

Rezistence pšenice k patogenům z rodu *Fusarium*

Jana Chrpová a kol.
VÚRV, v.v.i.

Fuzariózy klasu

- závažná houbová choroba s dopadem na výnos, technologickou i hygienickou kvalitu
- význam se zvyšuje v závislosti na změnách v zemědělské výrobě (osevní postupy, bezorebné systémy)
- významnou roli hrají povětrnostní podmínky ročníku



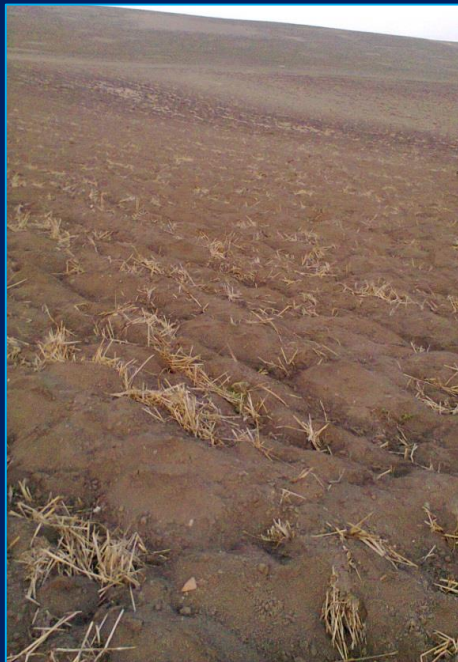
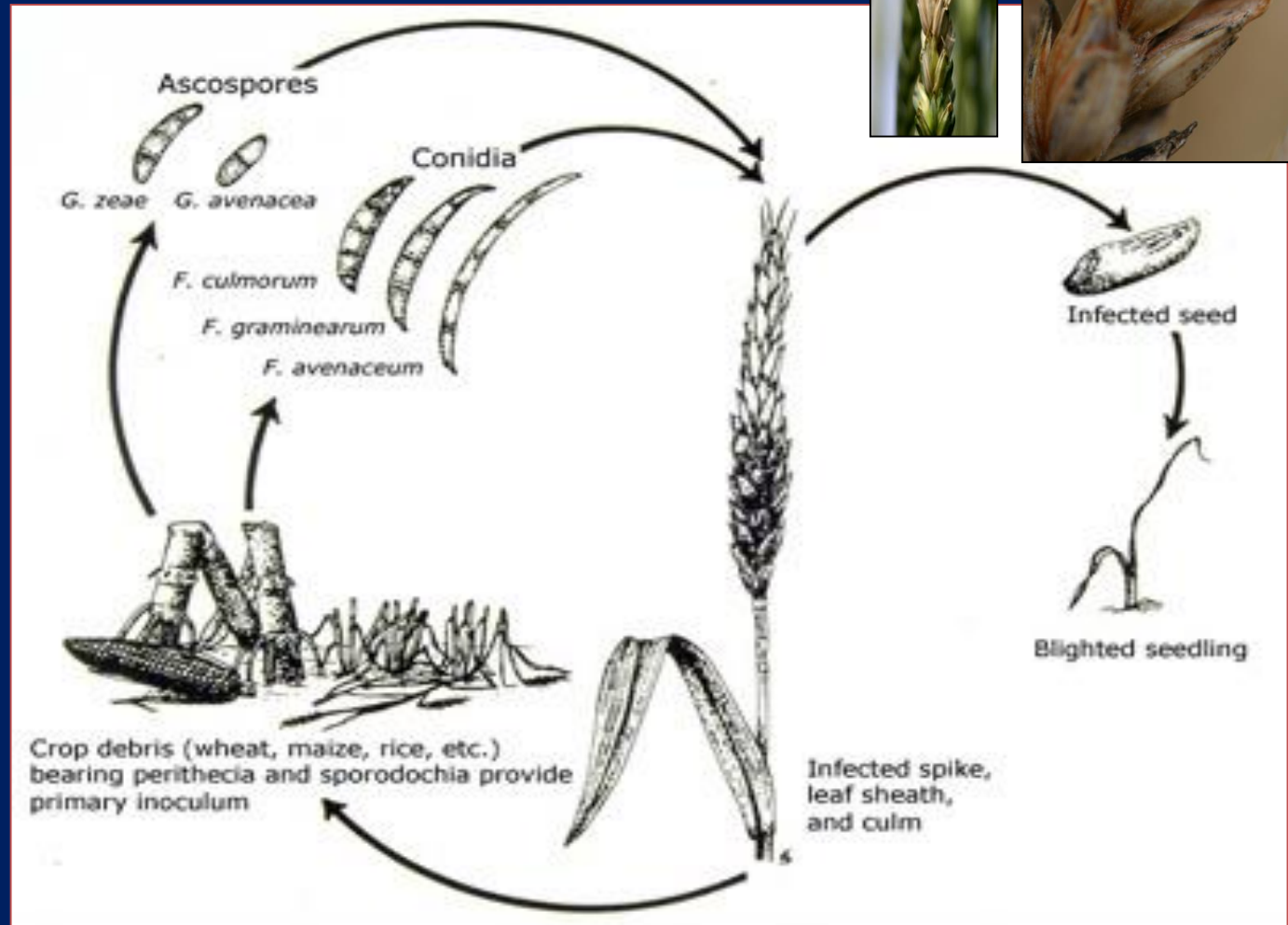
Závažné onemocnění obilovin ovlivňující hygienickou kvalitu

Patogeny z rodu *Fusarium* je produkována řada mykotoxinů: deoxynivalenol (DON), nivalenol, zearalenon (ZEA), T2 toxin, HT2 toxin, eniatiny, beauvericin, aj.

Mykotoxiny jsou sekundární metabolity plísní se škodlivým účinkem na organismus člověka nebo zvířete, podle nových poznatků hrají úlohu i při kolonizaci pletiv.

- pro nezpracované obiloviny kromě pšenice tvrdé, ovsa a kukuřice je limit
 - pro deoxynivalenol (DON) 1,25 mg.kg-1 (1250 µg/kg)
 - pro zearalenon 0,1 mg.kg-1.
- Další fuzáriové mykotoxiny - fumonisiny jsou limitovány pouze v kukuřici, a to sumou fumonisinů B1 a B2 (limit - 4 mg/kg).
- Již delší dobu se diskutuje zavedení souhrnného limitu pro T-2 a HT-2 toxiny, zatím však není konkrétní hodnota v legislativě uvedena.

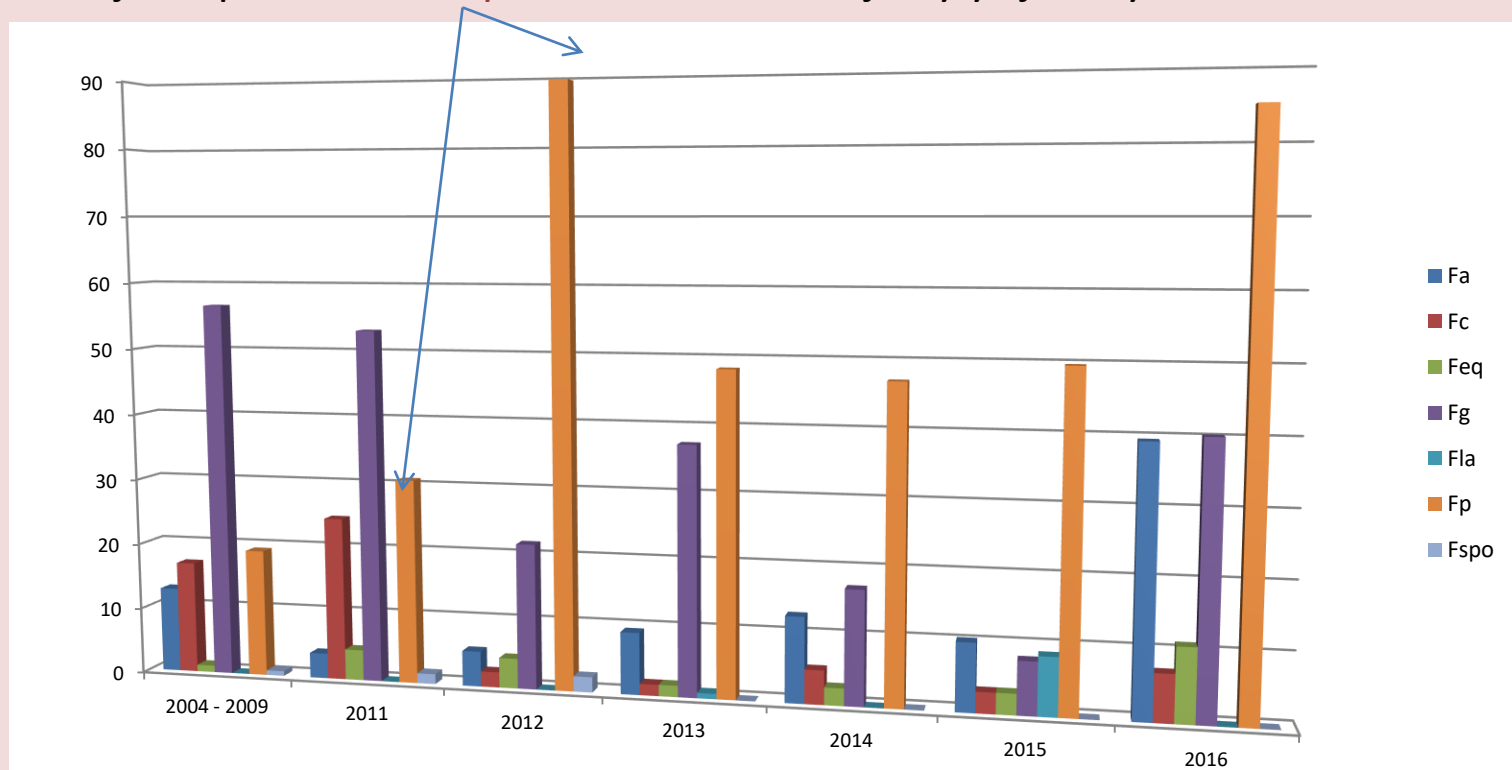
Cyklus přenosu klasových fuzarióz



Změny v zastoupení původců klasových fuzarióz u pšenice

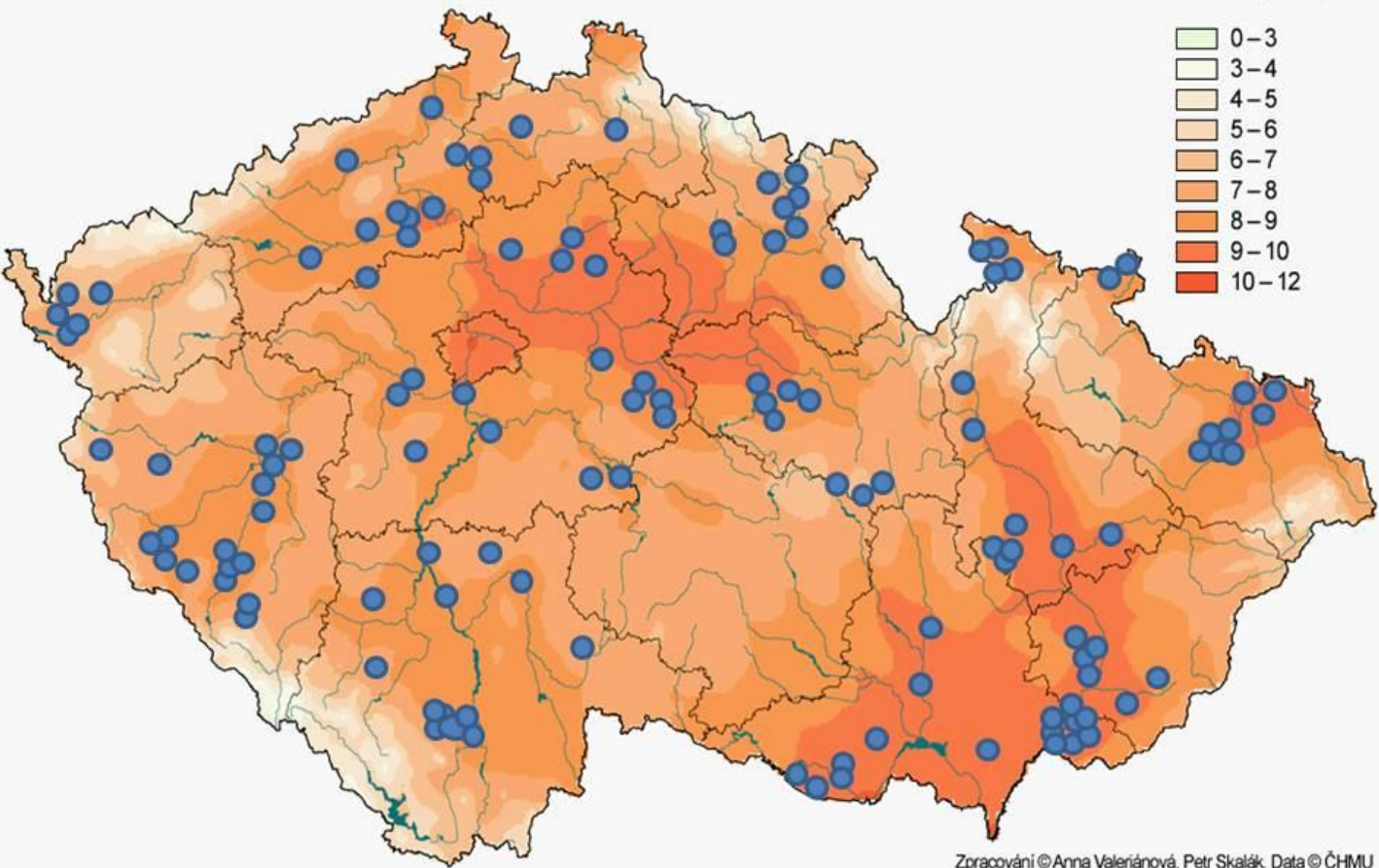
– výsledky spolupráce VÚRV a ÚKZÚZ (dříve SRS)

- V minulosti byl převládajícím původcem klasových fuzarióz na území ČR druh *F.culmorum*
- Podle studie provedené v roce 2009 bylo v ČR na pšenici nejčastěji se vyskytujícím druhem *F. graminearum* (Polišenská a kol., 2009) – uváděna souvislost s oteplováním
- Na základě výsledků vlastního výzkumu je možno konstatovat, že od roku 2012 je dominujícím původcem *F. poae*. Podobné údaje byly zjištěny i v zahraničí.



Výskyt klasových fuzarióz na území ČR vzhledem k průměrné roční teplotě a průměrnému ročnímu úhrnu srážek: nadlimitní vzorky (obsah deoxynivalenolu 1,25 mg/kg) zjištěné na základě náhodného monitoringu v ročnících 2004-2014

Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961 -1990 (°C)



Zpracování ©Anna Valeriánová, Petr Skalák. Data © ČHMU



Podíl vzorků překračujících limit maximálního obsahu DON

ročník	% vzorků s obsahem DON $\geq 1,25$ mg/kg	okresy
2010	6,6	Brno-venkov, České Budějovice, Hodonín, Kolín, Louny, Prostějov, Svitavy, Uherské Hradiště, Znojmo
2011	13,0	Bruntál, Frýdek-Místek, Cheb, Chrudim, Jeseník, Jindřichův Hradec, Kutná Hora, Náchod, Opava, Prostějov, Tachov, Uherské Hradiště, Znojmo
2012	3,8	Chrudim, Karviná, Opava, Ústí nad Orlicí
2013	10,3	Břeclav, Domažlice, Jeseník, Kutná Hora, Mladá Boleslav, Olomouc, Strakonice, Třebíč, Znojmo
2014	3,4	Bruntál, Jeseník, Jičín
2015	0,0	
2016	8,7	České Budějovice, Domažlice, Jeseník, Kladno, Kutná Hora, Příbram, Rychnov nad Kněžnou, Semily, Tachov
2017	2,0	Opava, Rychnov nad Kněžnou, Ústí nad Orlicí
2018	3,0	Domažlice, Opava, Znojmo
2019	6,8	Bruntál, Jeseník, Pardubice, Třebíč, Žďár nad Sázavou
průměr	5,8	

Zvýšené riziko infekce FHB ve vyšších polohách v souvislosti se změnami klimatu

Vzhledem k přísuškům v uplynulých letech se může zdát, že problematika klasových fuzarióz už není tak aktuální jako v minulosti.

- **Nízký úhrn srážek představuje limitující faktor.**
- **S rostoucími teplotami se však ohrožení může přesunout do vyšších oblastí.**
- **Lokální přívalové deště mohou přispět ke zvýšení vlhkosti v krajině, a tím i k vytvoření vhodných podmínek pro rozvoj napadení.**
- **Stále je tedy třeba sledovat odolnost odrůd k fuzarióze klasu a zvláště po bezorebném zpracování půdy nebo předplodině kukuřici volit odrůdy s vyšším stupněm odolnosti.**

Fuzariózy klasu - ochranná opatření

Jako účinný se jeví komplexní přístup ke kontrole této choroby.

- **Agrotechnická opatření**
 - kvalitní zapracování posklizňových zbytků do půdy
 - rozšíření osevních postupů úzce orientovaných na obilniny včetně kukuřice o další plodiny

Použití fungicidů – dodržovat dobu aplikace a dávku

BBCH 61-69

Volba vhodných odrůd – je nutné mít dostatek informací o rezistenci, ÚKZÚZ věnuje problematice fuzarióz u pšenice velkou pozornost

Rezistence k fuzarióze klasu

- Rezistence k fuzarióze klasu u pšenice je kvantitativní znak polygenně založený a ovlivněný prostředím.
- Studium rezistence na úrovni genomu je komplikováno polyploidním charakterem této plodiny i velikostí genomu pšenice.
- Rezistence je trvalá a nespecifická.
- Lze obtížně oddělit aktivní (fyziologickou) rezistenci od tzv. pasivní rezistence, která je založena na určitých morfologických znacích.
- Šlechtění na odolnost je složité, rezistentní odrůdy dosud nebyly vyšlechtěny.

Opakovaně bylo prokázáno, že rezistence je druhově (izolátově) nespecifická

Šíp et al. 2011:

Czech J. Genet. Plant Breed., 47, 2011 (4): 131–139

Table 4. Data on cultivar resistance to FHB based on five traits that were obtained after inoculation with four *Fusarium graminearum* (F.g.) isolates, mixture of F.g. isolates and isolate B of *Fusarium culmorum* (F.c.); means in columns followed by the same letter are not significantly different from each other (LSD test; $P < 0.05$)

Trait/cultivar	10M2	12M1	28M1	35M1 (F.g.)	Average of isolates	Mixture	B (F.c.)
DON content (mg/kg)							
Arina	27.9 ^a	14.1 ^a	16.2 ^a	13.1 ^a	17.8	18.6 ^a	27.7 ^a
Saskia	52.6 ^{ab}	25.5 ^{ab}	47.3 ^a	27.3 ^{ab}	38.2	40.1 ^b	43.2 ^a
Ebi	72.3 ^{bc}	33.8 ^{bc}	44.0 ^a	30.3 ^b	45.1	42.6 ^{bc}	79.7 ^b
Siria	92.8 ^c	50.0 ^c	101.9 ^b	58.7 ^c	75.9	57.8 ^c	153.1 ^c
Mean	61.4	30.9			44.3	39.7	75.9

Typy rezistence

U pšenice se rozlišuje 7 typů rezistence:
(Mesterházy 1995, 2002)

Typ I – rezistence k napadení

Typ II – rezistence k šíření patogena

Typ III – rezistence k infekci zrna

Typ IV – tolerance

Typ V – rezistence k akumulaci mykotoxinů

Typ V-1 – zahrnuje degradaci mykotoxinů – vázané
mykotoxiny(glykosidovaná forma)

Typ V-2 – brání tvorbě mykotoxinů

Typ VI – rezistence k pozdnímu poškození

Typ VII – rezistence k odumření klasu nad místem
infekce

Pasivní rezistence

Při napadení fuzariózou klasu hrají významnou roli i tzv. mechanismy pasivní rezistence (**výška rostliny**; **hustota klasu**; osinatost; typ kvetení – uzavřené/otevřené, uvolnění tyčinek; ranost), ale i **síla buněčné stěny**.

hustý klas



řidký klas



Příkladem odrůdy s dobrými mechanismy pasivní rezistence je odrůda pšenice ozimé Bohemia:

vysoká s pevným stéblem a s dlouhým řidším klasem



Pluchaté pšenice

špalda



řidký klas

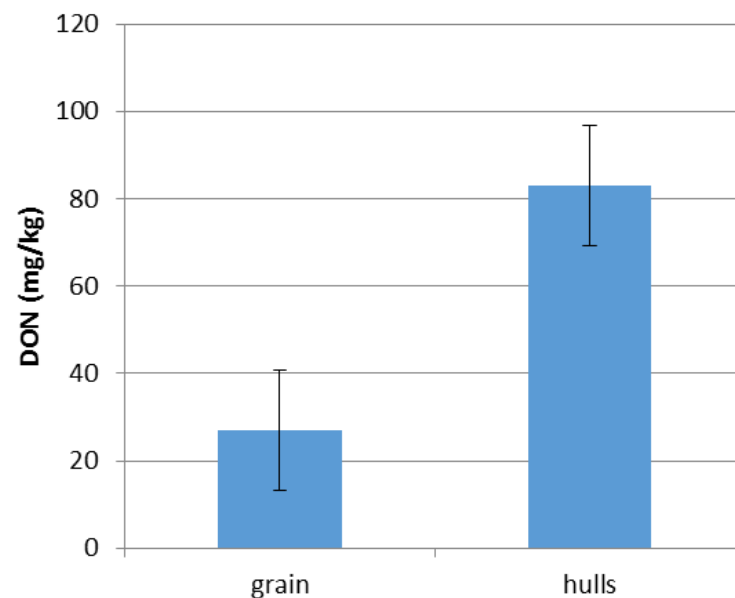
jednozrnka



dvouzrnka



Ochranná úloha obalů zrna (pluch)



U pšenice špaldy by I zjištěn cca 4násobný obsah
DON v obalech (pluchách)
– více násobný u odolnějších odrůd

Aktivní rezistence

- Fyzické bariéry - buněčná stěna a její modifikace
- Chemické obranné mechanismy, které jsou indukovány v reakci na vnější podněty

Infekční proces zahrnuje:

1. biotrofickou fázi, která nastává do 6 hodin po infekci
2. nekrotrofickou fázi (24 – 72 hod po infekci) – dochází k produkci:
 - trichothečenů
 - enzymů degradujících buněčnou stěnu (celulázy, pektinázy, proteázy, xylanázy a lipázy (Khaledi et al., 2017), proteolytické enzymy, hemicelulázy (Taheri et al., 2018)

Reakce rostliny na infekci FHB

Reakce rostliny

- Po rozpoznání patogena se spustí bazální obranné reakce hostitelských rostlin
- Dojde k aktivaci mechanismů rezistence:
 - produkce reaktivních druhů kyslíku (ROS)
 - produkce enzymatických a neenzymatických antioxidantů (Khaledi et al., 2016)
 - posilování buněčné stěny s metabolismem fenylpropanoidů (Ravensdale a kol., 2014) a ukládání kalózy (Ellinger a kol., 2014)
 - jsou pšenice s barevným zrnem odolnější k FHB?

Nárůst symptomů a obsahu DON v zrně pšenice po umělé infekci *F. culmorum*

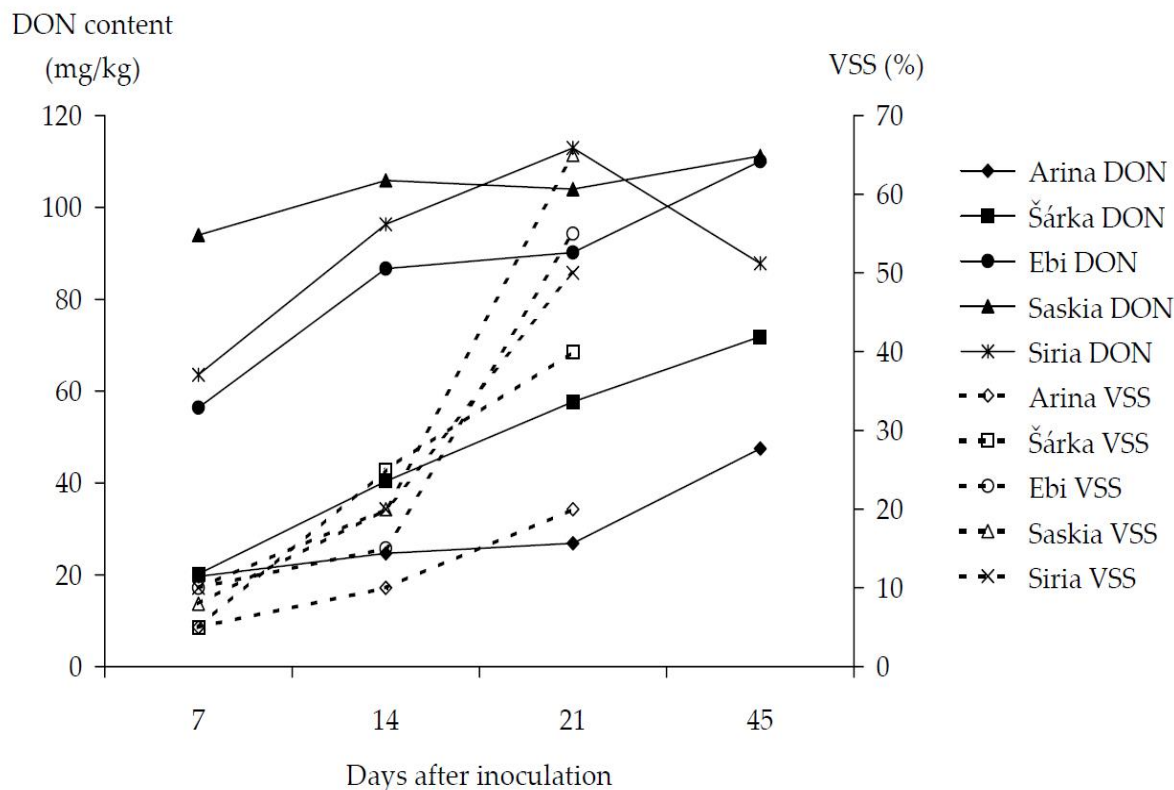


Figure 1. Average DON content in spikes of 5 winter wheat cultivars in 7, 14, 21 and 45 (maturity) days after inoculation with *Fusarium culmorum* and corresponding selected spikelets in the spikes (VSS)

Spolupráce s ÚKZÚZ při hodnocení rezistence pšenice k fuzarióze klasu (od roku 2004)

VÚRV, v.v.i.

- isolát B *F. culmorum* - postřik suspenzí spór

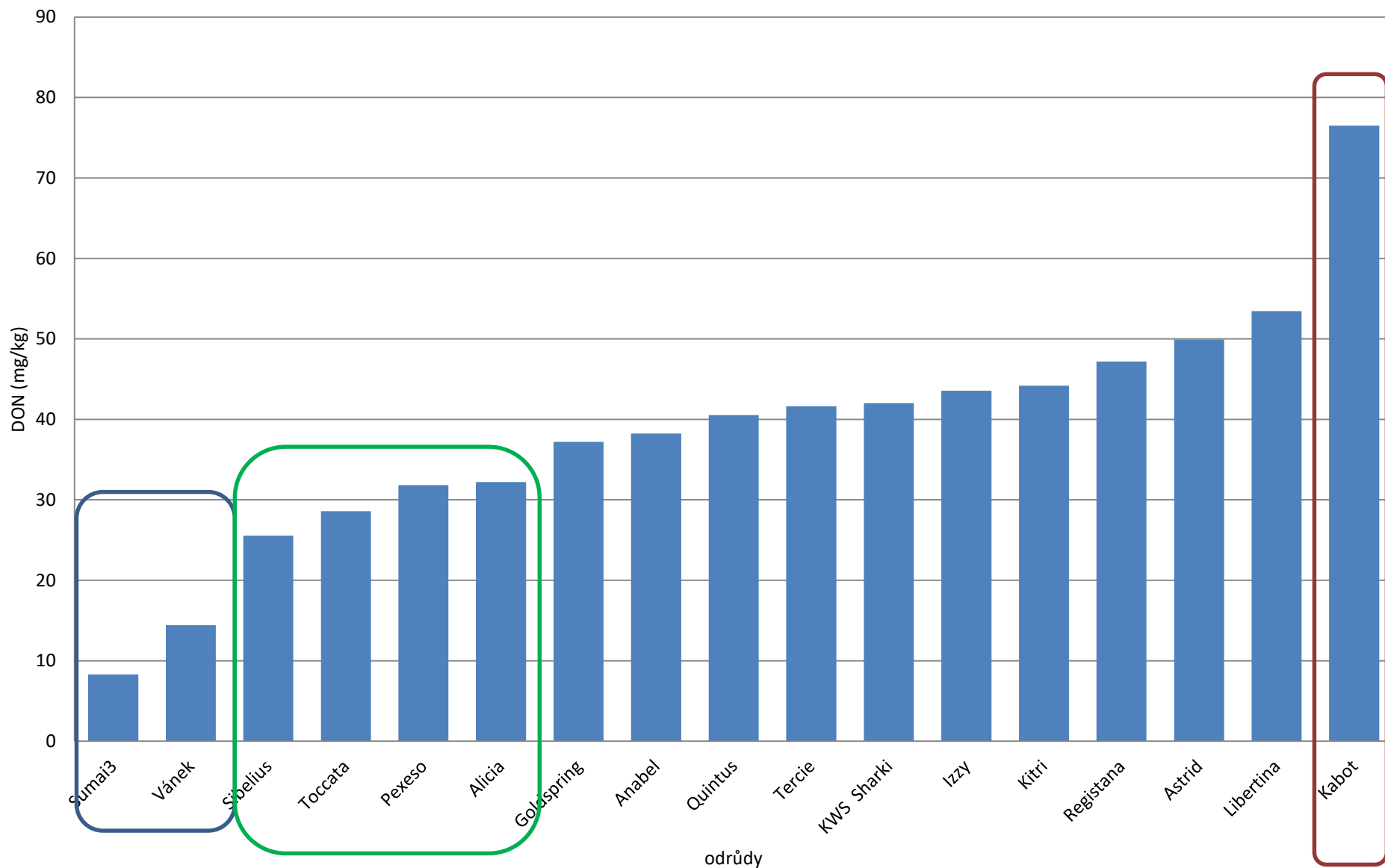
ÚKZÚZ

- přirozená infekce, po předplodině kukuřici, s definovaným množstvím kukuřičných zbytků, převažuje *F. graminearum*

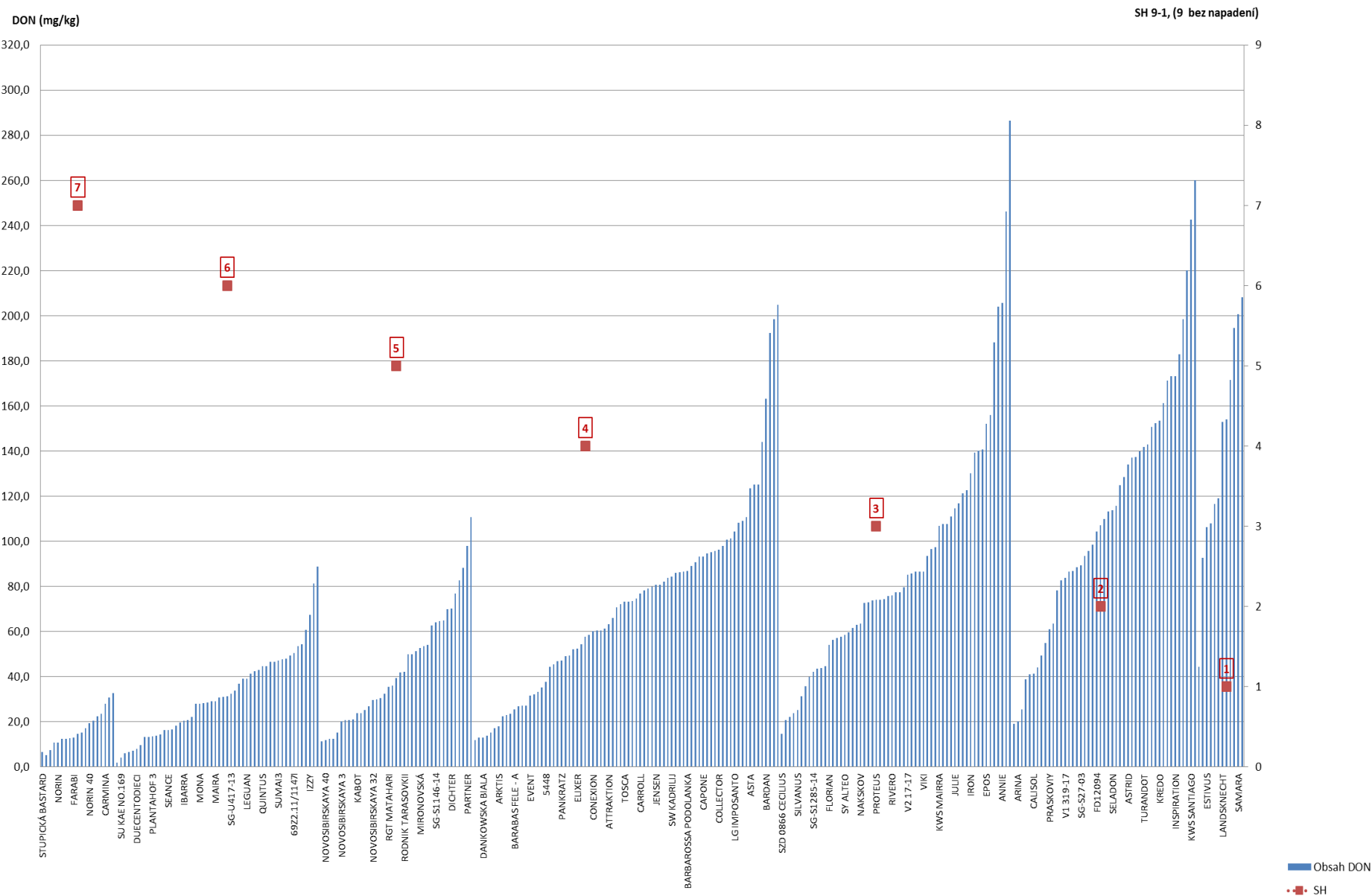


ÚKZÚZ nejlépe hodnocené odrůdy označuje jako méně náchylné.

Pšenice jarní – obsah DON v pokusech s umělou infekcí *F. culmorum* (2017-2019)



Hodnocení odolnosti odrůd pšenice 2019 – vztah symptomů a obsahu DON (9-1, 9 nenapadeno)



Poškození zrn po umělé infekci *F. culmorum* ve vztahu k obsahu DON – odrůda Arina s mírnou rezistencí k fuzarióze klasu



Wheat – cultivar: ARINA, testing resistance to FHB.

Copyright© Kamil Horak, 2018. All rights reserved.

Poškození zrn po umělé infekci *F. culmorum* ve vztahu k obsahu DON – náchylná odrůda Biscay.



Wheat – cultivar: BISCAY, testing resistance to FHB.

Copyright© Kamil Horak, 2018. All rights reserved.

Poškození zrn

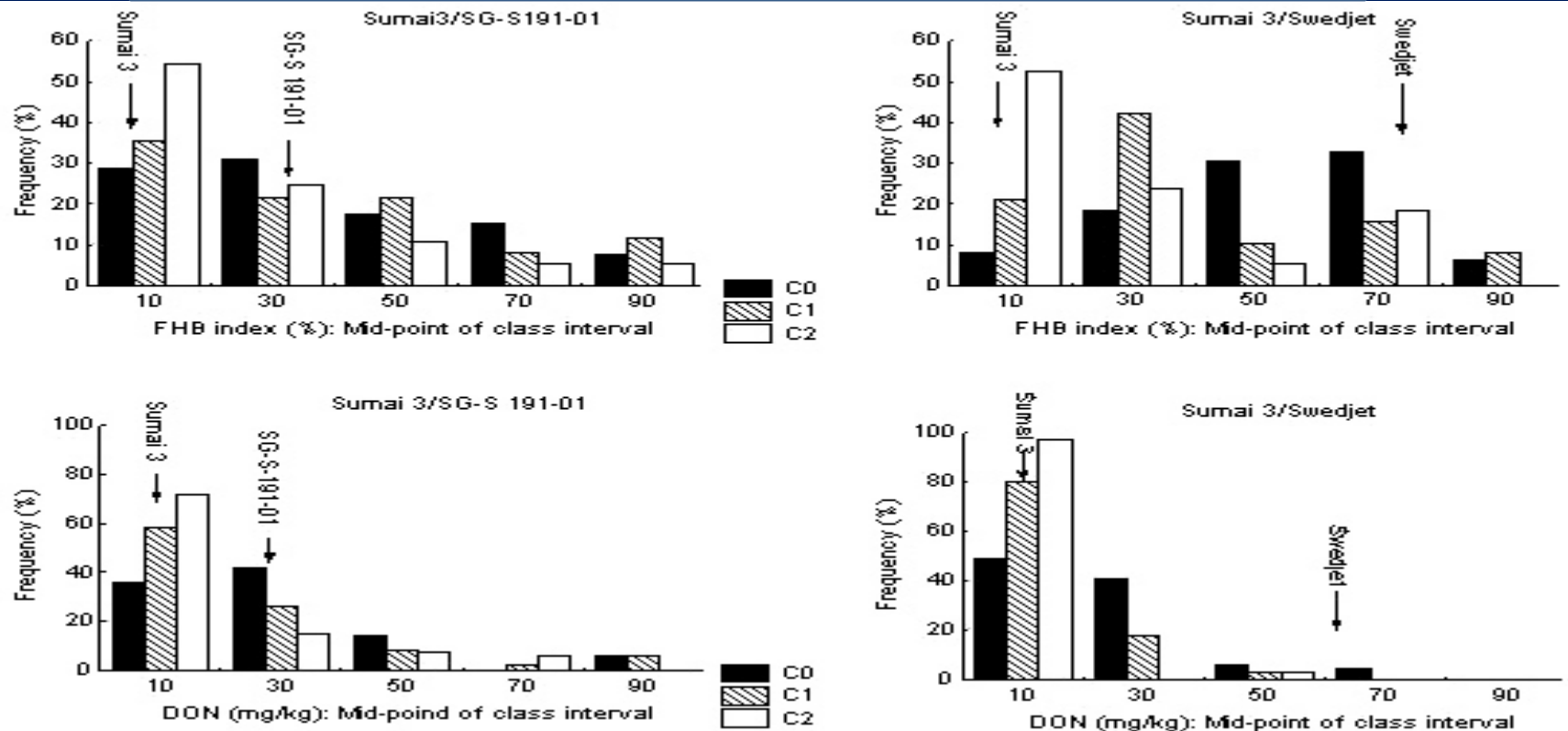
- Vizuální hodnocení zrn, mykologické rozbory
- K dispozici je vyšetření pomocí termokamery
- Možnost využití přístroje Marvin
- Využívají se již i bonitační třídičky zrna



Strategie ve šlechtění

1. Využití vysoce odolných, ale geneticky velmi odlišných zdrojů rezistence (**Sumai 3, Nobeoka Bozu aj.**) + možnost využití MAS

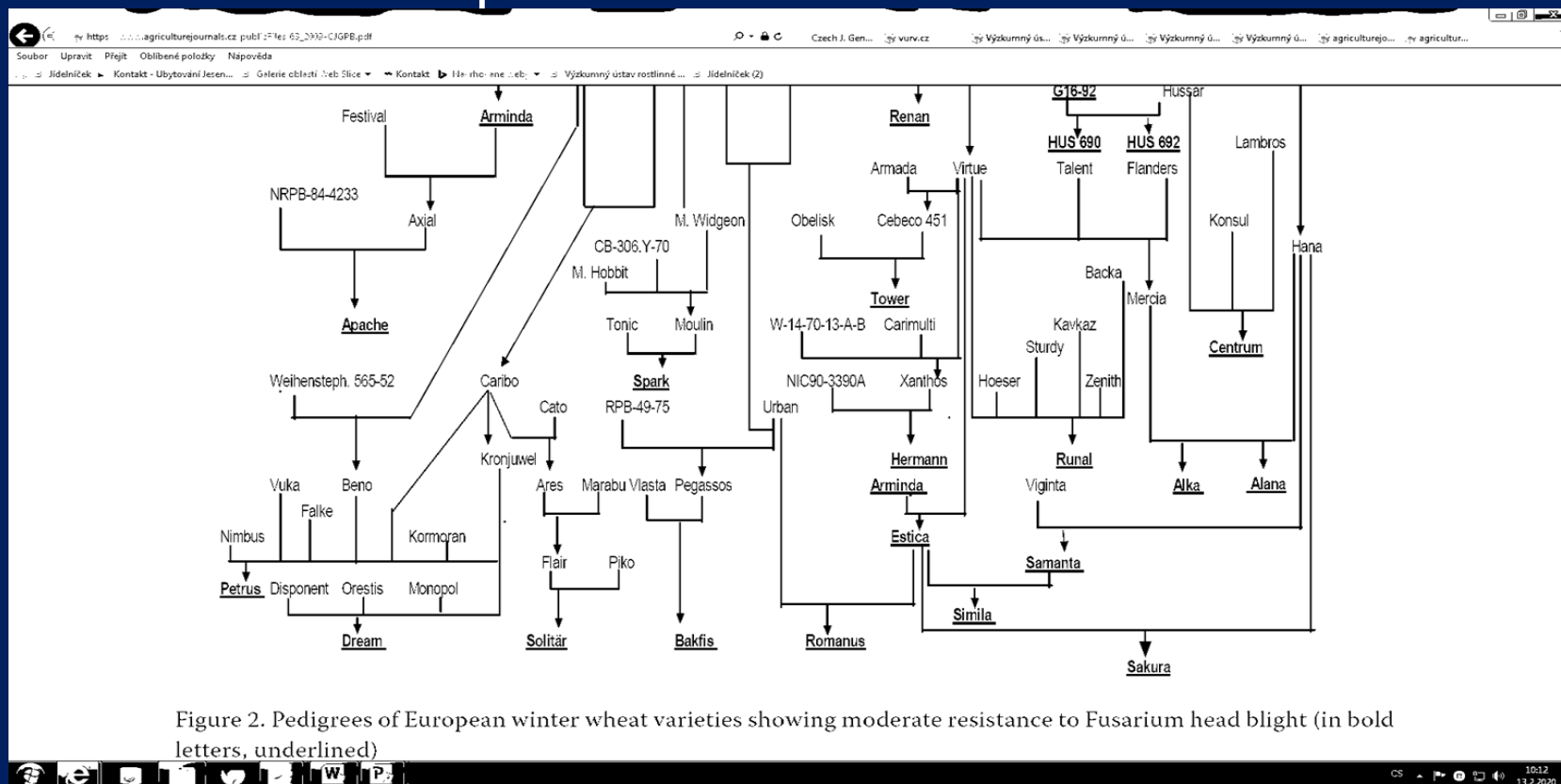
C0=no donor QTL; C1=QTL 3B allele; C2=3B and 5A QTL



Strategie ve šlechtění

2. Využití zdrojů mírné rezistence přizpůsobených místním podmínkám.

- tento přístup je v současné době převážně využíván v České republice



Závěry

Aktuálně

- Fuzariózy zůstávají významnou chorobou pšenice (obilnin), vzhledem ke změnám klimatu se ohrožené oblasti mění – posun do vyšších poloh?!?
- Byly vyvinuty metody hodnocení rezistence v polních pokusech s umělou infekcí, které umožňují zjistit rozdíly mezi odrůdami – nevýhodou je praconost a závislost na počasí

Další rozvoj

- Stále je aktuální hledání zdrojů rezistence
- Identifikace markerů asociovaných s lokusy ovlivňujícími odolnost k FHB
- Využití GMO?



Děkuji za pozornost