

Predikce výskytu klasových fuzárií na základě sledování tvorby infekčních struktur patogena na kukuřičných posklizňových zbytcích

(Prediction of *Fusarium head blight* occurrence based on the assessment of pathogen infection structures on maize post-harvest residues)

Tvarůžek Ludvík, Hambálková Markéta, Matušinsky Pavel,
Blažková Kateřina, Bleša Dominik, Lecianová Eva
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787, Kroměříž

Souhrn: V letech 2019–2021 byla hodnocena přítomnost perithecií, jejich četnost a tvorba askospor na posklizňových zbytcích kukuřice. Rostlinný materiál byl sbírán z povrchu půdy s obilninami po předplodině kukuřici na konci měsíce května. Potvrdili jsme, že k hlavnímu šíření askospor došlo v různých letech v podobném termínu - na počátku měsíce června. Byly zjištěny rozdíly v četnosti výskytu perithecií na posklizňových zbytcích a ve stavu dozrávání askospor. Epidemický rok 2020 byl rokem, kdy kvetení porostů pšenice překrylo období hlavního šíření askospor provázeného deštivým počasím. Je diskutována vhodnost metody pro rychlou predikci stavu zdroje epidemie.

Klíčová slova: pšenice ozimá, fuzariozy klasů, epidemie, šíření infekce, posklizňové zbytky kukuřice, perithecia, askospory, počasí

Abstract: The occurrence of perithecia, their frequency and ascospores production was evaluated on maize post harvest residues during 2019–2021. Dead parts of maize plant tissues from soil surface were collected in different fields sown with winter wheat after maize as a preceding crop. We confirmed that the crucial ascospores distribution period occurred in different seasons in similar period - the start of June. The differences in perithecia occurrence frequency and the ripening of ascospores were found. The epidemic season 2020 was a year when the flowering period of winter wheat overlapped with the main period of ascospores distribution accompanied with rainy weather. Suitability of this method for quick prediction of the state of source of epidemic is discussed.

The average period of the variety use within the project was 5 years. The influence of the weather in different years is discussed.

Key Words: winter wheat, *Fusarium head blight*, epidemic, infection distribution, maize crop residues, perithecia, ascospores, weather

Úvod

Fuzária se svou škodlivostí a širokou škálou možných infekcí se udržují dlouhodobě mezi významnými rizikovými faktory pěstování obilnin. V raných fázích růstu a vývoje způsobují hynutí klíčících rostlin, a tím snížení počtu rostlin na jednotku plochy. Jsou významnou součástí komplexu chorob pat stébel, kde společně s původci stéblolamu a plísně sněžné poškozují mladé odnože. Jako patogen pozdního období vývoje rostlin jsou součástí komplexu chorob listů. Nejvýznamnější souvislosti však má napadení klasů a poškození vyvíjejících se obilek. Fuzária jsou významnými producenty mykotoxinů, v našich podmínkách a u pšenice jsou nejrozšířenějšími trichotheceenový deoxynivalenol (DON) a estrogen zearalenon (ZEA), pro které jsou stanoveny legislativní limity pro jejich maximální obsah.

Napadení klasů obilnin mohou být způsobena několika různými druhy rodu *Fusarium*, nejčastějšími jsou z celosvětového pohledu tři následující:

Fusarium graminearum Schwabe (Teleomorph. *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch)

Fusarium culmorum (Wm. G. Sm.) Sacc.

Fusarium avenaceum (Fr.:Fr.) Sacc. (Teleomorph. *Gibberella avenacea* Cook)

Rozhodujícím pro vznik infekce je krátké vývojové období, ve kterém jsou klasy obilnin citlivé k napadení fuzárií (od květu po voskovou zralost zrna). Fáze kvetení je obdobím, kdy dochází k pronikání infekčních vláken do pletiv. Primární infekce může nastat jak askosporami, tak makrokonidii, které dopadly na plevy klásků. Askospory, které se uchytily na doposud nekvetoucí klasy, jejichž prašníky se ještě neobjevily, mohou po dobu několika dnů zůstat životaschopné a později pronikat do prašníků. Konidie však mohou pronikat plevami i přímo, ale jejich životnost je kratší (Ireta, M. J., 1986).

Způsoby šíření zárodků fuzárií se věnují odborné práce již od počátku minulého století. Studium faktorů a procesů, které pohyb biota (souboru všech prvků flóry i fauny v daném prostředí) v atmosféře ovlivňují, se zabývá odborná disciplína tzv. aerobiologie, zahrnující studium uvolnění infekčních zárodků ze zdroje inokula, horizontální transport a přenos následovaný jejich depozicí na hostitelskou rostlinu (Isard a Gage, 2001). Řada rostlinných patogenů včetně původců fuzarióz se adaptovalo k pohybu na dlouhé vzdálenosti v atmosféře, čímž z pohledu evolučního dokázala proniknout do nových oblastí, využít nových hostitelských zdrojů a realizovat také přenos genů mezi populacemi (Rabb, 1985).

Hlavním zdrojem inokula jsou infikované posklizňové zbytky obilniny a kukuřice, ležící na povrchu půdy. V těchto odumřelých pletivech se formují hyploidní mycelia, která prorůstají příčně cévním systémem. Plodnice, které obsahují pohlavní spory se nazývají perithecia. Perithecia se dostávají na povrch starých posklizňových zbytků stomatálními otvory jako tmavé až černé kuličkovité útvary (viz. foto), (Guenther a Trail, 2005). Tyto rostlinné zbytky, které leží v povrchových částech ornice jedno nebo i dvě zimní období (Pereyra a kol., 2004) se plodnicemi - perithecií pokrývají v pozdním jarním období. Pro jejich dozrávání je nutná přítomnost světla, proto se formují na zbytcích kukuřičné slámy, ležících na povrchu půdy. Schopnost vytvářet plodnice na daném rostlinném zbytku trvá u fuzárií jeden i více roků podle toho, jak rychle se zbytky v daném půdním prostředí rozloží.

Z posklizňových zbytků se z plodnic uvolňují rovněž makrokonidie, které pomocí deště a větru způsobují přenos infekce do klasů, především na kratší vzdálenosti. Na infikovaných klasech, listových pochvách a stéblech se mohou v omezené míře rovněž v pozdějších fázích vývoje zrna vytvářet další makrokonidie, které slouží jako sekundární inokulum ještě v průběhu dozrávání. Slouží také k šíření infekce na další hostitelské druhy rostlin. V delším časovém intervalu dozrávají v peritheciích i askospory, které jsou při vysoké vlhkosti vzduchu přenašeny větrem na větší vzdálenosti.

Tvorba perithecií nastává v rozmezí teplot 16–31 °C a uvolňování askospor mezi 13–30 °C s optimem 25–28 °C. V peritheciích se tvoří askospory přibližně po dobu 10 dnů.

Uvolňování askospor z perithecií má jednu z nejvyšších akcelerací zaznamenaných v biologických systémech (Trail a kol., 2005). Vřecka uvnitř perithecií fungují jako kanóny, které vystřelují askospory na relativně velké vzdálenosti. Následný přenos askospor fuzárií vzdušnými proudy v atmosféře dosahuje značné vzdálenosti a je zodpovědný za uchycení infekce i na polích vzdálených od jejího zdroje mnoho kilometrů, to znamená, že stejné ohrožení platí jak pro porosty založené po kukuřicích, tak i na sousedních pozemcích, i když předplodina byla „méně riziková“.

V přirozených podmínkách v polním prostředí bylo zjištěno, že nejvyšší uvolňování askospor z posklizňových zbytků nastalo v rozpětí teplot 13–22 °C a vysoké (95–100 %) relativní vlhkosti. To znamená, že pokud se v době kvetení porostu budou vyskytovat příhodné klimatické periody (po bouřkách, přeháňkách), je šíření infekce velmi pravděpodobné. Spouštěcím mechanismem uvolnění askospor je podle zjištění turgorové napětí vytvářené tokem draselných iontů (Trail a kol., 2002). Ačkoliv světlo podle dalších zjištění nebylo podmínkou pro šíření askospor, jejich podíl byl na světle vyšší než v úplné tmě.

Materiál a metody

V období před kvetením obilnin byly vybrány pozemky oseté ozimou pšenicí nebo jarním ječmenem, na kterých byla v předěšlé sezóně pěstována kukuřice. Na těchto pozemcích byly provedeny odběry posklizňových zbytků kukuřice, které se nacházely na povrchu půdy. Z každého pozemku bylo odebráno několik zbytků v rozptýlu několika desítek metrů tak, aby byly reprezentativními pro danou lokalitu (odebírání bylo na pozicích, které nebyly ovlivněny dalšími faktory, jakými jsou porosty dřevin sousedící s pozemky apod.

Vzorky označené místem sběru byly v otevřených mikrotentových sáčcích převezeny do laboratoře, kde byly mikroskopicky vyhodnoceny. Byly sledovány následující patogenní struktury fuzárií a fáze jejich tvorby:

- vytvořená perithecia
- četnost vytvořených perithecií s použitím kritéria „ojedinělé“ nebo „hojně se vyskytující“
- produkce askospor s použitím kritéria „vytvořené askospory“, nezralé askospory“, zralé askospory“ a „již uvolněné askospory“ – prázdná vřecka.

V letech 2019 a 2020 bylo provedeno jedno hodnocení na konci měsíce května. V roce 2021 bylo hodnocení po 10 dnech zopa-

kováno. Zjištěné informace byly vyjádřeny v relativním podílu vzorků s výskytem daného stavu sledované patogenní struktury.

Výsledky a diskuze

Rok 2019

Ve většině případů byla perithecia v době hodnocení (na konci května) již vyprázdněna, tzn. askospory se již uvolnily do prostředí. Deštivé počasí koncem května i na počátku června bylo sice pro infekci klasů příhodné, avšak fáze plného kvetení byla dosažena jen u raných odrůd ozimé pšenice. Hlavní podíl poloraných odrůd ozimých pšenic včetně odrůd náchylných k fuzáriím kvetl později, kdy již hlavní infekční vlna odezněla. Infekce kulminovala dříve, než došlo k výraznému ohrožení porostů.

Průběh počasí v sledovaném období roku 2019

Počasí za květen a od 28. 5. do 3. 6.

Měsíc květen toho roku se zařadil podle tabulek k měsícům studeným až silně studeným, srážkově pak patřil k měsícům vlhkým. Za celý květen napršelo v Kroměříži 101 mm srážek, to je 147 % měsíčního normálu.

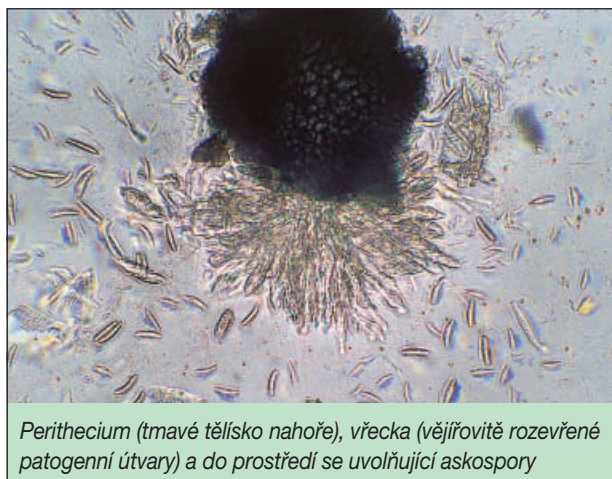
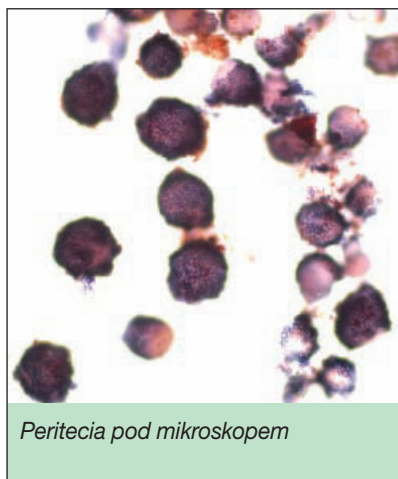
Srážkově patřil hodnocený týden k těm bohatším. Pršelo na celém území, během týdne se jednalo o dešť, o víkend se vyskytovaly přeháňky. Nejvíce srážek spadlo v oblasti Střední Moravy.

Počasí od 3. 6. do 9. 6.

Po velmi chladném květnovém počasí se v červnu citelně oteplilo. Maximální teploty dosahovaly letních hodnot a na některých místech překročily i hranici 30 °C (tropický den). Průměrné denní teploty se pohybovaly většinou o 2 až 4 °C nad normálem. Podobně jako v předcházejícím týdnu byly i v tomto týdnu na celém území zaznamenány dešťové srážky různé intenzity. Většinou se jednalo o bouřkové srážky a srážkové úhrny byly proto velmi rozdílné.

Rok 2020

V roce 2020 bylo hodnoceno celkem 21 zdrojů infekce z různých oblastí ČR. V řadě oblastí byly plodnice patogena ke konci května ve stádiu před dozráním nebo až plně zralé a často hojně se vyskytující. Přítomnost infekčních zárodků, schopných klasy obilnin infikovat byla zjištěna téměř u poloviny vzorků (askospory zralé nebo těsně před dozráním, graf 1). Hlavní období kvetení pšenice, které nastalo na počátku června, se tak nacházelo v kontaktu s dostupným zdrojem infekce. S přihlédnutím k již známému faktu podpůrného vlivu srážek a vysoké vlhkosti na počáteční průběh infekce se v roce 2020 vytvořily pro rozvoj fuzarióz mimořádně příhodné podmínky. Významná deštivá perioda začala již v poslední dekádě května, další následovala s odstupem



v druhé dekádě června, riziko se tak rozložilo téměř do měsíčního intervalu.

Průběh počasí v sledovaném období roku 2020

Počasí od 26. 5. do 2. 6. 2020

Poslední květnový týden roku 2020 byl, podobně jako celý květen, chladný a deštivý.

Meteorologická stanice v Kroměříži zaznamenala za květen celkem 108 mm srážek, tj. 158 % měsíčního normálu, měsíc lze charakterizovat jako vlhký.

Počasí od 3. 6. do 8. 6.

Srážkové úhrny od 3. do 9. června byly rozdílné a podobně jako během května vysoké. Pohybovaly se od 10 do 60 mm.

Rok 2021

Celkem bylo v prvním termínu (31. 5. 2021) vyhodnoceno 31 zdrojů infekce fuzárií. Tvorba perithecií byla potvrzena u třetiny hodnocených vzorků kukuřičných zbytků (graf 2). Žádný ze vzorků neobsahoval již vyprázdňená perithecia, v kterých už nejsou žádné askospory. Většina prokázaných infekčních struktur byla zatím nezralých, nebo se ještě vytvářejících, což znamená, že minimálně další týden existovalo reálné riziko šíření askospor. Nebyly zjištěny žádná již vyprázdňená vřevka v peritheciích, masivní šíření askospor zatím nenastalo.

Ve dnech 7. 6.–10. 6. 21 bylo provedeno druhé – opakované vyšetření přítomnosti a zralosti zdrojů infekce klasových fuzárií. Souhrn výsledků byl následující:

- ve všech vzorcích byly askospory již uvolněny
- jediný pozemek s jarním ječmenem měl na posklizňových zbytcích kukuřice ještě polovinu plodnic dozrávajících
- na Českomoravské vysočině nebyl u vzorků zbytků kukuřice z hodnocených porostů zjištěn žádný vzorek pozitivní na přítomnost plodnic fuzárií, rovněž bez výskytu askospor.

V souladu s prvním hodnocením ze dne 31. 5. 2021 je možné předpokládat, že proběhlo uvolnění askospor do prostředí opět v první dekádě června. V době druhého opakovaného průzkumu již bylo po hlavním epidemickém období. Obecně tedy bylo riziko epidemie nižší než v předešlém roce 2020. Rané a částečně i středně rané odrůdy v roce 2020 infekcí kvetením minuly v podmínkách tehdejšího počasí, v tomto roce se u nich tato fáze s uvolněním zdroje infekce překrývala a záleželo na tom, zda v dané oblasti v tomto období přišlo. Polorané a pozdní odrůdy v roce 2021 kvetly až v době, kdy již byly zdroje infekce vyprázdňeny (viz. výše). Podobně nebylo pravděpodobné, že by *F. graminearum* významně infikovalo porosty jarních ječmenů, u kterých teprve kvetení začínalo.

Průběh počasí v sledovaném období roku 2021

Počasí od 31. 5. do 6. 6.

Průměrné denní teploty posledních květnových dnů byly o 2 °C nižší než dlouhodobý průměr. S příchodem meteorologického léta se začalo oteplovat a denní teploty se během tohoto týdne pohybovaly kolem normálu. Od pátku 4. 6. do neděle 6. 6. byly zaznamenány dny letní s maximálními teplotami nad 25 °C a s průměrnou denní teplotou o 2 °C vyšší než dlouhodobý průměr.

Srážkové úhrny během tohoto týdne byly zaznamenány na Vysočině od 2,5 mm v Moravských Budějovicích po 20 mm v Bystřici nad Pernštejnem, v Moravskoslezském kraji naměřila stanice Hladké Životice 11 mm. Na vybraných stanicích Olomouckého, Jihomoravského a Zlínského kraje nepršelo vůbec nebo jen několik desetin mm.

Počasí od 7. 6. do 13. 6.

Po celý týden převládalo dopoledne jasné až polojasné letní počasí, odpoledne převažovalo oblačno, na některých místech

s přeháňkami. Maximální teploty dosahovaly letních hodnot nad 25 °C. Srážkové úhrny byly na sledovaných stanicích rozdílné a pohybovaly se na Vysočině většinou kolem 4 až 6 mm, pouze Dukovany naměřily 17 mm a Moravské Budějovice 14 mm, v Moravskoslezském kraji napršelo od 1 mm v Hladkých Životicích po 19 mm v Městě Albrechtice. Vybrané stanice v Jihomoravském kraji zaznamenaly od 4 mm v Ivanovicích na Hané po 21,5 mm v Dyjácovicích. V Olomouckém kraji měl nejnižší srážkový úhrn Šternberk 5 mm a nejvyšší Protivanov 34,5 mm. Největší srážkové rozdíly během uplynulého týdne byly zaznamenány ve Zlínském kraji. V Holešově napršelo 5 mm a v Hluku při sobotních bouřkách spadlo téměř 42 mm.

Souhrn hodnocení

Podíl vzorků s vytvořenými perithecií na konci měsíce května se pohyboval mezi 28,0 % v roce 2021 a hodnotami blízkými nebo rovnými 40,0 % v letech 2019 a 2020 – graf 3. V epidemickém roce 2020 byl zjištěn nejvyšší podíl hojně se vyskytujících perithecií, které byly nalezeny u téměř třetiny hodnocených vzorků. Mezi ročníky 2020 a 2021 bylo rovněž možné porovnat vedle tvorby perithecií i zralost askospor. Ta byla opět v termínu konec května v celkovém součtu mezi lety podobná (přibližně polovina vzorků s prokázanými askosporami), ale v roce 2020 byl vyšší podíl askospor těsně před dozráním (33,3%) – graf 1.

Ve dvou následných termínech opakované hodnocení stavu patogenních struktur v roce 2021 ukazuje, že v termínu druhém již byly prakticky všechny askospory uvolněny (nastalo dříve, než porosty vykvetly – graf 2). Podíl vytvořených perithecií i podíl zbytků kukuřice s hojným výskytem zůstaly podobné.

Ve sledovaných letech byla epidemie fuzárií nejvýraznější v roce 2020. Dva další hodnocené roky (2019 a 2021) byly epidemicky méně výrazné, letošní infekce byla nejslabší za poslední období. Čím byl epidemický rok 2020 déle charakterizován?

Z pohledu průběhu počasí lze uvést: suchý březen, suchý duben, vlhký květen a silně vlhký červen. Zbylé dva roky byly srážkově odlišné právě v měsíci červnu, naopak v květnu byly odlišnosti menší. Z pohledu průběhu teplot byl v roce 2020 mimořádně teplý měsíc únor. Měsíc červen je charakterizován jako teplotně normální. Z hodnocených tří let nastalo v roce 2020 metání ozimých pšenic podle dlouhodobých sledování mezi 21.–28. 5., což podle ranosti odrůd signalizuje nástup kritické fáze kvetení již v počátku června. V obou zbývajících ročních se tato fáze dostavila výrazně později – v roce 2019 až v druhé polovině června a v roce 2021 mezi 10. 6.–15. 6.

To by svědčilo o přímém vlivu deštivého počasí na proces infekce kvítků, které nastalo v červnu 2020 v jeho první dekádě. V rámci hodnocených tří let se jen jednou setkala období kvetení s obdobím šíření askospor s důsledkem ve zvýšeném napadení porostů fuzárií.

Závěr

Jak již bylo uvedeno, v roce 2020 byly podmínky pro infekci klasů obilovin patogeny rodu *Fusarium* i pro následný rozvoj infekce a tvorbu mykotoxinů v zrna velmi příznivé. Potvrzují to i výsledky sledování kontaminace pšenice sklizené v běžných provozních podmínkách ČR (Tvarůžek a kol., 2021). Tato studie se zabývá praktickým ověřením postupu hodnocení výskytu a stavu zralosti plodnic fuzárií na posklizňových zbytcích. Podařilo se potvrdit, že k hlavnímu šíření infekce dochází v rámci různých ročníků přibližně ve stejnou dobu počátku měsíce června a klíčovým faktorem rozho-

dujícím o vzniku epidemie je růstová fáze porostů v tomto období. Pokud porosty kvetly, epidemie se začala a dále pokračovala v rozvoji pod vlivem srážek a teplot. To vše se v červnu 2020 projevilo.

Průběh počasí v jarním období, který ovlivňuje růst a vývoj porostů obilnin jako hostitelské rostliny a související proces patogenního napadení obilniny však působí i na vytváření infekčních struktur na posklizňových zbytcích. Jak jsme se přesvědčili při provedených hodnoceních, rozdíly byly výrazné například v hojnosti výskytu perithecií na posklizňových zbytcích nebo ve stavu dozrávání askospor, což přímo souvisí s procesem počátku infekce. Provedeným hodnocením je možné tyto informace relativně rychle, z předem určeného zájmového území a za velmi nízkých nákladů (postup hodnocení nevyžaduje materiální ani technologickou přípravu) určit stav infekčního zdroje a včas signalizovat a upozornit pěstitele na možná rizika. To v tomto případě znamená vytvořit možnost pro agronomy k rozhodnutí o použití účinné fungicidní ochrany.

Poděkování: Publikace vznikla s využitím institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Agrotest fyto, s.r.o. (MZE-RO1118).

/Recenzováno/

Literatura:

Guenther, J. C., Trail, F.: The development and differentiation of *Gibberella zeae* (anamorph: *Fusarium graminearum*) during colonization of wheat. *Mycologia*, 97, 2005, s. 229–237.

Ireta, M. J.: Estimación de un modelo de crecimiento para la fusariosis del trigo causada por *Fusarium graminearum* Sch.: In: Taller sobre la fusariosis de la espiga en América del sur. M.M.Kohli (ed.), 1986, Mexico, D.F.: CIMMYT.

Isard, S. A., Gage, S. H.: Flow of life in the atmosphere. East Lansing, 2001, Michigan State University Press.

Pereyra, S. A., Dill-Macky, R., Sims, A. L.: Survival and inoculum production of *Gibberella zeae* in wheat residue. *Plant Disease*, 88, 2004, s. 724–730.

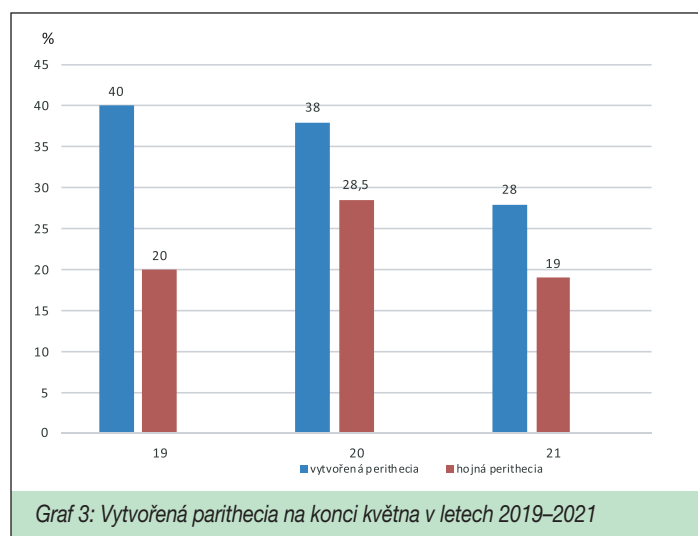
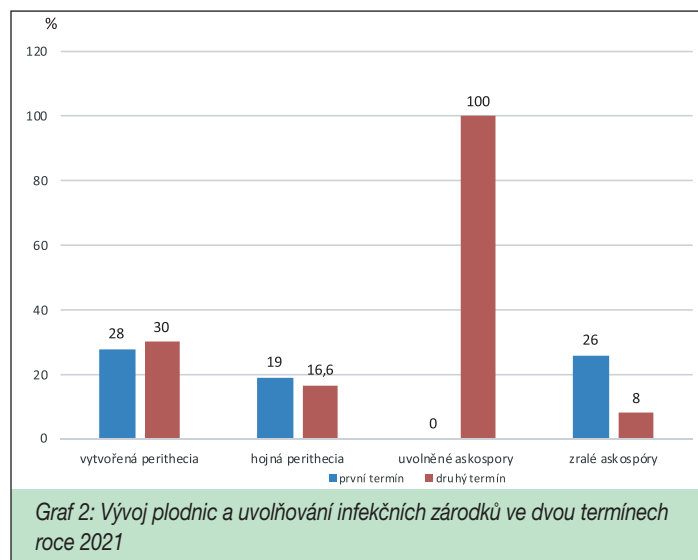
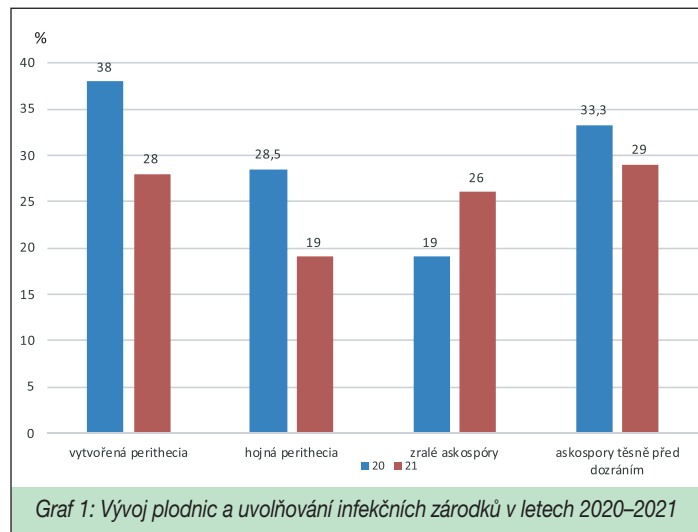
Rabb, R. L.: Conceptual bases to develop and use information on the movement and dispersal of biotic agents in agriculture. In: Mackenzie, Barfield, Kennedy, & Berger (Eds.) The movement and dispersal of agriculturally important biotic agents (pp. 5–34). Baton Rouge, LA: Claitors Publishing Division.

Trail, F., Gaffoor, I., Vogel, S.: Ejection mechanics and trajectory of the ascospores of *Gibberella zeae* (anamorph *Fusarium graminearum*). *Fungal Genetics and Biology*, 42, 2005, s. 528–533.

Trail, F., Xu, H., Loranger, R., Gadoury, D.: Physiological and environmental aspects of ascospore discharge in *Gibberella zeae*

(anamorph *Fusarium graminearum*). *Mycologia*, 94, 2002, s. 181–189.

Tvarůžek, L., Polišíenská, I., Matušinsky, P., Blažková, K.: Účinné postupy regulace fuzárií v klasech pšenice – obecné souvislosti a praktická doporučení. *Agromanuál*, 16, 2021, 4, s. 38 – 43.



Perithecia na kukuřičné slámě