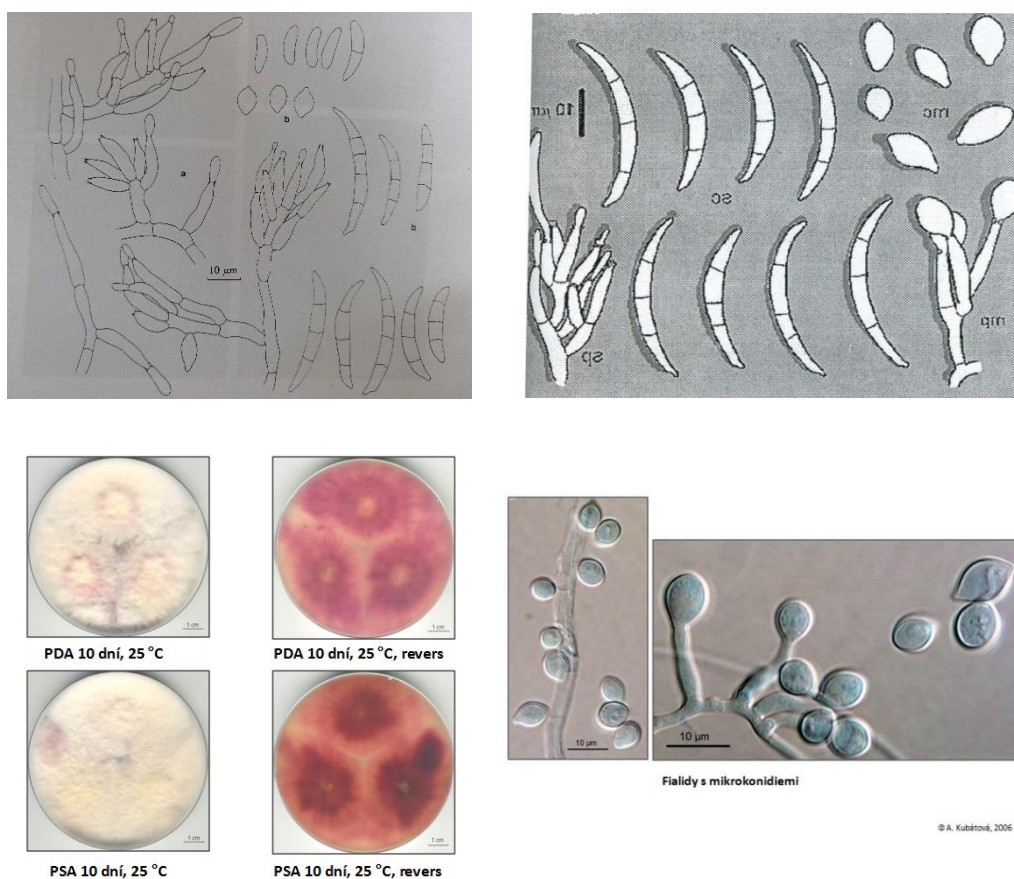
Obr. č. 15 *Fusarium sporotrichioides* (Samson, 1996; Fuskey 1996)



4.7.6. *Fusarium tricinctum* (Corda) Saccardo
(teleomorfa *Gibberella tricincta* El-Gholl, McRitchie, Schoulties&Ridings.)

Tvoří velmi rychle rostoucí kolonie s flokozním bělavým až vínovým myceliem, může dosahovat 4,5-6,0 cm prům. za 10 dní na PDA při 25°C (Gerlach et Nirenberg, 1982). Spodní strana mycelia je červená až vínová. Jednobuněčné mikrokonidie tohoto druhu se hojně tvoří na krátkých monofialidách a mají často citrónkovitý až hruškovitý tvar, některé též fusiformní se zaoblenými konci a rozměry cca 8-16 x 2-4 µm. Makrokonidie se tvoří většinou ve sporodochiích a mají větvenovitý, mírně zakřivený tvar se 3-5 septy a rozměry 24-46 x 3,2-4,1 µm. Chlamydozpy se tvoří zřídka. Morfologicky podobným druhem je *F. poae*, které tvoří široce kapkovité mikrokonidie, a *F. sporotrichioides* tvořící i polyfialidy. Optimální teplota pro rozvoj je 22 – 23°C (Samson et al., 1996).

Obr. č. 16 *Fusarium tricinctum* (Samson, 1996; Fuskey 1996; Kubátová 2006)



4.8 Ověření přítomnosti mikroskopických hub rodu *Fusarium* pomocí PCR

Základem přípravy vzorků pro metodu PCR bylo několikanásobné autoklávování obilného šrotu v uzavřených Erlenmayerových baňkách s programem bez vakua (jedna sterilizace – 30 min při 105°C) a následné naočkování obilného šrotu čistými kulturami rodu *Fusarium* (pro jedno stanovení bylo třeba 3-5 g naočkovaného šrotu). Narostlé mycelium bylo seškrábnuto pomocí sterilního skalpelu nebo kličky do 2ml zkumavky, poté bylo přidáno 3,5 ml extrakčního pufru (2% Triton X-100, 1% SDS, 0,25M NaCl, 0,1M Tris-HCl pH 7,8 a 0,1M EDTA (kyselina ethylendiamintetraoctová) pH 8,2) a vloženo na protřepání do homogenizátoru na 15 minut. Po uplynutí této doby bylo přidáno 3,5 ml směsi fenolu a chloroformu (v poměru 1:1 – vede k vytvoření horní vodné a dolní organické fáze) a znovu 15 min protřepán a centrifugován. Vodná fáze byla přenesena do nové zkumavky a bylo přidáno 0,7 objemu izopropanolu za vzniku sraženiny, která byla centrifugována opět 15 minut. Na dně zkumavky vznikl sediment, který byl rozpuštěn ve 3 ml TE pufru (pH 8,2) s 10 µl roztoku RNázy A a následně inkubován při 37°C 30-40 min. Dále byly vzorky dvakrát extrahovány 3 ml chloroformu a centrifugovány po dobu 15 minut. Supernatant byl vysrážen 0,1 objemu 4M LiCl a dvěma objemy 96 % etanolu. Sediment byl rozpuštěn v TE pufru (pH 7,4) a obsah DNA byl vyjádřen spektrofotometricky (Salava et al., 1997).

Složení reakční směsi (Master mixu, dle White et al., 1990): sdH₂O 20,6 µl, PCR pufr 2,5 µl, primer I 0,25 µl, primer II 0,25 µl, směs dNTP 0,2 µl, *Taq* DNA polymeráza 0,2 µl, templátová DNA 1 µl

Další fází byla amplifikace, která se skládala ze 40 cyklů a každý cyklus sestával z denaturace (20 s při 94°C), přichycení primeru (1 min při 72°C) a syntézy chybějících úseků fragmentů (9 min). Pro pokus byly používány zkumavky o velikosti 0,5 ml (pro Master mix 1,5 ml), všechny komponenty byly po roztátí promíchány. Pro ověření správného fungování metody byly mezi zkoumané vzorky zařazeny dvě kontroly (-K a +K). Vzorky vyndané z lednice byly promíchány ve vortexu na 10 tisíc otáček, rozpipetovány k Master mixu a vloženy do termocykleru na 1,5 hodiny. Podle izolovaných fuzárií byl připraven gel – pomocí agarózy, 40 ml pufru a 10 ml destilované vody, směs byla přivedena k varu a po snížení teploty na 0°C ponechána 2 minuty odstát. Produkty reakcí byly rozděleny v 1,5 % agarózovém gelu a vizualizace produktů byla

provedena jejich fluorescencí v UV světle po obarvení ethidium bromidem (Salava, J., ústní sdělení, Sumíková et al., 2009).

4.9 Analytická metoda HPLC/MS/MS pro stanovení fuzáriových mykotoxinů

Extrakce

12,5 g zhomogenizovaného a pomletého vzorku bylo extrahováno směsí acetonitril: voda (50 ml, 84:16, v/v) na třepačce po dobu 60 minut. Následovala filtrace extraktu (Filtrak No. 390) a 8 ml ovesného extraktu bylo přečištěno přes kolonky MycoSep® 227. poté se 4 ml přečištěného vzorku odpařilo na rotační vakuové odparce (RVO) a zbytek rozpouštědla byl odpařen dusíkem. Odparek je rozpuštěn v 1 ml směsi methanol: voda (50:50, v/v), zcentrifugován (2 min, 10000 otáček.min⁻¹) a přefiltrován přes 0,2 µm membránový filtr a převeden do 500 µl insertu ve vialce.

Separace a kvantifikace

Identifikace a kvantifikace deoxynivalenolu, nivalenolu, T-2 toxinu a HT-2 toxinu byla realizována pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie (HP 1100, Agilent Technologies; kolona Phenomenex Synergi Hydro RP, 150mm x 3mm x 4µm column) ve spojení s tandemovým hmotnostním spektrometrem (LC/MS-MS). Mobilní fáze A byla 10 mM octan amonný; mobilní fáze B byla methanol. Vzorky (30 µl) byly měřeny v následujícím gradientu:

0 min	80 % (A)	20 % (B)
0 – 8 min (lineárně)	30 % (A)	70 % (B)
8 – 15 min	30 % (A)	70 % (B)
15 – 15,1 min (skokově)	80 % (A)	20 % (B)
15,1 – 22 min (post run)	80 % (A)	20 % (B)

s průtokem 0,5 ml min⁻¹ při 40 ° C.

Analýza MS-MS byla provedena za použití LCQ Deca Finnigan s intovou pastí (Thermo Finnigan, USA) vybaveného chemickou ionizací za atmosférického tlaku (APCI). APCI fungoval v negativním i pozitivním iontovém módu za následujících podmínek: kapilární teplota byla 150°C, teplota APCI odpařovače byla 325°C, zdrojové napětí bylo 6 kV, plášťový plyn byl helium. V tab. č. 6 jsou uvedeny iontové přechody pro daný analyt. Analýzy byly provedeny v laboratoři VŠCHT.

Tab. č. 6 Přechody analyzovaných mykotoxinů

Analyt	Detekční mód	Přechody
NIV	(-)	371>311 (281)
DON	(-)	355>295 (265)
D3G	(-)	517>457 (427)
FUS-X	(-)	413>353 (263)
ADONy	(-)	397>337 (307)
HT-2	(+)	442>425 (263)
T-2	(+)	484>305 (245)

Standardy deoxynivalenolu (DON), deoxynivalenol-3-glukosidu (D3G), nivalenolu (NIV), T-2 toxin (T-2) a HT-2 toxin (HT-2) byly zakoupeny od Biopure (Rakousko). Meze detekce pro DON, D3G, T-2 a HT-2 byly 1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, pro NIV 5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a limity kvantifikace byly 3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ pro DON, T-2, HT-2 a 10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ pro NIV.

4.10 Statistické vyhodnocení dat

Získané hodnoty u odrůd, použitých ve všech pokusných letech, byly statisticky vyhodnoceny v programu Statistica 12, metodou analýzy rozptylu s následným Schéffeho testem, mykotoxiny byly porovnány pomocí Kruscal Wallisova testu.

5. Výsledky

5.1 Vizuální hodnocení napadení rostlin ovsa houbovými chorobami během vegetace

Během vegetace byl na rostlinách ovsa zjištěn pouze ojedinělý výskyt houbových chorob (tabulka č. 7 a 8). Napadení rostlin bylo ve všech případech minimální, max. do 7 %. Zaznamenán byl výskyt *Pyrenophora avenae* či *Fusarium* sp. na odrůdách pluchatého ovsa v roce 2010 a 2012 (tabulka č. 8). Menší napadení bylo zjištěno u odrůd nahého ovsa, a to pouze houbovým patogenem z rodu *Fusarium* (tabulka č. 7).

Tab. č. 7 Přehled vizuálně zaznamenaného procentického napadení rostlin jednotlivých odrůd nahého ovsa houbovými patogeny

Předplodina	Odrůda	Ročník			
		2009	2010	2011	2012
Řepka	Abel				
	Avenida				
	Izak		<i>Fusarium</i>		
	Saul				
Obilovina	Abel				
	Avenida				<i>Fusarium</i>
	Izak				
	Saul				
Kukuřice	Abel				
	Avenida				
	Izak				
	Saul				

U odrůd nahého ovsa bylo napadení během vegetace po předplodině řepce a obilovině, u odrůd pluchatého ovsa bylo napadení detekováno u těch pěstovaných po předplodině obilovině a kukuřici. Symptomy napadení houbovými patogeny během vegetace byly zaznamenány v roce 2010 a 2012. Nejčtenější výskyt napadení během vegetace byl v roce 2010.

Tab. č. 8 Přehled vizuálně zaznamenaného procentického napadení jednotlivých pluchatých odrůd ovsa houbovými patogeny

Předplodina	Odrůda	Ročník			
		2009	2010	2011	2012
Řepka	Atego				
	Fläm				
	Neklan				
	Pogon				
	Salo				
	Veli				
Obilovina	Atego				
	Fläm		<i>Pyrenophora</i>		
	Neklan				
	Pogon				
	Salo		<i>Fusarium,</i> <i>Pyrenophora</i>		<i>Fusarium</i>
	Veli				<i>Fusarium</i>
Kukuřice	Atego				
	Fläm		<i>Fusarium</i>		
	Neklan				
	Pogon		<i>Pyrenophora</i>		
	Salo				
	Veli				

5.2 Vizuální hodnocení napadení lat ovsa houbami z rodu *Fusarium*

Napadení lat ovsa houbami z rodu *Fusarium* je často velmi těžké determinovat, protože symptomy se nemusí viditelně projevit. Vizuální příznaky napadení houbami z rodu *Fusarium* byly ojediněle pozorovány na latách ovsa jen v roce 2010 a 2012 viz. obrázek č. 17.

Obr. č. 17 Detail kvítku ovsa setého, odrůda Veli, s myceliem houby z rodu *Fusarium*



Tab. č. 9 Přehled vizuálně zaznamenaného napadení lat jednotlivých odrůd nahého ovsa houbami z rodu *Fusarium* (% výskytu na 30 letech)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	4,7	/	1,0	1,1	0,8	/	/	/	2,2±2,2
Avenida	/	/	1,9		0,1	/	1,8	2,3	1,3±1,0
Izak	0,2	/	4,4	3,5	/	/	/	/	2,3±3,0
Saul	/	/	/	/	/	/	3,5	/	3,5
Průměr	2,5	/	2,4	2,3	0,5	/	2,7	2,3	2,3±2,1
Předplodina									
Řepka	0,2	/	4,6	3,3	/	/	3,5	/	2,8±2,3
Obilovina	4,7	/	1,4	0,8	/	/	3,4	0	3,2±1,6
Kukuřice	/	/	0,2	/	0,5	0,5	0,2	/	0,3±0,1

Porovnáním výskytu napadení lat jednotlivých odrůd houbami rodu *Fusarium* před sklizní bylo zjištěno, že nejméně napadenou odrůdou nahého ovsa byl Saul (viz. tab. č. 9), příznaky napadení byly nalezeny pouze v roce 2012. Abel a Avenida byly napadeny téměř ve všech ročnících. Nejčtenější napadení bylo zaznamenáno v roce 2010 a po předplodině obilovině.

Tab. č. 10 Přehled vizuálně zaznamenaného napadení lat jednotlivých odrůd pluchatého ovsa houbami z rodu *Fusarium* (% výskytu na 30 letech)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	/	/	1,9	/	1,8	/	2,5	/	2,1±0,4
Flämingsprofi	4,7	1,3	7,2	/	3,0	3,2	1,3	/	4,0±2,5
Neklan	/	/	2,5	/	/	/	1,3	/	1,9±0,8
Pogon	2,1	/	3,2	/	/	/	0,3	/	1,9±1,5
Salo	0,6	0,6	3,2	0,3	5,8	/	4,6	5,7	3,5±2,2
Veli	/	/	3,0	0,1	2,4	3,0	4,0	4,0	3,1±0,8
Průměr	2,5	1,0	3,5	0,2	3,2	3,1	2,3	4,8	2,8±1,4
Předplodina									
Řepka	2,9	2,4	3,2	0,4	1,0	0,4	1,5	0,3	2,1±1,1
Obilovina	3,8	/	2,8	0,3	4,7	1,9	5,3	1,9	4,1±1,1
Kukuřice	0,1	/	4,1	2,8	0,2	/	0,9	0,8	1,3±1,9

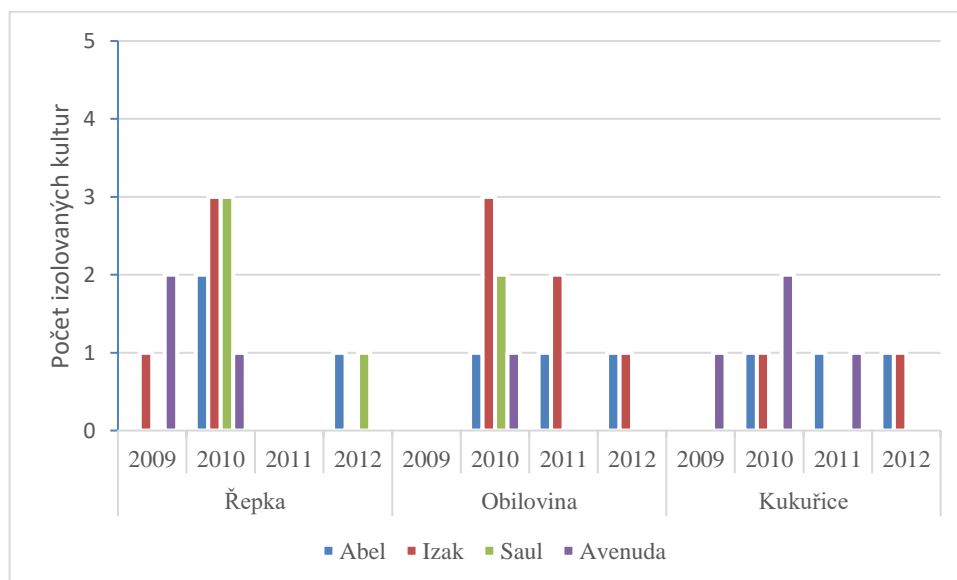
Taktéž v roce 2010 a po předplodině obilovině bylo zaznamenáno čtenější napadení u odrůd pluchatého ovsa (tab. č. 10). U všech odrůd pluchatého ovsa bylo

zaznamenáno napadení houbami rodu *Fusarium* v roce 2010 a 2012. Nejvíce napadenou odrůdou pluchatého ovsa byla Flämingsprofi, u které byla zaznamenáno v roce 2010 nejvíce napadených lat ze všech odrůd. Nejméně napadenými odrůdami pluchatého ovsa byly Neklan a Pogon.

5.3 Identifikované druhy mikroskopických hub na povrchu obilek ovsa

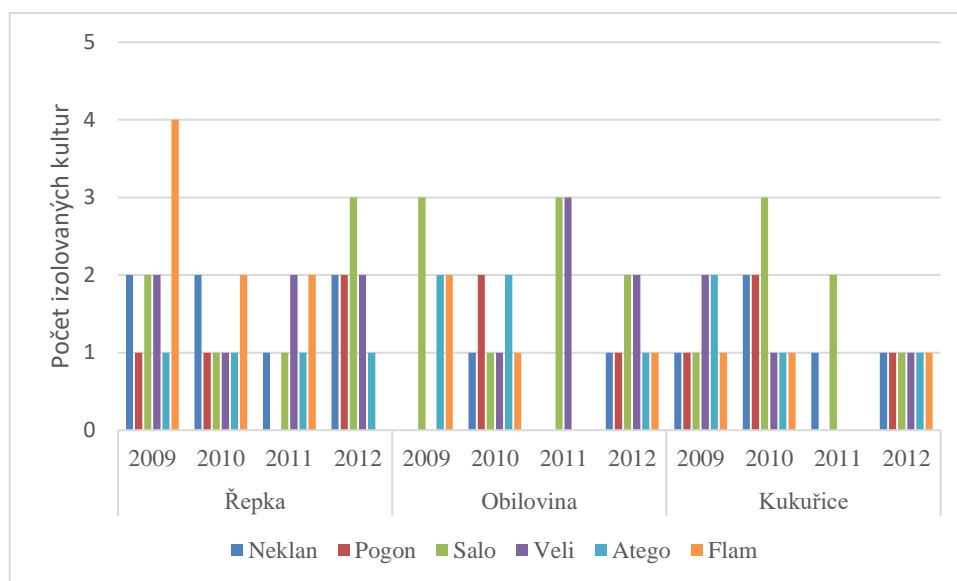
Počty izolovaných kultur mikroskopických hub u jednotlivých odrůd jsou uvedeny v grafech č. 1 a 2. Nejvyšší počet pozitivních vzorků na přítomnost mikroskopických hub na povrchu obilek nahého ovsa byl zaznamenán v roce 2010 po všech předplodinách. Pouze odrůda nahého ovsa Saul nevykazovala v tomto roce po předplodině kukuřici známky napadení mikroskopickými houbami. Naopak nejnižší počet pozitivních vzorků na přítomnost mikroskopických hub na obilkách odrůd nahého ovsa byl zaznamenán v roce 2009.

Graf č. 1 Počet kultur mikroskopických hub izolovaných z povrchu obilek u odrůd nahého ovsa



Z povrchu obilek nahé odrůdy Saul byly izolovány mikroskopické houby pouze v roce 2010 po předplodinách řepce a obiloviny a také v roce 2012 po předplodině řepce. U ostatních odrůd nahého ovsa byl výskyt mikroskopických hub častější.

Graf č. 2 Počet kultur mikroskopických hub izolovaných z povrchu obilek u odrůd pluchatého ovsa



Všechny odrůdy nahého ovsa po předplodině řepce byly pozitivní na přítomnost mikroskopických hub, kromě odrůdy Pogon v roce 2011. Nejpestřejší zastoupení mikroskopických hub bylo nalezeno na odrůdě Flämingsprofi v roce 2009 právě po předplodině řepce. Také odrůda Salo vykazovala četný výskyt mikroskopických hub na obilkách oproti ostatním pluchatým odrůdám.

Rok 2009 a 2011 po předplodině obilovině a rok 2011 po předplodině kukuřici byl slabší na výskyt mikroskopických hub, u odrůd Pogon a Neklan výskyt nebyl vůbec zaznamenán po předplodině obilovině ve výše uvedených ročnících, stejně tak u odrůd Pogon, Veli, Atego, Flämingsprofi po kukuřici v roce 2011.

V tabulce č. 11 je uveden přehled kultur mikroskopických hub izolovaných ze zrn ovsa. Nejčastější výskyt byl zaznamenán u *Alternaria* sp. a *Fusarium* sp. po všech uvedených předplodinách. Zaznamenán byl i výskyt sterilního mycelia, které i přes kultivaci ve vhodných podmínkách ke sporulaci, nesporulovalo, nebylo tedy možné je určit. Během ročníku 2010 byla získána velice široká škála mikroskopických hub po všech předplodinách. Naopak v roce 2011 bylo spektrum nalezených mikroskopických hub velice úzké, nejlépe dopadly odrůdy po předplodině kukuřici.

Tab. č. 11 Přehled zástupců mikroskopických hub izolovaných z povrchu obilek jednotlivých odrůd ovsa (% podílu vzorků s houbou daného rodu z celkového počtu hodnocených vzorků)

Předplodina	Patogen	Ročník				Průměr (%)
		2009	2010	2011	2012	
Řepka	<i>Alternaria</i> sp.	26,67	35,31	28,57	25,00	28,89
	<i>Fusarium</i> sp.	13,33	11,76	42,87	66,70	33,67
	<i>Gliocladium</i> sp.		5,88			5,88
	<i>Penicilium</i> sp.		5,88	14,28	8,30	9,49
	<i>Paecilomyces</i> sp.		5,88			5,88
	<i>Acremonium</i> sp.	6,67	17,65			12,16
	<i>Beauveria</i> sp.		5,88			5,88
	<i>Trichothecium</i> sp.					
	<i>Trichoderma</i> sp.	13,33		14,28		13,81
	<i>Cladosporium</i> sp.					
	sterilní mycelium	40,00	11,76			25,88
Obilovina	<i>Alternaria</i> sp.	14,29	33,33	33,33	30,77	27,93
	<i>Fusarium</i> sp.	28,57	26,66	33,33	38,47	31,76
	<i>Gliocladium</i> sp.				7,69	7,69
	<i>Penicilium</i> sp.		6,67	11,11	7,69	8,49
	<i>Paecilomyces</i> sp.				7,69	7,69
	<i>Acremonium</i> sp.		6,67	11,11		8,89
	<i>Beauveria</i> sp.	14,29	13,33			13,81
	<i>Trichothecium</i> sp.		6,67			6,67
	<i>Trichoderma</i> sp.	28,57	6,67		7,69	14,31
	<i>Cladosporium</i> sp.			11,11		11,11
	sterilní mycelium	14,29				14,29
Kukuřice	<i>Alternaria</i> sp.	41,60	18,75	40,00	11,10	27,86
	<i>Fusarium</i> sp.	25,00	31,25	60,00	55,56	42,95
	<i>Gliocladium</i> sp.		6,25			6,25
	<i>Penicilium</i> sp.	8,30	6,25			7,28
	<i>Paecilomyces</i> sp.		6,25		11,10	8,68
	<i>Acremonium</i> sp.		6,25			6,25
	<i>Beauveria</i> sp.		6,25			6,25
	<i>Trichothecium</i> sp.					
	<i>Trichoderma</i> sp.		6,25		22,20	14,23
	<i>Cladosporium</i> sp.	8,30				8,30
	sterilní mycelium	16,80	12,50			14,65

5.4 Identifikované druhy fuzárií

Na obilkách ovsa byly identifikovány následující druhy hub z rodu *Fusarium*: *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum*.

Nejvíce vzorků (14) bylo pozitivních na přítomnost *F. poae*.

V níže uvedené tabulce č. 12 vidíme přehled izolovaných *Fusarium* sp. z povrchu zrn jednotlivých odrůd ovsa. V roce 2009 byly napadeny *Fusarium* sp. pouze odrůdy pluchatého ovsa. Odrůda Salo, označená jako citlivá k *Fusarium* sp. byla napadena v 60 % případů. Odrůda Flämingsprofi ve 40 % po předplodině řepce a obilovině. Po předplodině kukuřici nebyla u této odrůdy zaznamenána přítomnost *Fusarium* sp. Zaznamenány byly druhy *F. poae* a *F. tricinctum*.

Tab. č. 12 Výskyt patogenů *Fusarium* sp. v jednotlivých ročnících po všech předplodinách

Předplodina	<i>Fusarium</i> sp.	Ročník			
		2009	2010	2011	2012
Řepka	<i>F. avenaceum</i>		Salo	Veli	Saul
	<i>F. equiseti</i>			Atego	
	<i>F. graminearum</i>				Veli
	<i>F. poae</i>	Fläm, Salo	Izak	Fläm	
	<i>F. sporotrichioides</i>				Neklan
	<i>F. tricinctum</i>	Salo			
Obilovina	<i>F. avenaceum</i>		Abel, Neklan	Salo	Izak, Salo
	<i>F. equiseti</i>				Veli
	<i>F. graminearum</i>				Avenuda
	<i>F. poae</i>	Fläm, Salo	Atego, Izak	Izak, Veli	Izak
	<i>F. sporotrichioides</i>				
	<i>F. tricinctum</i>				
Kukuřice	<i>F. avenaceum</i>		Pogon	Abel	Salo, Veli
	<i>F. equiseti</i>		Abel, Atego Fläm	Salo	Fläm
	<i>F. graminearum</i>			Avenuda	
	<i>F. poae</i>		Salo		Pogon, Neklan
	<i>F. sporotrichioides</i>				
	<i>F. tricinctum</i>				

Pozn.: Odrůdy ovsa nahého vyznačeny červeně.

V roce 2010 bylo napadení odrůd pluchatého ovsa k odrůdám nahého ovsa v poměru 7:4. Odrůda pluchatého ovsa Salo byla napadena ve 2 případech ze všech 11

pozitivních vzorků. U odrůdy Veli, která byla také označena jako citlivá na přítomnost *Fusarium* sp., nebyla přítomnost potvrzena. Z odrůd nahého ovsa bylo detekováno *Fusarium* sp. u odrůdy Izak a Abel. V tomto roce byly zaznamenány druhy *F. avenaceum*, *F. poae* a *F. equiseti*.

V roce 2011 bylo *Fusarium* sp. detekováno po všech předplodinách, po třech pozitivních vzorcích u každé předplodiny. Odrůdy nahého ovsa byly pozitivní na přítomnost *Fusarium* sp. ve 3 případech z celkových 9 pozitivních vzorků. Citlivé odrůdy pluchatého ovsa Salo a Veli byly pozitivní ve 4 případech na přítomnost *Fusarium* sp. Z odrůd nahého ovsa nebylo izolováno *Fusarium* sp. jen u odrůdy Saul. Z druhů *Fusarium* sp. bylo identifikováno *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. poae* a *F. graminearum*.

V roce 2012 bylo nejméně pozitivních vzorků detekováno po předplodině řepce. Po předplodině kukuřici byly pozitivní jen vzorky odrůd pluchatého ovsa. Odrůda pluchatého ovsa Salo byla pozitivní ve 2 a odrůda Veli ve 3 případech z celkových 13 pozitivních vzorků. Z odrůd nahého ovsa byla detekována přítomnost *Fusarium* sp. u všech, kromě odrůdy Abel. V roce 2012 bylo identifikováno celé spektrum *Fusarium* sp. uvedených v tabulce č. 11, kromě *F. tricinctum*.

5.5 Délka juvenilní fáze ovsa

Délka juvenilní fáze u odrůd nahého i pluchatého ovsa byla ovlivněna jak samotnými faktory (ročník, předplodina, odrůda), tak jejich vzájemnými interakcemi (viz. tab. č. 13 a 14). Nejdelší juvenilní fáze u odrůd nahého i pluchatého ovsa byla zaznamenána v roce 2010 a 2011 (67 a 66 dnů), naopak nejčasněji odrůdy nahého i pluchatého ovsa metaly v roce 2012 (61 a 60 dnů). Stejně tak byla délka juvenilní fáze zaznamenána u odrůd pluchatých (67 dnů a 60 dnů).

Z jednotlivých předplodin vykazovaly rostliny ovsa nahého i pluchatého statisticky průkazně nejdelší dobu juvenilní fáze po kukuřici.

Tab. č. 13 Délka juvenilní fáze u nahých odrůd ovsa ve dnech (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	64,5	1,0	67,7	1,4	67,2	1,2	62,0	0,0	65,3±0,9c
Avenida	63,7	1,5	67,3	1,9	66,7	0,5	60,2	1,0	64,5±1,2b
Izak	64,2	1,3	66,8	1,7	65,3	1,0	58,7	1,0	63,8±1,3a
Saul	65,2	1,2	66,5	2,8	68,0	0,6	62,2	1,3	65,5±1,5c
Průměr	64,4	1,3b	67,1	1,9c	66,8	0,8c	60,8	0,8a	64,8±1,2
Předplodina									
Řepka	64,5	2,1	65,0	2,4	63,8	2,7	65,8	3,5	64,7±2,7a
Obilovina	64,5	3,3	65,0	2,4	64,8	2,3	64,3	4,1	64,6±3,0a
Kukuřice	63,8	3,5	64,0	2,8	66,3	3,0	65,5	3,3	65,6±3,2b

Tab. č. 14 Délka juvenilní fáze u pluchatých odrůd ovsa ve dnech (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	63	0,5	67	1,9	64	0,5	59	0,0	64,1±0,7b
Flämingsprofi	64	1,2	67	1,4	67	0,0	60	0,5	63,8±0,8b
Neklan	64	0,9	66	1,2	64	0,7	58	0,0	62,9±0,7a
Pogon	64	0,0	66	0,7	66	0,7	59	0,7	63,7±0,5b
Salo	65	0,7	66	0,9	65	0,7	58	0,0	63,5±0,6ab
Veli	68	0,7	68	1,4	71	0,5	65	0,5	68,0±0,8c
Průměr	64,6	0,7b	66,6	1,3c	66,2	0,5c	60,0	0,3a	64,3±0,7
Předplodina									
Řepka	64	1,1	66	1,4	66	0,4	60	0,5	63,8±0,8a
Obilovina	63	0,5	67	0,9	66	0,5	60	0,1	64,4±0,5b
Kukuřice	66	0,5	68	1,4	66	0,7	60	0,2	64,9±0,7c

Odrůda Izák se statisticky průkazně odlišovala od ostatních odrůd nahého ovsa nejkratší délkou juvenilní fáze (63,8 dnů). Odrůdy nahého ovsa Abel a Saul dosáhly nejdelsích hodnot juvenilní fáze (65,4; 65,6 dnů). Nejpozději metající odrůdou ze všech sledovaných odrůd byla odrůda ovsa pluchatého Veli (68 dnů), naopak nejranější byla odrůda ovsa pluchatého Neklan (62,9 dnů).

Mezi odrůdami nahého a pluchatého ovsa byl statisticky průkazný rozdíl ($P \leq 0,05$), kdy průměrně později metaly odrůdy ovsa pluchtého (64,8 dnů) než odrůdy ovsa nahého (64,3 dnů).

5.6 Počet plodných stébel

Nejvyššího počtu plodných stébel bylo dosaženo u všech odrůd v roce 2010 (tabulka č. 15. a 16), Nejnižší počet plodných stébel byl zjištěn v roce 2012, převážně po předplodině kukuřici.

Tab. č. 15 Počet plodných stébel u odrůd ovsa nahého (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	277	35,9	499	81,8	319	106,1	271	61,6	342±71b
Avenida	271	45,0	479	42,5	306	54,2	100	113,7	289±64ab
Izak	275	66,2	471	60,4	381	68,4	84	68,3	303±66ab
Saul	223	45,7	455	19,9	299	86,2	74	58,7	263±53a
Průměr	262	48b	476	51b	326	79c	132	76a	299±63
Předplodina									
Řepka	255	48	503	83	359	100	154	84	318±79b
Obilovina	241	58	451	19	284	72	153	113	282±65a
Kukuřice	289	40	474	32	336	62	90	131	297±66a

Statisticky významný rozdíl ($P \leq 0,05$) mezi vlivem předplodin na počet plodných stébel odrůd nahého ovsa byl indikován mezi obilovinou a řepkou. PPS je po obilovině a kukuřici statisticky významně nižší než u řepky. Také u odrůd pluchatého ovsa byl prokázán statistický rozdíl ($P \leq 0,05$) v počtu plodných stébel po předplodině kukuřici a po ostatních předplodinách. Po kukuřici dosahovaly rostliny nejnižších hodnot počtu plodných stébel u odrůd nahého i pluchatého ovsa.

Z odrůd nahého ovsa byl statisticky nejvyšší ($P \leq 0,05$) počet plodných stébel u odrůdy Abel, která se průkazně lišila od ostatních odrůd, a naopak nejnižší u odrůdy Saul. Odrůda Avenida se statisticky významně nelišila od odrůd Izak a Saul (tabulka č. 15). Odrůda pluchatého ovsa Salo, se prokazatelně lišila od ostatních odrůd. Nejvyšší počet plodných stébel v průměru měla pluchatá odrůda Salo (399 PPS). Vyšší hodnoty PPS dosáhly statisticky průkazně odrůdy pluchatého (356) než odrůdy nahého ovsa (284).

Tab. č. 16 Počet plodných stébel u odrůd pluchatého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	338	66,6	465	53,6	344	96,8	241	104,3	347±47a
Flämingsprofi	308	37,7	520	76,9	303	100,5	216	82,7	337±42a
Neklan	343	84,7	483	49,6	361	106,6	229	50,6	354±51a
Pogon	336	74,5	477	70,2	335	69,8	268	80,7	354±56a
Salo	416	82,4	479	68,7	433	133,1	269	43,9	399±46b
Veli	293	61,3	521	78,4	381	102,2	235	83,1	358±64a
Průměr	339	48b	491	47c	360	63b	243	46a	358±51
Předplodina									
Řepka	330	43	536	79	362	90	247	45	369±64b
Obilovina	322	59	441	15	422	30	274	36	365±35b
Kukuřice	366	40	496	47	295	69	207	58	341±54a

5.7 Stupeň polehnutí

V tabulkách č. 17 a 18 je uveden přehled míry polehnutí porostů u jednotlivých odrůd. Nejvyšší polehnutí bylo pozorováno v roce 2012 u odrůd nahého ovsa po předplodině kukuřici a obilovině, u odrůd pluchatého ovsa po kukuřici.

Tab. č. 17 Stupeň polehnutí rostlin u odrůd ovsa nahého (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	7	1,8	7	0,8	8	2,4	5	3,0	6,8±2,0a
Avenuda	7	1,2	7	1,3	9	0,5	4	1,8	6,8±1,2a
Izak	9	0,5	8	0,5	9	0	3	2,5	7,3±0,9b
Saul	8	0,6	8	0,4	8	2,4	4	2,1	7,0±1,4a
Průměr	7,7	1,0b	7,5	0,8b	8,5	1,3b	4,0	2,4a	6,9±1,4
Předplodina									
Řepka	6,9	1,4	7,0	1,3	8,4	1,8	5,7	1,5	7,0±1,5b
Obilovina	7,9	1,7	8,2	0,4	6,6	2,7	2,2	0,8	6,2±1,4a
Kukuřice	8,0	2,6	8,0	3,8	8,0	2,9	2,8	1,9	6,7±2,8b

1 - úplné polehnutí, 9 - porost bez polehnutí

Tab. č. 18 Stupeň polehnutí rostlin u odrůd ovsa pluchatého (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	8	0,5	8	0,4	9	0	5	2,7	7,6±1,2ab
Flämingsprofi	6	1,9	6	1,3	8	1,0	6	2,1	6,7±0,5a
Neklan	8	1,5	7	0,5	9	0,5	6	2,1	7,4±0,8ab
Pogon	7	2,4	7	1,9	9	0,4	5	2,9	6,9±1,1ab
Salo	8	1,6	8	1,6	9	0,4	6	3,5	7,8±1,3b
Veli	7	1,8	7	1,2	9	0,4	6	3,5	7,2±1,3ab
Průměr	7,5	1,5b	7,1	1,2b	8,8	0,5c	5,7	2,8a	7,3±1,0
Předplodina									
Řepka	6,3	2,0	6,3	1,7	8,8	0,6	6,0	2,0	6,9±0,7a
Obilovina	7,3	1,6	7,9	0,7	8,7	0,7	6,8	2,1	7,7±0,7b
Kukuřice	8,7	0,5	7,0	1,2	8,8	0,5	4,0	3,2	7,1±1,3a

1 -úplné polehnutí, 9 - porost bez polehnutí

Statisticky významně nejvyšší polehnutí bylo naměřeno v roce 2012 a to jak u odrůd pluchatého, tak nahého ovsa. V roce 2011 bylo pozorováno statisticky významně nejnižší polehnutí.

Stupeň polehnutí odrůd nahého ovsa po jednotlivých předplodinách vykazoval statisticky průkazné rozdíly (tabulka č. 17). Nejvyšší polehnutí porostu bylo zaznamenáno po obilovině, nejnižší po řepce a kukuřici. Nejnižší polehnutí u odrůd pluchatého ovsa bylo zaznamenáno po předplodině obilovině. Nejvyšší polehnutí bylo zjištěno po předplodině řepce.

U odrůd nahého ovsa se z hlediska polehnutí statisticky průkazně ($P \leq 0,05$) odlišuje odrůda Izák od odrůd Abel a Avenuda, rozdíl mezi ním a odrůdou Saul nebyl průkazný. Odrůda Izak vykazuje nejnižší polehnutí z odrůd nahého ovsa, odrůda Saul polehnutí střední a Abel a Avenuda polehnutí vyšší. V rámci odrůd pluchatého ovsa (tab. č. 18) byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi odrůdami Salo a Flämingsprofi, přičemž Salo má nejnižší hodnoty polehnutí (7,77) a Flämingsprofi polehnutí nejvyšší ze všech odrůd pluchatého ovsa. Ostatní odrůdy vykazovaly střední stupeň polehnutí.

Míra polehnutí se statisticky lišila průkazně mezi odrůdami pluchatého ovsa (7,1), u odrůd nahého ovsa se (7,0) nelišila.

5.8 Výnos

Nejvyšších výnosů zrna ovsa bylo dosaženo po předplodině řepce a obilovině v roce 2011, u odrůd nahého ovsa Izák a Salo po předplodině řepce v roce 2009. Naopak nejnižších výnosů bylo naměřeno v roce 2010 po kukuřici.

Tab. č. 19 Výnos ($t \cdot ha^{-1}$) odrůd nahého ovsa (průměr \pm sd)

Odrůda	Ročník								Průměr \pm sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	2,72	0,19	1,20	0,83	2,55	0,92	0,62	0,20	1,77 \pm 0,54b
Avenida	2,42	0,20	1,17	0,77	2,98	1,28	0,83	0,69	1,85 \pm 0,74b
Izak	2,65	0,48	0,96	0,68	2,36	0,87	0,51	0,26	1,62 \pm 0,57a
Saul	2,03	0,14	1,28	0,90	2,31	0,75	0,75	0,22	1,59 \pm 0,50a
Průměr	2,46	0,25b	1,15	0,80a	2,55	0,96b	0,68	0,34a	1,71 \pm 0,59
Předplodina									
Řepka	2,65	0,47	1,12	0,23	3,04	0,37	0,54	0,15	1,84 \pm 0,31b
Obilovina	2,22	0,32	1,95	0,20	3,15	0,54	0,44	0,10	1,94 \pm 0,29b
Kukuřice	2,49	0,24	0,38	0,01	1,46	0,07	1,06	0,39	1,35 \pm 0,18a

Tab. č. 20 Výnos ($t \cdot ha^{-1}$) odrůd pluchatého ovsa (průměr \pm sd)

Odrůda	Ročník								Průměr \pm sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	6,00	0,82	2,94	2,22	5,18	2,07	2,21	0,29	4,08 \pm 1,35b
Flämingsprofi	5,15	0,39	2,72	2,12	5,02	1,84	1,91	0,39	3,70 \pm 1,19ab
Neklan	5,90	0,65	3,04	2,49	4,59	2,09	2,31	0,09	3,96 \pm 1,33b
Pogon	5,98	0,42	2,93	2,33	4,78	1,75	2,80	0,40	4,12 \pm 1,23b
Salo	4,67	0,59	2,61	1,46	3,95	1,77	1,47	0,82	3,18 \pm 1,16a
Veli	3,27	0,52	3,01	2,04	3,96	1,30	1,50	0,42	2,94 \pm 1,07a
Průměr	5,16	0,57b	2,88	2,11a	4,58	1,80ab	2,03	0,40a	3,66 \pm 1,22
Předplodina									
Řepka	5,28	1,46	3,31	0,17	5,47	0,42	1,95	0,46	4,00 \pm 0,63b
Obilovina	5,14	0,99	4,73	0,56	5,73	0,95	1,89	0,82	4,38 \pm 0,83b
Kukuřice	5,06	1,06	0,59	0,23	2,54	0,40	2,26	0,55	2,61 \pm 0,56a

Výnos je prokazatelně ovlivňován všemi faktory. Výše uvedené ročníky se ve výnosu statisticky významně liší. Na základě tabulek č. 19 a 20 můžeme říci, že nejvyšší

výnosy byly naměřeny v roce 2009 a 2011. V roce 2012 byl pozorován statisticky významně nejnižší výnos při srovnání všech odrůd.

Co se týče předplodin, nejvyšší výnos měly nahé i pluchaté odrůdy ovsa pěstované po obilovině, nižší výnos byl zjištěn po řepce a nejnižší po kukuřici. Výjimkou je ročník 2012, kdy odrůdy pěstované po kukuřici dosahovaly vyšších výnosů oproti ostatním předplodinám.

Porovnáním odrůd nahého ovsa byly prokázány rozdíly mezi odrůdami. U odrůd Izak a Saul byl zaznamenán nižší výnos. Abel a Avenuda vykazovaly výnos vyšší (tab. č. 19).

U odrůd pluchatého ovsa byly statisticky průkazné rozdíly mezi odrůdami Atego, Neklan, Pogon a odrůdami Salo a Veli. Odrůdy Salo a Veli dosahovaly nižších výnosů než ostatní odrůdy. Atego, Neklan a Pogon naopak nejvyšších výnosů mezi odrůdami pluchatého ovsa.

Vyšší výnos zrna měly statisticky průkazně ($P \leq 0,05$) vyšší odrůdy pluchatého ($3,66 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) než odrůdy nahého ovsa ($1,69 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

5.9 Počet zrn na latu (počet plodných kvítků v latě)

Počet zrn na latu ovsa je u všech odrůd ovlivňován jak samotnými faktory (ročník, předplodina, odrůda), tak jejich vzájemnými interakcemi.

U odrůd nahého i pluchatého ovsa byl nejnižší počet zrn na latu v roce 2012. Hodnoty počtu zrn v letech 2009 a 2011 byly u odrůd nahého ovsa nejvyšší ze všech. U odrůd pluchatého ovsa byly nejvyšší hodnoty počtu zrn v latě zaznamenány v roce 2009.

Tab. č. 21 Počet zrn na latu u odrůd nahého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	77	5,9	49	31,0	84	7,5	28	7,5	59,5±13,0b
Avenuda	68	9,8	38	28,7	59	19,0	41	13,5	51,5±16,8a
Izak	76	11,6	51	34,6	71	15,0	41	11,2	59,8±17,0b
Saul	74	12,4	46	31,8	82	10,6	45	11,2	61,8±16,5b
Průměr	73,8	9,9c	46,0	31,5b	74,0	13,0c	38,8	10,9a	58,1±15,8
Předplodina									
Řepka	75,6	7,3	8,4	5,0	63,9	18,9	44,3	14,5	48,0±11,4a
Obilovina	62,6	6,0	71,6	13,0	81,5	7,3	36,3	13,9	63,0±10,0b
Kukuřice	82,0	5,2	57,6	14,9	76,3	16,6	35,3	4,5	62,8±10,4b

Tab. č. 22 Počet zrn na latu u odrůd pluchatého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	95	21,6	65	43,5	50	7,9	50	16,9	65,0±16b
Flämingsprofi	98	8,0	72	46,1	54	13,4	37	8,5	65,3±8b
Neklan	106	13,4	58	32,5	41	8,4	47	10,7	62,9±7,5b
Pogon	89	12,9	70	43,4	42	13,0	47	14,0	61,6±7,5b
Salo	70	6,2	56	22,6	37	7,6	31	11,7	48,5±8,2a
Veli	100	8,8	62	25,9	59	16,3	41	14,0	65,3±7,2b
Průměr	93	11,8b	63,8	35,7ab	47,2	11,1a	42,2	12,6a	61,5±9,1b
Předplodina									
Řepka	96,3	16,7	21,4	8,8	35,2	7,4	53,9	14,0	51,7±11,7a
Obilovina	90,8	14,2	92,3	23,1	54,3	12,1	36,4	9,6	68,4±14,7c
Kukuřice	92,1	19,5	77,6	12,5	51,5	11,2	35,8	8,6	64,3±13,0b

Z hlediska porovnání předplodin bylo prokázáno, že statisticky průkazně nejvyšších hodnot počtu zrn na latu bylo dosaženo u odrůd pluchatého i nahého ovsa po obilovině a nejnižších po řepce.

U odrůd nahého ovsa v tab. č. 21 byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi Avenudou, která dosahovala nejnižších hodnot, a dalšími odrůdami. Ostatní odrůdy se mezi sebou statisticky neodlišovaly.

Z hlediska odrůd pluchatého ovsa lze říct, že jedinou odrůdou, která se statisticky lišila od ostatních odrůd, byla odrůda Salo, s nejnižší dosaženou hodnotou počtu zrn na latu (tab. č. 22). Mezi odrůdami ovsa nahými (57,3) a pluchatým (61,4) nebyl v počtu zrn na latu statisticky průkazný rozdíl.

5.10 Hmotnost zrn v latě

Hmotnost zrn v latě ovsa významně ovlivnily jak samotné faktory (ročník, předplodina, odrůda), tak všechny jejich vzájemné interakce. Statisticky významně nejvyšší hmotnost zrn v latě u nahých i pluchatých odrůd ovsa byla pozorována v roce 2009. V roce 2012 byly hodnoty naopak nejnižší (tabulka č. 23 a 24).

Tab. č. 23 Hmotnost zrn v latě (g) u odrůd nahého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	2,30	0,22	1,21	0,78	2,05	0,33	0,63	0,15	1,55±0,37a
Avenida	2,23	0,34	0,98	0,78	1,63	0,59	1,12	0,39	1,49±0,53a
Izak	2,25	0,35	1,21	0,87	1,85	0,43	1,05	0,33	1,59±0,50a
Saul	2,17	0,36	1,09	0,80	2,02	0,37	1,07	0,35	1,59±0,47a
Průměr	2,23	0,32c	1,12	0,81a	1,89	0,43b	0,97	0,30a	1,55±0,47
Předplodina									
Řepka	2,55	0,13	1,36	0,45	2,00	0,47	0,91	0,19	1,71±0,31b
Obilovina	1,94	0,24	1,82	0,27	2,05	0,36	0,88	0,39	1,67±0,32b
Kukuřice	2,23	0,11	0,19	0,13	1,61	0,42	1,11	0,43	1,29±0,27a

Statisticky významný rozdíl hmotnosti zrn v latě nahých i pluchatých odrůd ovsa byl pozorován mezi kukuřicí a ostatními předplodinami, přičemž kukuřice vykazovala nejnižší hodnotu hmotnosti zrn v latě. Hmotnosti zrn v latě po předplodině řepce a obilovině nevykazovaly statisticky průkazné rozdíly.

Tab. č. 24 Hmotnost zrn v latě (g) u odrůd pluchatého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	3,16	0,70	1,88	1,21	1,78	0,35	1,54	0,44	2,09±0,68bc
Flämingsprofi	3,43	0,44	2,37	1,57	1,98	0,41	1,16	0,24	2,24±0,67c
Neklan	3,79	0,28	1,78	1,01	1,39	0,27	1,43	0,32	2,10±0,47bc
Pogon	3,26	0,48	2,06	1,23	1,62	0,48	1,48	0,38	2,10±0,64bc
Salo	2,50	0,19	1,73	0,76	1,52	0,55	0,82	0,28	1,64±0,45a
Veli	3,12	0,33	1,62	0,73	2,10	0,88	1,08	0,43	1,98±0,59b
Průměr	3,21	0,40c	1,91	1,09b	1,73	0,49b	1,25	0,35a	2,03±0,58
Předplodina									
Řepka	3,13	0,59	2,31	0,42	1,93	0,40	1,07	0,26	2,11±0,42b
Obilovina	3,09	0,51	2,80	0,73	2,02	0,60	1,10	0,39	2,25±0,56b
Kukuřice	3,41	0,57	0,61	0,23	1,25	0,24	1,58	0,40	1,71±0,36a

Z výše uvedené tabulky č. 23 je zřejmé, že odrůdy nahého ovsa v hmotnosti zrn na latu nevykazovaly statisticky významné rozdíly. Ani odrůdy pluchatého ovsa se statisticky významně nelišily. Výjimkou je odrůda Salo, která se od ostatních odlišovala nejnižší hmotností zrn v latě. Nejvyšší hodnoty hmotnosti zrn v latě byly zaznamenány u odrůdy Flämingsprofi.

5.11 Hmotnost tisíce zrn

Vliv na hmotnost tisíce zrn (HTZ) měly jak samotné faktory (ročník, předplodina, odrůda), tak všechny jejich vzájemné interakce.

Nahé odrůdy ovsa vykazovaly nejvyšší HTZ v roce 2012, naopak nejnižší v roce 2009. V případě pluchatých odrůd byly nejvyšší hodnoty zaznamenány v roce 2011, nejnižší v roce 2009, shodně s odrůdami nahého ovsa (tabulka č. 25 a 26).

Prokazatelně statisticky nejvyšší hodnoty hmotnosti tisíce zrn dosahovaly odrůdy nahého ovsa po předplodině obilovině a řepce, nejnižší po kukuřici, stejně tak je to u odrůd pluchatého ovsa.

Porovnáním odrůd nahého ovsa měla prokazatelně statisticky nejvyšší hodnoty hmotnosti tisíce zrn odrůda Avenuda a Abel, které se od sebe nelišily. Nejnižší hodnoty hmotnosti tisíce zrn dosáhla odrůda Izak, která se prokazatelně odlišovala od výše uvedených (tabulka č. 25).

Tab. č. 25 Hmotnost tisíce zrn (g) u odrůd nahého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	22,36	0,48	23,75	2,74	23,37	2,04	26,99	3,55	24,12±2,20bc
Avenida	22,90	1,20	25,26	4,63	27,23	3,77	24,97	3,14	25,09±3,19c
Izak	22,78	1,19	22,91	3,50	21,57	2,06	23,20	1,64	22,62±2,10a
Saul	22,91	0,90	22,65	2,31	22,85	2,57	25,35	2,73	23,44±2,13ab
Průměr	22,74	0,94ab	23,64	3,30b	23,76	2,61b	25,13	2,77c	23,82±2,40
Předplodina									
Řepka	23,45	0,93	24,25	4,52	24,44	4,05	26,46	3,06	24,65±3,14b
Obilovina	22,83	0,70	24,95	1,70	23,16	3,56	26,83	1,75	24,44±1,93b
Kukuřice	21,94	0,55	21,73	2,62	23,66	2,48	22,09	1,11	22,36±1,69a

Tab. č. 26 Hmotnost tisíce zrn (g) u odrůd pluchatého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	20,69	1,09	29,70	4,00	39,55	2,94	32,88	1,12	30,71±2,29b
Flämingsprofi	18,85	1,63	32,11	7,91	43,17	2,47	35,17	2,07	32,33±3,52c
Neklan	20,93	0,75	30,45	5,90	38,82	1,79	31,15	2,70	30,34±2,79b
Pogon	25,57	5,82	30,66	3,26	39,28	1,80	35,00	2,29	32,63±3,29c
Salo	21,15	1,11	31,07	5,69	38,02	1,04	27,88	2,87	29,53±2,68ab
Veli	24,52	2,16	26,20	3,07	31,97	2,22	30,64	1,25	28,33±2,18a
Průměr	21,95	2,09a	30,03	4,97b	38,47	2,04b	32,12	2,05c	30,64±2,79
Předplodina									
Řepka	21,10	1,62	31,97	3,49	38,83	3,81	32,22	3,34	31,03±3,07b
Obilovina	21,05	2,26	33,06	3,98	37,88	4,53	32,58	3,57	31,14±3,59b
Kukuřice	23,69	5,01	25,06	4,19	38,69	3,61	31,57	3,10	29,75±3,98a

Statisticky nejvyšší hodnoty hmotnosti tisíce zrn vykazovaly odrůdy pluchatého ovsa Pogon a Flämingsprofi a nejnižších hodnot dosahovaly odrůdy Salo a Veli (tabulka č. 26).

Prokazatelně nižší HTZ dosahovaly odrůdy nahého ovsa (27,15 g) než odrůdy ovsa pluchatého (30,64 g).

5.12 Vyrovnanost

Vyrovnanost zrna u odrůd nahého ovsa (tab. č. 27) je ovlivněna ročníkem a předplodinou i jejich vzájemnými kombinacemi. Vyrovnanost odrůd pluchatého ovsa je ovlivněna ročníkem, odrůdou a všemi kombinacemi faktorů i s předplodinou. Samotný vliv předplodiny na vyrovnanost zrn odrůd pluchatého ovsa nebyl prokázán (tab. č. 28).

Tab. č. 27 Vyrovnanost zrna (%) u odrůd nahého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Abel	88,68	1,32	69,14	18,90	83,58	1,87	82,19	1,49	80,90±5,90a
Avenida	84,43	12,50	63,97	18,66	86,32	0,96	80,62	5,73	78,84±9,46a
Izak	88,71	0,75	65,40	18,23	79,65	1,47	81,62	3,12	78,85±5,89a
Saul	90,70	1,68	71,67	12,68	78,77	2,85	79,27	1,07	80,10±4,57a
Průměr	88,13	4,06c	67,55	17,12a	82,08	1,79b	80,93	2,85b	79,7±6,46
Předplodina									
Řepka	86,02	10,94	76,26	9,05	83,43	2,57	79,54	3,55	81,31±6,53b
Obilovina	89,50	2,20	78,94	7,06	81,78	3,68	80,57	2,00	81,70±3,74b
Kukuřice	88,88	0,92	47,43	7,64	81,03	4,33	82,66	3,84	75,00±4,18a

Tab. č. 28 Vyrovnanost zrna (%) u odrůd pluchatého ovsa (průměr ± sd)

Odrůda	Ročník								Průměr± sd
	2009		2010		2011		2012		
	x	sd	x	sd	x	sd	x	sd	
Atego	94,66	0,80	73,68	15,62	90,62	0,98	49,99	16,00	77,24±8,35b
Flämingsprofi	95,67	0,86	80,43	8,72	96,07	0,53	77,76	2,12	87,48±3,06c
Neklan	94,81	0,74	79,02	2,57	91,24	1,36	49,67	13,76	78,69±4,61b
Pogon	92,57	2,33	77,33	7,10	91,76	1,31	56,34	10,56	79,50±5,33b
Salo	94,84	1,21	84,35	4,97	92,63	4,24	54,57	19,53	81,60±7,49b
Veli	81,56	1,69	49,04	21,16	70,24	3,83	36,44	12,84	59,32±9,88a
Průměr	94,51	1,19b	78,96	7,80b	92,46	1,68c	57,67	12,39a	77,30±6,45
Předplodina									
Řepka	91,72	5,94	76,75	12,97	90,42	8,21	84,29	19,60	85,80±11,68a
Obilovina	92,13	4,98	77,15	12,63	87,96	10,35	53,10	16,04	77,59±11,0a
Kukuřice	93,21	4,81	68,02	21,00	87,90	8,52	54,99	18,92	76,03±13,31a

Odrůdy nahého ovsa z hlediska vyrovnanosti vykazovaly statisticky významné rozdíly mezi roky 2009 a 2010 a ostatními. Nejvyšších hodnot vyrovnanosti bylo dosaženo v roce 2009, nejnižších v roce 2010.

U odrůd pluchatého ovsa byla vyrovnanost prokazatelně odlišná ve všech ročnících. Nejnižší hodnoty dosahovala v roce 2012 a nejvyšší hodnoty v roce 2009.

Předplodina kukuřice u odrůd nahého ovsa, s nižší vyrovnaností, vykazovala statisticky průkazné odlišnosti od ostatních předplodin.

Odrůdy pluchatého ovsa z hlediska vyrovnanosti nevykazovaly žádné statisticky průkazné rozdíly po různých předplodinách, mají podobné hodnoty vyrovnanosti.

Ani odrůdy nahého ovsa se v případě vyrovnanosti zrna mezi sebou statisticky nelišily.

Nejvyšších hodnot vyrovnanosti zrna z odrůd pluchatého ovsa vykazovala odrůda Flämingsprofi a nejnižších odrůda Veli, která se průkazně statisticky odlišovala od všech ostatních pluchatých odrůd. Odrůdy nahého (79,3 %) a pluchatého (79,8 %) ovsa se z hlediska vyrovnanosti zrna od sebe statisticky průkazně nelišily.

5.13 Mykotoxiny

V roce 2010 byly všechny odrůdy v dostatečném množství pro analýzy sklizeny pouze po předplodině obilovinně a řepce, z důvodů zničení úrody po předplodině kukuřici havrany. Ani v roce 2012 se nepodařilo u nahých odrůd z důvodů neúrody sklídit dostatečné množství vzorků. Analýzy mykotoxinů nebyly v obou případech provedeny.

5.13.1. HT-2

Tab. č. 29 Obsah HT-2 toxinu u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník				Průměr + sd
		2009	2010	2011	2012	
Abel	Ř	14	<5	22	/	18,6±7,73
	O	10	30	<5	/	
	K	<5	/	17	/	
Avenuda	Ř	22	<5	<5	/	22,7±12,01
	O	11	35	<5	/	
	K	<5	/	<5	<5	
Izak	Ř	15	/	<5	/	14,5±0,71
	O	14	<5	<5	/	
	K	<5	/	<5	/	
Saul	Ř	<5	8	<5	/	16,0±13,06
	O	14	37	3	/	
	K	<5	/	18	/	
Průměr + sd		14,3±3,86	27,5±13,33	15,0±8,29	<5 /	17,94±8,38
Předplodina						
Řepka		17,0±4,36	8,0 /	22,0 /	/	15,7±4,36
Obilovina		12,3±2,06	34,0±3,61	3,0 /	/	16,4±2,83
Kukuřice		<5 /	/ /	17,5±0,71	<5	17,5±0,71

Mezi jednotlivými ročníky existuje statisticky významný rozdíl v obsahu HT-2 toxinu (viz. tab. č. 29 a 30). Ročník 2012 byl u odrůd pluchatého ovsa statisticky odlišný od všech ostatních s nejnižším obsahem HT-2 toxinu.

Při srovnání předplodin u odrůd nahého ovsa nebyl statisticky významný rozdíl prokázán.

U odrůd pluchatého ovsa se hodnoty HT-2 toxinu po předplodině obilovinně statisticky odlišovaly od ostatních předplodin. Řepka a kukuřice mezi sebou rozdíl z hlediska obsahu HT-2 v zrně ovsa nevykazují.

Rozdíl mezi odrůdami nahého a pluchatého ovsa byl statisticky neprůkazný ($P \geq 0,05$). Obsahy HT-2 toxinu u pluchatých odrůd Salo a Veli byly na nižších hladinách.

Tab. č. 30 Obsah HT-2 toxinu u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník				Průměr + sd
		2009	2010	2011	2012	
Atego	Ř	<5	50	12	<5	41,5±36,75
	O	14	90	<5	<5	
	K	<5	/	<5	<5	
Flämingsprofi	Ř	27	<5	<5	<5	38,2±26,54
	O	18	44	20	<5	
	K	<5	/	82	<5	
Neklan	Ř	<5	12	<5	<5	36,4±21,89
	O	45	62	48	<5	
	K	<5	/	15	<5	
Pogon	Ř	<5	<5	<5	<5	72,5±62,93
	O	<5	117	<5	<5	
	K	28	/	<5	<5	
Salo	Ř	<5	13	<5	<5	28,3±28,15
	O	20	70	10	<5	
	K	<5	<5	<5	<5	
Veli	Ř	<5	<5	<5	<5	28,0±17,61
	O	22	39	6	<5	
	K	<5	/	45	<5	
Průměr + sd		24,9±10,14	55,2±34,20	29,8±26,40	<5 /	39,8±25,5
Předplodina						
Řepka		27,0 /	25,0±21,66	12,0 /	<5	21,3±21,66
Obilovina		23,8±12,21	70,3±29,36	21,0±18,94	<5	38,4±20,17
Kukuřice		28,0 /	/ /	47,3±33,56	<5	37,7±33,56

Korelace HT-2 toxinu a kvantitativních parametrů u odrůd nahého ovsa

U odrůd nahého ovsa byl obsah toxinu HT-2 byl v kladné korelaci s počtem zrn v latě ($r = 0,32682$), hmotností zrn v latě ($r = 0,38320$), HTZ ($r = 0,22107$), výnosem ($r = 0,31831$), s vyrovnaností zrna ($r = 0,17369$), stupněm polehnutí ($r = 0,26960$) a počtem plodných stébel ($r = 0,26182$). Korelace HT-2 toxinu byla u těchto parametrů velmi slabá až slabá. Všechny korelace HT-2 toxinu a kvantitativních parametrů u nahých odrůd byly statisticky neprůkazné.

Korelace HT-2 toxinu a kvantitativních parametrů u odrůd pluchatého ovsa

Obsah toxinu HT-2 byl v kladné korelaci s počtem zrn v latě ($r = 0,29495$), s hmotností zrn v latě ($r = 0,26147$), HTZ ($r = 0,15617$), výnosem ($r = 0,23749$), vyrovnaností zrna ($r = 0,18750$), stupněm polehnutí ($r = 0,24324$) a počtem plodných stébel ($r = 0,20752$). Korelace u výše uvedených parametrů odrůd pluchatého ovsa byla velmi slabá až slabá. Všechny korelační vztahy mezi kvantitativními parametry u odrůd pluchatého ovsa a obsah mykotoxinu HT-2 byly statisticky neprůkazné.

5.13.2. T-2

Tab. č. 31 Obsah T-2 toxinu u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník				Průměr + sd				
		2009	2010	2011	2012					
Abel	Ř	3	15	<5	/	10,0±7,02				
	O	<5	17	<5	/					
	K	5	/	<5	/					
Avenuda	Ř	<5	<5	<5	/	51,0±12,73				
	O	<5	42	<5	/					
	K	<5	/	60	/					
Izak	Ř	<5	/	<5	/	8,5±7,78				
	O	3	<5	14	/					
	K	<5	/	<5	/					
Saul	Ř	<5	<5	<5	/	10,5±10,61				
	O	3	18	<5	/					
	K	<5	/	<5	/					
Průměr + sd		3,5±1,00	23,0±12,73	37,0±32,53	/	20,0±9,53				
Předplodina										
Řepka		3,0	/	15,0	/	<5	/	9,0	/	
Obilovina		3,0±0		25,7±14,15		14,0	/	/	14,2±7,08	
Kukuřice		5,0	/	/	/	60,0	/	/	32,5	/

Při porovnání obsahu T-2 toxinu u odrůd nahého ovsa v jednotlivých ročnících nevykazovaly vzorky statisticky významné rozdíly ($P \geq 0,05$) (tab. č. 31).

U odrůd pluchatého ovsa byly nejnižší hodnoty T-2 toxinu zaznamenány ve 2011 a 2012, které se průkazně lišily od ostatních ročníků.

P-hodnota obsahu T-2 toxinu u odrůd nahého ovsa po jednotlivých předplodinách je vyšší než zvolená hladina významnosti, a tedy srovnávané předplodiny mezi sebou nejeví statisticky významný rozdíl. Naproti tomu předplodina obilovina u odrůd pluchatého ovsa je statisticky odlišná od kukuřice (tab. č. 32) a dosahovala vyšších hodnot toxinu T-2. Řepka nevykazuje od ostatních předplodin rozdíly.

Tab. č. 32 Obsah T-2 toxinu u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník						Průměr + sd		
		2009		2010		2011			2012	
Atego	Ř	4	24	<5	<5			21,8±22,69		
	O	6	53	<5	<5					
	K	<5	/	<5	<5					
Flämingsprofi	Ř	14	13	<5	<5			18,7±8,96		
	O	<5	29	<5	<5					
	K	<5	/	<5	<5					
Neklan	Ř	<5	18	<5	<5			21,0±17,69		
	O	5	40	<5	<5					
	K	<5	/	<5	<5					
Pogon	Ř	<5	<5	<5	<5			40,0±41,01		
	O	<5	69	<5	<5					
	K	11	/	<5	<5					
Salo	Ř	<5	20	<5	<5			16,8±11,00		
	O	4	30	<5	<5					
	K	<5	13	<5	<5					
Veli	Ř	5	<5	<5	<5			16,0±19,05		
	O	5	38	<5	<5					
	K	<5	/	<5	<5					
Průměr + sd		6,8±3,69		31,5±17,45		<5	/	<5	/	22,4±20,07
Předplodina										
Řepka		7,7±5,51		18,8±4,57		<5	<5	13,2±5,04		
Obilovina		5,0±0,82		43,2±15,33		<5	<5	24,1±8,07		
Kukuřice		11,0	/	13,0	/	<5	<5	12,0 /		

Mezi jednotlivými odrůdami nahého ani pluchatého ovsa neexistuje statisticky významný rozdíl v obsahu toxinu T-2.

Korelace T-2 toxinu a kvantitativních parametrů u odrůd nahého ovsa

Obsah toxinu T-2 byl v kladné korelaci s počtem zrn v latě ($r = 0,04970$), hmotností zrn v latě ($r = 0,00620$), HTZ ($r = 0,01829$), výnosem ($r = 0,08350$), s vyrovnaností zrna ($r =$

0,05347), stupněm polehnutí ($r = 0,20592$) a počtem plodných stébel ($r = 0,26402$). Korelace množství T-2 toxinu a výše uvedených kvantitativních parametrů u odrůd nahého ovsa byla velmi slabá až slabá. Statistická průkaznost korelace byla prokázána u počtu a hmotnosti zrn v latě a HTZ s obsahem T-2 toxinu.

Korelace T-2 toxinu a kvantitativních parametrů u odrůd pluchatého ovsa

Obsah toxinu T-2 byl v kladné korelaci s počtem zrn v latě ($r = 0,24695$), s hmotností zrn v latě ($r = 0,30478$), HTZ ($r = 0,05750$), výnosem ($r = 0,17914$), vyrovnaností zrna ($r = 0,05917$), stupněm polehnutí ($r = 0,13407$) a počtem plodných stébel ($r = 0,26402$).

Korelace T-2 toxinu a výše uvedených kvantitativních parametrů u odrůd pluchatého ovsa byla velmi slabá až slabá. U všech kvantitativních parametrů odrůd pluchatého ovsa a obsahu T-2 toxinu byly korelace neprůkazné.

5.13.3. DON

Tab. č. 33 Obsah toxinu DON u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník				Průměr + sd		
		2009	2010	2011	2012			
Abel	Ř	<5	<5	<5	/	5,0	/	
	O	<5	<5	<5	/			
	K	5	/	<5	/			
Avenida	Ř	<5	<5	<5	/	/	/	
	O	<5	<5	<5	/			
	K	<5	/	<5	/			
Izak	Ř	<5	/	<5	/	/	/	
	O	<5	<5	<5	/			
	K	<5	/	<5	/			
Saul	Ř	<5	<5	<5	/	4,0	/	
	O	<5	<5	<5	/			
	K	4	/	<5	/			
Průměr + sd		4,5±0,71	<5 /	<5 /	/	4,5	/	
Předplodina								
Řepka		<5	/	<5	/	<5	/	/
Obilovina		<5	/	<5	/	<5	/	/
Kukuřice		4,5±0,71	/	/	<5	/	/	4,5±0,71

Na základě p-hodnoty u odrůd nahého i pluchatého ovsa, která je nižší než zvolená hladina významnosti, potvrzujeme statisticky významný rozdíl v obsahu toxinu DON mezi ročníky. U odrůd nahého ovsa je to rok 2009, který se odlišoval, v ostatních ročnících byly hodnoty pod detekčním limitem nebo nebyly měřitelné (tab. č. 33).

U odrůd pluchatého ovsa byly prokazatelně statisticky odlišné ročníky 2009 a 2012 od ostatních (tab. č. 34).

Mezi předplodinami nebyly ani u nahých ani u pluchatých odrůd ovsa prokázány rozdíly.

Tab. č. 34 Obsah toxinu DON u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník				Průměr + sd			
		2009	2010	2011	2012				
Atego	Ř	23	<5	<5	<2,5	23,0±15,25			
	O	6	<5	<5	<2,5				
	K	43	/	<5	20				
Flämingsprofi	Ř	99	<5	<5	<2,5	95,8±75,66			
	O	58	6	<5	41				
	K	182	/	<5	189				
Neklan	Ř	41	<5	<5	<2,5	48,0±34,42			
	O	66	<5	<5	<2,5				
	K	3	/	<5	82				
Pogon	Ř	50	4	<5	<2,5	39,6±26,40			
	O	27	42	<5	67				
	K	74	/	<5	13				
Salo	Ř	41	<5	<5	<2,5	33,2±15,53			
	O	24	<5	<5	57				
	K	21	23	<5	<2,5				
Veli	Ř	88	<5	<5	<2,5	36,8±34,41			
	O	25	15	<5	<2,5				
	K	19	/	<5	<2,5				
Průměr + sd		49,4±42,62	18,0±15,41	<5	/	67,0±59,17	46,1±33,61		
Předplodina									
Řepka		57,0±29,81	4,0	/	<5	/	<2,5	/	30,5±29,81
Obilovina		34,0±22,86	21,0±18,73	<5	/	55,0±13,11			23,0±18,24
Kukuřice		57,0±65,98	23,0	/	<5	/	76,0±81,47		54,0±73,72

Při srovnání jednotlivých odrůd nahého a pluchatého ovsa nebyla prokázána rozdílnost v obsahu toxinu DON mezi jednotlivými odrůdami. Odrůdy Salo a Veli dosahovaly mezi odrůdami pluchatého ovsa nižší hodnoty obsahu toxinu DON. Odrůdy

pluchatého i nahého ovsa se v obsahu DON v zrně statisticky průkazně lišily. Vyšší hladina byla zjištěna u odrůd pluchatého ovsa (tab. č. 34).

Korelace toxinu DON a kvantitativních parametrů u odrůd nahého ovsa

Obsah toxinu DON byl v kladné korelaci s počtem zrn v latě ($r = 0,48763$), hmotností zrn v latě ($r = 0,65223$), výnosem ($r = 0,61459$), s vyrovnaností zrna ($r = 0,43317$), stupněm polehnutí ($r = 0,48740$) a počtem plodných stébel ($r = 0,21819$). Korelace obsahu toxinu DON u odrůd nahého ovsa byla slabá v porovnání s parametrem počet plodných stébel a silná s parametry hmotnost zrn v latě a výnos, s ostatními parametry byla střední kladná korelace. V záporné korelaci s parametrem HTZ ($r = -0,1048$), který byl jediný statisticky průkazný ze všech hodnocení.

Korelace toxinu DON a kvantitativních parametrů u odrůd pluchatého ovsa

Obsah toxinu DON byl v kladné korelaci s počtem zrn v latě ($r = 0,27263$), s hmotností zrn v latě ($r = 0,34249$), výnosem ($r = 0,13074$), vyrovnaností zrna ($r = 0,11839$). Hodnoty korelace toxinu DON u odrůd pluchatého ovsa byly velmi slabé až slabé. V záporné korelaci byl obsah toxinu DON s HTZ ($r = -0,3501$), stupněm polehnutí ($r = -0,1802$) a počtem plodných stébel ($r = -0,2546$). Tyto korelace byly statisticky průkazné.

5.13.4. NIV

Tab. č. 35 Obsah toxinu NIV u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník					Průměr + sd
		2009	2010	2011	2012		
Abel	Ř	<10	25	121	/		199,5±169,77
	O	93	177	284	/		
	K	<10	/	497	/		
Avenida	Ř	90	19	190	/		216,2±160,15
	O	<10	209	327	<10		
	K	<10	/	462	/		
Izak	Ř	<10	/	341	/		368,2±195,90
	O	107	286	486	/		
	K	<10	/	621	/		
Saul	Ř	<10	13	299	/		189,0±126,85
	O	<10	109	216	/		
	K	<10	/	308	/		
Průměr + sd		96,7±9,07	119,7±107,64	346,0±144,96	<10	/	243,2±163,17
Předplodina							
Řepka	90,0	/	19,0±6,00	237,8±100,54	/	/	115,6±53,27
Obilovina	100,0±9,90		195,3±73,48	328,3±114,67	<10	/	207,8±66,01
Kukuřice	<10	/	/	472,0±128,87	/	/	472,0±128,87

Při srovnání jednotlivých ročníků u odrůd nahého ovsa byl prokázán statisticky významný rozdíl v roce 2011, který se odlišuje od všech ostatních nejvyššími hodnotami obsahu toxinu NIV. Nejnižší hodnoty byly zaznamenány v roce 2009 (tab. č. 35). Nejvyšší hodnoty obsahu tohoto toxinu byly u odrůd pluchatého ovsa také zaznamenány v roce 2011, naopak nejnižší hodnoty toxinu NIV v roce 2009 (tab. č. 36).

U odrůd nahého ovsa byly hodnoty toxinu NIV po předplodině kukuřici vyšší a lišily se od ostatních předplodin. Mezi jednotlivými předplodinami odrůd pluchatého ovsa nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

Statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými odrůdami nahého a pluchatého ovsa nebyly prokázány. Obsahy toxinu NIV u odrůdy Salo byly nejvyšší a u odrůdy Veli nejnižší z porovnávaných pluchatých odrůd. Průkazný rozdíl nebyl ani prokázán v obsahu NIV mezi odrůdami pluchatého a nahého ovsa.

Tab. č. 36 Obsah toxinu NIV u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník				Průměr + sd
		2009	2010	2011	2012	
Atego	Ř	50	20	784	140	387,9±463,76
	O	<10	295	476	471	
	K	41	/	1502	100	
Flämingsprofi	Ř	<10	32	874	624	521,0±516,50
	O	<10	144	795	360	
	K	49	/	1612	199	
Neklan	Ř	<10	61	469	321	389,4±442,99
	O	<10	81	320	366	
	K	<10	/	1418	79	
Pogon	Ř	73	53	743	368	374,6±492,66
	O	<10	68	337	176	
	K	<10	/	1536	17	
Salo	Ř	<10	426	784	366	531,7±467,10
	O	<10	163	895	169	
	K	<10	277	1550	155	
Veli	Ř	<10	<10	191	76	177,6±146,76
	O	<10	104	368	76	
	K	<10	/	393	35	
Průměr + sd		53,3±13,77	143,7±126,06	835,9±486,03	227,7±169,13	397,0±421,63
Předplodina						
Řepka		61,5±16,26	118,4±172,73	640,8±259,87	315,8±194,25	284,1±160,78
Obilovina		<5	/	142,5±83,06	531,8±250,57	269,7±151,25
Kukuřice		45,0±5,66	277,0	/	1335,2±465,94	1335,2±69,78

Korelace toxinu NIV a kvantitativních parametrů u odrůd nahého ovsa

Obsah toxinu NIV byl v kladné korelaci s počtem zrn v latě ($r = 0,42788$), hmotností zrn v latě ($r = 0,29317$), výnosem ($r = 0,37151$), s vyrovnaností zrna ($r = 0,10237$), stupněm polehnutí ($r = 0,44819$) a počtem plodných stébel ($r = 0,21857$). Hodnoty kladné korelace toxinu NIV byly velmi slabé, slabé až střední. Obsah toxinu NIV je v záporné korelaci s HTZ ($r = -0,0585$) a tato korelace byla statisticky průkazná.

Korelace toxinu NIV a kvantitativních parametrů u odrůd pluchatého ovsa

Obsah toxinu NIV byl v kladné korelaci s vyrovnaností zrna ($r = 0,26174$), stupněm polehnutí ($r = 0,39720$) a počtem plodných stébel ($r = 0,1899$). Kladná korelace toxinu NIV a výše uvedených kvantitativních parametrů u odrůd pluchatého ovsa byla velmi

slabá až slabá. V záporné korelaci s počtem zrn v latě ($r = -0,3357$), hmotností zrn v latě ($r = -0,2912$), HTZ $r = (-0,0585)$ a výnosem ($r = -0,0298$). Výše uvedené záporné korelace jsou statisticky průkazné.

5.13.5. D3G

Tab. č. 37 Obsah toxinu D3G u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník						Průměr + sd	
		2009	2010	2011	2012				
Abel	Ř	<5	29	<10	/			30,0±1,41	
	O	<5	31	<10	/				
	K	<5	/	<10	/				
Avenida	Ř	<5	26	<10	/			25,5±0,71	
	O	<5	25	<10	/				
	K	<5	/	<10	/				
Izak	Ř	<5	/	<10	/			25,0 /	
	O	<5	25	<10	/				
	K	<5	/	<10	/				
Saul	Ř	<5	27	<10	/			28,0±1,41	
	O	<5	29	<10	/				
	K	<5	/	<10	/				
Průměr + sd		<5	/	27,4±2,30	<10	/	/	27,1±1,18	
Předplodina									
Řepka		<5	/	27,3±1,53	<10	/	/	/	27,3±1,53
Obilovina		<5	/	27,5±3,00	<10	/	/	/	27,5±3,00
Kukuřice		<5	/	/	<10	/	/	/	/

U odrůd nahého i pluchatého byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi některými ročníky, p-hodnota je nižší než zvolená hladina významnosti. Ročník 2010 se statisticky odlišuje od ostatních. Ostatní ročníky mezi sebou nevykazují rozdíly.

Mezi předplodinami existuje statisticky významný rozdíl v obsahu D3G u nahých i pluchatých odrůd ovsa. Předplodina kukuřice vykazovala statisticky průkazně nižší hodnoty toxinu D3G oproti ostatním předplodinám. Obsah toxinu D3G v zrně ovsa po předplodině řepce a obilovině se statisticky průkazně nelišil.

Při porovnání jednotlivých odrůd nebyl zaznamenán žádný statisticky průkazný rozdíl ani u odrůd nahého ani u pluchatého ovsa (tab. č. 37 a 38).

Odrůda pluchatého ovsa Salo dosáhla nejvyšší hodnoty toxinu D3G, naopak Veli dosáhla hodnoty nejnižší z porovnávaných pluchatých odrůd ovsa.

Průkazný rozdíl nebyl ani prokázán v obsahu D3G mezi odrůdami pluchatými a nahými.

Tab. č. 38 Obsah toxinu D3G u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

Odrůda/ Předplodina		Ročník						Průměr + sd		
		2009		2010		2011			2012	
Atego	Ř	<5		20		<10		<10		22,0±2,83
	O	<5		24		<10		<10		
	K	<5	/	/		<10		<10		
Flämingsprofi	Ř	<5		18		<10		<10		20,0±2,83
	O	<5		22		<10		<10		
	K	<5	/	/		<10		<10		
Neklan	Ř	<5		20		<10		<10		21,0±1,41
	O	<5		22		<10		<10		
	K	<5	/	/		<10		<10		
Pogon	Ř	<5		19		<10		<10		19,0±0,00
	O	<5		19		<10		<10		
	K	<5	/	/		<10		<10		
Salo	Ř	<5		25		<10		<10		24,7±2,52
	O	<5		27		<10		<10		
	K	<5	/	/		<10		<10		
Veli	Ř	<5		9		<10		<10		15,5±9,19
	O	<5		22		<10		<10		
	K	<5	/	/		<10		<10		
Průměr + sd		<5	/	20,7±4,35		<10	/	<10	/	20,4±3,13
Předplodina										
Řepka		<5	/	18,5±5,24		<10	/	<10	/	18,5±5,24
Obilovina		<5	/	22,7±2,66		<10	/	<10	/	22,7±2,66
Kukuřice		<5	/	/	/	<10	/	<10	/	/

Korelace toxinu D3G a kvantitativních parametrů u odrůd nahého ovsa

Obsah toxinu D3G byl v kladné korelaci s hmotností zrn v latě ($r = 0,07488$), HTZ ($r = 0,16952$), výnosem ($r = 0,01907$), stupněm polehnutí ($r = 0,10087$) a počtem plodných stébel ($r = 0,53260$). Kladná korelace toxinu D3G odrůd nahého ovsa u výše uvedených parametrů byla velmi slabá, pouze u počtu plodných stébel byla střední. V záporné korelaci s počtem zrn v latě ($r = -0,2000$) a vyrovnaností zrna ($r = -0,0179$). Korelace D3G a počet zrn v latě, vyrovnanost zrna a výnos byly statisticky průkazné.

Korelace toxinu D3G a kvantitativních parametrů u odrůd pluchatého ovsa

Obsah toxinu D3G byl v kladné korelaci s hmotností zrn v latě ($r = 0,17718$), HTZ ($r = 0,13878$), výnosem ($r = 0,03784$), vyrovnaností zrna ($r = 0,04546$), stupněm polehnutí ($r = 0,03700$) a počtem plodných stébel ($r = 0,50530$). Hodnoty kladné korelace toxinu D3G odrůd pluchatého ovsa byly velmi slabé, pouze hodnota počtu plodných stébel byla střední. Naopak v záporné korelaci s počtem zrn v latě ($r = -0,0268$). Kvantitativní parametry výnos, vyrovnanost zrna, stupeň polehnutí a počet zrn v latě byly statisticky průkazné v korelaci s D3G.

6. Diskuse

6.1 Zastoupení fytopatogenních hub na ovsu

Monitoring zastoupení fytopatogenních hub ve vzorcích ovsa, které byly získány z povrchové mykoflóry obilek, prokázal výskyt zástupců rodů *Fusarium*, *Alternaria*, *Gliocladium*, *Penicilium*, *Paecilomyces*, *Acremonium*, *Beauveria*, *Trichothecium*, *Trichoderma* a *Cladosporium*. Výzkum Wang et al. (2021) s pěstovanými odrůdami ovsa v Číně prokázal přítomnost mimo jiné *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Pyrenophora* sp., *Cladosporium* sp. a *Alternaria* sp.. Vyzdvihli zejména rod *Alternaria*, který byl izolován v jejich pokusu velmi často, stejně jako u nás, kdy byl izolován po všech předplodinách, vyskytoval se v řádech 11-42 % v porovnání s ostatními fytopatogenními houbami. Stejně tak v pokusu Fernandez et al. (2008) byly *Alternaria* spp. a *Fusarium* spp. nejčastěji izolovanými mikroskopickými houbami na ovsu. Na vzorcích španělského a britského ovsa v pokusu Gil-Serna et al. (2022) byly nalezeny tyto rody mikroskopických hub *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., *Sarocladium* sp. a další, nejvýrazněji byly zastoupeny houby rodu *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp. byly až třetím nejčetnějším rodem.

6.2 Vliv ročníku na napadení houbami rodu *Fusarium*

Bernhoft et al. (2012) prokázal, že agronomický a klimatický faktor z 10-30 % ovlivňuje přítomnost *Fusarium* sp. v zrně i obsah mykotoxinů. Při porovnání nalezených rodů fytopatogenních hub je zřejmé, že výskyt jednotlivých rodů je ovlivněn klimatickými faktory, zejména vlhkostí a teplotou v době kvetení lat až dozrávání obilek a odrůdou, což se potvrdilo i ve výše uvedených pokusech Bernhoft et al. (2012). Vhodné podmínky k infekci klasu byly v roce 2009, který byl srážkově nadprůměrný a vyznačoval se teplotami okolo dlouhodobého průměru (574 mm a 12,8°C za vegetační období), V roce 2010 byly srážky také nadprůměrné a teploty se blížily dlouhodobému normálu (545 mm a 12,1°C za vegetační období). Rok 2011 byl spíše sušším a v červenci přišlo větší množství srážek s teplotami nižšími, než je dlouhodobý průměr (428 mm a 12,5°C za

vegetační období. Rok 2012 se vyznačoval vyššími srážkami i teplotami, než je dlouhodobý normál (477 mm a 12,8°C za vegetační období).

Ort (2007) uvádí, že vlhko a teploty nad 20°C v období kvetení jsou určující pro šíření fuzárií. Stejně období označili za rozhodující Havránková et Ovesná (2012), Širučková et Kroutil (2007) a Hooker et Schaafsma (2002). Sung et Cook (1981) dodává, že dalším faktorem působící na rozvoj fytopatogenních hub je vysoká hladina inokula v půdě. Daamen et al. (1990) uvádí, že vyšší kontaminace *Fusarium* sp. byla zaznamenána při vyšších srážkách v červnu, červenci a srpnu. V našem pokusu byl naměřen nejvyššího měsíční úhrn srážek v červnu v roce 2009 (166 mm), srážky byly provázeny nižšími teplotami, než je dlouhodobý průměr pro tento měsíc. Výskyt *Fusarium* sp. v tomto měsíci byl velice ojedinělý i spektrum nalezených druhů bylo úzké, pouze *F. poae* a *F. tricinctum*. Výskyt *F. tricinctum* pozitivně koreloval s nižšími teplotami a vyššími srážkami, podobně jako v případě pokusů Yan et al. (2020).

Podobně Bernhoft et al. (2012) uvádí, že výskyt *F. graminearum* negativně koreloval s vyššími srážkami v červenci. Dle Xu et al. (2008 b) výskyt *F. graminearum* pozitivně koreloval s teplejšími a vlhčími podmínkami, stejně tak to bylo i v našem pokusu, kdy *F. graminearum* bylo izolováno pouze v letech 2011 a 2012, kdy byl v červenci zjištěn nejvyšší úhrn srážek ze všech měření. Červenec i srpen byly srážkově nadprůměrné v roce 2010 a 2012, kdy bylo nalezeno široké spektrum *Fusarium* sp., v roce 2010 byla dokonce naměřena nejvyšší průměrná měsíční teplota za sledované období (19,3°C). V tomto období bylo izolováno zejména *F. avenaceum*, *F. poae* a *F. equiseti*.

Guo et al. (2017) ve svém výzkumu na pěstovaných odrůdách ovsa v Kanadě prokázal signifikantní vliv ročníku, místa pěstování a jejich kombinace na výskyt 5 druhů *Fusarium* sp. (*F. graminearum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*), kde samotný vliv ročníku na *F. avenaceum* a *F. equiseti* prokázán nebyl. V našem pokusu byl výskyt *F. equiseti* ovlivněn zejména odrůdou a předplodinou a vliv ročníku na výskyt *F. avenaceum* taktéž nebyl prokázán.

Fredlund et al. (2013) zjistil pokusy ve Švédsku, že více druhů mikroskopických hub bylo zjištěno v roce 2010 než v roce 2011 kromě *F. graminearum*. Stejně tak byl počet pozitivních vzorků mikroskopických hub v našem pokusu nejvyšší v roce 2010 a

nižší v roce 2011 z porovnávaných ročníků. *F. graminearum* bylo nalezeno v roce 2011 a 2012.

6.3 Mykotoxiny

Tamburic-Ilincic (2009) zaznamenal nejvyšší hodnoty obsahu HT-2 toxinu v roce 2006, a to $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ u švýcarské odrůdy ovsa. Schöneberg et al. (2018) prokázal v roce 2013 56 %, 2014 94% a 2015 88% vzorků ovsa s minimálně jedním mykotoxinem, který měl hodnotu vyšší než je detekční limit. Převažující mykotoxiny byly HT-2 a T-2, s průměrnou koncentrací $214 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$, $178 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$ a $295 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$, tedy několikanásobně vyšší než průměrné hodnoty obsahu HT-2 toxinu v našem pokusu. Průměr u odrůd nahého ovsa byl $14,3 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$ a u odrůd pluchatého ovsa $39,8 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$ za celou dobu měření. Ani nejvyšší hodnota obsahu HT-2 toxinu naměřená v našem pokusu u odrůdy pluchatého ovsa Pogon po předplodině obilovině v roce 2010 ($117 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$) nedosahovala výše průměrných koncentrací obsahu toxinu HT-2 v pokusu Schöneberg et al. (2018).

Naměřené hodnoty HT-2 a T-2 toxinu v našem pokusu ani zdaleka nedosahovaly hodnot navrhovaného maximálního limitu $1.250 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$.

Obsah T-2 toxinu byl v našem pokusu ve většině případů pod detekovatelným limitem, vyjma ročníku 2010, kdy bylo 90 % vzorků pozitivních na přítomnost T-2 toxinu a byl také zaznamenán nejvyšší obsah tohoto toxinu po předplodině obilovině u odrůdy pluchatého ovsa Pogon ($69 \text{ } \mu\text{g.kg}^{-1}$). Naproti tomu Pleadin v roce 2010 detekoval pouze 24,4 % pozitivních vzorků na T-2 toxin. Tamburic-Ilincic (2009) zaznamenal nejvyšší hodnotu obsahu T-2 toxinu ($0,2 \text{ mg/kg}$) v obilkách ovsa v roce 2006. Zvýšená hladina T-2 toxinu byla v našem pokusu pravděpodobně způsobena vyššími srážkami v měsíci červenci a srpnu. Také Tekauz et al. (2004) zaznamenal zvýšenou hladinu T-2 toxinu v období deštivých dnů v měsíci srpnu, stejně tak Bernhoft et al. (2012) zaznamenal zvýšenou hladinu HT-2 toxinu při vysoké vlhkosti vzduchu před sklizní.

V Německu bylo 71 % vzorků ovsa kontaminováno toxinem deoxynivalenolem (Schollenberger et al., 2006). V našem případě výskyt mykotoxinu DON byl obtížně hodnotitelný z důvodu nízké hladiny kontaminace. Ročník 2009 vykazoval hodnoty pod detekční limit u odrůd nahého ovsa, naproti tomu odrůdy pluchatého ovsa vykazovaly hodnoty pozitivní na přítomnost toxinu. Rok 2010 se vyznačoval hodnotami pod

detekčním limitem u všech odrůd nahého a většiny odrůd pluchatého ovsa. V roce 2011 byl obsah mykotoxinu u 100 % vzorků pod detekčním limitem. V roce 2012 byly zaznamenány nejvyšší hladiny kontaminace DON (průměrná hodnota kontaminace 76 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ po předplodině kukuřici a 55 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ po obilovině).

Obsah deoxynivalenolu u švýcarských odrůd ovsa byl v roce 2013 vyšší než nejvyšší průměrná hodnota kontaminace v našem pokusu (84,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$), a naopak v letech 2014 a 2015 zaznamenaly nižší hodnoty (48,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a 37,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) (Schöneberg et al., 2018).

Významný vliv ročníku byl prokázán také na obsahu toxinu nivalenolu. Rok 2009 se vyznačoval přítomností 20-30 % pozitivních vzorků po všech předplodinách. Ročník 2010 vykazoval podobné hodnoty jako ročník 2009. V roce 2011 bylo 100 % pozitivních vzorků na přítomnost NIV u odrůd nahého i pluchatého ovsa, stejně tak u pluchatých odrůd v roce 2012. Nejvyšší průměrná hodnota obsahu nivalenolu byla zjištěna u odrůd pluchatého ovsa v roce 2011 (835,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$), přičemž 5 odrůd překonalo hranici 1.400 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ obsahu tohoto toxinu. *Fusarium poae*, které bylo v našem pokusu izolováno ze zrn ovsa nejčastěji, mělo v roce 2011 nejideálnější podmínky k produkci mykotoxinu, zejména díky suššímu červnu s vyšší průměrnou teplotou. Schöneberg et al. (2018) zaznamenal několikanásobně nižší hodnoty obsahu nivalenolu v zrně ovsa než v našem pokusu (ročník 2013 65,8 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; 2014 95,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a 2015 163,6 $\mu\text{g.kg}^{-1}$).

Pozitivní výsledky přítomnosti toxinu D3G byly zaznamenány pouze v roce 2010. Průměrná hodnota obsahu D3G toxinu v ovse byla 24,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Podobné hodnoty obsahu deoxynivalenol-3- β -D-glukosidu ukázaly analýzy Malachové et al. (2011) v obilných výrobcích na českém trhu, výskyt D3G byl prokázán v 80% ze 116 vzorků a jeho koncentrace se pohybovala v řádu 5-72 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Naproti tomu pokus s finskými odrůdami ovsa ukázal velmi vysokou průměrnou hodnotu obsahu deoxynivalenol-3- β -D-glukosidu 806 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (Nathanail et al., 2015).

6.3 Vliv druhu a odrůdy na napadení houbami rodu *Fusarium* a produkci mykotoxinů

V pokusech na stanovišti v Českých Budějovicích byla zjištěna přítomnost následujících druhů *Fusarium* sp., v roce 2009 *F. poae*, *F. tricinctum*. V roce 2010 *F. poae*, *F. avenaceum* a *F. equiseti*. V letech 2011 a 2012 bylo ke všem vše jmenovaným ještě nalezeno *F. graminearum*. V roce 2009 byla zjištěna přítomnost *Fusarium* sp. pouze u odrůd pluchatého ovsa Flämingsprofi a Salo, které je označované jako citlivá odrůda. Ročník 2010 zaznamenal nález pozitivních vzorků na přítomnost *Fusarium* sp. u odrůd nahého ovsa v 36 % z celkového počtu, 64 % u odrůd pluchatého ovsa. V roce 2011 to bylo 33 % vzorků u odrůd nahého ovsa a 67 % u odrůd pluchatého ovsa a v roce 2012 31 % u odrůd nahého ovsa a 69 % u odrůd pluchatého ovsa. Gavrilov et al. (2008), Loskutov et al. (2017) a Chrpová et al. (2020) prokázali, že odrůdy nahého ovsa vykazují vyšší úroveň resistance i nižší akumulaci mykotoxinů, stejně tak jak tomu bylo i v našem pokusu. Gagkaeva et al. (2017) prokázala, že mikroskopické houby rodu *Fusarium* mohou snadněji infikovat pluchy, tudíž odrůdy nahého ovsa by měly být méně napadané fuzárií. Naproti tomu Kuzdralinski et al. (2017) prokázal ochrannou funkci obalů-pluch pšenice při výskytu *Fusarium* sp., především *F. graminearum*, *F. avenaceum* a *F. poae*.

Polišenská et al. (2007) potvrdila, že v klimatických podmínkách, které nebyly vhodné pro rozvoj fuzárií a ani vizuální příznaky napadení na rostlinách nebyly viditelné, byly mezi zkoumanými odrůdami nahého i pluchatého ovsa rozdíly v toleranci k této chorobě. Stejná situace nastala v našem pokusu v roce 2011, kdy byl červen a začátek července srážkově podprůměrný, což při vizuální kontrole lat naznačovalo, že výskyt fuzariózy a následně obsah mykotoxinů bude nízký. Přesto bylo získáno široké spektrum hub rodu *Fusarium* sp. z povrchu zrn jednotlivých odrůd odebraných po sklizni, výskytu dopomohlo velké množství srážek, které přišlo v druhé polovině července. Rozdíly byly jak u odrůd nahého, tak i u pluchatého ovsa. Právě v tomto roce (2011) byly naměřeny nejvyšší hodnoty obsahu nivalenolu u odrůd nahého i pluchatého ovsa (621 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ u odrůdy nahého a 1.612 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ u odrůdy pluchatého ovsa).

Rok 2010 se vyznačoval četnějším výskytem *Fusarium* sp. a také vyšší koncentrací mykotoxinů než rok 2011, s výjimkou DON a výskytu jeho hlavního producenta *F. graminearum*. Vyšší hladinu DON a četnější výskyt *F. graminearum* u

švédských odrůd jarní a ozimé pšenice zaznamenal v roce 2011 také Lindblad et al. (2013).

Pokusy Schöneberga et al. (2018) se švýcarskými odrůdami ovsa v letech 2013-2015 ukázaly přítomnost devíti druhů fuzárií (*F. poae*, *F. langsethiae*, *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. crookwellense* a *F. tricinctum*). Převažujícím druhem ve všech zkoumaných ročnících bylo *F. poae* (55 %, 57 % a 87 %).

Fusarium avenaceum se celosvětově vyskytuje v půdě, většinou v mírném pásu. Napadá zejména luskoviny, obiloviny i jiné plodiny. Tento druh je významným kontaminantem potravin, producent beauvericinu, chlamydosporolu, moniliforminu a fusarinu C (Leslie et Summerell, 2006). V pokusech v Českých Budějovicích bylo *Fusarium avenaceum* detekováno v letech 2010, 2011 a 2012 u pluchatých i nahých odrůd po všech předplodinách, a patřilo spolu s *Fusarium poae* k nejvíce izolovaným fuzáriím ze všech nalezených druhů. Dle Cook (1981) vyžaduje *F. avenaceum* pro svůj vývoj nižší teploty v průběhu vegetace. Fredlund et al. (2013) ukázal přítomnost *F. avenaceum* na 100 % vzorků ovsa v roce 2010 a na 90 % vzorků ovsa v roce 2011 ve Švédsku. Golinski et al. (2002) prokázali vliv *Fusarium avenaceum* na snížení parametrů – hmotnosti tisíce zrn, hmotnosti a počtu zrn v latě. Při pokusech Hietaniemi et al. (2016) bylo *F. avenaceum* vyhodnoceno jako nejdominantnější druh ze všech *Fusarium* sp., stejně tak v pokusu Kosiak et al. (2003) bylo *F. avenaceum* nejvíce dominantním druhem, bylo izolováno v 98,8 % případů. Velmi četný výskyt *F. avenaceum* (98,8 % vzorků), *F. poae* (84,8 % vzorků) a *F. tricinctum* (83,3 % vzorků) na norských odrůdách ovsa zaznamenala také Kosiak et al. (2003) v letech 1994-1996.

Fusarium equiseti je celosvětově rozšířeno v půdě a v rostlinných pletivech, dále je běžně izolováno z obilnin a dalších plodin, obzvláště v suchších oblastech (Leslie et Summerell, 2006). Je významným kontaminantem potravin, dále producentem butenolidu, beauvericinu, diacetoxyscirpenolu, nivalenolu, T-2 toxinu, equisetinu, zearalenonu a fusarochromanonu (Leslie et Summerell, 2006). *Fusarium equiseti* bylo v našich pokusech nalezeno v letech 2010, 2011 a 2012 převážně u pluchatých odrůd. Nejčetnější výskyt byl po předplodině kukuřici v roce 2010. V pozorování Fernandez et al. (2008) bylo *F. equiseti* nalezeno na 80 % napadených vzorcích ovsa. V našem pokusu byl výskyt méně častý. Podobně Kosiak et al. (2003) zaznamenala výskyt *F. equiseti* u každého pátého pozitivního vzorku na přítomnost *Fusarium* sp.

Fusarium graminearum je kosmopolitně rozšířeno na kukuřici, pšenici, ječmeni, ovsu, žitu, triticales, ale také na jednoletých a víceletých rostlinách. Po výsevu vyvolává odumření klíčících rostlin, hnědou suchou hnilobu kořenového systému a paty stébla, na níž jsou protáhlé hnědé skvrny, stéblo může ztrouchnivět. Klasy jsou hluché a bělají. Napadené zrno je menší a je snižená klíčivost (Vaverka, 1995). Izoláty *F. graminearum* mohou produkovat tři významné mykotoxiny – zearalenon, nivalenol a deoxynivalenol a také culmoriny, fusarin C, fusarochromanon a steroidy (Leslie et Summerell, 2006). *Fusarium graminearum* je dominantním patogenem obilovin v chladnějších klimatech (Wenda-Piesik et al., 2017; Weber et al., 2016; Aamot et al., 2015; Golinski et al., 2002). Pokusy v letech 2010-2013 v Polsku ukázaly výskyt *F. graminearum* na pšenici v 21,1 % při průměrných srážkách 113,9 mm (červen 2010) a průměrné teplotě 15,5°C (Wenda-Piesik et al., 2017). Naproti tomu v roce 2010 v pokusu v Českých Budějovicích nebyla přítomnost *F. graminearum* zaznamenána (průměrné srážky 95 mm a průměrná teplota 16,0°C v červnu 2010), teprve až v roce 2011 a 2012 u odrůdy pluchatého ovsa Veli po předplodině řepce a odrůdě nahého ovsa Avenuda po předplodině obilovině a kukuřici. Hietaniemi et al. (2016) prokázal nejvyšší výskyt *F. culmorum* a *F. graminearum* v pokusech s finskými odrůdami ovsa a ječmene.

Tekauz et al. (2004) zjistili vizuálním pozorováním nižší stupeň kontaminace ovsa fuzariózami v Kanadě ve srovnání s pšenicí a ječmenem. Z kontaminovaných zrn detekovali přítomnost *F. graminearum* and *F. poae*. *Fusarium poae* je rozšířeno hlavně v mírném pásu, a to v půdě a v rostlinných pletivech obilnin a dalších plodin. Je obvykle pokládáno za slabého patogena a ačkoli je spojováno s fuzariózami v pšenici, není obvykle tak významné jako *F. graminearum* a *F. culmorum*. Při inokulaci na kukuřici byla u tohoto druhu zjištěna produkce fuzarenonu-X a nivalenolu a při inokulaci na ječmeni byla prokázána produkce nivalenolu. Izoláty *F. poae* mohou produkovat beauvericin, fusarin C, diacetoxyscirpenol, nivalenol a T-2 toxin (Leslie et Summerell, 2006).

V pokusu v Českých Budějovicích bylo nejčastěji izolovaným druhem *Fusarium poae*, vyskytovalo se zejména u odrůd pluchatého ovsa po všech předplodinách a také velmi často u odrůdy nahého ovsa Izák po předplodině řepce a obilovině. Podobně Lindblad et al. (2013) izoloval *F. poae* z 94-100 % vzorků jarní a ozimé pšenice v roce 2009 a 2011. Fredlund et al. (2013) zjistil přítomnost *F. poae*, *F. langsethiae* a *F.*

avenaceum v 90-100 % vzorků ovsa sbíraných v roce 2010 a 2011. Také Edwards et al. (2012) prokázal přítomnost *F. poae* v 90 % vzorků ovsa z Velké Británie sbíraných v letech 2002-2005. Podobně tomu bylo i v pokusech Xue et al. (2019), kde bylo *F. poae* převažujícím patogenem v 93 %.

Fusarium sporotrichioides je široce rozšířeno, ideálně v mírném klimatu. Je producentem butenolidu, fusarinu C, moniliforminu, scirpentriolu, steroidů a zearalenonu. *F. sporotrichioides* je extrémně významný producent T-2 toxinu a diacetoxyscirpenolu (Leslie et Summerell, 2006). *F. sporotrichioides* bylo nalezeno pouze po předplodině obilovině u pluchaté odrůdy Neklan v roce 2012, výskyt byl tedy sporadický. Stejně tak Pleadin (2012) uvádí, že 10 % analyzovaných vzorků kukuřice bylo napadeno *F. graminearum*, *F. sporotrichioides* a *F. tricinctum*. Naproti tomu Kochiiieru et al. (2020) označili *Fusarium sporotrichioides* jako jeden z převažujících druhů infikující litevský oves. A stejně tak Perkowski et al. (2003) označil *F. sporotrichioides* společně s *F. poae* dominantním druhem na vzorcích ovsa pěstovaných v Polsku. Také Tamburic-Ilincic (2009) identifikoval jako převažující druhy vyskytující se na odrůdách ovsa v Kanadě *F. sporotrichioides*, *F. graminearum* a *F. poae*.

F. tricinctum je celosvětově rozšířený saprofyt v půdě nebo slabý parazit na obilninách, travách, bramborách i dalších substrátech (Gerlach et Nirenberg, 1982). *Fusarium tricinctum* bylo v našich pokusech nalezeno pouze jedenkrát, a to u pluchaté odrůdy Salo v roce 2009 po předplodině řepce, výskyt byl tedy minimální. Naproti tomu Kosiak et al. (2004) shledala ve svých pokusech *F. tricinctum* jako jedno z nejčastěji izolovaných fuzárií na norských odrůdách ovsa, spolu s *F. avenaceum*, *F. poae* a *F. culmorum*, kdy bylo *F. tricinctum* izolováno na 73 % napadených vzorcích ovsa.

V Irsku při hodnocení 202 pěstovaných vzorků ovsa byly dle Kolawole et al. (2021) jako statisticky průkazné faktory ovlivňující množství HT-2 toxinu odrůda a systém pěstování, u T-2 toxinu to byla předplodina. Oves pěstovaný po předplodině obilovině (po ovsu) vykazoval v jejich pokusu vysoký výskyt všech testovaných mykotoxinů (HT-2, T-2, DON, ZEA). Statisticky průkazným faktorem ovlivňujícím množství HT-2 a T-2 toxinu byl v našem případě ročník a předplodina, vliv odrůdy na obsah HT-2 a T-2 toxinu nebyl prokázán.

Obsahy deoxynivalenolu u nahých odrůd ovsa v našem pokusu nebyly měřitelné (malé množství vzorku) nebo byly pod detekčním limitem. Také dle Tamburic-Ilincic (2009); Tekauz et al. (2004) a McCallum et al. (1999) odrůdy nahého ovsa obsahovaly mnohem nižší hladiny DON ve srovnání s odrůdami pluchatého ovsa.

Statisticky průkazné rozdíly v obsahu DON byly v našem pokusu zjištěny mezi pluchatým Pogonem a odrůdou nahého ovsa Abelem a mezi Pogonem a odrůdou nahého ovsa Avenudou, kdy Pogon měl nejvyšší obsah mykotoxinu. Naproti tomu Hietaniemi et al. (2004) vyhodnotil odrůdy Salo a Veli jako odrůdy s největším obsahem toxinu DON. Stejně tak Polišenská et al. (2008), která porovnávala odrůdy nahého ovsa Abel a Izak a odrůdy pluchatého ovsa Flämingsprofi, Salo a Veli. A právě poslední dva jmenované byly vyhodnoceny jako odrůdy s nejvyšší hladinou toxinu DON.

Chrprová et al. (2020) hodnotila u odrůd pluchatého ovsa Atego a Neklan a odrůd nahého ovsa Avenuda, Izak a Saul, obsah deoxynivalenolu a vliv přítomnosti fuzarióz a obsahu mykotoxinů na redukci kvantitativních znaků, hmotnosti tisíce zrn a hmotnosti zrn v latě. Ze jmenovaných odrůd měla nejvyšší obsah DON odrůda pluchatého ovsa Atego, a to $9.580 \mu\text{g.kg}^{-1}$, přičemž několikrát překonala hranici maximálního povoleného limitu daného legislativou. V našem pokusu mělo Atego nejvyšší naměřenou hodnotu obsahu DON $43 \mu\text{g.kg}^{-1}$, tedy 222x méně než ve zmíněném pokusu Chrprové et al. (2020). Odrůda pluchatého ovsa Neklan, dosáhla obsahu $3.230 \mu\text{g.kg}^{-1}$, v našem pokusu měl Neklan nejvyšší hodnotu obsahu DON pouze $82 \mu\text{g.kg}^{-1}$. Nejvyšší hodnotu obsahu DON u odrůd nahého ovsa měla v pokusu Chrprové et al. (2020) Avenuda, u které bylo naměřeno $1.119 \mu\text{g.kg}^{-1}$. V našem pokusu byly všechny hodnoty u této odrůdy pod detekovatelnou mezí.

Rozdíl mezi odrůdami v obsahu D3G nebyl průkazný.

6.4 Vliv předplodiny na napadení houbami rodu *Fusarium* a produkci mykotoxinů

Rozdíl v napadení houbami rodu *Fusarium* v závislosti na předplodině byl viditelný zejména mezi druhy pěstovaného ovsa. Zatímco u odrůd pluchatého ovsa byl zjištěn častý

výskyt napadení *Fusarium* sp. po všech třech předplodinách, přičemž nejčtenější výskyt byl po předplodině kukuřici, u odrůd nahého ovsa bylo napadení těmito houbami méně časté a nejčtenější výskyt byl zaznamenán po předplodině obilovině. Získané výsledky tedy souhlasí s tvrzením, že obilné předplodiny jsou z hlediska fytopatologického pro následné pěstování obilnin velice rizikové, důvodem je přítomnost inokula fytopatogenní houby v půdě, které přezimuje na neúplně rozložených posklizňových zbytcích a v případě pěstování následné obilné plodiny dojde k aktivaci a rozvoji choroby v průběhu vegetace (Schaafsma et al., 2005).

Vliv předplodiny na produkci mykotoxinů byl v našich pokusech prokázán u všech zjišťovaných mykotoxinů, kromě deoxynivalenolu.

Stanovené hladiny mykotoxinu HT-2 byly pod detekčním limitem u 60 % vzorků po obilovině a 90 % vzorků po předplodině kukuřici v roce 2009. V roce 2010 po předplodině kukuřici nebyla většina vzorků hodnocena kvůli malému množství vzorků. Stejně tak tomu bylo v roce 2012 u nahých odrůd. V roce 2011 bylo 50 % vzorků pozitivních na přítomnost toxinu HT-2 po předplodinách obilovině a kukuřici. Nejméně náchylné byly na přítomnost toxinu odrůdy pěstované po řepce. Nejvyšší obsah HT-2 toxinu byl zaznamenán po předplodině obilovině v roce 2010 ($117 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). V případě HT-2 i T-2 toxinu se byl průkazný vliv předplodiny pouze u pluchatých odrůd ovsa, kdy průkazný vliv na obsah těchto mykotoxinů měla předplodina obilovina. Také Schöneberg et al. (2018) potvrdil nejvyšší hladiny mykotoxinu HT-2 a T-2 u švýcarských odrůd ovsa pěstovaných v letech 2013-2015 po obilné předplodině. Edwards (2017) potvrdil vliv předplodiny a odrůdy na obsah HT-2 a T-2 toxinu na ovsu pěstovaném ve Spojeném království. Analýza předplodin během sedmi sezón ukázala, že s rostoucí intenzitou zařazení obilovin do osevního postupu, došlo k postupnému nárůstu obsahu těchto toxinů.

Průměrná hodnota kontaminace NIV po předplodině obilovině byla $262 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, po předplodině řepce $200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a po předplodině kukuřici $610 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. 50 % hodnot kontaminace NIV po kukuřici bylo vyšší než $1.400 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. U mykotoxinu deoxynivalenolu nebyl prokázán rozdíl v pěstování po jednotlivých předplodinách u odrůd nahého ani u pluchatého ovsa. Přesto Islam et al. (2021) prokázal, že předplodina a rotace plodin má signifikantní vliv na obsah deoxynivalenolu na pěstovaném ovsu v Kanadě. Koncentrace DON, NIV a T-2 toxinu byly nejvyšší, pokud následovaly po obilné předplodině (v jejich případě pšenice/ječmen).

Obsah nivalenolu u odrůd nahého ovsa po předplodině kukuřici byl v roce 2009 pod detekčním limitem. Naopak v roce 2011 dosáhly odrůdy pěstované po předplodině kukuřici nejvyšších hodnot z porovnávaných předplodin. Zde se nejspíš uplatňuje vliv vyššího množství inokula patogena v půdě po předplodině kukuřici. Odrůdy pluchatého ovsa pěstované po jednotlivých předplodinách se v obsahu nivalenolu mezi sebou nelišily.

V případě produkce mykotoxinu D3G byly také prokázány rozdíly po jednotlivých předplodinách u odrůd nahého i pluchatého ovsa. Odrůdy pěstované po kukuřici měly nevyšší obsah tohoto toxinu.

Bernhoft et al. (2012) prokázal, že rotace plodin s neobilnými předplodinami snižuje napadení *Fusarium* sp. a následně i hladinu mykotoxinů. Řepka byla v našem experimentu vyhodnocena jako předplodina s nízkým až středním obsahem jednotlivých mykotoxinů. Odrůdy nahého ovsa měly nejnižší obsah HT-2, T-2 toxinu a nivalenolu, DON byl pod detekovatelnou mezí a D3G dosahoval středních hodnot. Odrůdy pluchatého ovsa měly po řepce nejnižší obsah HT-2 toxinu a nivalenolu, střední obsah T-2 toxinu, DON a D3G.

Kolawole et al. (2021) porovnával obsahy mykotoxinů po různých předplodinách, jako jsou obiloviny (ječmen, oves, pšenice), travina (nebylo specifikováno) a brambory. Odrůdy ovsa pěstované po předplodině ovsu měly vysoké hladiny mykotoxinů (HT-2, T-2, zearalenonu a deoxynivalenolu), zatímco odrůdy ovsa pěstované po travině měly nejnižší hladiny mykotoxinů, s výjimkou deoxynivalenolu, který byl nejnižší po předplodině ječmeni. Z jejich výzkumu vyplynulo, že předplodina má velmi malý vliv na obsah mykotoxinu deoxynivalenolu. V našem případě nebyla prokázána závislost obsahu mykotoxinu deoxynivalenolu na předplodině ani u odrůd nahého, ani u pluchatého ovsa.

6.5 Vztah napadení a obsahu mykotoxinů ke sledovaným morfologickým a kvalitativním parametrům ovsa

6.5.1. Délka juvenilní fáze

U odrůd nahého i pluchatého ovsa byl prokázán statisticky významný rozdíl vlivu ročníku. Nejčasněji odrůdy nahého i pluchatého ovsa metaly v roce 2012, přestože byly hojně napadeny mikroskopickými houbami rodu *Fusarium* sp.. Nejpozději metaly odrůdy nahého i pluchatého ovsa v roce 2010, kdy byl také zaznamenán hojný výskyt *Fusarium* sp.. Nejnižší hodnota délky juvenilní fáze byla naměřena u odrůd pluchatého ovsa v roce 2012 (59,96 dnů). Naopak nejvíce dnů k metání potřebovaly odrůdy nahého ovsa v roce 2010 (67,17 dnů), právě v tomto roce byly zaznamenány nejvyšší hodnoty HT-2 toxinu, průměrné hodnoty T-2 a D3G toxinu, a naopak podprůměrné hodnoty obsahu DON a NIV ze všech pozorování. Chrpová et al. (2020) uvádí, že právě obsah mykotoxinu DON je ve slabé negativní korelaci s termínem kvetení průkazné pouze v jednom ročníku ze třech.

Z hlediska předplodin byly prokázány statisticky významné rozdíly u odrůd nahého i pluchatého ovsa. Nejdélejší dobu metání vykazovaly odrůdy nahého ovsa po předplodině kukuřici (65,65 dnů) a nejkratší dobu odrůdy pluchatého ovsa po obilovině (64,36 dnů). Obsah toxinu HT-2 nevykázal žádné velké rozdíly mezi předplodinami, na rozdíl od obsahu T-2 toxinu, kde odrůda nahého ovsa Avenuda měla nejvyšší naměřenou hodnotu právě po předplodině kukuřici. U odrůd nahého ovsa byl po předplodině kukuřici detekován i mykotoxin DON, na rozdíl od ostatních předplodin, kde byl nález negativní. U odrůd pluchatého ovsa dosahovaly hodnoty mykotoxinu DON nejvyšších hodnot z porovnávaných předplodin právě po kukuřici. Kukuřice byla shledána také nejnevhodnější předplodinou z hlediska obsahu mykotoxinu NIV, kdy průměrné hodnoty u odrůd nahého ovsa byly dvojnásobné než u ostatních předplodin. Mykotoxin D3G byl u odrůd nahého i pluchatého ovsa po předplodině kukuřici negativní.

Nejranější odrůda v průměru byla vyhodnocena odrůda pluchatého ovsa Neklan (62,94 dnů) a nejpozdnější odrůda byla odrůda pluchatého ovsa Veli (68,03 dnů). Obě odrůdy měly obsah HT-2 a T-2 toxinu pod průměrnou hodnotou celého pokusu. V roce

2012 měly odrůdy pluchatého ovsa Neklan a Salo a odrůda nahého ovsa Izák nejnižší délku juvenilní fáze, 58 dnů. U všech výše jmenovaných byl detekován výskyt *Fusarium* sp.. Obsah HT-2, T-2 a D3G toxinu v roce 2012 byl u výše jmenovaných odrůd pod detekovatelnou mez. Hodnoty mykotoxinu DON u odrůd Neklan a Salo se pohybovaly okolo průměru v daném ročníku. Odrůda nahého ovsa Izák měla nejvyšší průměrnou hodnotu obsahu mykotoxinu NIV z porovnávaných odrůd nahého ovsa.

6.5.2 Počet plodných stébel

Jednotlivé ročníky se v počtu plodných stébel statisticky odlišují. Nejvyššího počtu plodných stébel bylo dosaženo u odrůd pluchatého ovsa v roce 2010 (491 stébel), kdy byla zjištěna nejvyšší hodnota obsahu HT-2, T-2 i D3G toxinu ze všech porovnávaných ročníků i potvrzena na základě slabé až střední kladné korelace mezi těmito mykotoxiny a počtem plodných stébel. Naproti tomu hodnoty DON a NIV byly nejnižší a podprůměrné v porovnání s ostatními ročníky. Nejnižšího počtu plodných stébel u odrůd nahého ovsa bylo dosaženo v roce 2012 (132 stébel), kdy hodnoty všech zkoumaných mykotoxinů byly v roce 2012 u odrůd nahého ovsa pod detekčním limitem.

Porovnáním jednotlivých předplodin bylo zjištěno nejvyššího počtu plodných stébel po předplodině řepce (368 stébel) u odrůd pluchatého ovsa, kde byla hodnota obsahu toxinu HT-2 a NIV nejnižší z porovnávaných předplodin, průměrná v obsahu T-2 toxinu, DON a D3G. Nejnižšího počtu plodných stébel bylo zaznamenáno po předplodině obilovině u odrůd nahého ovsa (282 stébel). Po předplodině obilovině naměřena nejvyšší hodnota obsahu D3G toxinu, průměrná hodnota obsahu nivalenolu, HT-2 a T-2 toxinu ze všech porovnávaných předplodin. Obsah DON nebyl detekován.

Statisticky průkazný rozdíl byl prokázán i u některých odrůd. V průměru nejnižšího počtu plodných stébel bylo dosaženo u odrůdy nahého ovsa Saul (262 stébel) a nejvyššího počtu u odrůdy pluchatého ovsa Salo (399 stébel). Obsah HT-2, T-2 toxinu i DON je u obou odrůd podprůměrný. V případě obsahu mykotoxinu nivalenolu byla u odrůdy pluchatého ovsa Salo naměřena nejvyšší průměrná hodnota ze všech odrůd pluchatého ovsa. Odrůdy nahého ovsa Izák a Saul měly v roce 2012 pouze 84 a 74 plodných stébel, u obou bylo nalezeno *F. avenaceum*, stejně jako u i nejvíce plodné odrůdy pluchatého ovsa Salo v roce 2012, kdy dosáhla nejnižších svých výsledků v počtu plodných stébel (269 stébel).

6.5.3 Stupeň polehnutí

Při vyhodnocení vlivu ročníku na stupeň polehnutí bylo zjištěno, že jak nahé, tak pluchaté odrůdy ovsa vykazovaly mezi sebou rozdíly. Nejvyššího polehnutí bylo dosaženo u odrůd nahého ovsa v roce 2012 (4,02), kdy u všech odrůd nahého ovsa bylo zaznamenáno napadení houbami rodu *Fusarium*. Hodnoty obsahu HT-2 a T-2 toxinu, DON, NIV i D3G však byly u odrůd nahého ovsa v tomto roce neměřitelné. Nejnižšího polehnutí bylo dosaženo u odrůd pluchatého ovsa v roce 2011 (8,77). Naměřené hodnoty obsahu HT-2 toxinu byly podprůměrné, hodnoty T-2 toxinu, DON a D3G byly pod detekčním limitem. Naopak hodnoty obsahu toxinu nivalenolu několikanásobně převyšovaly hodnoty z ostatních porovnávaných ročníků. Nivalenol u odrůd pluchatého ovsa vykazoval středně silnou kladnou korelaci ve vztahu ke stupni polehnutí.

Odrůdy nahého i pluchatého ovsa vykazovaly statisticky průkazné rozdíly z hlediska předplodin. Nejvyšší polehnutí bylo prokázáno u odrůd nahého ovsa po předplodině obilovině (6,23). Hodnoty obsahu toxinu HT-2 a T-2, NIV byly průměrné, u mykotoxinu deoxynivalenolu byly hodnoty pod detekčním limitem a D3G se řadily k těm vyšším společně s řepkou. Taktéž po obilovině bylo zjištěno naopak nejnižšího polehnutí ze všech odrůd, a to u odrůd pluchatého ovsa (7,73). V případě posouzení hodnot obsahu mykotoxinů byly odrůdy pluchatého ovsa po předplodině obilovině nejhorší v obsahu HT-2, T-2 a D3G toxinu z porovnávaných předplodin. Naproti tomu hodnoty deoxynivalenolu byly nejnižší a nivalenolu průměrné.

Nejvyšší stupeň polehnutí vykazovala odrůda pluchatého ovsa Flämingsprofi (6,66), naopak nejnižší polehnutí bylo zjištěno taktéž u odrůdy pluchatého ovsa Salo (7,77). Obě dvě odrůdy byly v každém ročníku napadeny rodem *Fusarium* sp.. Obsah HT-2 a T-2 toxinu u Flämingsprofi byl průměrný, u Salo byl nejnižší z porovnávaných. Korelace obsahu HT-2 a T-2 toxinu ve vztahu k stupni polehání vykazovala slabou kladnou vazbu. Hodnota obsahu deoxynivalenolu u odrůdy Flämingsprofi byla nejvyšší ze všech odrůd, Salo mělo hodnotu podprůměrnou. U pluchatých odrůd vykazovaly hodnoty deoxynivalenolu velmi slabou zápornou korelaci ke stupni polehnutí. Hodnoty mykotoxinu nivalenolu u obou odrůd byly nejvyšší ze všech. Odrůda Salo měla oproti Flämingsprofi nejvyšší hodnotu obsahu D3G toxinu, zde byla hodnota koeficientu korelace téměř nulová.

6.5.4 Výnos

Výnos byl prokazatelně ovlivněn ročníkem. Nejvyšších výnosů dosahovaly odrůdy pluchatého ovsa v roce 2009 (Atego 6,00 t.ha⁻¹, Pogon 5,98 t.ha⁻¹, Neklan 5,90 t.ha⁻¹). Jmenované odrůdy nebyly v roce 2009 napadeny houbami rodu *Fusarium*. Nejnižších výnosů bylo dosaženo u odrůd nahého ovsa v roce 2012 (Izák 0,51 t.ha⁻¹, Abel 0,62 t.ha⁻¹, Saul 0,75 t.ha⁻¹). U Izáka i Saula byla identifikována přítomnost hub rodu *Fusarium*. U jmenovaných odrůd byly hodnoty HT-2 a T-2 toxinu nejnižší ze všech porovnávaných. Obsah těchto mykotoxinů byl ve slabé až velmi slabé korelaci ve vztahu k výnosu. Za to hodnota obsahu toxinu nivalenolu u Izáka byla nejvyšší z odrůd nahého ovsa, u Saula opět nejnižší. Váňová et al. 2006 ve svých pokusech prokázala také vliv ročníku na výnos.

Stejně tak vliv předplodiny Váňová et al. (2006) prokázala. I v našich pokusech jednotlivé předplodiny měly statisticky průkazný vliv na výnos. Nejvyšších výnosů dosahovaly odrůdy pluchatého ovsa po předplodině obilovině (průměr 4,38 t.ha⁻¹) a nejnižších výnosů bylo dosaženo u odrůd nahého ovsa po předplodině kukuřici (průměr 1,35 t.ha⁻¹). U obou byly dosaženy nejvyšší hodnoty obsahu toxinů HT-2 i T-2 z porovnávaných pluchatých/ nahých odrůd ovsa. Stejně tak byla zjištěna nejvyšší hodnota mykotoxinu nivalenolu po kukuřici u odrůd nahého ovsa a toxinu D3G po obilovině u odrůd pluchatého ovsa. Toxin deoxynivalenol po předplodině obilovině měl nejnižší průměrnou hodnotu. U dvou odrůd nahého ovsa po kukuřici byla prokázána přítomnost deoxynivalenolu, na rozdíl od ostatních předplodin, kde nebyl DON přítomen, přestože byl u odrůd nahého ovsa silný kladný koeficient korelace.

Statisticky průkazný rozdíl vykazovaly i jednotlivé odrůdy při porovnání výnosů. Nejvyšších výnosů vykazovala odrůda pluchatého ovsa Pogon (průměr 4,12 t.ha⁻¹) a nejnižší výnos byl zaznamenán u odrůdy nahého ovsa Saul (průměr 1,59 t.ha⁻¹). Přesto u odrůdy Pogon byla zjištěna nejvyšší průměrná hodnota HT-2 a T-2 toxinu ze všech porovnávaných odrůd.

Perkowski et Kiecana (1997) uvádí, že fuzária na ovsu snižují výnos o 12-48 %. Stejně tak byl snížen výnos i v našem pokusu u odrůd pluchatého ovsa Flämingsprofi a Salo, které byly v roce 2009 napadeny fuzárií. Výše jmenované odrůdy pluchatého ovsa dosáhly nižšího výnosu než ostatní odrůdy pluchaté, kde se přítomnost *Fusarium* sp. neprokázala.

6.5.5 Počet zrn na latu

Počet zrn na latu je ovlivňován všemi faktory a jejich interakcemi. Nejvyššího průměrného počtu zrn na latu dosahovaly odrůdy pluchatého ovsa v roce 2009 (93 zrn na latu). A naopak nejnižšího průměrného počtu zrn v latě dosahovaly odrůdy nahého ovsa v roce 2012 (39 zrn na latu), kdy u všech odrůd nahého ovsa, kromě odrůdy Abel, byla detekována přítomnost *Fusarium* sp..

Při porovnání předplodin byl zjištěn významný rozdíl u odrůd nahého i pluchatého ovsa. Vyšší počet zrn na latu byl pozorován u odrůd pluchatého ovsa po předplodině obilovině (68 zrn na latu), navzdory skutečnosti, že po této předplodině byly naměřeny nejvyšší hodnoty obsahu toxinů HT-2, T-2 i D3G, naopak nejnižší hodnoty deoxynivalenolu ze všech porovnávaných předplodin odrůd pluchatého ovsa a průměrné hodnoty obsahu toxinu nivalenolu. Nejnižší počet zrn na latu byl zjištěn u odrůd nahého ovsa po předplodině řepce (48 zrn na latu). Zde byly zjištěny nejnižší hodnoty HT-2 i T-2 toxinu a NIV z porovnávaných předplodin odrůd nahého ovsa, tomu odpovídaly i hodnoty kladné korelace, která byla velmi slabá až slabá, DON pod detekční limit a průměrné hodnoty D3G byly potvrzeny i slabým záporným koeficientem korelace.

Odrůdy vykazovaly statisticky významné rozdíly. Nejnižšího průměrného počtu zrn na latu bylo zjištěno u odrůdy pluchatého ovsa Salo (49 zrn na latu). Odrůda pluchatého ovsa Salo, která byla označena jako citlivá k napadení *Fusarium* sp., obsahovala nejnižší počet zrn z porovnávaných odrůd pluchatého ovsa v průběhu celého pokusu. Byla u ní změřena nejvyšší hodnota obsahu nivalenolu ze všech porovnávaných odrůd a D3G toxinu ze všech odrůd pluchatého ovsa. Pluchaté odrůdy měly statisticky průkazný korelační koeficient záporný ve vztahu k obsahu těchto mykotoxinů, u nivalenolu slabý i D3G velmi slabý. Nejvyššího počtu zrn vykazovaly odrůdy pluchatého ovsa Atego, Flämingsprofi a a Veli (65 zrn na latu). Další citlivá odrůda k napadení fuzáriemi, Veli, obsahovala vysoký počet zrn v latě, i přes výskyt *Fusarium* sp. v jednotlivých ročnících a nejnižší obsah mykotoxinu nivalenolu ze srovnávaných odrůd pluchatého ovsa a D3G ze všech porovnávaných odrůd. Všechny výše jmenované odrůdy dosahovaly nižších až průměrných hodnot obsahu HT-2 i T-2 toxinu a deoxynivalenolu.

6.5.6 Hmotnost zrn v latě

Signifikantní rozdíly mezi ročníky byly pozorovány u odrůd nahého i pluchatého ovsa. Nejvyšší hmotnosti zrn v latě bylo dosaženo u odrůd pluchatého ovsa v roce 2009 (3,2 g na latu). Množství HT-2, T-2 toxinu i NIV bylo nejnižší z porovnávaných ročníků u odrůd pluchatého ovsa, D3G bylo dokonce pod detekčním limitem a DON byl lehce nadprůměrný. Nejnižší hmotnosti zrn v latě byly zaznamenány u odrůd nahého ovsa v roce 2012 (0,97 g na latu). Ročník 2012 byl velmi bohatý na výskyt různých *Fusarium* sp. u většiny srovnávaných odrůd. Průměrné hodnoty hmotností zrn v latě v tomto roce byly snižené o 40 % oproti průměru odrůd nahého i pluchatého ovsa v celém pokusu. Hladina všech mykotoxinů u odrůd nahého ovsa v tomto roce však byla pod detekčním limitem.

U jednotlivých předplodin byl vyhodnocen rozdíl u odrůd nahého i pluchatého ovsa. Nejvyšší hodnoty hmotnosti zrn dosahovaly odrůdy pluchatého ovsa po předplodině obilovině, nejnižších výsledků dosahovaly odrůdy nahého ovsa po předplodině kukuřici. U výše jmenovaných byla zaznamenána nejvyšší hodnota obsahu HT-2 a T-2 toxinu z porovnávaných předplodin. DON byl u odrůd nahého ovsa po kukuřici jedinou naměřenou hodnotou ze všech, potvrzena byla silnou hodnotou korelace, u odrůd pluchatého ovsa po obilovině byl výsledek nejnižší ze všech porovnávaných předplodin. Hodnota nivalenolu u odrůd nahého ovsa po kukuřici byla dvojnásobná než u ostatních, u odrůd pluchatého ovsa po obilovině dosahovala podprůměrných hodnot. Toxin D3G byl u obou skupin pod detekčním limitem, potvrzeno i korelačním koeficientem, který byl u obou velmi slabý.

Mezi odrůdami nahého ovsa nebyl signifikantní rozdíl v hmotnosti zrn v latě, naproti tomu odrůdy pluchatého ovsa vykazovaly rozdíly. Nejvyšší průměrné hmotnosti zrn v latě dosáhla odrůda pluchatého ovsa Flämingsprofi. Hodnoty HT-2, T-2 i D3G toxinu u této odrůdy byly průměrné, zato hodnota DON byla nejvyšší ze všech, dvojnásobná, než je průměr. Také hodnota nivalenolu byla velmi vysoká. Nejnižší hmotnost zrn v latě měla odrůda nahého ovsa Avenuda. U této odrůdy byla změřena nejvyšší hodnota HT-2 i T-2 toxinu z porovnávaných odrůd. DON zde nebyl detekován, hodnota nivalenolu a D3G toxinu byla podprůměrná. Při porovnání odrůd pluchatého ovsa dosahovala odrůda Salo nejnižších hodnot hmotnosti zrn v latě, u této odrůdy byl

prokázán četný výskyt *Fusarium* sp. a nejvyšší obsah nivalenolu a D3G toxinu ze všech odrůd. Hodnota nivalenolu byla vedena slabou zápornou hodnotou korelace ve vztahu k hmotnosti zrn v latě.

6.5.7 Hmotnost tisíce zrn

Průkazný rozdíl v hodnotách HTZ byl zjištěn u odrůd nahého i pluchatého ovsa. U odrůd pluchatého ovsa byla zjištěna nejnižší průměrná hmotnost tisíce zrn v roce 2009 (21,95 g) a i nejvyšší v roce 2011 (38,47 g). Hodnoty HT-2 toxinu byly v obou ročnících podprůměrné, podobné hodnoty byly naměřeny u T-2 toxinu, potvrzeno velmi slabou až slabou kladnou hodnotou korelace, v roce 2009 byla hodnota nejnižší z porovnávaných a v roce 2011 byla pod detekčním limitem, stejně jako hodnota deoxynivalenolu v roce 2011. Ročník 2009 se vyznačoval průměrnou hodnotou deoxynivalenolu. Obsah nivalenolu byl v jednotlivých ročnících také odlišný. 2009 byla hodnota nejnižší a ve 2011 byla nejvyšší z porovnávaných, dvojnásobná než průměrná hodnota. Hodnoty D3G toxinu byly v obou ročnících pod detekčním limitem. V našem pokusu byl záporný korelační koeficient ve vztahu k HTZ a obsahu DON prokázán u odrůd nahého i pluchatého ovsa, stejně jako v pokusu Chrpová et al. (2020).

Při srovnání předplodin u všech odrůd byl vyhodnocen rozdíl mezi kukuřicí a ostatními předplodinami. Nejnižších hodnot HTZ bylo dosaženo u odrůd nahého ovsa po kukuřici (22,3 g). Porovnáním předplodin byla kukuřice vyhodnocena jako nejhorší v obsahu HT-2 a T-2 toxinu, DON a NIV. Hodnota D3G toxinu byla jako jediná z předplodin pod detekčním limitem. Nejvyšších hodnot HTZ bylo zaznamenáno u odrůd pluchatého ovsa po řepce a obilovině (31,0 g). Obilovina byla nejhorší předplodinou v hodnocení obsahu HT-2 a T-2 toxinu, řepka nejlepší. U množství mykotoxinů deoxynivalenolu a nivalenolu byly obě hodnoty nižší než u kukuřice. Hodnota D3G toxinu byla jako jediná z předplodin pod detekčním limitem jako u odrůd nahého ovsa.

Rovněž při srovnání odrůd nahého i pluchatého ovsa byly prokázány statistické rozdíly. Nejvyšší hmotnosti tisíce zrn bylo naměřeno u odrůdy pluchatého ovsa Pogon (32,63 g). Pogon byl v obsahu HT-2 toxinu nejhorší ze všech porovnávaných odrůd a T-2 toxinu nejhorší z odrůd pluchatého ovsa. Naměřená hodnota obsahu deoxynivalenolu i nivalenolu byla podprůměrná, vykazovala zápornou hodnotu korelace velmi slabou až slabou, hodnota D3G toxinu byla nejnižší ze všech odrůd pluchatého ovsa. Nejnižší

hmotnost tisíce zrn byla zjištěna u odrůdy nahého ovsa Izák (22,62 g). Přičemž odrůda nahého ovsa Izák byla jedna z nejméně napadených odrůd fuzáriemi. Přesto měla nejnižší hodnoty obsahu HT-2, T-2 toxinu, deoxynivalenolu i D3G ze všech odrůd nahého ovsa. Naproti tomu hodnota nivalenolu byla nejvyšší z porovnávaných odrůd nahého ovsa, kdy vykazoval slabou zápornou korelaci ve vztahu k HTZ.

6.5.8 Vyrovnanost

Ročník průkazně ovlivnil vyrovnanost zrn odrůd nahého i pluchatého ovsa. Nejnižších průměrných hodnot vyrovnanosti zrna bylo dosaženo v roce 2012 u odrůd pluchatého ovsa (57,67 %) a nejvyšší vyrovnanosti v roce 2009 (94,51 %) také u odrůd pluchatého ovsa. V obou ročnících byly hodnoty obsahu HT-2 a T-2 toxinu nejnižší z porovnávaných odrůd pluchatého ovsa, kdy vykazoval velmi slabé hodnoty kladné korelace, v roce 2012 dokonce pod detekčním limitem, stejně jako hodnoty toxinu D3G v obou ročnících. Hodnoty nivalenolu v roce 2009 nejnižší a ve 2012 podprůměrné, opět prokázané pouze slabou hodnotou korelace. Za to hodnoty obsahu deoxynivalenolu byly nejvyšší ze všech odrůd pluchatého ovsa.

Předplodina kukuřice u odrůd nahého ovsa vykazovala statisticky průkazné rozdíly, zatímco předplodiny u odrůd pluchatého ovsa neměly na vyrovnanost vliv. Nejnižší hodnoty vyrovnanosti bylo dosaženo u odrůd nahého ovsa po kukuřici (75,0 %). Zde byla naměřena nejvyšší hodnota HT-2, T-2 toxinu a nivalenolu. Po kukuřici byl také jediný pozitivní nález mykotoxinu DON v porovnání předplodin. Hodnota D3G byla pod detekčním limitem. Nejvyšší hodnoty vyrovnanosti byly zjištěny po předplodině řepce (85,8 %) u odrůd pluchatého ovsa. Mykotoxin HT-2 a nivalenol dosahoval po řepce nejnižších hodnot, T-2 toxin, DON a D3G hodnot průměrných.

Odrůdy nahého ovsa nevykazovaly statisticky průkazné rozdíly, zatímco pluchaté ano. Nejvyšší hodnota vyrovnanosti byla zjištěna u pluchaté odrůdy Flämingsprofi (87,48 %), navzdory častému napadení fuzáriemi a nejvyšší naměřené hodnotě obsahu DON a velmi vysoké hodnotě nivalenolu, které vykazovaly velmi slabé až slabé hodnoty kladné korelace. Ostatní mykotoxiny HT-2, T-2 a D3G dosahovaly průměrných hodnot. Faktor vyrovnanosti byl nejnižší u odrůdy pluchatého ovsa Veli (59,32 %), kde bylo prokázáno napadení jen v roce 2011 a 2012. U této odrůdy byly naměřeny nejnižší hodnoty obsahu

HT-2 a T-2 toxinu, podprůměrné hodnoty obsahu DON, ale nejvyšší obsah nivalenolu a D3G z porovnávaných odrůd pluchatého ovsa.

7. Závěr

Na pozemku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích byly založeny maloparcelkové polní pokusy s cílem ověřit vliv odrůdy, předplodiny a ročníku na přítomnost fuzarióz a obsah fuzáriových mykotoxinů v zrně ovsa. Byly vysety odrůdy nahého i pluchatého ovsa. Hodnoceny byly fenologické fáze porostu, napadení chorobami a prvky produktivity porostu. Ze sklizeného materiálu byla provedena determinace mikroskopických hub druhů *Fusarium* sp. pomocí kultivace na živných médiích a analýzy obsahu mykotoxinů.

- Kvalitativním hodnocením zastoupení mikroskopických hub byl prokázán nejčastější výskyt u rodů *Alternaria* sp. a *Fusarium* sp. na povrchu obilky.
- Z hlediska druhové skladby mikroskopických hub rodu *Fusarium* sp. na ovse bylo nejčastějším druhem *F. poae*.
- Napadení houbami rodu *Fusarium* je ovlivněno průběhem počasí v době vegetace, zvláště v době kvetení. V roce s nadprůměrnými teplotami a srážkami byly nalezeny druhy *F. avenaceum*, *F. graminearum*, *F. sporotrichioides*, *F. equiseti* a *F. poae*.
- Vizuální příznaky napadení houbami rodu *Fusarium* sp. na rostlinách byly zaznamenány jen ojediněle.
- Odrůdy nahého ovsa byly prokazatelně méně napadány houbami z rodu *Fusarium* a byly také kontaminovány všemi sledovanými mykotoxiny méně než odrůdy pluchatého ovsa.
- Mezi jednotlivými odrůdami je rozdíl v intenzitě napadení houbami rodu *Fusarium*.
- Nejčastěji infikovaná byla odrůda nahého ovsa Izák. U odrůd pluchatého ovsa byly nejčastěji kontaminovány odrůdy Salo a Veli.
- Základní morfologické parametry rostlin ovsa jsou v korelaci s výskytem fuzarióz na ovse. Odrůdy, které měly nejdélší juvenilní fázi, byly vyhodnoceny jako odrůdy rizikové pro napadení a následnou produkci mykotoxinů. Ostatní morfologické parametry, jako je výška rostliny, tedy poléhavost, počet plodných stébel a počet zrn na latu nebyly vyhodnoceny jako určující faktory ovlivňující výskyt fuzarióz u jednotlivých odrůd.

- Výnos zrna ovsa koreloval s výskytem fuzarióz na obilkách ovsa. Odrůdy pluchatého ovsa dosahovaly vyšších výnosů než odrůdy nahého ovsa. Hojně infikovaná odrůda nahého ovsa Izák měla nejnižší průměrný výnos ze všech zkoušených odrůd. Citlivé odrůdy ovsa pluchatého (Salo a Veli) z důvodů častého napadení, dosáhly nejnižších výnosů z pluchatých odrůd.
- Často napadené odrůdy reagovaly na napadení fuzariózami různým způsobem. Například náchylná odrůda pluchatého ovsa Salo měla také nejnižší počet zrn na latu a nejnižší hmotnost zrn v latě ze všech porovnávaných odrůd, naopak druhá citlivá odrůda pluchatého ovsa Veli měla nejvyšší počet zrn v latě a druhou nejnižší hmotnost zrn v latě ze všech (zrna byla menší, některá svařetělá, některá na povrchu měla viditelné mycelium) a vyrovnanost zrna u této odrůdy byla také nejnižší ze všech pozorovaných (pod 60 %). Naproti tomu u Flämingsprofi byl zaznamenán nejvyšší počet zrn v latě (shodně s odrůdou Veli) a nejvyšší hmotnost zrn v latě ze všech porovnávaných odrůd, i když byla tato odrůda také hojně napadena fuzariózami.
- Sledované parametry technologické kvality byly negativně ovlivněny napadením houbami rodu *Fusarium*. Hmotnost tisíce zrn byla ze skupiny pluchatých odrůd nejnižší u odrůdy Salo a Veli. U nahých odrůd měl nejnižší výsledek hmotnosti tisíce zrn Izák, nejvíce kontaminovaná odrůda nahého ovsa.
- Předplodiny mají rozhodující vliv na výskyt fuzarií na ovsu a produkci mykotoxinů na ovsu. Nižší napadení bylo zaznamenáno u předplodiny řepky. Mezi obsahy mykotoxinů po jednotlivých předplodinách byly rozdíly. Vyšší obsah trichothecenů A (HT-2 a T-2 toxinu) byl zjištěn u odrůd pluchatého ovsa po předplodině obilovině. Řepka byla shledána jako předplodina s nejnižšími obsahy mykotoxinu HT-2 a T-2 u odrůd nahého i pluchatého ovsa. Pro odrůdy nahého ovsa z hlediska obsahu mykotoxinu nivalenolu a D3G toxinu byla nejméně vhodnou předplodinou kukuřice. Vliv předplodiny na obsah deoxynivalenolu nebyl prokázán.
- Vliv předplodiny byl prokázán na počet zrn v latě, hmotnost zrn v latě a HTZ. Při hodnocení počtu zrn v latě odrůdy nahého a pluchatého ovsa vykazovaly nejvyšších hodnot po předplodině obilovině, nejnižších po řepce, u parametru hmotnosti zrn v latě a hmotnosti tisíce zrn byly nejnižší hodnoty u odrůd nahého a pluchatého ovsa po kukuřici.

- Ročník významně ovlivnil produkci mykotoxinů, příčinou je odlišné spektrum jednotlivých druhů fuzárií v jednotlivých letech, které mají odlišné nároky na podmínky prostředí (vzdušná vlhkost, teplota).
- Kontaminace HT-2, T-2 toxinu a nivalenolu je závislá na intenzitě napadení houbami rodu *Fusarium*. Právě kontaminace HT-2 a T-2 toxinu u odrůd pluchatého ovsa byla v korelaci s detekovaným výskytem *F. poae*. U odrůd nahého ovsa Izak a Abel byla prokázána korelace mezi obsahem nivalenolu a *F. poae*. Korelace mezi přítomností *F. graminearum* a obsahem mykotoxinu deoxynivalenolu a jeho hlavního konjugátu deoxynivalenol-3-glukosidu nebyla prokázána.
- Maximální hodnota pro DON ($1.750 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) stanovená Nařízením komise (ES) č. 1881/2006 nebyla u žádného z porovnávaných vzorků překročena. Nebyl dosažen ani doporučený maximální limit pro obsah T-2 a HT-2 toxinu $1.000 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ u nezpracovaného ovsa dle Doporučení komise č. 2013/165/EU.
- Výzkum odolnosti jednotlivých odrůd k napadení fuzárií a následné produkce mykotoxinů, je klíčovým bodem k ochraně rostlin při pěstování v polních podmínkách.

Seznam použité literatury

- ABRAMSON D., McCALLUM B., TEKAUZ A., SMITH D.M. (2004). HT-2 and T-2 toxins in barley inoculated with *Fusarium sporotrichioides*. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(4): 1189-1192.
- AGRIOS G.N. (1978). Plant pathology. Academic Press, New York, ISBN: 0-12-044564-6.
- ANONYM (2012). Oves setý – Vok, Azur [online], [cit. 12.4.2016]. Dostupné z < <http://www.selgen.cz/> >
- BACKHOUSE D., BURGESS L.W., SUMMERELL B.A. (2001). Biography of *Fusarium* (Chapter 9), IN: Nelson P. E. *Fusarium*. APS Press, Minnesota, 122-137, ISBN 0-89054-268-6.
- BERNARDINI M., CARILLI M., PACIONI G., SANTURBANO, B. (1975). Isolation of Beauvericin from *Paecilomyces fumoso-roseus*. *Phytochemistry*, 14(8): 1865-1865.
- BERNHOF 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): 842-852.
- BERNHOF A., TORP, M., CLASEN, P.-E., LØES, A.-K., KRISTOFFERSEN, A.B. (2012). Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway. *Food Additives and Contaminants*, 29(7): 1129-1140.
- BERTHILLER F., DALL'ASTA C., SCHUHMACHER R., LEMMENS M., ADAM G., KRŠKA R. (2005). Masked mycotoxins: determination of a deoxynivalenol glucoside in artificially and naturally contaminated wheat by liquid chromatography – tandem mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(9): 3421-3425.
- BERTHILLER F., CREWS C., DALL'ASTA C., SAEGER S.D., HAESAERT G., KARLOVSKY P., OSWALD I.P., SEEFELDER W. et al (2013). Masked mycotoxins: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(1):165–186.
- BETINA, V. (1990): Mykotoxíny. Chémia – biológia – ekológia. Bratislava, 284, ISBN: 80-05-00631-4.
- BEZDÍČKOVÁ A. (2008). Problematika klasových fuzarií u ozimě pšenice a možnosti ochrany. *Agromanuál*, 5: 24-25.
- BIEL W., BOBKO K., MACIOROWSKI R. (2009). Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of Cereal Science*, 49:413-418.
- BISSONNETTE S. M., DARCY C.J., PEDERSEN W.L. (1994). Yield loss in 2 spring oat cultivars due to *Puccinia-coronata* F. sp. *avenae* in the presence or absence of barley yellow dwarf virus. *Phytopathology*, 84(4): 363-371.

- BJØRNSTAD Å. et SKINNES H. (2008). Resistance to *Fusarium* infection in oats (*Avena sativa* L.). *Cereal Research Communications*, 36(6): 57-62.
- BOOTH C. (1971). The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, 237, ISBN: 978-0851980461.
- BRAYFORD D. (1989). Progress in the study of *Fusarium* and some related genera. *Journal of Applied Bacteriology*, 67(s18): 47-60.
- BRETZ M., BEYER M., CRAMER B., KNECHT A., HUMPF H.-U. (2006). Thermal degradation of the *Fusarium* mycotoxin deoxynivalenol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 6445–6451.
- BRODACZ W. (2005). Langzeiterfahrungen in der GC – Routineanalytik von Mykotoxinen. Meldung einer geplanten Veröffentlichung in der LaborPraxis [online], [cit. 30.3.2023]. Dostupné z <
<https://www.laborpraxis.vogel.de/langzeiterfahrungen-in-der-gc-routineanalytik-von-mykotoxinen-a-106195/> >
- CAFFE-TREML M., HALL L., BAUER R., KLEINJAN J., HALL N., INGEMANSEN J.A. (2017). Registration of Oat Cultivar ‘Hayden’. *Journal of Plant Registrations*, 11(2): 95-99.
- CALDWELL R.W., TUIITE J., STOB M., BALDWIN R. (1970). Zearalenone production by *Fusarium* species. *Applied Microbiology*, 20(1):31-34.
- CAMPBELL H., CHOO T. M., VIGIER B., UNDERHILL L. (2000). Mycotoxins in barley and oat samples from eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 80(4): 977-980.
- CAST (2003). Mycotoxins – risks in plant, animal and human systems, Task Force Report, No. 139, Council for Agricultural Science and Technology, Ames, Iowa, 1-191. ISBN: 1-887383-22-0.
- CELBA J., PERLÍN C., SKALIČKA J. (2001). Aktuální pohled na jakost potravinářských surovin a výrobků, IN: Aktuální poznatky v oblasti jakosti zemědělské a potravinářské produkce, Brno 7. -8-. 11.2001, VÚP Troubsko u Brna a Komise jakosti rostlinných produktů ORV ČAZV, Brno, 15-22.
- CHEW P., MEADE K., HAYES A., HARJES C., BAO Y., BE ATTIE A.D., PUDDEPHAT I., GUSMINI G., TANKSLEY S.T. (2016). A study on the genetic relationships of *Avena* taxa and the origins of the hexaploid oat. *Theoretical and Applied Genetics*, 7:1405-1415.
- CIGIĆ I. K. et PROSEN H. (2009). An overview of conventional and emerging analytical methods for the determination of mycotoxins. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(1): 62-115.
- CLEAR R.M., PATRICK S.K., NOWICKI T., GABA D., EDNEY M., BABB J.C. (1997). The effect of hull removal and pearling on *Fusarium* species and trichothecenes in hullless barley. *Canadian Journal of Plant Science*, 77(1): 161-166.

- COOK R. J. (1981). *Fusarium* diseases of wheat and other small grains in North America, IN: P. E. NELSON, T. A. TOUSSOUN (eds). *Fusarium: Diseases, biology and taxonomy*. Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania, USA, 39-52, ISBN: 9780271002934.
- CUDDEFORD D. (1995). Oats for animal feed. IN: WELCH R.W. (eds) *The oat crop*. World crop series. Springer, Dordrecht. ISBN: 978-0-412-37310-7.
- ČERVENKA J. (1997). Jak vypěstovat kvalitní oves. *Zemědělec*, 2 (5):8.
- ČSÚ (2017). Osevní plochy zemědělských plodin – Česká republika. [online], [cit. 14.12.2017]. Dostupné z < https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr >
- DAAMEN R.A., LANGERAK C.J., STOL W. (1990). Surveys of cereal diseases and pests in the Netherlands. 3. *Monographella nivalis* and *Fusarium* spp. In winter wheat fields and seed lots. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 97 (2): 105-114.
- DESJARDINS A. E. et PROCTOR R.H. (2001). Biochemistry and genetics of *Fusarium* toxins (Chapter 4). IN: NELSON P. E. (2001). *Fusarium*. APS Press, Minnesota, ISBN: 0-89054-268-6.
- DIAZ G.J. (2002). Evaluation of the efficacy of a feed additive to ameliorate the toxic effects of 4, 15-diacetoxyscirpenol in growing chicks. *Poultry Science*, 81(10): 1492-1495.
- DOČKALOVÁ J., ČERVENÁ G., KROUTIL P. (2008). Virové zakrslosti obilnin [online], [cit. 12.12.2017]. Dostupné z < http://eagri.cz/public/web/file/59940/Zakrslosti_obilnin.pdf >
- DOOHAN F., BRENNAN J., COOKE B. (2003). Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109: 755-768.
- DOPORUČENÍ KOMISE (ES) č. 2013/165/EU ohledně přítomnosti toxinů T-2 a HT-2 v obilovinách a výrobcích z obilovin [online], [cit. 20.6.2023]. Dostupné z < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013H0165> >
- DOSTÁLOVÁ J. (1992). Uplatnění ovsa v lidské výživě. Stud. Informace. Výživa a Potraviny, ÚVTIZ, Praha, 44.
- EDWARDS S. G., IMATHIU S.M., RAY R.V., BACK M., HARE M.C. (2012). Molecular studies to identify the *Fusarium* species responsible for HT-2 and T-2 mycotoxins in UK oats. *International Journal of Food Microbiology*, 156(2): 168-175.
- EDWARDS S.G. (2017). Impact of agronomic and climatic factors on the mycotoxin content of harvested oats in the United Kingdom. *Food additives and Contaminants Part A – Chemistry Analysis Control Exposure Risk Assessment*, 34(12): 2230-2241.
- FAHEY G. C., MERCHEN N. R., CORBIN J. E., HAMILTON A. K., BAUER L. L., TITGEMEYER E. C., HIRAKAWA D. A. (1992). Dietary fiber for dogs: III. Effects

- of beet pulp and oat fiber additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy, and digesta mean retention time. *Journal of Animal science*, 70: 1169-1174.
- FAO (2004) Food and nutrition paper No. 81 2004. Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003. [online], [cit. 10.2.2021]. Dostupné z <
<https://www.fao.org/3/y5499e/y5499e02.htm#TopOfPage> >
- FAOSTAT (2017) Food and agriculture data [online], [cit. 14.12.2017]. Dostupné z <
<http://www.fao.org/faostat/en/#home> >
- FERNANDEZ M.R., HUBER D., BASNYAT P., ZENTNER R.P. (2008). Impact of agronomic practices on populations of *Fusarium* and other fungi in cereal and noncereal crop residues on the Canadian Prairies. *Soil and Tillage Research*, 100(1-2): 60-71.
- FICHEUX A. S., SIBIRIL Y., PARENT-MASSIN D. (2012). Co-exposure of *Fusarium* mycotoxins: In vitro myelotoxicity assessment on human hepatopoietic progenitors. *Toxicol*, 60(6): 1171-1179.
- FOROUD N.A. et EUDES F. (2009). Trichothecenes in cereal grains. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(1): 147-173.
- FREDLUND E., GIDLUND A., SULYOK M., BÖRJESSON T., KRŠKA R., OLSEN M., LINDBLAD M. (2013). Deoxynivalenol and other selected *Fusarium* toxins in Swedish oats – Occurrence and correlation to specific *Fusarium* species. *International Journal of Food Microbiology*, 167(2): 276-283.
- FRISVAD J. C. et SAMSON R.A. (1991). Mycotoxins produced by species of *Penicillium* and *Aspergillus* occurring in cereals. IN: CHELKOWSKI J.: Cereal grain. mycotoxins, fungi and quality in drying and storage. Elsevier Science, p. 441-476. ISBN: 978-0444885548.
- FRISVAD J. C. (1995). Mycotoxins and mycotoxigenic fungi in storage, p. 251–288. IN: JAYAS D.S., WHITE N.D.G., MUIR W.E. Stored grain ecosystems. Marcel Dekker, Inc., New York. ISBN: 0-8247-8983-0.
- FRISVAD J.C., SMEDSGAARD J., SAMSON R.A. LARSEN, T. O., THRANE, U. (2007). Fumonisin B(2) production by *Aspergillus niger*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(23): 9727–9732.
- GAGKAEVA T., LEVITIN M.M., SANIN S.S. et NAZAROVA L.N. (2009). *Fusarium* head blight of small cereals and causal organism associated with this disease on the territory of Russia during 2004-2006. *Agro*, 21:4-6.
- GAGKAEVAQ T., GAVRILOVA O.P.,ORINA A.S., BLINOVA E.V., LOSKUTOV I.G. (2017). Response of wild *Avena* species to fungal infection of grain. *Crop Journal*, 5(6): 499-508.
- GAVRILOVA O., GAGKAEVA T., BURKIN A., KONONENKO G., LOSKUTOV I. (2008). Susceptibility of oat germplasm to *Fusarium* infection and mycotoxin

- accumulation in grains. Proceedings of the 8th International Oat Conference, Minneapolis, USA. 28 June – 2 July 2008, p. 7-16.
- GAVRILOVA O.P., GAGKAEVA T.Y.U., BURKIN A.A., KONONENKO G.P. (2009). Mycological infection by *Fusarium* strains and mycotoxins contamination of oats and barley grain in the north of non-chernozem zone. *Agrobiologia*, 6:89–93.
- GÄUMANN E., ROTH S., ETTLINGER L., PLATTNER P.I., NAGER U. (1947). Enniatin, ein neues, gegen Mykobakterien wirksames Antibiotikum. *Experientia* 3(5): 202-203.
- GERLACH, W. et NIRENBERG, H. (1982). The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. Bibliothek der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlín, ISBN 3-489-20900-1.
- GIL-SERNA J., PATIÑO B., VERHEECKE-VAESSEN C., VÁZQUEZ C., MEDINA Á. (2022). Searching for the *Fusarium* spp. which are responsible for trichothecene contamination in oats. Using metataxonomy to compare the distribution of toxigenic species in fields from Spain and the UK. *Toxins*, 14(9): 592.
- GIVENS D. I., DAVIES T.W., LAVERICK R.M. (2004). Effect of variety, nitrogen fertilizer and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain. *Animal Feed Science and Technology*, 113: 169-181.
- GOLINSKI, P., KARCZMAREK, Z., KIECANA I., WISNIEWSKA, H., KAPTUR, P., KOSTECKI, M., CHELKOWSKI, J. (2002). Fusarium head blight of common polish winter wheat cultivars – Comparison on effects of *Fusarium avenaceum* and *Fusarium culmorum* on yield components. *Journal of Phytopathology*, 150(3): 135-141.
- GÖRNER F. et VALÍK L. (2004). Aplikovaná mikrobiológia požívatín. Bratislava: Malé centrum. ISBN: 80-967064-9-7.
- GUO W., CHEN Y., AL-REWASHDY Y., FORAN N., MA B., YAN W., FRÉGEAU-REID J., LIU J., CHANGZHONG R., PAGEAU D., VERA C., XUE A.G. (2017). Effect of nitrogen fertilization on seed-borne *Fusarium* species in oat. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(1): 38-46.
- HAIŠLOVÁ J., CUHROVÁ J., SCHULZOVÁ V. (2021) Porovnání produktů ekologického a konvenčního zemědělství [online]. [cit. 21.1.2021]. Dostupné z <
https://www.lovime.bio/wp-content/uploads/2019/01/Porovnaní-produktu-ekologickeho-a-konvencniho-zemedelstvi_VSCHT_2006.pdf >
- HAIŠLOVÁ J., ZACHARIÁŠOVÁ M, MALACHOVÁ A., KOSTELANSKÁ M., KOCOUREK V., POUSTKA J. (2022) Mykotoxiny a jejich konjugáty v potravinářských surovinách a krmivech: trendy, rizika dietární expozice, možnosti prognózy osudu při zpracování [online]. [cit. 1.12.2022]. Dostupné z <
<https://docplayer.cz/6803980-Mykotoxiny-a-jejich-konjugaty-v-potravinarskych-surovinach-a-krmivech-trendy-rizika-dietarni-expozice-moznosti-prognozy-osudu-pri-zpracovani.html> >

- HAMILL R.L., HIGGINS C.E., BOAZ H.E., GORMAN M. (1969). The structure of beauvericin, a new depsipeptide antibiotic toxin to *Artemia salina*. *Tetrahedron Letters*, 10(49): 4255-4258.
- HAVLÍČEK J. (1985). Vliv počasí na výsledky rostlinné výroby. *Studijní informace ÚVTIZ*, 64.
- HAVRÁNKOVÁ H. et OVESNÁ J. (2012). Geny biosyntézy trichothecenů u rodu *Fusarium*. *Chemické listy*, 106(9): 818-825.
- HERRMANN M., ZOCHER M., HAESE A. (1996). Enniatin production by *Fusarium* strains and its effect on potato tuber tissue. *Applied and Environmental microbiology*, 62(2): 393-398.
- HIETANIEMI V., KONTTURI M., RÄMÖ S., EUROLA M., KANGAS A., NISKANEN M., SAASTAMOINEN M. (2004). Contents of trichothecenes in oats during official variety, organic cultivation and nitrogen fertilization trials in Finland. *Agricultural and Food Science*, (13): 54-67.
- HIETANIEMI V., RÄMÖ S., TAPANI Y.-M., JESTOI M., PELTONEN S., KARTIO M., SIEVILÄINEN E., KOIVISTO T., PARIKKA P. (2016). Updated survey of *Fusarium* species and toxins in Finnish cereal grains. *Food Additives & Contaminants*, 33(5):831-848.
- HOHN T.M., PETERS C., SALMERON J. (2002). Trichothecene-Resistant Transgenic Plants. U.S. Patent 20020162136, 12 February 2002.
- HOMDORK S. et 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.
- HONZA M. (1987). Vliv navodeneho prostredia na výši reprodukcie a biologickú hodnotu osiva (Autoreferát disertace), Vysoká škola zemědělská, Brno.
- HOOKER D.C., SCHAAFSMA A.W., TAMBURIC-ILINCIC L. (2002). Using weather variables pre- and post-heading to predict deoxynivalenol content in winter wheat. *Plant Disease*, 86(6): 611-619.
- HOORNSTRA D., ANDERSSON M.A., MIKKOLA R., SALKINOJA-SALONEN M.S. (2003). A new method for in vitro detection of microbially produced mitochondrial toxins. *Toxicology in Vitro*, 17(5-6): 745-751.
- HORČIČKA P., VEŠKRNA O., BIŽOVÁ I., CHRPOVÁ J. (2015) Pěstební doporučení k odrůdám ozimé pšenice. Selgen [online]. [cit. 14.12.2017]. Dostupné z < <http://selgen.cz/sprava/wp-content/uploads/2015/04/P%C4%9Bstebn%C3%AD-doporu%C4%8Den%C3%AD.pdf> >
- HÝSEK J. (2000). Mykotoxiny hub rodu *Fusarium* dříve, dnes a v budoucnosti. IN: *Mykologická fytopatologie ve 20. a 21. století*. VÚRV Praha, 126.
- HÝSEK J. et VACH M. (2006). Diagnostika a hodnocení půdních fytopatogenních hub rodu *Fusarium*. (Posuny v houbovém spektru po aplikaci biopraparátů při pěstování

- jarního ječmene). IN: Sborník z odborného semináře 9.11.2006. VÚRV Praha, 53-55. ISBN: 80-86555-92-5.
- HÝSEK J. et VACH M. (2009). Sledování výskytu původců houbových chorob obilnin v posledních letech. *Mykologické listy*, 106: 12-19.
- CHOUR V. et CHOUROVÁ M. (2007) Šlechtění ovsa nahého [online], [cit. 25.4.2015]. Dostupné z < <http://www.selgen.cz/poves.php> >
- CHRPOVÁ J., PALICOVÁ J., ŠTĚRBOVÁ L., TRÁVNÍČKOVÁ M., DUMALASOVÁ V., CHOUROVÁ M. (2020). Resistance against Fusarium head blight in oats. *Zemdirbyste-Agriculture* 107(1): 49-54.
- IARC (1993). Some naturally occurring substances: Food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to humans, vol. 56, International Agency for Research on Cancer, Lyon. ISBN: 92 832 1256-8.
- IMATHIU S.M., RUMIANA V.R., BACK M., HARE M.C., EDWARDS S.G. (2009). *Fusarium langsethiae* pathogenicity and aggressiveness towards oats and wheat in wounded and unwounded *in vitro* detached leaf assays. *European Journal of Plant Pathology*, 124(1): 117-126.
- ISLAM M.N., TABASSUM M., BANIK M., DAAYF F., FERNANDO W.G.D., HARRIS L.J., SUR A S., WANG X. (2021). Naturally occurring *Fusarium* species and mycotoxins in oat grains from Manitoba, Canada. *Toxins*, 13(9): 670,
- ITO Y., PETERSON S. W., WICKLOW D.T., GOTO, T. (2001). *Aspergillus pseudotamarii*, a new aflatoxin producing species in *Aspergillus* section Flavi. *Mycological Research*, 105(2): 233-239.
- JAY J.M., LOESSNER M.J., GOLDEN D.A. (2005). Modern food microbiology. 7th Edn., Springer Science and Business Media, Inc., New York, ISBN: 0387231803.
- JECFA (2001). WHO Food additives series: 47 [online], [cit. 14.12.2017]. Dostupné z < <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v47je01.htm> >
- JELLEN E.N. et BEARD J. (2000). Geographical distribution of chromosome 7C and I7 intergenomic translocation in cultivated oat. *Crop Science*, 40:256-263.
- KALABUS J. (2010). Ochrana obilnin proti fuzariózám – cesta k produkci nezávadných potravin. *Rostlinolékař*, 6: 9-14.
- KASITU G.C., APSIMON J.W., BLACKWELL B.A., FIELDER D.A., GREENHALGH R. (1992). Isolation and characterisation of culmorin derivatives produced by *Fusarium culmorum* CMI 14764. *Canadian journal of Chemistry- revue canadienne de chimie*, 70(5): 1308-1316.
- KATONE S.J. et KAMINSKI E.R. (2002). Sensitivity to quorn mycoprotein (*Fusarium venenatum*) in a mould allergic patient. *Journal of Clinical Pathology*, 55 (11): 876-877.

- KENDRICK B. (1992). Mycotoxins in food and feeds, In: KENDRICK, B. (ed.), The fifth kingdom, Mycologue, Waterloo, Ontario, Canada, 316-331, ISBN: 9781585100224.
- KOCHIIERU Y., MAKEVICIENE A., CESEVICIENE J., SEMASKIENE R., DABKEVICIUS Z., JANAVICIENE S. (2020). The influence of harvesting time and meteorological conditions on the occurrence of *Fusarium* species and mycotoxin contamination of spring cereals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(7): 2999-3006.
- KOCIÁN, P. (2017) Květena ČR – Oves setý [online], [cit. 14.12.2017]. Dostupné z < <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=817> >
- KOLAWOLE O., DE RUYCK K., GREER B., MENEELY J., DOOHAN F., DANAHER M., ELLIOT C. (2021). Agronomic factors influencing the scale of *Fusarium* mycotoxin contamination of oats. *Journal of Fungi*, 7(11).
- KÖNIG T., KAPUS A., SARKADI B.J. (1993). Effects of equisetin on rat liver mitochondria: Evidence for inhibition of substrate anion carrier of the inner membrane. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, 25: 537-545.
- KOSIAK B., TORP M., SKJERVE E., THRANE U. (2003). The prevalence and distribution of *Fusarium* species in Norwegian cereals: a Survey. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 53(4): 168-176.
- KOSIAK B., TORP M., SKJERVE E., ANDERSEN B. (2004). *Alternaria* and *Fusarium* in Norwegian grains of reduced quality – a matched pair sample study. *International Journal of Food Microbiology*, 93(1): 51-62.
- KOSOVÁ K., CHRPOVÁ J., ŠÍP V. (2009). Cereal resistance to *Fusarium* head blight and possibilities of its improvement through breeding. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 45(3): 87-105.
- KOSURI N.R., GROVE M.D., YATES S.G., TALLENT W.H., ELLIS J.J., WOLFF I.A., NICHOLS R.E. (1970). Response of cattle to mycotoxins of *Fusarium tricinctum* isolated from corn and fescue. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 155(7): 938-940.
- KOTOWICZ N.K., FRAC M., LIPIEC J. (2014). The importance of *Fusarium* fungi in wheat cultivation – Pathogenicity and mycotoxins production: A review. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(2): 3326-3243.
- KRNJAJA V., MANDIĆ V., LEVIĆ J., STANKOVIĆ S., PETROVIĆ T., VASIĆ T., OBRADOVIĆ A. (2015). Influence of N-fertilization on *fusarium* head blight and mycotoxin levels in winter wheat. *Crop Protection*, 67: 251-256.
- KROUTIL P. (2010) Původci růžovění klasů pšenice (*Fusarium* spp.) v roce 2010 [online], [cit. 14.12.2017]. Dostupné z < <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/informace-o-vyskytu-so-a-poruch/vysledky-pruzkumu-ruz-klasu-psenice/puvodci-ruzoveni-klasu-psenice-2010.html> >

- KUBÁTOVÁ A. (2009). Mykotoxiny mikroskopických hub a jejich význam, materiály k přednáškám: Toxinogenní mikromycety.
- KÜHN F. (1984) Vývoj polních plodin a plevelů v ČSSR od neolitu po středověk [online], [cit. 14.12.2017]. Dostupné z <
https://digilib.phil.muni.cz/bitstream/handle/11222.digilib/108955/E_Archaeologica_Classica_29-1984-1_9.pdf >
- KUNCL L. (1989). Hodnocení kvality zemědělských výrobků. Vysoká škola zemědělská Praha v Čs.redakci VN MON, Praha, 116.
- KUNERT J. (2000). Houbové choroby rostlin, živočichů a člověk a jejich vzájemné srovnání. IN: Mykologická fytopatologie ve 20. a 21. století. VÚRV Praha, 87-89.
- KŮST F. et STEHLÍKOVÁ J. (2016) Situační a výhledová zpráva. Obiloviny [online]. [cit. 14.12.2017]. Dostupné z
 <http://eagri.cz/public/web/file/528195/SVZ_Obiloviny_12_2016.pdf >
- KUZDRALINSKI A., NOWAK M., SZCZERBA H., DUDZIAK K., MUSZYNSKA M., LESNIEWSKA-NOWAK J. (2017). The composition of *Fusarium* species in wheat husks and grains in south-eastern Poland. *Journal of Integrative Agriculture* 16(7): 1530-1536.
- LADIZINSKY G. (2012). Oat morphology and taxonomy. IN: Studies in oat evolution. Springer Briefs in Agriculture. Springer, Berlin, Heidelberg, 87-88, ISBN: 978-3-642-30546-7.
- LANGSETH W. et RUNDBERGET T. (1999). The occurrence of HT-2 toxin and other trichothecenes in Norwegian cereals. *Mycopathologia*, 147(3): 157-165.
- LANGSETH W. et RUNDBERGET T. (1998). Instrumental methods for determination of nonmacrocylic trichothecenes in cereals, foodstuffs and cultures. *Journal of Chromatography A* (815): 103.
- LANE CH., BEALES P., HUGHES K. (2012). Fungal plant pathogens. CABI, Wallingford, UK. ISBN 978-1-84593-870-3.
- LAYES D. A., VALENTINE J., JONES J.E. (1983). Oat breeding at Aberystwyth. IN: Aberystwyth Annual Report for 1982, Welsh Plant Breeding Station, Welsh, 198-217.
- LEMMENS-GRUBER R., RACHOY B., STEININGER E., KOURI, K., SALEH, P., KRŠKA, R., LEMMENS, M. (2000). The effect of the *Fusarium* metabolite beauvericin on electromechanical and physiological properties in isolated smooth and heart muscle preparations of Guinea pigs. *Mycopathologia*, 149(1): 5-12.
- LEMMENS M., HAIM K., LEW H., RUCKENBAUER P. (2004). The effect of nitrogen fertilization on *Fusarium* head blight development and deoxynivalenol contamination in wheat. *Journal of Phytopathology*, 152(1): 1-8.
- LESLIE J.F. et SUMMERELL B.A. (2006). The *Fusarium* laboratory manual. Wiley-Blackwell Publishing, New York, USA, ISBN: 978-0-8138-1919-8.

- LIN Y.C., WANG J., WU X.Y., ZHOU S., VRIJMOED L.L.P., JONES E.B.G. (2002). A novel compound enniatin G from the mangrove fungus *Halosarpheia* sp. (strain 732) from the South China Sea. *Australian Journal of Chemistry*, 55(3): 225-227.
- LINDBLAD M., GIDLUND A., SULYOK M., BÖRJESSON T., KRŠKA R., OLSEN M., FREDLUND E. (2013). Deoxynivalenol and other selected *Fusarium* toxins in Swedish wheat — Occurrence and correlation to specific *Fusarium* species. *International Journal of Food Microbiology*, 67(2): 284-291.
- LIPAVSKÝ J., NIKLIČEK L., SCHWAMMENHOFEROVA K. (1984). Stanovení optimálních úrovní výnosových prvků ovsa. *Rostlinná výroba*, 30(10): 1059-1070.
- LOGRIECO A., MULE G., MORETTI A., BOTTALICO A. (2002 a). Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 597–609.
- LOGRIECO A., RIZZO A., FERRACANE R., RITIENI, A. (2002 b): Occurrence of beauvericin and enniatins in wheat affected by *Fusarium avenaceum* head blight. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(1): 82-85.
- LOI M., FANELLI F., LIUZZI V. C., LOGRIECO A. F., MULÈ G. (2017). Mycotoxin biotransformation by native and commercial enzymes: *Present and Future Perspectives. Toxins*, 9(4): 111.
- LOSKUTOV I. G., BLINOVA E. V., GAVRILOVA O. P., GAGKAEVA T. Y. (2017). The valuable characteristics and resistance to *Fusarium* disease of oat genotypes. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*, 7(3): 290-298.
- LOSKUTOV I. On the taxonomy of genus *Avena* [online]. 2008 [cit. 14.12.2017]. Dostupné z < <http://vir.nw.ru/avena/taxa.htm> >
- LUND F. et FRISVAD J.C. (1994). Chemotaxonomy of *Penicillium aurantiogriseum* and related species. *Mycological Research*, 98(5): 481-492.
- MACCHIA L., DiPAOLA R., FORNELLI F. MACCHIA, F., CAIAFFA, M. F., TURSI, A. (1995). Apoptosis induced by the mycotoxin beauvericin in human B-lymphocyte cell lines. *Immunology*, 95: 463-466.
- MACHÁŇ F. (1988). Šlechtění bezpluchého ovsa v zahraničí. IN: MPP a technologie skladování obilí, SZN, Praha, 110-115.
- MACHÁŇ F. et ŠEBESTA J. (1989). Genetic basis of oat resistance to fungal diseases- review. *Plant Protection Science*, 36(1): 23-38.
- MALACHOVÁ A., DZUMAN Z., VEPŘÍKOVÁ Z., VACLAVIKOVÁ M., ZACHARIÁŠOVÁ M., HAJŠLOVÁ J. (2011). Deoxynivalenol, deoxynivalenol-3-glucoside, and enniatins: The major mycotoxins found in cereal-based products on the czech market. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(24): 12990-12997.
- MALÍŘ F. et. OSTRÝ V. (2003). Vlákňité micromycety (plísňe), mykotoxiny a zdraví člověka. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických obor, Brno. ISBN: 80-7013-395-3.

- MARASAS W.F.O., KELLERMAN T.S., GELDERBLOM W.C.A., COETZER J.A.W., THIEL P.G., VAN DER LUGT J.J. (1988). Leukoenchapalomalacia in a horse induced by fumonisin B1, isolated from *Fusarium moniliforme*. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 55: 197-203.
- MARIN S., SANCHIS V., VINAS I., CANELA R., MAGAN N. (1995). Effect of water activity and temperature on growth and fumonisin B1 and fumonisin B2 production by *Fusarium proliferatum* and *Fusarium moniliforme* on maize grain. *Letters in Applied Microbiology*, 21(5): 298-301.
- MARSHALL A., COWAN S., EDWARDS S., GRIFFITHS I., HOWARTH C., LANGDON T., WHITE E. (2013). Crops that feed the world 9. Oats- a cereal crop for human and livestock feed with industrial applications. *Food Security*, 5(1): 13-33.
- MASSART F., MEUCCI V., SAGGESE G. (2008). High growth rate of girls with precocious puberty exposed to estrogenic mycotoxins. *Journal of Pediatrics*, 152(5): 690-695.
- McCALLUM B.D., TEKAUZ A., AMES N., MITCHELL FETCH J., CAMPBELL D., PLATFORD G., SAVARD M. (1999). Fusarium head blight of oat in OntarioIN: Proc. Canadian Workshop on Fusarium Head blight. Nov. 1999. Winnipeg, 69-71.
- MITROFANOV A.S., MITROFANOV K.S. (1967). Oats. Kolos, Moscow.
- MOUDRÝ J. (2003): Tvorba výnosu a kvality ovsa. Vědecká monografie. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 167. ISBN: 80-704-0659-3,
- MOUDRÝ J. (1993). Základy pěstování ovsa. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR, Praha, 32.
- MOUDRÝ J. (1991). Regulace tvorby výnosu a kvality ovsa. Kandidátská disertační práce. Jihočeská univerzita. Zemědělská fakulta. České Budějovice, 234. (1.díl)
- MZe (2016). Situační a výhledová zpráva – Obiloviny a olejniny 2016 [online], [cit. 3.2.2016]. Dostupné z < <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinne-komodity/obiloviny/prubeh-sklizne/postup-sklizne-obilovin-a-repky-v-cr-k-7.html> >
- NATHANAIL A.V., SYVÄHUOKO J., MALACHOVÁ A., JESTOI M., VARGA E., MICHLMAYR H., ADAM G., SIEVILÄINEN E., BERTHILLER F., PELTONEN K. (2015). Simultaneous determination of major type A and B trichothecenes, zearalenone and certain modified metabolites in Finnish cereal grains with a novel liquid chromatography-tandem mass spectrometric method. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407: 4745-4755.
- Nařízení komise (ES) č. 1881/2006 ze dne 19. prosince 2006, kterým se stanoví maximální limity některých kontaminujících látek v potravinách [online]. 2006 [cit. 3.2.2016]. Dostupné z < <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881&rid=1> >

- NEDĚLNÍK J. et MORAVCOVÁ H. (2004). Fusariózy a mykotoxiny. *Rostlinolékař*, 6: 5-7. ISSN 1211–3565.
- NIESSEN L. (2007). PCR-based diagnosis and quantification of mycotoxin producing fungi. *International Journal of Food Microbiology*, 119: 38-46.
- NILANONTA C., ISAKA M., CHANPHEN R., THONG-ORN, N., TANTICHAROEN, M., THEBTARANONTH, Y (2003). Unusual enniatins produced by the insect pathogenic fungus *Verticillium hemipterigenum*: isolation and studies on precursor-directed biosynthesis. *Tetrahedron*, 59(7): 1015-1020.
- NIRENBERG H. (1976). Untersuchungen über die morphologische und biologische differenzierung in der *Fusarium*-Sektion *Liseola*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- u. Forstwirtschaft. Berlin – Dahlem, 169.
- NIYO K.A., RICHARD J.L., TIFFANY L.H. (1988). Effect of T-2 mycotoxin ingestion on phagocytosis of *Aspergillus fumigatus* conidia by rabbit alveolar macrophages and on hematologic, serum biochemical, and pathologic changes in rabbits. *American Journal of Veterinary Research*, 49(10): 1766-1773.
- ORLANDO B., GRIGNON G., VITRY C., KAMBIZ K., VALADE R. (2019). *Fusarium* species and enniatin mycotoxins in wheat, durum wheat, triticale and barley harvested in France. *Mycotoxin Research*, (35): 369–380.
- ORT P. (2007). Fuzariózy – nebezpečné choroby obilnin. *Obilnářské listy*, 15(3): 68-69. ZVÚ Kroměříž.
- PARRY D.W., JENKINSON P., McLEOD L. (1995). *Fusarium* ear blight (scab) in small-grain cereals – a review. *Plant Pathology*, 44: 207-238.
- PÁTÝ F. (1988). Tvorba výnosu bezpluchých odrůd ovsa. VŠZ, Praha, 41.
- PERLÍN C. (1997). Perspektivy potravinové a výživové politiky z pohledu kvality, IN: PRUGAR J. Nové pohledy na problematiku jakostí rostlinných produktů. Sborník referátů z konference konané v Brně 22.-23.října 1997, 14-18.
- PEDERSEN P. B. et MILLER J.D. (1999). The fungal metabolite culmorin and related compounds. *Natural Toxins*, 7(6): 305-309.
- PERKOWSKI J. et KIECANA I. (1997). Reduction of yield and mycotoxin accumulation in oat cultivars after *Fusarium culmorum* inoculation. *Cereal Research Communications*, 25: 801-803.
- PERKOWSKI J., KIECANA I., STACHOWIAK J., BASINSKI T. (2003). Natural occurrence of scirpentriol in cereals infected by *Fusarium* species. *Food Additives and Contaminants part A – Chemistry Analysis Control Exposure Risk Assessment*, 20(6): 572-578.
- PERLÍN C. (1997). Perspektivy potravinové a výživové politiky z pohledu kvality. IN: Sborník referátů z konference Troubsko u Brna, ÚZPI Praha, 14-18.

- PETERSON S.W., ITO Y., HORN B.W, GOTO T. (2001). *Aspergillus bombycis*, a new aflatoxigenic species and genetic variation in its sibling species, *A. nomius*. *Mycologia*, 93(4): 689-703.
- PETTERSSON H., BROWN C.O., HAUK J., HOTH S., MEYER J., WESSELS D. (2011). Survey of T-2 and HT-2 toxins by LC-MS/MS in oats and oat products from European oat mills in 2005-2009. *Food Additives and Contaminants, Part B* 4(2): 110-115.
- PETR J. (1979). Teorie tvoření výnosu polních plodin, Tvorba hospodářského výnosu u obilovin. *Úroda*, 27: 126-128.
- PETR J. (1983). Intenzivní obilnářství. SZN, Praha, 388.
- PETR J. (1987). Počasí a výnosy. SZN, Praha, 365.
- PETR J. (2001). Pěstování pšenice podle užitkových směrů. ÚZPI, Praha, 40.
- PESTKA J.J. (2010 a). Deoxynivalenol: mechanism of action, human exposure and toxicological relevance. *Archives of Toxicology*, 84(9): 663-679.
- PESTKA J.J. (2010 b). Toxicological mechanism and potential health effects of deoxynivalenol and nivalenol. *World Mycotoxin Journal*, 3(4): 323-347. (2)
- PITT J.L., CRUICKSHANK R.H., LEISTNER L. (1986). *Penicillium commune*, *P. camembertii*, the origin of white cheese moulds, and the production of cyclopiazonic acid. *Food Microbiology* 3(4): 363-371.
- PLEADIN J., PERŠI N., MITAK M., ZADRAVEC M., SOKOLOVI M., VULIČ A., JAKI V., BRSTILO M. (2012). The natural occurrence of T-2 toxin and fumonisins in maize samples in Croatia. *Bulletin of Environmental contamination and toxicology*, 88: 863-866.
- POKORNÝ R. et VÍCHOVÁ J. (2015). Základy obecné fytopatologie. Mendelova univerzita Brno, ISBN 978-80-7509-358-5.
- POLIŠENSKÁ I., NEDOMOVÁ L., TVARŮŽEK L. (2007). Fuzáriové mykotoxiny v ovsu. *Obilnářské listy*, 12 (1): 9-11.
- POLIŠENSKÁ I., NEDOMOVÁ L., TVARŮŽEK L. (2008). *Fusarium* mycotoxins in oats. IN: Proceedings of the 4th International Congress on Floor-Bread. Poster na konferenci 24-27/10/2007.
- POLIŠENSKÁ I., JIRSA O., SALAVA, J. (2009). Fuzáriové mykotoxiny a patogeny rodu *Fusarium* v obilninách sklizně 2008. *Obilnářské listy*, 17(1): 3-6.
- PRELUSKY D.B., ROTTER B.A., ROTTER R.G. (1994). Toxicology of mycotoxins. IN: MILLER J.D., TRENHOLM H.L.(Eds.). *Mycotoxins in grain-compounds other than aflatoxin*. Eagan Press, St. Paul, 359-403. ISBN: 978-0962440755.
- PRUGAR J. (2008). Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha. ISBN 978-80-86576-28-2.

- RABIE C.I. (1986). Important lesser known toxigenic fungi. IN: STEYN P.S. and VLEGGAR R. Mycotoxins and phycotoxins, Elsevier, Amsterdam, 29-40.
- RADOVÁ-SYPECKÁ Z. et HAJŠLOVÁ J. (2004) Mykotoxiny v zemědělské produkci ve vazbě na agrární systém [online]. [cit. 14.12.2017]. Dostupné z < <http://www.phytopsanitary.org/projekty/2003/vvf-13-03.pdf> >
- RAIMONDI DE SOUZA S., MORAES DE OLIVEIRA G.M., RAGGIO LUIZ R., ROSA G. (2016). Effects of oat bran and nutrition counseling on the lipid and glucose profile and anthropometric parameters of hypercholesterolemia patients. *Nutricion Hospitalaria*, 33(1): 123-130.
- RICHARD J.L. (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicoses – An overview. *International Journal of Food Microbiology*, 119(1-2): 3-10.
- RITIENI A., FOGLIANO V., RANDAZZO G., SCARALLO A., LOGRIECO A., MORETTI A., MANNINA L., BOTTALICO A. (1995). Isolation and characterization of Fusaproliferin, a new toxic metabolite from *Fusarium proliferatum*. *Natural Toxins* 3: 17-20.
- ROTTER B.A., PRELUSKY D.B., PESTKA J.J. (1996). Toxicology of deoxynivalenol (vomitoxin). *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 48: 1-34.
- ŘÍHA K. et KRAUS P. (2006). Odrůdové reakce ozimé pšenice na braničnatku a fuzária. *Úroda*, 54(11): 3-5.
- SALAVA J., HÁJKOVÁ M., SOMMEROVÁ P. (1997). Charakterizace *Fusarium* spp. pomocí RAPD markerů. *Ochrana rostlin*, (2): 143-149.
- SALAVA J., NOVOTNÝ D., POLIŠENSKÁ I. (2010). Detekce *Fusarium langsethiae* molekulárními metodami. Metodika pro praxi. VÚRV, Praha, ISBN 978-80-7427-062-8.
- SALMENKALLIO-MARTTILA M., HEINIO R.-L., KAUKOVIRTA-NORJA A., POUTANEN K. (2011). Flavor and texture in processing of new oat foods, IN: WEBSTER F.H., WOOD P.J. (eds.) Oats: chemistry and technology. AACC International, St.Paul, Minnesota, 333-346, ISBN 978-1-891127-64-9.
- SAMSON R.A., HOEKSTRA E.S., FRISVAD J.C., FILTENBORG O. (1996). Introduction to food-borne fungi. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn and Delft, The Netherlands. ISBN 90-70351-34-3.
- SAMSON R.A., FRISVAD J.C. (2004). *Penicilium* subgenus *Penicillium*: new taxonomic schemes and mycotoxins and other extrolites. *Studies in Mycology*, (49), 257.
- SAVARD M. E. (1991). Deoxynivalenol fatty acid and glucoside conjugates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(3): 570-574.
- SCHOLLENBERGER M., MÜLLER H.M., RÜFLE M., SUCHY S., PLANK S., DROCHNER W. (2006). Natural occurrence of 16 *Fusarium* toxins in grains and feedstuffs of plant origin from Germany. *Mycopathologia*, 161 (1): 43-52.

- SEIFERT K. (1996). FusKey – Fusarium interactive key. Agriculture & Agri-Food Canada, Research Branch, Eastern Cereal & Oilseed Research Centre, Ottawa, ISBN 0-662-24111-8.
- SEIFERT K. (2001). *Fusarium* and anamorph generic concepts (Chapter 2). IN: NELSON, P. E. (2001). *Fusarium*. APS Press, Minnesota, ISBN 0-89054-268-6.
- SCHAAFSMA A.W., TAMBURIC-ILLINCIC 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. *Canadian Journal of Plant Pathology* 27: 217-224.
- SCHÖNEBERG T., JENNY E., WETTSTEIN F.E., BUCHELI T.D., MASCHER F., BERTOSSA M., MUSA T., SEIFERT K., GRÄFENHAN T., KELLER B., VOGELGSANG S. (2018). Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in Swiss oats – Impact of cropping factors. *European Journal of Agronomy*, 92: 123-132.
- SMITH J.E., SOLOMONS G., LEWIS C., ANDERSON J.G. (1995). The role of mycotoxins in human and animal nutrition and health. *Natural Toxins*, (3): 187-92.
- SOLEIMANY F., JINAP S., FARIDAH A., KHATIB A. (2012). A UPLC-MS/MS for simultaneous determination of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone, DON, fumonisins, T-2 toxin and HT-2 toxin in cereals. *Food Control*, 25(2): 647-653.
- STAKHEEV A.A., RYAZANTSEV D., GAGKAEVA T., ZAVRIEV S., K. (2011). PCR detection of *Fusarium* fungi with similar profiles of the produced mycotoxins. *Food Control*, (22): 462-468.
- STERNA V., ZUTE S., BRUNAVA L. (2016). Oat grain composition and its nutrition benefice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8(2016): 252-256.
- STEVENS V.L. et TANG J.H. (1997). Fumonisin B1 induces sphingolipid depletion inhibits vitamin uptake via the glycosylphosphatidylinositol anchored folate receptor. *Journal of Biological Chemistry*, 272(29): 18020-18025.
- SUMÍKOVÁ T., SLEZÁKOVÁ-GABRIELOVÁ L., ŽABKA M. (2009). Metodika identifikace původců fuzarióz klasů pomocí PCR. Metodika. VÚRV, Praha. ISBN: 978-80-7427-036-9.
- SUNG., WANG S., HU X. SU, J., ZHANG, Y., XIE, Y., WANG, J. S. (2011). Co-contamination of aflatoxin B1 and fumonisin B1 in food and human dietary exposure in three areas of China. *Food Additives and Contaminants Part A-Chemistry Analysis Control Eexposure Risk Aassessment*, 28(4): 461-470.
- SUNG J.M. et COOK R.J. (1981): Effect of water potential on reproduction and spore germination by *Fusarium*. *Phytopathology*, p. 499-504.
- ŠIRUČKOVÁ I. et KROUTIL P. (2007): Fuzariózy na obilninách (*Fusarium* spp.). Ministerstvo zemědělství ve spolupráci se Státní rostlinolékařskou správou, Praha.

[online], [cit. 30.8.2020]. Dostupné z <
https://eagri.cz/public/web/file/58518/Fuzariozy_na_obilninach.pdf >

- ŠLIKOVÁ S., ŠROBÁROVÁ A., ŠUDYOVÁ V., POLIŠENSKÁ I., GREGOVÁ E., MIHÁLIK D. (2010). Response of oat cultivars to *Fusarium* infection with a view to their suitability for food use. *Biologia*, 65(4): 609-614.
- ŠROBÁROVÁ A. et ŠLIKOVÁ S. (2015). Taxonómia húb rodu *Fusarium* na obilninách. Piešťany. Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav rastlinnej výroby, Piešťany, ISBN: 978-80-89417-61-2.
- TAMBURIC-ILINCIC L. (2009). *Fusarium* species and mycotoxins associated with oat in southwestern Ontario, Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(2):211-216.
- TEKAUZ A., McCALLUM B., AMES N., FETCH J.M. (2004). Fusarium head blight of oat – current status in western Canada. *Canadian Journal of Plant Pathology – Revue Canadienne de Phytopathologie*, 26(4): 473-479.
- TEKLE S., DILL-MACKY R., SKINNES H., TRONSMO A. M., BJØRNSTAD Å. (2012). Infection process of *Fusarium graminearum* in oats (*Avena sativa* L.). *European Journal of Plant Pathology*, 132(3): 431-442.
- THRANE U. (1989). *Fusarium* species and their specific profiles of secondary metabolites, IN: CHELKOWSKI J. *Fusarium* Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity. Topics in Secondary Metabolism. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands, 199-225, ISBN 0-444-87468-2.
- TICHÝ F. et ULMANN L. (1991). Pěstební opatření k zabezpečení výroby potravinářského ovsa, IN: III. Kroměřížské obilnářské dny, Sborník referátů. Kroměříž, Výzkumný a šlechtitelský ústav obilnářský, 12-16.
- TICHÝ F., POKORNÝ S., PALÍK M. (1992). Regulace výnosotvorných prvků u ovsa agroekologickými faktory. *Rostlinná výroba* 38:633-641.
- TORP M. et LANGSETH W. (1999). Production of T-2 toxin by a *Fusarium* resembling *Fusarium poae*. *Mycopathologia*, 147(2): 89-96.
- TORP M. et NIRENBERG H.I. (2004). *Fusarium langsethiae* sp. nov on cereals in Europe. *International Journal of Food Microbiology*, 95(3): 247-256.
- TREBSTEIN A., SEEFELDER W., LAUBER U., HUMPF H.-U. (2008). Determination of T-2 and HT-2 Toxins in Cereals Including Oats after Immunoaffinity Cleanup by Liquid Chromatography and Fluorescence Detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (56): 4968–4975.
- TRENHOLM H.L., CHARMLEY L.L., PRELUSKY D.B., WARNER R.M. (1991). Two physical methods for the decontamination of four cereals contaminated with deoxynivalenol and zearalenone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(2): 356-360.
- TURNER N.W., SUBRAHMANYAM S., PILETSKY S.A. (2008). Analytical methods for determination of mycotoxins: A review. *Analytica Chimica Acta*, (632): 168-180.

- TWARUŽEK M., BLAJET-KOSICKA A., WENDA-PIESIK A., PALUBICKI J., GRAJEWSKI J. (2013). Statistical comparison of *Fusarium* mycotoxins content in oat grain and related products from two agricultural systems. *Food Control*, 34: 291-295.
- UENO Y. et FUKUSHIMA K. (1968). Inhibition of protein and DNA synthesis in Ehrlich ascites tumor by nivalenol, a toxic principle of *Fusarium nivale* growing rice. *M. Experientia* (Basel), 24: 10321033.
- UENO Y. (1983). Trichothecenes – Chemical, biological and toxicological aspects (Vol. 4). Elsevier Scientific Pub. Co., Kodansh, ISBN: 9780444996619.
- UENO Y., UMEMORI K., NIINI E., TANUMA S., NAGATA S., SUGAMATA M., IHURA T., SEKIJIMA M., KAWAI K., UENO I., TASHIRO F. (1995). Induction of apoptosis by T-2 toxin and other natural toxins in HL-60 human promyelotic leukemia cells. *Natural Toxins* (3):129-137.
- UHLIG S., TORP M., HEIER B.T. (2006). Beauvericin and enniatins A, A1, B and B1 in Norwegian grain: a survey. *Food Chemistry*, 94(2): 193-201.
- ÚKZUZ (2023). Seznam odrůd 2023 [online], [cit. 30.5.2023]. Dostupné z < <https://eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouRL.do> >
- ÚKZUZ (2014-2023). Choroby ovsa 2020 [online], [cit. 21.8.2020]. Dostupné z < https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%221d717fd390a3896993e5fa66fb2b279a%22#r|p|sok|choroby|detail:1d717fd390a3896993e5fa66fb2b1dba|p opis >
- ULMANN L., VÁŇOVÁ M., HÝŽA V. (1987). Systém výroby ovsa. VHJ OSEVA, Kroměříž – VŠÚO, 14.
- VALENTINE J. (1995). Naked oats, IN: Welch, R. W.: The oat crop. Production and utilization. Chapman & Hall, London, 504-532, ISBN: 978-0-412-37310-7.
- VÁŇOVÁ, M., PALÍK, S., HAJŠLOVÁ, J., BUREŠOVÁ, I. (2006). Grain quality and yield of spring barely in field trials under variable growing conditions. *Plant Soil and Environment*, 52 (5): 211-219.
- VAVERKA S. (1995). Zemědělská fytopatologie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, ISBN 80-7157-167-9.
- VISCONTI A. et BOTTALICO A. (1983). Detection of *Fusarium* trichothecenes (nivalenol, deoxynivalenol, fusarenone and 3-acetyldeoxynivalenol) by high-performance liquid-chromatography. *Chromatographia*, 17(2): 97-100.
- VÚRV (2020) Výroční zpráva VÚRV 2020 [online], [cit. 15.12.2021]. Dostupné z < <https://www.vurv.cz/wp-content/uploads/2021/07/Vyrocní-zpráva-VURV-v.v.i.-2020.pdf> >

- WANG J.J., WEI X.K., CHEN T.X., WHITE J.F., ZHAO G.Q., LI C.J. (2021). Effects of oat varieties and growing locations on seed-borne fungal communities. *Frontiers in Microbiology*, 12: 724999.
- WEBER R., KITA W., PUSZ W., KIELOCH R. (2016). The variability of the occurrence of *Fusarium culmorum* in winter wheat grain in relation to climatic conditions and cultivation methods. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103(1): 45–52.
- WELCH R.W. (1995). The oat crop: Production and utilization. Chapman&Hall, London. ISBN: 978-0-412-37310-7.
- WENDA-PIESIK A., LEMANCZYK G., TWARUŹEK M., BLAJET-KOSICKA A., KAZEK M., GRAJEWSKI J. (2017). Fusarium head blight incidence and detection of *Fusarium* toxins in wheat in relation to agronomic factors. *European Journal of Plant Pathology*, 149(3): 515-531.
- WHO – IARC (1993). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (56). IARC, Lyon, ISBN 92 832 1256-8.
- WOOD P.J. (2011). Oat β -Glucan: Properties and function, IN: WEBSTER F.H. et WOOD P.J. (ed.) Oats: chemistry and technology, 2nd edition. AACC International, St. Paul, Minnesota. 219-254, ISBN 978-1-891127-64-9.
- WU W., HE K., ZHOU H.-R., BERTHILLER F., ADAM G., SUGITA-KONISHI Y., WATANABE M., KRANTIS A., Pestka, J. (2014). Effects of oral exposure to naturally-occurring and synthetic deoxynivalenol congeners on proinflammatory cytokine and chemokine mRNA expression in the mouse. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 278:107–115.
- XU X.M. (2003). Effect of environmental conditions on the development of *Fusarium* ear blight. *European Journal of Plant Pathology*, (109): 683-689.
- XU X.M., PARRY D.W., NICHOLSON P., THOMSETT M.A., SIMPSON D., EDWARDS S.G., COOKE B.M., DOOHAN F.M., MONAGHAN S., MORETTI A., TOCCO G., MULE G., HORNOK L., BEKI E., TATNELL J., RITIENI A. (2008 a). Within-field variability of *Fusarium* head blight pathogens and their associated mycotoxins. *European Journal of Plant Pathology*, 120: 21–34.
- XU X.M., NICHOLSON P., THOMSETT M.A., SIMPSON D., COOKE B.M.M DOOHAN F.M., BRENNAN J., MONAGHAN S., MORETTI A., MULE G., HORNOK L., BEKI E., TATNELL J., RITIENI A., EDWARDS S.G. (2008 b). Relationship between the fungal complex causing *Fusarium* head blight of wheat and environmental conditions. *Phytopathology*, 98: 69-78.
- XUE A.G., CHEN Y.H., SEIFERT K., GUO W., BLACKWELL B.A., HARRIS L.J., OVERY D.P. (2019). Prevalence of *Fusarium* species causing head blight of spring wheat, barely and oat in Ontario during 2001-2017. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 41(3): 392-402.

- YAN H. et NELSON B. (2020). Effect of temperature on *Fusarium solani* and *F. tricinctum* growth and disease development in soybean. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 42: 527-537.
- YLI-MATTILA T., MACH R.L., ALEKHINA I.A., BULAT S.A., KOSKINEN S., KULLNIG-GRADINGER C.M., KLEMSDAL S.S. (2004). Phylogenetic relationship of *Fusarium langsethiae* to *Fusarium poae* and *Fusarium sporotrichioides* as inferred by IGS, ITS, β -tubulin sequences and UP-PCR hybridization analysis. *International Journal of Food Microbiology*, 95(3): 267-285.

Seznam příloh

Tab. č. 1 Přehled nejvýznamnějších mykotoxinů a jejich producentů (Samson et al., 1996; Peterson et al., 2001; Ito et al., 2001)	35
Tab. č. 2 Nejvýznamnější mykotoxiny fusarií napadajících obiloviny (Kotowicz et al., 2014)	36
Tab. č. 3 Rozdělení trichothecenů dle charakteru substituentů (Betina, 1990)	39
Tab. č. 4 Průměrné teploty a srážky v letech 2008–2012	51
Tab. č. 5 Rozmístění jednotlivých odrůd na pokusném pozemku	54
Tab. č. 6 Přechny analyzovaných mykotoxinů (Projekt NAZV QH81060)	66
Tab. č. 7 Přehled vizuálně zaznamenaného procentického napadení jednotlivých nahých odrůd ovsa houbovými patogeny	67
Tab. č. 8 Přehled vizuálně zaznamenaného procentického napadení jednotlivých pluchatých odrůd ovsa houbovými patogeny	68
Tab. č. 9 Přehled vizuálně zaznamenaného napadení lat nahých odrůd ovsa houbami rodu <i>Fusarium</i> (% výskytu na 30 letech)	69
Tab. č. 10 Přehled vizuálně zaznamenaného napadení lat pluchatých odrůd ovsa houbami rodu <i>Fusarium</i> (% výskytu na 30 letech)	69
Tab. č. 11 Přehled zástupců mikroskopických hub izolovaných z povrchu obilek jednotlivých odrůd ovsa (% podílu vzorků s houbou daného rodu z celkového počtu hodnocených vzorků)	72
Tab. č. 12 Výskyt patogenů <i>Fusarium sp.</i> v jednotlivých ročnících po všech předplodinách	73
Tab. č. 13 Délka juvenilní fáze u odrůd nahého ovsa ve dnech	75
Tab. č. 14 Délka juvenilní fáze u odrůd pluchatého ovsa ve dnech	75
Tab. č. 15 Počet plodných stébel u odrůd ovsa nahého	76
Tab. č. 16 Počet plodných stébel u odrůd ovsa pluchatého	77
Tab. č. 17 Stupeň polehnutí rostlin u odrůd ovsa nahého	77
Tab. č. 18 Stupeň polehnutí rostlin u odrůd ovsa pluchatého	78
Tab. č. 19 Výnos odrůd nahého ovsa	79
Tab. č. 20 Výnos odrůd pluchatého ovsa	79
Tab. č. 21 Počet zrn na latu u odrůd nahého ovsa	81
Tab. č. 22 Počet zrn na latu u odrůd pluchatého ovsa	81
Tab. č. 23 Hmotnost zrn v latě (g) u odrůd nahého ovsa	82
Tab. č. 24 Hmotnost zrn v latě (g) u odrůd pluchatého ovsa	83
Tab. č. 25 Hmotnost tisíce zrn (g) u odrůd nahého ovsa	84
Tab. č. 26 Hmotnost tisíce zrn (g) u odrůd pluchatého ovsa	84
Tab. č. 27 Vyrovnanost zrna (%) u odrůd nahého ovsa	85
Tab. č. 28 Vyrovnanost zrna (%) u odrůd pluchatého ovsa	85
Tab. č. 29 Obsah HT-2 toxinu u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	87
Tab. č. 30 Obsah HT-2 toxinu u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	88
Tab. č. 31 Obsah T-2 toxinu u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	89
Tab. č. 32 Obsah T-2 toxinu u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	90

Tab. č. 33 Obsah toxinu DON u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	91
Tab. č. 34 Obsah toxinu DON u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	92
Tab. č. 35 Obsah toxinu NIV u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	94
Tab. č. 36 Obsah toxinu NIV u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	95
Tab. č. 37 Obsah toxinu D3G u odrůd nahého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	96
Tab. č. 38 Obsah toxinu D3G u odrůd pluchatého ovsa ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	97
Obr. č. 1 Oblast původu <i>Avena</i> sp. (Loskutov, 2008)	12
Obr. č. 2 Fylogeneze <i>Avena</i> sp. (Loskutov, 2008)	13
Obr. č. 3 Monitoring rizikových oblastí výskytu fuzarióz v ČR (Horčíčka et al., 2015)	21
Obr. č. 4 Seznam sekcí a druhů <i>Fusarium</i> spp. (Brayford, 1989)	21-22
Obr. č. 5 Vliv inokulace <i>F. graminearum</i> v jednotlivých vývojových fázích na obsah DON (Tekle et al., 2012)	26
Obr. č. 6 Mikroskopické znaky Fusarií (Kubátová, 2010)	27
Obr. č. 7 Anamorfy <i>Fusarium</i> sp. (Nelson, 2002)	28
Obr. č. 8 Konidie <i>Fusarium</i> sp. (Nelson, 2002)	29
Obr. č. 9 Struktura jednotlivých trichothecenů (Foroud et Eudes, 2009)	38
Obr. č. 10 Přehled nejvýznamnějších trichothecenů – strukturní vzorce (Malíř et Ostrý, 2003; Orlando et al., 2019)	40
Obr. č. 11 <i>Fusarium avenaceum</i> a) Samson, 1996 b) FusKey, 1996 c) Kubátová, 2006	58
Obr. č. 12 <i>Fusarium equiseti</i> a) Samson, 1996 b) Kubátová, 2006	59
Obr. č. 13 <i>Fusarium graminearum</i> a) Samson, 1996 b) FusKey, 1996	60
Obr. č. 14 <i>Fusarium poae</i> a) Samson, 1996 b) FusKey, 1996 c) Kubátová, 2006 .	61
Obr. č. 15 <i>Fusarium sporotrichioides</i> a) Samson, 1996 b) FusKey, 1996	62
Obr. č. 16 <i>Fusarium tricinctum</i> a) Samson, 1996 b) FusKey, 1996 c) Kubátová, 2006	63
Obr. č. 17 Detail kvítku ovsa, odrůda Veli s myceliem houby z rodu <i>Fusarium</i> (Hana Pejsarová 5.10.2012)	68
Graf č. 1 Počet kultur mikroskopických hub izolovaných z povrchu obilek u odrůd nahého ovsa	70
Graf č. 2 Počet kultur mikroskopických hub izolovaných z povrchu obilek u odrůd pluchatého ovsa	71