

Srovnání úrovně napadení odrůd ozimé pšenice patogenem *Tilletia controversa* způsobujícím zakrslou snětivost pšenice

(Comparison of the infection level of winter wheat varieties by the pathogen *Tilletia controversa* causing dwarf bunt of wheat)

Bleša Dominik, Matušinský Pavel, Tvarůžek Ludvík
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, Kroměříž

Souhrn: *Tilletia controversa* je karanténní patogen, který způsobuje zakrslou snětivost pšenice. Patogen představuje významné riziko pro produkci pšenice na celém světě. Práce se zaměřuje na srovnání úrovně napadení odrůd ozimé pšenice patogenem *T. controversa* na lokalitě s přirozeným výskytem sněti a v meziročním srovnání výskytu napadených klasů. Výsledky ukázaly, že počet infikovaných klasů se lišil v závislosti na odrůdě i v rámci ročníků. Nejvyšších hodnot napadení dosahovaly odrůdy Jubilar, Annie a Julie. Naopak nízké napadení bylo patrné u odrůd Genius, Bohemia a Rebell. Tyto výsledky poskytují cenné informace pro výzkum a ochranu rostlin proti tomuto patogenu, který může způsobit významné ekonomické ztráty v produkci pšenice.

Klíčová slova: *Tilletia controversa*, zakrslá snětivost pšenice, odrůdová odolnost, patogen

Abstract: *Tilletia controversa* is a quarantine pathogen that causes dwarf bunt of wheat. It is a significant threat to wheat production worldwide. This paper focuses on the comparison of the infection rate of winter wheat varieties by the pathogen *T. controversa* in a location with natural occurrence of dwarf bunt and in a year-to-year comparison of the incidence of infected ears. The results showed that the number of infected ears varied among varieties and within years. The varieties with the highest levels of infestation were Jubilar, Annie and Julie. On the other hand, low infestations were observed in the varieties Genius, Bohemia and Rebell. These results provide valuable information for research and control of this pathogen, which can cause significant economic losses in wheat crops.

Key Words: *Tilletia controversa*, dwarf bunt of wheat, varietal resistance, pathogen

Úvod

Zakrslá snětivost pšenice je choroba pšenice způsobená původcem *Tilletia controversa* Kühn, která se řadí mezi stopkovýtrusé houby. Jedná se o chorobu přenášenou půdou a osivem, která může vést k významným kvalitativním a kvantitativním ztrátám v porostech pšenice. Tento patogen je v mnoha zemích předmětem karanténního zájmu kvůli svému devastujícímu dopadu na produkci pšenice (Mathre 1996). *T. controversa* má široké hostitelské spektrum, ale napadá především rostliny rodu *Triticum*, ale i ječmen a žito. Dosud je známo, že může být napadeno více než 70 druhů rostlin v 18 rodech z čeledi Gramineae (Hardison et al. 1959; Xu et al. 2021b).

Rod *Tilletia* je zahrnuje z mnoho druhů, které souhrnně označujeme jako původce sněti. Mezi nejvýznamnější z fytopatologického hlediska u pšenice v našich podmínkách řadíme fylogeneticky příbuzné *T. controversa*, *T. caries*, a *T. laevis* (Váňová et al. 2006; Nguyen et al. 2019). Morfologicky se jednotlivé druhy rodu *Tilletia* určují na základě tvaru teliospor, což může být

náročné, protože jednotlivé znaky se často překrývají. Pro detekci a identifikaci patogenu se v současnosti používají molekulární metody (Pieczul et al. 2018; Sedaghatjoo et al. 2021), ale i další pokročilé metody, například spektrometrie (Forster et al. 2022).

Mezi příznaky napadení *T. controversa*, původce zakrslosti pšenice, patří výrazné snížení výšky infikovaných klasů v porovnání se zdravým porostem. Infekce může také vést k abnormálnímu růstu pletiv a buněk pšenice, jako je poškození chloroplastů, deformace a neuspořádané rozložení buněk mezofylu (Xu et al. 2021a). Dochází také k abnormálnímu vývoji klasu, který zůstává déle zelený, plevy jsou otevřené a odhalují v nich obsažené hálky (Gao et al. 2023; Obrázek 1).

Životní cyklus a průběh napadení patogenem *T. controversa* začínají v půdě. Teliospory ve vlhkém prostředí klíčí a vytvářejí bazidiospory, nazývané také primární sporidium. Rozlišují se dva typy výtrusů. Filiformní bazidiospory se uprostřed spojují s bazidiosporou druhého párovacího typu, takže vznikají struktury ve tvaru písmene H. Ty mohou klíčit přímo nebo vytvářet sekundární sporidie. Tyto sporidie infikují rostliny pšenice ještě před vzejitím a houby prorůstají dovnitř rostlin až k růstovému vrcholu. Hyfy houby rostou mezi rostlinnými buňkami, a nakonec prorůstají dovnitř zrn a celé zrno se promění v hálku plnou teliospor. Po dozrání hálky praskají a uvolňují do okolí teliospory, které jsou typické rybím zápachem. Kontaminace těmito sporama znehodnocuje produkci a produkty z tohoto zrna vyrobené. Primárním zdrojem infekce jsou teliospory v půdě na stanovišti, které zde mohou přežívat až 10 let, také se mohou šířit na zrno a kontaminovat nezamořenou půdu. Mezi podmínky prostředí, které podporují šíření tohoto patogenu



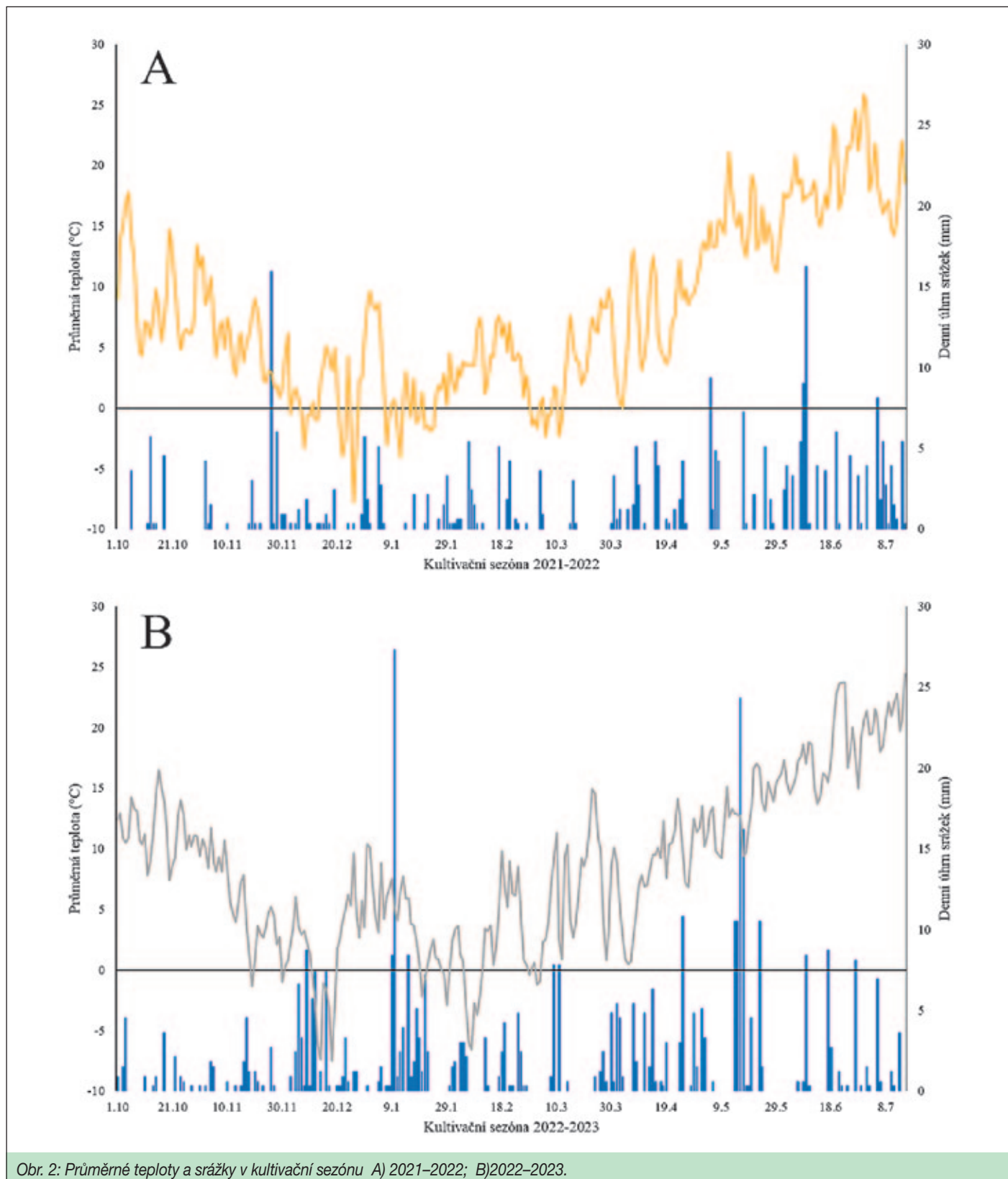
Obr. 1: Napadený klas pšenice patogenem *Tilletia controversa* s uvolňujícími se teliosporami

a napadení rostlin patří trvalá a vysoká sněhová pokrývka ještě před zamrznutím půdy. Optimální teplota pro klíčení spor je 3-8 °C a klíčení trvá tři až deset týdnů, rovněž významnou roli při klíčení hraje světlo. Rostliny jsou nejnáchylnější ve stádiu dvou až tří listů (Muhae-Ud-Din et al 2020a).

Mezi nejúčinnější metody kontroly *T. controversa* v produkci pšenice patří používání rezistentních odrůd pšenice (Muhae-Ud-

Din et al 2020a; Chen et al. 2021). Výzkum se zaměřuje na genetickou charakterizaci a celogenomové asoiační mapování rezistence k sněti u odrůd potravinářské pšenice. Díky tomu byly získány cenné poznatky o genetickém základu rezistence (Gordon et al., 2020; Ehn et al., 2022).

Účinným nástrojem ochrany proti výskytu patogenu je používání fungicidů. Je však důležité je používat v kombinaci s dalšími



agrotechnickými postupy, aby se zabránilo vzniku rezistence. Důležitou součástí je i používání čistého certifikovaného osiva. Také střídání plodin může pomoci snížit výskyt *T. controversa* na polích s pšenicí. Střídání pšenice s nehostitelskými plodinami může pomoci přerušit cyklus patogenu a snížit množství inokula v půdě. Také agrotechnické postupy, jako je hluboká orba a včasné setí ozimů, hrají významný vliv v redukci výskytu a stupně napadení rostlin. Výzkum také ukázal, že některé induktory obrany rostlin, jako je methyljasmonát a kyselina salicylová, přispívají k regulaci *T. controversa*. Tyto sloučeniny mohou aktivovat obranné mechanismy rostliny proti patogenu (Muhae-Ud-Din et al 2020b). Vliv na výskyt choroby má i celkový stav mikrobiomu, avšak interakce mikrobiomu s patogenem nejsou dosud dostatečně prozkoumány. Analýza transkriptomu napadených klasů však může přinést cenné informace o těchto mechanismech rezistence (Ren et al. 2023; Xu et al. 2021b). Pokud jsou tyto postupy nedostatečné, je třeba přistoupit ke karanténním opatřením.

Tato práce se zaměřuje na testování odezvy vybraných odrůd ozimé pšenice na lokalitě s přirozeným výskytem sněti *T. controversa* a v meziročním srovnání výskytu napadených klasů.

Materiál a metody

Reakce odrůd ozimé pšenice byla hodnocena na lokalitě v Hostýnských vrších v nadmořské výšce 430 m n. m., s průměrnou teplotou 8,2 °C během dvou kultivačních sezón (1. 10. – 15. 7.). Meteorologická data pocházejí ze stanice v Zašové, vzdálené 15 km od lokality (dostupné na adrese <http://pocasi.zasova.info/>; Obrázek 2).

Lokalita se vyznačuje přirozeným výskytem patogenu *T. controversa* (Váňová et al. 2006). Samotný experiment probíhal na parcelách o rozměru 10 m², které byly před zasetím mělce zorány a podiskovány. Setí neošetřeného osiva odrůd proběhlo první týden v říjnu a hodnocení napadení první týden v červenci po všechny roky experimentu. Pro stanovení napadených klasů byly rostliny vizuálně kontrolovány, zda obsahují háčky se spory patogenu a bylo vypočteno procento výskytu patogenu vzhledem k celkovému počtu klasů na parcele. Spory byly také pozorovány ve světelném poli optického mikroskopu. Ve sklizňovém roce 2022 a 2023 bylo ponecháno stejné schéma 15 odrůd, aby mohlo být provedeno srovnání ročníků.

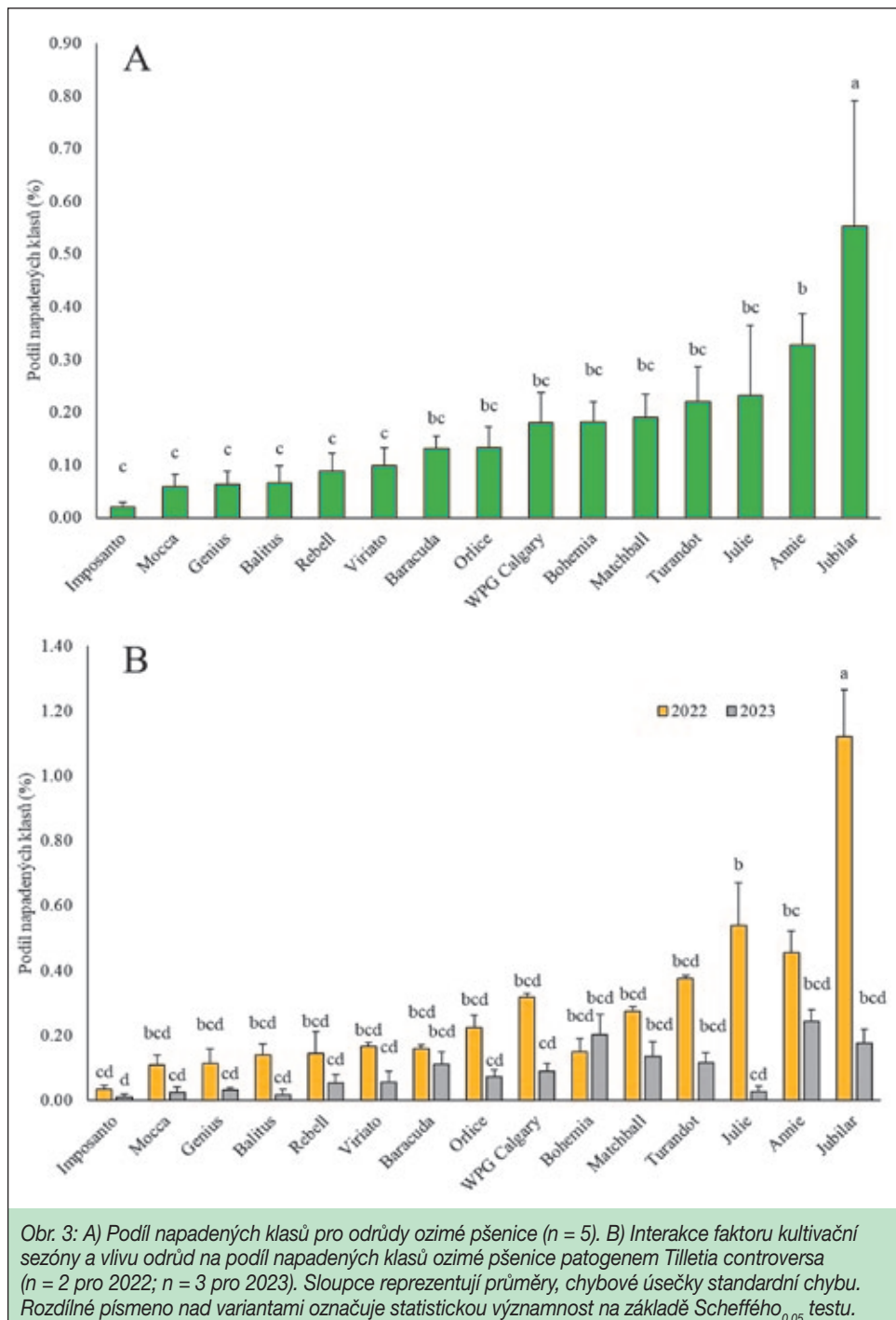
Statistická analýza byla provedena v programu Statistica 14 (TIBCO Software Inc., Palo Alto, USA). Data byla podrobena faktoriální analýze variance (ANOVA). Statistická významnost byla hodnocena pomocí

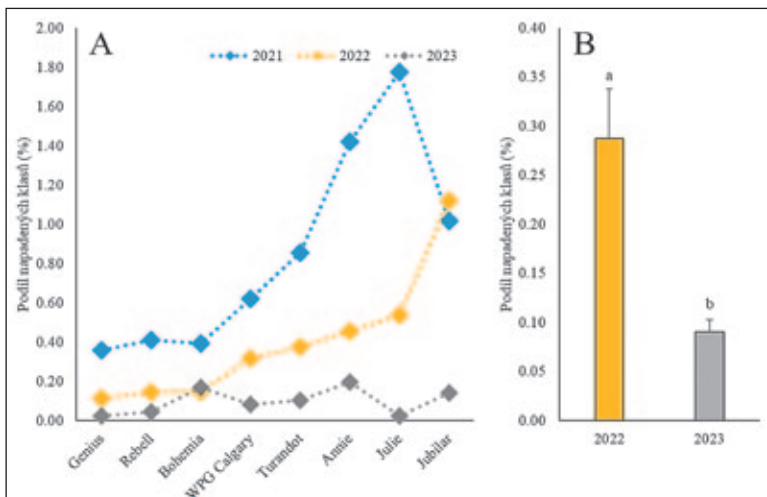
Scheffého post-hoc testu. Před analýzou variance byly testovány předpoklady parametrických testů pomocí Bartlettova, Cochranova, Hartleyova testů a Shapiro-Wilkova testu. Data byla transformována arcsinovou transformací. Data jsou prezentována ve formátu aritmetický průměr ± standardní chyba.

Výsledky

Počet infikovaných klasů se v roce 2021 lišil v závislosti na odrůdě i hustotě rostlin na parcelách. Nejvyšších hodnot napadení dosahovaly odrůdy Jubilar, Annie a Julie. Naopak nízké napadení bylo patrné u odrůd Genius, Bohemia a Rebell.

Hodnocení výskytu infikovaných klasů na stanovišti v Kateřiněch bylo statisticky hodnoceno až ve sklizňových letech 2022 a 2023. Počet infikovaných klasů se významně lišil pro





Obr. 4: A) Srovnání podílu napadených klasů pro vybrané odrůdy ozimé pšenice ve sklízňových sezónách 2021, 2022 a 2023. B) Vliv kultivační sezóny na podíl napadených klasů ozimé pšenice patogenem *Tilletia controversa* ($n = 30$ pro 2022; $n = 45$ pro 2023). Sloupce reprezentují průměry, chybové úsečky standardní chybu. Rozdílné písmeno nad variantami označuje statistickou významnost na základě Scheffého_{0,05} testu.

jednotlivé odrůdy ozimé pšenice ($F = 25,14$; $p < 0,001$; Obrázek 3A). Nejvyššího stupně napadení dosahovaly odrůdy Jubilar a Annie, ty byly průkazně více napadené než odrůdy Imposanto, Mocca, Genius, Balitus, Rebell a Viriato.

Vliv ročníku na počet napadených klasů byl rovněž statisticky průkazný ($F = 152,60$; $p < 0,001$; Obrázek 4B). Z výsledků napadení je zřejmé, že významně více napadených klasů bylo v roce 2022. Tyto výsledky lze ilustrovat srovnáním vybraných odrůd po tři roky experimentu (Obrázek 4A).

Na počet napadených klasů měla vliv i interakce faktorů sezóny a odrůdy ($F = 15,60$; $p < 0,001$; Obrázek 3B). V roce 2022 byl patrný vliv sezóny na varianty Julie a Jubilar, které vykazovaly zvýšené hodnoty napadení.

Diskuze

Výskyt patogenu *T. controversa* byl po dobu experimentu relativně nízký, neproběhla epizoda epidemiologicky závažného vypuknutí choroby, přesto bylo možné kontinuální srovnání mezi odrůdami. Význam těchto hodnocení je však zřejmý, existují významné rozdíly mezi odrůdami pšenice a ve vlivu kultivačního ročníku. Rozdíl v napadených klasech mezi lety může být ovlivněn také hustotou porostu, škůdci a podmínkami prostředí, převážně v průběhu klíčení spor a rostlin. Významnou roli hraje sněhová pokrývka, která umožňuje lepší proces napadení rostlin (Obrázek 5). Při vizuálním srovnání množství sněhu v posledních třech letech, data odpovídají tomuto předpokladu jen při srovnání let 2021 a 2022. Roli při infekci budou mít i jiné faktory, například zásoba spor v půdě a příprava půdy. V porovnání ročníků je třeba zmínit i výrazný rozdíl v množství a distribuci srážek na lokalitě (Obrázek 2), nelze vyloučit vliv stresového působení nedostatku vláhy zejména v roce 2022, což může mít vliv na celkový stav porostů, rovněž lze diskutovat rozdílnou náchylnost k tomuto stresu mezi odrůdami.

Mezi nejvíce napadené odrůdy patřily Jubilar, Annie a Julie, při agrotechnických doporučeních je však třeba pamatovat, že míra napadení rostlin nebyla vysoká a jednalo se o přirozený výskyt spor, který rovněž nemusí být homogenní

na stanovišti, což je naznačeno i vyšší variabilitou ve výsledcích.

Přestože současná studie poskytla cenné poznatky o výskytu napadených klasů u odrůd ozimé pšenice, lze prozkoumat několik možností budoucího výzkumu, aby se zlepšilo naše chápání faktorů ovlivňujících infekci pšenice. Hlavním tématem jsou genetické mechanismy rezistence a výzkum identifikace a detekce genů odolnosti a mechanismů rezistence, vliv prostředí na průběh infekce a zdravotní stav rostlin. Důležité je také využívání dlouhodobého monitoringu populací patogenu, celkové mikrobiální ekologie v klasech a analýza klimatických jevů, který umožní z dat získat obecné vzorce pro kontrolu výskytu patogenu. Z hlediska eliminace výskytu patogenu by se měl výzkum zaměřovat také na optimalizaci agrotechnických přístupů, výzkum účinných látek mořidel, tvorbu epidemiologických modelů, a v neposlední řadě funkci půdního mikrobiomu pro odolnost pšenice vůči infekcím.

Řešením těchto směrů výzkumu můžeme dále prohloubit znalosti o infekcích ozimé pšenice a vyvinout cílené strategie pro udržitelný a účinný management chorob v zemědělských systémech.

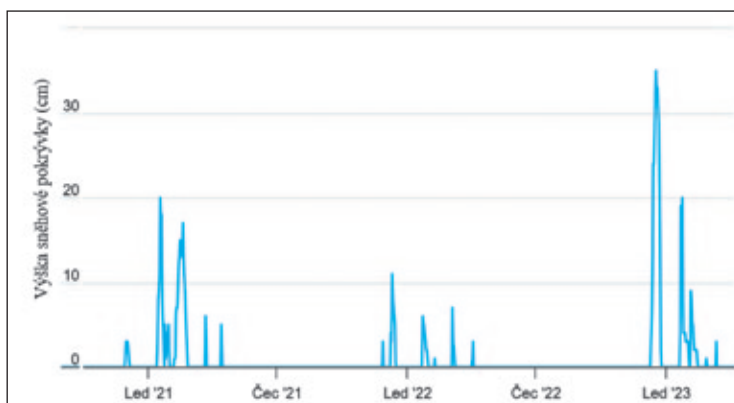
Poděkování:

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO1123 a projektů QK1910041 a QL24010008. Poděkování patří také všem, kdo se podíleli na technickém zajištění experimentů: Miloslavě Láníkové, Ivaně Svačinové, Jitce Podešvové, Olze Kociánové, Miroslavě Skácelové, Františku Štětinovi a Marku Šestákovi.

/Recenzováno/

Použitá literatura:

- Chen, D., Muhae-Ud-Din, G., Liu, T., Chen, W., Liu, C., & Gao, L. (2021). Wheat Varietal Response to *Tilletia controversa* J. G. Kühn Using qRT-PCR and Laser Confocal Microscopy. *Genes (Basel)*, 12(3), 425. doi: 10.3390/genes12030425
- Ehn, M., Michel, S., Morales, L., Gordon, T., Dallinger, H. G., & Buerstmayr, H. (2022). Genome-wide association mapping identifies common bunt (*Tilletia caries*) resistance loci in bread wheat (*Triticum aestivum*) accessions of the USDA National Small Grains Collection. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(9), 3103-3115.



Obr. 5: Výška sněhové pokrývky v lokalitě Zašová v posledních třech letech. Autor grafu <http://pocasi.zasova.info/>; upraveno

Forster, M. K., Sedaghatjoo, S., Maier, W., Killermann, B., & Niessen, L. (2022). Discrimination of *Tilletia controversa* from the *T. caries*/*T. laevis* complex by MALDI-TOF MS analysis of teliospores. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(3), 1257-1278.

Gao, L., Fang, M., Chen, D., He, T., Jia, H., Yang, Y., ... & Chen, W. (2023). *Tilletia laevis* Kühn and *Tilletia controversa* Kühn reprogrammed the development of wheat anther. *Authorea Preprints*.

Gordon, T., Wang, R., Hole, D., Bockelman, H., Michael Bonman, J., & Chen, J. (2020). Genetic characterization and genome-wide association mapping for dwarf bunt resistance in bread wheat accessions from the USDA National Small Grains Collection. *Theoretical and Applied Genetics*, 133, 1069-1080.

Hardison, J. R., Meiners, J. P., Hoffmann, J. A., & Waldher, J. T. (1959). Susceptibility of Gramineae to *Tilletia controversa*. *Mycologia*, 51(5), 656-664. DOI: 10.1080/00275514.1959.12024849.

Mathre, D. E. (1996). DWARF BUNT: politics, identification, and biology. *Annu Review of Phytopathology*, 34, 67-85. doi: 10.1146/annurev.phyto.34.1.67

Muhae-Ud-Din, G., Chen, D., Liu, T., et al. (2020). Characterization of the wheat cultivars against *Tilletia controversa* Kühn, causal agent of wheat dwarf bunt. *Scientific Reports*, 10, 9029. doi: 10.1038/s41598-020-65748-w

Muhae-Ud-Din, G., Chen, D., Liu, T., et al. (2020). Methyljasmonate and salicylic acid contribute to the control of *Tilletia controversa* Kühn, causal agent of wheat dwarf bunt. *Scientific Reports*, 10, 19175. doi: 10.1038/s41598-020-76210-2

Nguyen, H. D., Sultana, T., Kesanakurti, P., & Hambleton, S. (2019). Genome sequencing and comparison of five *Tilletia*

species to identify candidate genes for the detection of regulated species infecting wheat. *IMA fungus*, 10(1), 1-17.

Pieczul, K., Perek, A., & Kubiak, K. (2018). Detection of *Tilletia caries*, *Tilletia laevis* and *Tilletia controversa* wheat grain contamination using loop-mediated isothermal DNA amplification (LAMP). *Journal of Microbiological Methods*, 154, 141-146.

Ren, Z., Chen, A. J., Zong, Q., Du, Z., Guo, Q., Liu, T., ... & Gao, L. (2023). Microbiome Signature of Endophytes in Wheat Seed Response to Wheat Dwarf Bunt Caused by *Tilletia controversa* Kühn. *Microbiology Spectrum*, 11(1), e00390-22.

Sedaghatjoo, S., Forster, M. K., Niessen, L., Karlovsky, P., Killermann, B., & Maier, W. (2021). Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for the detection of *Tilletia controversa* based on genome comparison. *Scientific Reports*, 11(1), 11611.

Váňová, M., Matušinský, P., & Benada, J. (2006). Survey of incidence of bunts (*Tilletia caries* and *Tilletia controversa*) in the Czech Republic and susceptibility of winter wheat cultivars. *Plant Protection Science*, 42(1), 21.

Xu, T., Jiang, W., Qin, D., Liu, T., Zhang, J., Chen, W., & Gao, L. (2021). Characterization of the microbial communities in wheat tissues and rhizosphere soil caused by dwarf bunt of wheat. *Scientific Reports*, 11(1), 5773. doi: 10.1038/s41598-021-85281-8

Xu, T., Qin, D., Muhae Ud Din, G., Liu, T., Chen, W., & Gao, L. (2021). Characterization of histological changes at the tillering stage (Z21) in resistant and susceptible wheat plants infected by *Tilletia controversa* Kühn. *BMC Plant Biology*, 21(1), 49. doi: 10.1186/s12870-020-02819-0

ORCANE[®]

**Nejúčinnější herbicid
bez omezení**

**=
jednoduchá
evidence**

**OPVZ + SVARY
BEZ OMEZENÍ**

**Aplikace ve všech OP II,
na svazích, bez omezení
pro následné plodiny, atd...**

IDEÁLNÍ pro jarní ochranu ozimé
a jarní pšenice, žita a triticales proti
chundelce metlici, dalším trávovitým
a dvouděložným plevelům

CORTEVA
agriscience

Info: 602 523 607

