

KVALITA SLADOVNICKÝCH JEČMENŮ V SOUVISLOSTI S VÝSKYTEM FUZÁRIÍ V KLASĚ

Marie VÁŇOVÁ

Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o.

Úvod

Podle zásad správné zemědělské praxe jsou zemědělci povinni produkovat zdravotně nezávadné suroviny jak pro lidskou výživu, tak pro využití v krmivářském průmyslu.

To se týká i jarních ječmenů, které jsou určeny pro sladařský průmysl. A tak kromě obvyklých kvalitativních parametrů, kterými jsou : obsah N látek v zrna, OH nebo přepad nad sítím 2,5 mm se stal důležitým parametrem i obsah mykotoxinů v zrna, především mykotoxinu deoxynivalenolu (DON). Jeho limitní množství je stejné jak u ozimé pšenice – to je 1250 µg na kg zrna.

Jarní ječmen není považován za hlavní hostitelskou rostlinu pro houby rodu *Fusarium*, ale obdobně jako u ozimé pšenice je nebezpečí poškození zrna a zhoršení jeho potravinářské kvality a především pro ječmen určený pro sladařský průmysl je nežádoucí i nižší kontaminace výchozí suroviny.

Proces infekce fusárií probíhá u dvouřadých jarních ječmenů poněkud jinak než u ozimé pšenice. Ozimá pšenice má většinou otevřené kvetení (je chasmogamní) a největší náchylnost k infekci fusárií je v době objevení se prvních prašníků ozimé pšenice. Dvouřadé jarní ječmeny mají kvetení uzavřené (jsou cleistogamní). Prašníky se objevují několik dní po anthesis.

Podle japonských prací je jarní dvouřadý ječmen nejcitlivější 10-20 dní po anthesis to je v době kdy je klas plně vymetaný s viditelnými starými prašníky.

I na jarním ječmeni může být silné napadení fusárií v případě:

- že je dostatečné množství silných zdrojů infekce (např. kukuřice)
- za příznivého počasí pro realizaci infekce (dlouhé období vhodných podmínek pro vytvoření infekce z infekčních zdrojů a vhodné podmínky při kvetení.
- při opomenutí ochrany proti poléhání.

Symptomy napadení jsou mírně odlišné od symptomů na ozimé pšenici.

Zrna je většinou hnědé až hnědooranžové, je menší a štíhlejší. Ale i když nejsou žádné symptomy vizuálně patrné, mohou zrna obsahovat stanovitelná množství mykotoxinů. Vizuelně rozpoznat zrna jarního ječmene infikovaná fusárií je obtížné. Spolehlivou metodou je stanovení obsahu mykotoxinu DON Elisa testem

Fuzária na jarním ječmeni ohrožují výnos zrna i jeho výtěžnost, technologické parametry i zdravotní nezávadnost jak je patrné z následujících výsledků.

Tabulka č.1 Vliv odrůdy na výskyt fusárií v klasě v pokusech kde byl srovnáván výnos zrna ve variantách s přirozenou a umělou infekcí.

Vliv odrůdy			Výnos zrna v t/ha	Výnosová diference bez inf. oproti infikované	
				v t/ha	v %
Sebastian	infikovaná	Kontrola	4,14		
Prestige	infikovaná	Kontrola	3,06		
Bojos	infikovaná	Kontrola	3,29		
Sebastian	bez infekce	Kontrola	5,02	0,88	21,25
Prestige	bez infekce	Kontrola	4,26	1,2	39,21
Bojos	bez infekce	Kontrola	4,17	0,88	26,74

Nejmenší výnosový pokles byl u odrůdy Sebastian pak následuje Bojos a odrůda Prestige se jeví jako velmi citlivá s výnosovým poklesem 39,21 % při vysokém výskytu fusárií v důsledku očkování. Tento typ pokusů ukazuje jak je nutné znát reakci jednotlivých odrůd jarního ječmene, stejně jako se to sleduje u odrůd ozimé pšenice.

Tab.č. 2. Vliv předplodiny na obsah mykotoxinu DON (µg/kg) v pokusech bez umělé infekce.

Cukrovka		Kukuřice		Řepka		Obilovina
2011	2012	2013	2014	2011	2013	2012
neinf.	neinf.	neinf.	neinf.	neinf.	neinf.	neinf.
57,5	87,5	203,7	9	47,3	25,9	29,9

Stanovené hodnoty v letech 2011-14 byly nízké i po předplodině kukuřici, která je silným potenciálním zdrojem infekce.

**Tab.č.3 Výsledky pokusů z roku 2009.
Lokalita Žabčice, Bojos.**

předplodina	zprac.půdy	DON (µg/kg)
kukuřice	orba	572,5
kukuřice	kypření	1 688,80
cukrovka	orba	229,8
cukrovka	kypření	198,8

Podmínky pro přirozený výskyt fuzárií v klase jarního ječmene v roce 2009 byly příznivé a to se nejvíce projevilo po předplodině kukuřici, ve variantě kde byla půda zpracována jen kypřením a na povrchu zůstalo velmi mnoho zdrojů infekce, která měla příznivé podmínky pro realizaci tvorby askospor a následně pro infekci v klasech.

**Tab.č.4. Vliv zpracování půdy na obsah DON
v zrně jarního ječmene u odrůdy Prestige v roce
2004, lokalita Branišovice, předplodina kukuřice.**

Varianta	Barevně odlišná zrna	DON
Minimální zpracování půdy	7	939
Bezorebné setí	17	1085
Orba	11	501

Tab.č.5 Nárůst mykotoxinu DON ug/kg po sladování ječmene s různým výchozím množstvím DON v zrně.

Obsah mykotoxinu DON ug/kg odrůda Kompakt				
rok		předplodina	zrno	slad
2000		cukrovka	128,4	1.324,8
2001		kukuřice	832,3	2.719,0
2002		kukuřice	663,2	2.972,2
		obilnina	344,1	1.248,3
2003	polehlé	cukrovka	4.949,0	34.902,0
	polehlé	obilnina	2.114,1	22.114,2
	polehlé	kukuřice	4.370,0	47.238,1
		řepka	42,0	85,0

V pokuse byl hodnocen výskyt barevně odlišných zrn. Byl hodnocen vzorek o velikosti 100 zrn ve čtyřech opakováních. V tabulce je uveden průměr. V tomto vzorku byl následně vyhodnocen obsah mykotoxinu DON v µg na kg zrna.

I v tomto roce byl výskyt fuzárií v klase v pokuse vysoký a zjištěné hodnoty mykotoxinu DON byly z hlediska následného zpracování ječmene na slad nevhodné.

Chování fuzáriových mykotoxinů během sladování jarního ječmene vede ve většině případů k nárůstu celkového množství mykotoxinu DON ve sladu. Po namáčení se jeho množství sníží a hlavními faktory ovlivňujícími ztráty během máčení jsou: použité

množství vody, teplota, pH, počet namáčení, doba jejich trvání, míchání atd.

Během klíčení se pak obsah DON opět zvýší. A tak ve většině případů slad obsahuje více DON než ječmen z něhož byl vyroben. Obsah DON v zrně je ovlivněn hlavně ročníkem a předplodinou. Polišenská (2014) uvádí následující hodnoty mykotoxinu DON ve vzorcích z monitoringu kvality.

Obdobně jako v roce 2010 byly nízké hodnoty DON v zrně zjištěny v letech 2011, 2012, 2013 a 2014. V roce 2014 to byly hodnoty velmi nízké což souviselo především s průběhem počasí během jarních měsíců.

Obsah DON	podíl vzorků v %						
v µg/kg	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
do 200	75	84	54	82	22	98	
200-500	26	10	34	8	36	1,7	
500-1250	8	4	4	8	16	0	
nad 1250	0	1,75	8	2	26	0	

Tab.č.6 Suma srážek v roce 2014

Měsíc	Dlouhodobý průměr (mm) (1971 – 2010)	Suma srážek (mm)	Procenta k průměrnému dlouhodobému úhrnu (%)	Charakteristika měsíce
Leden	24,9	23,8	96	normální
Únor	26,6	19,3	73	normální
Březen	32,8	5,2	16	mimořádně suchý
Duben	40,7	15,5	38	silně suchý
Květen	66,1	74,9	113	normální
Červen	80,6	63,9	79	normální
Červenec	73,6	78,1	106	normální
Srpen	65,6	69,4	106	normální

V souladu s našimi výsledky i s literárními údaji je patrné, že environmentální vlivy tvoří 48 % variability obsahu DON v zrně, potom následuje odrůda (27 %) a předplodina (14-28 %).

Naproti tomu vliv zpracování půdy byl ve většině pokusných let velmi nejednoznačný. Tyto výsledky ukazují, že zapravení rostlinných zbytků hraje významnou roli jen pokud je úroveň infekce obecně vysoká. Koch et al. (2006) došli na základě svých provozních pokusů k závěru, že roční meteorologické podmínky ovlivňují napadení fuzariem a obsah DON do stejné míry jako předplodina a odrůdová náchylnost, a ve srovnání s těmito faktory je použitý systém zpracování půdy méně důležitý.

Pokud jsou podmínky pro tvorbu perithecií a askospor méně příznivé, infekce by se mohly tvořit na starších rostlinných zbytcích z předešlých let a hlubší zpracování půdy by bylo v tomto procesu vhodnější. V tomto případě je vliv předplodiny malý. Mělké zapravení rostlinných zbytků v suchých letech vytváří lepší vláhové podmínky pro zranění perithecií a uvolňování askospor.

I když se zapravené zbytky rozloží podstatně rychleji než zbytky na povrchu půdy vyoraní rostlinných zbytků z hlubší půdní vrstvy může obnovit tvorbu perithecií na rostlinných zbytcích, ta je ovšem mnohem nižší než v prvním roce, ale může být důvodem k překrývání rozdílů mezi předplodinami.

Korelační analýza ukazuje, že v poměrně suchých podmínkách kontinentálního klimatu v České republice je jedním z velmi důležitých příčin napadení fuzárií a výsledné produkce DON vývoj infekčního potenciálu na zbytcích předplodiny brzy na jaře (duben). Teplé a vlhké časně jaro podporuje zvyšování napadení a tvorbu DON v zrně. Tyto podmínky na jaře jsou příznivé pro včasný vývoj a dozrávání perithecií na rostlinných zbytcích tak, aby produkovaly askospory současně s kvetením obilnin. Z některých studií (např. Fernando et al. 1997) vyplývá, že napadení fuzárií je způsobeno hlavně primární infekcí a sekundární šíření má menší význam. **Proto by podmínky příznivé pro vývoj perithecií (relativní vlhkost a teplota v dubnu) mohly mít větší vliv než meteorologické podmínky okolo kvetení.** Pro počáteční uvolňování askospor je potřeba vysoké vlhkosti, ačkoliv pro jejich prudké rozstříknutí z perithecií do vzduchu je možná

potřeba suché období. Protože se perithecia vyvíjejí na nadzemních zbytcích při teplotách 15-25 °C, ale ne pod 15 °C je vliv dubnové teploty docela velký.

Bylo zjištěno, že tvorba perithecií je omezena průměrnou denní teplotou pod 9 °C. Duben je v České republice jedním z měsíců s nejvíce variabilním počasím. Období s teplotami pod 10°C jsou velmi častá, a to zpožďuje tvorbu perithecií na zbytcích plodin mající za následek pozdní uvolnění askospor (po kvetení) a nižší napadení fuzárií.

U korelačních koeficientů mezi relativní vlhkostí a sumou srážek 5 dnů před kvetením existuje zajímavý paradox. U prvního parametru je korelace kladná a u druhého záporná. To lze snadno vysvětlit optimálními podmínkami pro uvolňování askospor z perithecií, tj. střídavě zvlhčení a vysušení. Vysušení perithecií během dne a následné prudké zvýšení relativní vlhkosti může stimulovat uvolnění askospor.

Nejdůležitějším ukazatelem počasí, který **přímo ovlivňuje** infekční proces, byla suma srážek 5 dnů před kvetením. Vliv teploty a srážek po kvetení nebyl průkazný. Podle Baie a Shanera (1991), napadení fuzárií je podporováno prodlouženou dobou (48 až 72 h) při > 90% relativní vlhkosti s teplotami 15 až 30 °C. Když je vlhkost nebo případy s vysokou vlhkostí přerušována, infekce se stále ještě může vyskytnout, ale její účinnost je snížena. Ačkoliv teplota by mohla mít silný vliv na infekční proces, z praktického hlediska je vlhkost v českých podmínkách častěji limitujícím faktorem. Srážky krátce před kvetením mají kombinovaný vliv na zralost a uvolnění askospor, rozstříknutí makrokonidií a podporu infekce zvlhčením klasů. Nejvyšší počet spor *Fusarium* byl zachycen z parcel 2 až 4 dny po dešti. Rossi et al. (2002) nezjistili žádné nebo velmi málo konidií před deštěm, ale jejich počet se postupně zvyšoval během deště. S následnými vlhkými podmínkami pokračovala tvorba konidií po dobu několika hodin po dešti a v těchto podmínkách obvykle dosáhl svého vrcholu.

Modely předpovídající výskyt fuzárií v klase na základě meteorologických údajů.

Umělé neuronové sítě se v poslední době stávají populárními ve fytopatologii, většinou v predikčních modelech. Vyvinutý model na bázi neuronové sítě je založen na vstupní proměnné (předplodina) a proměnných (průměrná teplota v dubnu, suma srážek v dubnu,

průměrná teplota 5 dnů před kvetením a suma srážek 5 dnů před kvetením).

Hlavní výhodou modelu je, že spojuje vliv předplodiny, povětrnostních podmínek na tvorbu inokula a povětrnostních podmínek na uvolnění askospor a proces infekce. Model pro predikci epidemie fuzariózy klasu založený na hodinových údajích o počasí byl vyvinut De Wolfem et al. (2004).

Údaje použité v modelu zahrnují relativní vlhkost, hodiny, kdy se teploty vzduchu pohybují od 9 do 30 °C, hodiny srážek přesahujících 0.3 mm a vztah vysoké relativní vlhkosti a příznivých teplot vzduchu zaznamenaných během 7denního intervalu před kvetením.

Odhaduje se, že model předpovídá epidemii fuzariózy a absenci epidemie přibližně na 80 % doby. S použitím stupňovité logistické regresní analýzy určili

Závěr

Kvalita obilovin související s výskytem fuzárií a dále s následnou kontaminací fuzariiovými mykotoxiny, je vážným a také složitým problémem.

Týká se velkého množství proměnných veličin, kterými jsou jak roční průběh počasí, tak celkové klimatické změny, ale i změny v technologii pěstování zemědělských plodin do nichž je nutné zahrnout jak strukturu pěstovaných plodin, tak způsob jejich pěstování, včetně ochrany aplikací pesticidů.

U jarního ječmene určeného pro sladařský průmysl je nutné respektovat to, že i když výchozí surovina nepřekročí limity dané Evropskou komisí č. 466/2001 - to je 1250 µg/kg dochází

Kontaktní adresa

Ing. Marie Váňová, CSc., Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o., e-mail: Vanova@vukrom.cz

De Wolf et al. (2000) tři proměnné užitečné pro predikci epidemie fuzariózy. Dvě z těchto proměnných byly souhrny prostředí 7 dnů před kvetením plodiny a zahrnovaly délku trvání srážek a délku trvání teploty v rozpětí od 15 do 30 °C. Třetí proměnná kombinovala teplotu a relativní vlhkost 10 dnů po začátku kvetení.

Na základě našich experimentálních výsledků a literárních údajů lze shrnout, že proměnné, představující prostředí před kvetením, mohou poskytnout modely s informacemi o potenciálně limitujících faktorech pro produkci inokula současně s přímým vlivem na infekci klasu.

Sestavení predikčních modelů na základě údajů o počasí před kvetením má také praktické důsledky pro ochranu rostlin, protože účinnost fungicidního ošetření závisí na správné době aplikace, která je limitována fází kvetení.

v průběhu sladování k výrazným změnám v obsahu DON ve sladu.

Na druhé straně je třeba respektovat principy integrované ochrany rostlin a snažit se omezit šíření choroby a také pečlivě zvažovat rentabilitu aplikace fungicidů.

Proto je snaha podrobně studovat monitoring výskytu v jednotlivých lokalitách a podmínky, které jsou vhodné, nebo naopak nepříznivé, pro větší výskyt choroby.

Predikční modely, které jsou využívány i pro jiné choroby by měly být významnými regulátory konkrétních ochrannářských zásahů.