



# Vliv fuzarióz klasu na kvalitu odrůd pšenice

RNDr. Ivana Polišenská, Ph.D., Dr. Ing. Ludvík Tvarůžek, Ing. Ondřej Jirsa, Ph.D.; Agrotest fyto, s. r. o., Kroměříž  
foto: A. Pospíšil

## Počasi bylo v roce 2020 pro klasová fuzária na obilninách velmi příznivé

V roce 2020 byly na porostech pšenice i ječmene pozorovány fuzariózy klasů často a napadení bylo v mnoha případech silné. Následkem toho se nyní v obilovinách opakovaně setkáváme s nálezy mykotoxinů, a to někdy i s velmi vysokými hodnotami.

Příčinou této situace je vlhké počasí, které ve druhé polovině vegetační sezony 2019/20 panovalo. Podle údajů ČHMÚ pro průměrné hodnoty za celou ČR (zdroj: CHMI, www.chmi.cz) byl v roce 2020 úhrn srážek za měsíce červen–srpen 324 mm (graf 1). Rozdíl je zřejmý nejen ve srovnání s výrazně suchými roky 2015 (161 mm) a 2018 (155 mm), ale jedná se o vůbec nejvyšší hodnotu posledních 10 let.

Vlhké počasí vytvořilo příznivé podmínky pro výskyt klasových fuzárií, a to jak u ozimých, tak jarních obilnin. Pro úspěšnou infekci klasů pšenice a ječmene patogeny *Fusarium* spp. bylo velmi příhodné zejména deštivé počasí měsíce června. Po většinu období kvetení, kdy jsou klasy vůči infekci nejcitlivější, byla v porostech setrvale vysoká vlhkost, což představuje optimální podmínky pro rozvoj této choroby. Zároveň bylo kvůli srážkám v předcházejícím období dostatek zralých zdrojů infekce, tj. konidií a askospor patogenů *Fusarium*. Proto se infekce v poros-

tech začala viditelně projevovat již krátce po odkvětu obilnin a rozvoj choroby kvůli vlhkému charakteru počasí dále pokračoval. Některé porosty navíc brzy polehly, což napadení ještě více podpořilo.

Negativní vliv měly také četné srážky v průběhu července, které oddalovaly a zpomalovaly začátek sklizně. Graf 2 znázorňuje postup sklizně ozimé pšenice za posledních 10 let. V roce 2020 bylo ke konci července sklizeno necelých 10 % ploch, v roce 2019 to bylo 45 %, v roce 2018 dokonce více než polovina. Naopak pomalejší než v roce 2020 byl postup sklizně v letech 2011, 2013 a 2016. V roce 2014 se po poměrně rychlé první polovině sklizně příznivý charakter počasí radikálně změnil tak, že sklizeň byla pro časté srážky velmi obtížná, tempo bylo pomalé a nakonec část ploch obilnin nebyla vůbec sklizena. Vysoké srážkové úhrny v srpnu a září 2014 byly pak příčinou vysokého výskytu mykotoxinů ve sklizni kukuřice.

## Důsledky napadení obilnin klasovými fuzárií

Napadení obilnin klasovými fuzárií má tři hlavní negativní dopady. Jsou to pokles výnosu, kontaminace sklizeného zrna toxickými látkami - mykotoxiny a zhoršení kvality zrna.

K nejvyšším **výnosovým ztrátám** dochází tehdy, pokud jsou pro napadení klasů obilnin patogeny *Fu-*

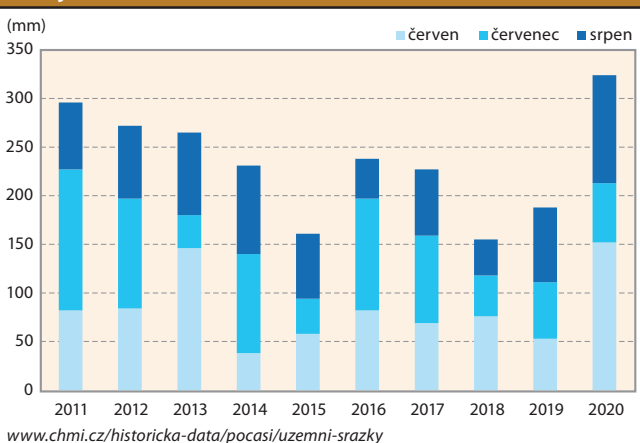


Obr. 1: Napadení klasů patogeny *Fusarium* spp.

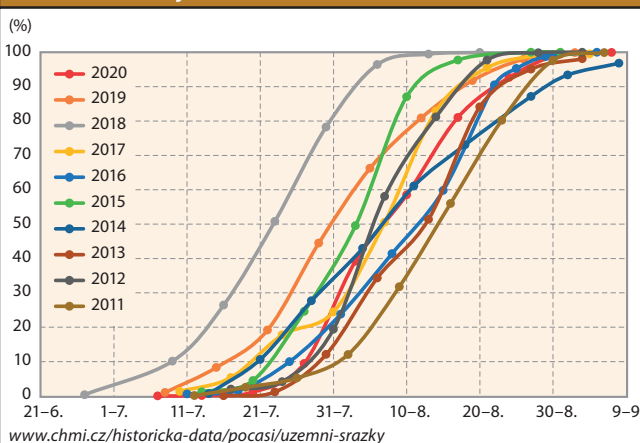
*sarium* spp. optimální podmínky v období kvetení. Askospory nebo konidie houby pronikají přes bázi kvítka a houba se šíří kláskem přes vodivá pletiva rostliny. V případě velmi silné infekce dojde k úplnému zablokování cévních svazků rostlin myceliem patogena, což má za následek úplnou nekrózu jednoho či více klásků (obr. 1). Na klasech se tvoří typické symptomy a houby

kolonizují vyvíjející se zrna. Napadená zrna mají obvykle změněnou barvu - zrna jsou bělavá nebo narůžovělá, s povlakem křídového charakteru. Některá zrna mohou být scvrklá, jako důsledek zhoršeného plnění zrna nebo různě deformovaná. V porovnání se zrny zdravými jsou lehčí, což se projeví na HTZ i objemové hmotnosti (OH) napadené pšenice.

Graf 1: Úhrn srážek v měsících červen až srpen, ČR, 2011–2020 (zdroj: CHMI)



Graf 2: Postup sklizně (% sklizených ploch) ozimé pšenice, ČR, 2011–2020 (zdroj: CHMI)





Viditelně fuzariózní zrna s typickými příznaky mívají velmi vysoké obsahy mykotoxinů. Výrazně lehčí a scvrklá zrna mohou být oddělena spolu s plevami při kombajnové sklizni a do sklizeného zrna se dostat nemusí. V případě méně výrazných symptomů napadení mohou být vizuální změny na zrnek maskovány změnami způsobenými jinými příčinami, např. u zrn porostlých nebo vystavených delší dobu nepříznivým povětrnostním podmínkám. Ve sklizni roku 2020 jsme se u pšenice setkávali s případy, kdy nebylo možné symptomy napadení fuzárií odlišit od jiných typů poškození, velmi často.

### Kontaminace zrna mykotoxiny

je nejzávažnějším důsledkem napadení klasů obilnin fuzárií. Druhy rodu *Fusarium* vyskytující se v našich podmínkách na pšenici produkují celou řadu toxických látek. Nejčastěji a v nejvyšších koncentracích je v pšenici obvykle nacházen deoxynivalenol (DON). Pro tento mykotoxin platí v potravinářských obilovinách legislativní limit pro maximální obsah (Nařízení komise (EK) č. 1881/2006), který je v nezpracované pšenici obecné a v ječmeni 1 250 µg/kg, u pšenici tvrdé (*T. durum*) stejně jako u kukuřice a ovsu je to 1 750 µg/kg. Dále platí limit pro zearalenon, který je stejný pro všechny obiloviny (100 µg/kg) s výjimkou kukuřice (350 µg/kg). V obilovinách napadených patogeny rodu *Fusarium* je možné nacházet i další mykotoxiny, jako např. nivalenol, T-2 a HT-2 toxin, enniatiny a mnoho dalších. Důvodem široké škály v zrna nacházených mykotoxinů je skutečnost, že na onemocnění klasů se obvykle podílí více různých druhů *Fusarium*, a ty mohou vytvářet různé spektrum mykotoxinů.

Napadení obilnin patogeny *Fusarium* způsobuje také změny v biochemickém složení zrna, což má **dopad na zpracovatelskou kvalitu**. Úroveň tvorby zásobních látek, jako jsou bílkoviny a škrob, je u napadených klasů narušená a změněný je i jejich transport vodivými pletivy. Další příčinou biochemických změn je přítomnost enzymů patogenní houby v zrna, které zásobní látky obilovin modifikují a rozkládají, aby je mohly snadněji využít pro svou vlastní výživu. Ukazuje se, že odrůdy pšenice se při stejném infekčním tlaku liší nejen obsahem mykotoxinů,

ale že jsou různé i dopady infekce na kvalitu zrna.

### Pokus s odrůdami ozimé pšenice v Kroměříži

Vliv napadení klasovými fuzárií na kvalitu pšenice se velmi zřetelně projevil v odrůdovém pokusu vedeném v roce 2020 v Kroměříži. Odrůdy byly pěstovány dvěma technologiemi - extenzivní (bez fungicidů a regulátorů růstu, celková dávka 70 kg N/ha) a intenzivní (3× fungicid, 1× regulátor, 154 kg N/ha) (tab. 1). V extenzivní technologii byla navíc v době kvetení provedena infekce klasů patogenem *Fusarium culmorum*. Celkem bylo v pokusu 107 odrůd, v tomto článku jsme se zaměřili na hodnocení vybraných 28 z nich. Odrůdy byly vybrány podle četnosti pěstování v ČR, a to na základě jejich zastoupení (více než 5 vzorků) v monitoringu kvality potravinářských obilovin.

Kvalita zrna pšenice byla hodnocena podle požadavků ČSN 46 1100-2 pro pšenici pekárenskou, tj. objemová hmotnost (OH), číslo poklesu (FN), obsah N-látek (NL), sedimentační index (Zelenýho test - SEDI). Hodnocena byla také hmotnost tisíce zrn (HTZ) a výnos. Výsledky byly ověřeny pomocí statistických metod,

**Tab. 1: Přehled agrotechnických zásahů při vedení odrůdového pokusu v extenzivní (E) a intenzivní (I) technologii pěstování (Kroměříž, 2020)**

Datum	Intenzita	Aplikace
Před setím	E + I	základní hnojení 200 kg (NPK 8:24:24 + 8 S)
18. 10. 2019	E + I	setí
12. 11. 2019	E + I	Bizon 1,0 l/ha
18. 2. 2020	E + I	I. regenerační přihnojení LAD 27 % 200 kg/ha = 54 kg N/ha
11. 3. 2020	I	II. regenerační přihnojení LAD 27 % 200 kg/ha = 54 kg N/ha
9. 4. 2020	I	Moddus 0,3 l/ha + Retacel 0,3 l/ha + Variano Xpro 1,3 l/ha
7. 5. 2020	E + I	Axial Plus 0,6 l + Karate Zeon 0,1 l/ha
19. 5. 2020	I	Variano Xpro 1,0 l/ha + Karate Zeon 0,15 l/ha
9. 6. 2020	E	inokulace <i>Fusarium culmorum</i> , 0,5 mil. konidií/ml
9. 6. 2020	I	Spectre Maxx 0,65 l/ha + Karate Zeon 0,15 l/ha
3. 6. 2020	I	kvalitativní hnojení 110 kg LAD 27 %/ha = 30 kg N/ha
30. 7. 2020	E + I	sklizeň

řeny pomocí statistických metod, které umožnily konstatovat, zda se jedná o vliv významný či nikoliv.

### Obsah DON

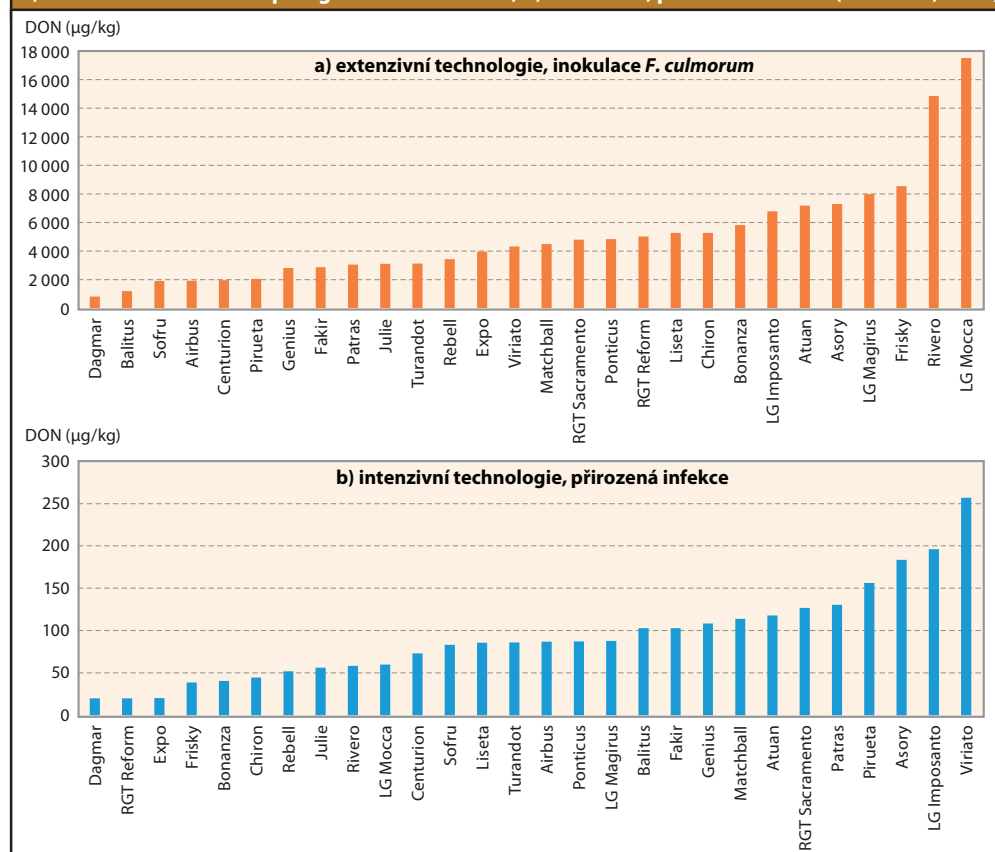
V **extenzivní technologii**, tj. bez fungicidů a regulátorů růstu a po inokulaci *F. culmorum*, byla úroveň kontaminace odrůd mykotoxinem DON velmi vysoká (graf 3a). Nejnižší obsah (do přibližně 2 000 µg/kg) měly odrůdy Dagmar, Balitus, Sofru, Airbus, Centurion a Pirueta. Naopak nejvyšší obsah (více než 14 000 µg/kg) měly odrůdy Rivero a LG Mocca.

V **intenzivní variantě** byla úroveň kontaminace naopak velmi nízká a rozdíl mezi odrůdami byly malé (graf 3b). Obsah DON se pohyboval od < 20 µg/kg po 257 µg/kg. I hodnota nejvyššího obsahu je hluboko pod limitem pro potravinářské obiloviny (1 250 µg/kg).

### Objemová hmotnost OH

Průměrná objemová hmotnost v extenzivní technologii byla 69,4 kg/hl, v intenzivní 76,5 kg/hl. Rozdíl mezi průměry technologií (7,1 kg/hl) je statisticky vysoce průkazný.

**Graf 3: Obsah deoxynivalenolu (DON) ve 28 odrůdách ozimé pšenice pěstovaných technologií: a) extenzivní + inokulace patogenem *F. culmorum*, b) intenzivní, přirozená infekce (Kroměříž, 2020)**





Objemová hmotnost byla v extenzivní technologii nižší u všech odrůd, a to nejvíce u odrůd Rivero a Matchball (obě -14,0 kg/hl), nejméně u odrůd Dagmar (-2,2 kg/hl) a Balitus (-2,6 kg/hl) (graf 4). Odrůdy jsou v grafu seřazeny podle hodnoty rozdílu OH mezi technologiemi. Menší rozdíl měly častěji odrůdy s nižším obsahem DON.

Z 10 odrůd s nejnižším obsahem DON v extenzivní variantě (Dagmar, Balitus, Sofru, Airbus, Centurion, Pirueta, Genius, Fakir, Patras, Julie) jich 9 patřilo k 10 odrůdám s nejmenším poklesem OH. A také naopak, z 10 odrůd s nejvyšším obsahem DON (LG Mocca, Rivero, Frisky, LG Magirus, Asory, Atuan, LG Imposanto, Bonanza, Chiron, Liseta) jich 7 patřilo k 10 odrůdám s největším poklesem OH. Negativní závislost mezi OH a obsahem DON byla vysoce průkazná (korelační koeficient -0,7), tj. čím vyšší obsah DON, tím nižší OH.

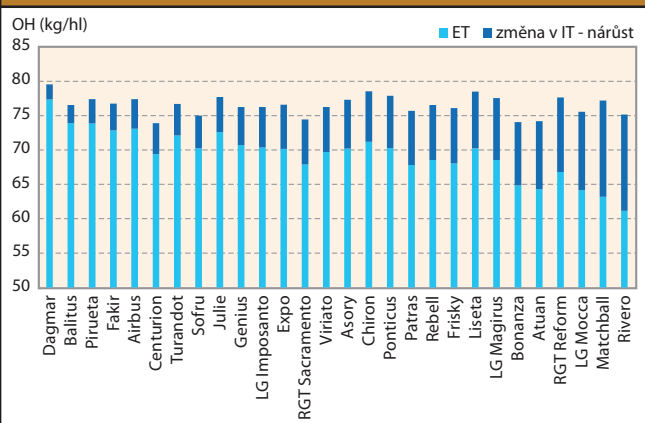
Rok 2020 nebyl obecně pro dobrou OH příznivý, průměr odrůd v intenzivní variantě je pouze mírně nad požadavkem normy ČSN na potravinářskou pšenici (76 kg/hl). Situaci dokládá skutečnost, že ve sklizni v rámci celé ČR vyhovělo pouze 66 % vzorků při průměrné hodnotě 77,2 kg/hl, což je nejméně od roku 2010 (2010: průměr 76,6 kg/hl, vyhovělo 59 % vzorků).

#### Hmotnost tisíce zrn (HTZ)

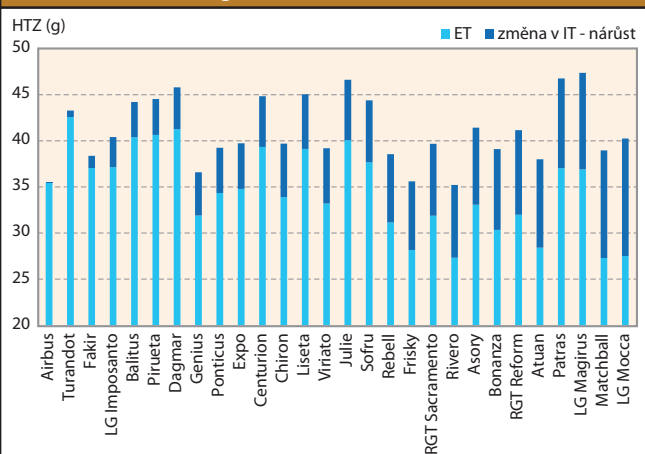
HTZ byla v extenzivní technologii v průměru všech odrůd 34,6 g, v intenzivní 41,0 g. U jednotlivých odrůd se rozdíl mezi technologiemi pohyboval od 0,7 g po 12,7 g, s výjimkou odrůdy Airbus, u které byla v obou technologiích HTZ stejná (graf 5).

Mezi 10 odrůdami s nejmenším rozdílem HTZ mezi technologiemi bylo 6 odrůd, které patřily mezi 10 s nejnižším obsahem DON a obdobně, z 10 odrůd s nejvyšším ob-

**Graf 4: Objemová hmotnost (OH) odrůd ozimé pšenice pěstovaných extenzivní technologií a inokulovaných *F. culmorum* (ET) a změna v intenzivní technologii bez inokulace (IT) (Kroměříž, 2020)**



**Graf 5: HTZ odrůd ozimé pšenice pěstovaných extenzivní technologií a inokulovaných *F. culmorum* (ET) a změna v intenzivní technologii bez inokulace (IT) (Kroměříž, 2020)**



**Tab. 2: Výnos odrůd ozimé pšenice v intenzivní technologii pěstování a snížení výnosu v extenzivní technologii inokulované *F. culmorum* (Kroměříž, 2020)**

Odrůda	Kvalita	Výnos intenzivní	Výnos extenzivní
		t/ha	rozdíl v %
Airbus	E	12,64	-14
Asory	A	13,58	-26
Atuan	B	12,81	-30
Balitus	A	13,48	-13
Bonanza	C/P	11,55	-29
Centurion	A	12,74	-19
Dagmar	A	13,09	-14
Expo	E	11,87	-23
Fakir	A	13,11	-18
Frisky	C/P	12,91	-32
Genius	E	11,30	-17
Chiron	A	13,23	-34
Julie	E	14,47	-31
LG Imposanto	A	14,40	-32
LG Magirus	E	13,26	-39
LG Mocca	C/P	13,20	-40
Liseta	A	13,63	-32
Matchball	A	12,65	-40
Patras	A	12,91	-33
Pirueta	A	13,46	-24
RGT Ponticus	E	12,39	-21
RGT Rebell	A	13,10	-31
RGT Reform	A	14,54	-39
RGT Sacramento	C/P	14,17	-29
Rivero	B	12,57	-35
Sofru	A	13,98	-13
Turandot	A	12,11	-18
Viriato	A	12,80	-26

sahem DON jich 6 patřilo k 10 odrůdám s největším poklesem HTZ. Negativní korelace HTZ s obsahem DON byla průkazná (korelační koeficient -0,6; tj. čím vyšší obsah DON, tím nižší HTZ), závislost je o něco slabší než u OH.

#### Výnos

Výnos byl v extenzivní technologii nižší u všech odrůd, a to při vztažení k intenzivní technologii o 13 až 40 % (tab. 2). Průměrný výnos v intenzivní technologii byl 13,1 t/ha (11,3–14,54 t/ha), v extenzivní 9,5 t/ha (7,64–12,16 t/ha).

Vztah mezi obsahem DON a výnosem v extenzivní technologii je statisticky průkazný, korelační koeficient (-0,6) je stejný, jako pro vztah mezi DON a HTZ. I když se na vyšším výnosu v intenzivní technologii podílely i další rozdíly mezi technologiemi, zejména vyšší úroveň dusíkatého hnojení (extenzivní 70 kg N/ha, intenzivní 154 kg N/ha) (tab. 1), souvislost s odolností odrůdy vůči napadení klasovými fuzárií je zřejmá. U 4 odrůd s nejnižším obsahem DON (Dagmar,

Balitus, Sofru, Airbus) se rozdíl výnosu mezi technologiemi pohyboval pouze mezi 13–14%.

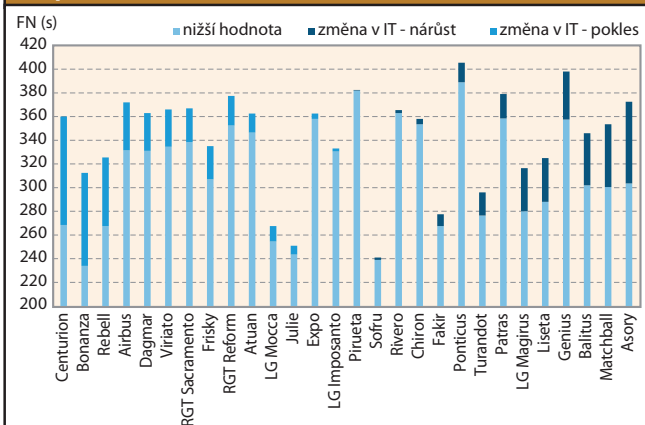
Nižší výnos, HTZ a OH jsou, kromě kontaminace mykotoxiny, nejčastěji pozorovanými důsledky napadení pšenice klasovými fuzárií (Mesterházy et al., 2015). Tyto změny totiž přímo souvisí se způsobem napadení obilnin patogenem, který kolonizuje klasy a způsobuje snížení počtu zrn v klasu a/nebo jejich hmotnosti. Schopnost odrůdy zachovat si HTZ i OH při určitém infekčním tlaku patří společně s úrovní obsahu DON mezi charakteristiky rezistence odrůd pšenice vůči fuzariózám klasů (Martin et al., 2017).

#### Číslo poklesu (FN)

Průměrné FN bylo v obou technologiích pěstování prakticky stejné (extenzivní - 329 s, intenzivní - 325 s). Srovnatelné byly také v obou technologiích minimální (extenzivní - 239 s, Sofru; intenzivní - 234 s, Bonanza) i maximální (v obou technologiích Ponticus: extenzivní - 389 s, intenzivní - 406 s) hodnoty.



**Graf 6: Číslo poklesu (FN) v odrůdách ozimé pšenice pěstovaných extenzivní technologií a inokulovaných *F. culmorum* (ET) a změna v intenzivní technologii bez provedené inokulace (IT) (Kroměříž, 2020)**



Hlavním faktorem, který FN ovlivňuje, je počasí, významný je i vliv odrůdy a v praxi se mohou přidat další vlivy, jako např. polehnutí porostu. I když v roce 2020 bylo počasí pro dosažení dobrého FN spíše nepříznivé, všechny odrůdy v obou technologiích dosáhly hodnoty požadované pro potravinářskou pšenici (min. 220 s). Podle reakce na vyšší intenzitu pěstování se odrůdy rozdělily přibližně na třetiny (graf 6). U části odrůd zůstalo FN prakticky stejné ( $\pm 15$  s), u části bylo v intenzivní technologii vyšší (nejvíce o 69 s - Asory) a u části nižší (nejvíce o 92 s - Centurion).

Infekce klasů houbami může zvyšovat degradaci škrobu v zrna, a to kvůli působení enzymů, jako jsou  $\alpha$ -amylázy, jejichž aktivita v zrna je měřitelná právě prostřednictvím čísla poklesu. Z toho by vyplývalo, že FN bude po infekci klasovými fuzárii nižší (Hareland, 2003) a některé publikované výsledky to potvrzují (Siuda et al., 2010). Jiní naopak došli k obdobnému zjištění, jaké se ukázalo v našem pokusu, a totiž, že mezi FN a obsahem DON nebyla průkazná souvislost (Wang et al., 2008).

### Obsah bílkovin (NL) a jejich kvalita (SEDI)

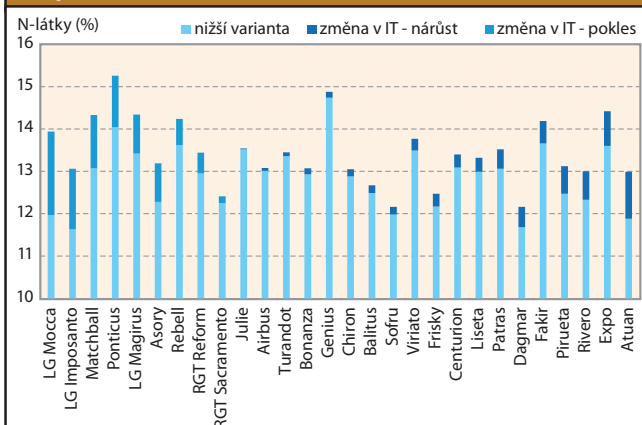
Obdobně jako u FN, i průměrné hodnoty **obsahu N-látek** byly v obou technologiích téměř shodné (extenzivní - 13,2 %, intenzivní - 13,1 %) a lišily se reakce jednotlivých odrůd (graf 7). U 8 odrůd byl obsah NL v **extenzivní variantě** vyšší (o 0,5–2 %, nejvíce u LG Mokka). V této skupině byly zejména odrůdy s vysokým obsahem DON

(průměr této skupiny odrůd byl více než 7000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). V **intenzivní variantě** u nich došlo ke značnému zvýšení výnosu (v průměru +4,49 t/ha), který byl pravděpodobně příčinou poklesu obsahu NL.

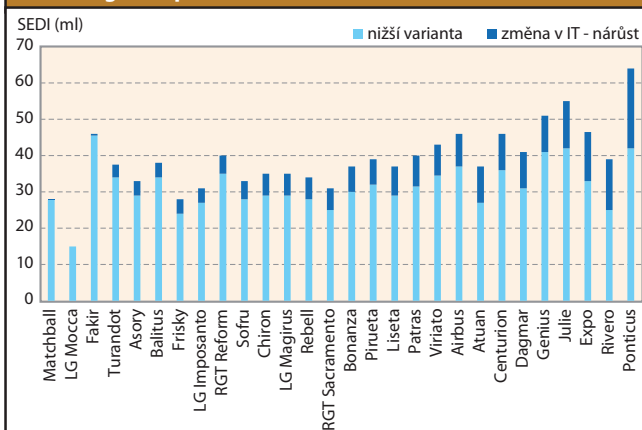
Odrůdy s nejnižším obsahem DON (do 2000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), které měly malý rozdíl ve výnosu mezi intenzivní a extenzivní technologií, si většinou obsah NL zachovaly beze změny (Airbus, Balitus, Sofru) nebo jej měly v intenzivní variantě mírně vyšší (Dagmar +0,5 %). Celkově ale mezi obsahem DON a změnou obsahu NL průkazná korelace zjištěna nebyla. Na výsledném obsahu NL v kroměřížském pokusu se podepsalo více různých vlivů a jejich kombinace. Roli hrála skutečnost, že v extenzivní inokulované variantě byla nižší úroveň výživy než ve variantě intenzivní (extenzivní 70 kg N/ha, intenzivní 154 kg N/ha). Ovšem na druhou stranu, provedené fungicidní ošetření v intenzivní technologii (2x listové choroby, 1x klasové choroby) (tab. 1), se projevilo významným zvýšením výnosu, které mělo za následek pokles obsahu NL v zrna.

Vliv infekce klasovými fuzárii a intenzity pěstování na kvalitu NL, vyjádřený **Zeleného sedimentačním testem**, byl, na rozdíl od samotného obsahu NL, významný. V **extenzivní variantě** byl průměrný SEDI 32 ml, v intenzivní 39 ml. Ke zvýšení došlo u 25 odrůd z 28, u 3 odrůd byla kvalita bílkovin stejná (LG Mokka, Matchball, Fakir) (graf 8). Lepší byla v **intenzivní technologii** kvalita bílkovin, zejména u odrůd E kvality. Ze 6 odrůd této třídy zařazených v pokusu měly 4 odrůdy přírůstek

**Graf 7: Obsah bílkovin (N-látek) v odrůdách ozimé pšenice pěstovaných extenzivní technologií a inokulovaných *F. culmorum* (ET) a změna v intenzivní technologii bez provedené inokulace (IT) (Kroměříž, 2020)**



**Graf 8: Kvalita bílkovin vyjádřená sedimentačním testem odrůd ozimé pšenice pěstovaných extenzivní technologií a inokulovaných *F. culmorum* (ET) a změna v intenzivní technologii bez provedené inokulace (IT) (Kroměříž, 2020)**



SEDI v intenzivní variantě větší než 10 ml (Ponticus, Expo, Julie, Genius).

Reakce celkového obsahu bílkovin však byla u těchto odrůd různá: Ponticus měl obsah NL v intenzivní technologii nižší (-1,2 %), Expo vyšší (+0,8 %) a Julie a Genius prakticky stejný (0–0,1 %). Tyto výsledky se shodují s informacemi z literatury. Např. Wang et al. (2005) uvádí, že infekce fuzárii celkový obsah bílkovin v zrna neovlivňuje, ale že silně infikovaná zrna mají nižší obsah gluteninů. Negativní změny vlastností těsta připraveného z napadeného zrna jsou přičítány poškození škrobových granulí a zásobních bílkovin patogeny rodu *Fusarium*.

### Souhrn

Protože napadení porostů obilnin fuzariózami klasů ovlivňuje mnoho faktorů (počasí, předplodina, způsob zpracování půdy, výživa,

cílená chemická ochrana a volba odrůdy), také ochrana by měla spoléhat na více opatření provedených současně. Volba méně náchylné odrůdy je jedním z nich.

I když neexistuje zcela rezistentní odrůda, mezi jednotlivými odrůdami jsou v reakci na infekci patogeny *Fusarium* velké rozdíly, což prokázal i náš pokus s 28 odrůdami ozimé pšenice. V podmínkách vysokého infekčního tlaku byl rozdíl mezi obsahem DON nejméně a nejvíce kontaminované odrůdy více než sedminásobný. Obsah DON měl přímou souvislost se snížením objemové hmotnosti, negativní vliv se projevilo také na HTZ, výnos i kvalitu bílkovin.

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO1118.

28