

OPHIOSTOMATÁLNÍ HOUBY V POROSTECH BOROVICE LESNÍ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) POSTIŽENÝCH DLOUHODOBÝM SUCHEM

OPHIOSTOMATOID FUNGI ON SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) STANDS AFFECTED BY LONG-TERM DROUGHT

FRANTIŠEK LORENC ✉

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady 136, 252 02 Jíloviště - Strnady, Czech Republic

✉ e-mail: lorenc@vulhm.cz

ABSTRACT

In this study, presence of ophiostomatoid fungi (absence, presence) on wood cross-section samples (total 72) from freshly cut Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees (total 24) at four sites (Valtice, Příštipo, Brodce, Vrbová Lhota) affected by long-term drought was evaluated in relation to: sampling period (spring, summer, autumn), tree age (30–40, 50–90 years), wood sample origin (bottom trunk, middle trunk, twigs), tree defoliation (>25–60%, >60–99%), and presence of other taxa. Ophiostomatoid fungi were present on 33% wood cross-section samples from 50% trees. Presence of ophiostomatoid fungi was significantly different in relation to sampling period (i.e. the highest in autumn, the lowest in spring), and was directly proportional to both presence of mites and Nematocera larvae; it was insignificantly different in relation to site, tree age, wood sample origin, defoliation, and presence of other taxa. These results show: (1) frequent presence of ophiostomatoid fungi in wood tissues of Scots pine trees, (2) insignificant effect of ophiostomatoid fungi on health status of the trees, (3) relationship of presence of ophiostomatoid fungi with both presence of mites and Nematocera larvae.

For more information see Summary at the end of the article.

Klíčová slova: borovice lesní; dlouhoroží; houbové patogeny; dřevozbarvující houby; roztoči

Key words: Scots pine; Nematocera; fungal pathogens; blue-stain fungi; mites

ÚVOD

V posledních 20 letech došlo k prudkému nárůstu mortality porostů borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) iniciovaného stresem ze sucha v mnoha zemích Evropy (DOBBERTIN et al. 2007; GALIANO et al. 2010; HEINIGER et al. 2011; BURAS et al. 2018; PASTIRČÁKOVÁ et al. 2018; JAIME et al. 2019; LIŠKA et al. 2021). Dlouhodobé sucho vede k rozvoji mnoha biotických škodlivých činitelů (LINDNER et al. 2008) a snížení odolnosti dřevin vůči nim (OLIVA et al. 2014). V Česku byla průměrná roční teplota v letech 2015–2019 o cca 1,3 °C vyšší a roční úhrn srážek činil v roce 2015 pouze 78 % a v roce 2018 76 % oproti období 1980–2010 (ČHMÚ 2021). Z biotických činitelů se na recentním odumírání borovice lesní v Česku zásadně podílel podkorní hmyz, nejčastěji lýkožrout vrcholkový (*Ips acuminatus* Gyllenhal), l. borový (*Ips sexdentatus* Börner), krasec borový (*Phaenops*

cyanea Fabricius) a pilořitka *Sirex noctilio* Fabricius (LIŠKA et al. 2021). Nápadně vzrostlo napadení porostů borovice lesní jmelím bílým borovicovým (*Viscum album* subsp. *austriacum* [Wiesb.] Vollm.) (LORENC, VÉLE 2022a). Z houbových patogenů byly borovice lesní oslabené dlouhodobým suchem v Česku napadány především václavkami (*Armillaria* spp.) a kuželíkem borovým (*Sphaeropsis sapinea* [Fr.] Dyko & B. Sutton) (LIŠKA et al. 2018; LORENC, VÉLE 2022b).

Houby působící modrání dřeva (anglicky blue-stain fungi) jsou heterogenní skupinou převážně vrčkovýtrusných hub způsobujících modré nebo modrošedé zbarvení bělového dřeva a kulatiny dřevin (YAMAOKA 2017). Významnou skupinou hub působících modrání dřeva jsou ophiostomatální houby (WINGFIELD et al. 1993), což jsou saprotrofové nebo příležitostní parazité žijící převážně v lýku (phloem) a bělovém dřevu (sapwood) nahosemenných i krytosemenných rost-

lin (KIRISTIS 2013). Ophiostomatální houby bývají často izolovány ze stejných substrátů a studovány společně, neboť mají podobné ekologické, fyziologické a morfologické vlastnosti (WINGFIELD et al. 1993). Prokázat přítomnost ophiostomatálních hub v lýku a bělovém dřevu lze pomocí kultivace z dřeva, doba kultivace potřebná k nárůstu viditelných plodnic může přesáhnout jeden měsíc (PŘÍHODA 1992). Při dostatečné vlhkosti na řezných plochách nebo na povrchu infikovaného dřeva vyrůstají nejprve porosty plodnic anamorfního stadia (konidie). Později vyrůstají lahvicovité černé plodnice teleomorfního stadia (perithecia), vyznačující se protáhlým ústím a vzhledem připomínajícím lidské vousy. Nárůsty ophiostomatálních hub je možné pozorovat pouhým okem (PŘÍHODA 1990). Na šíření ophiostomatálních hub se významně podílejí přenašeči, především podkorní hmyz (JANKOWIAK 2006, 2012; HEINIGER et al. 2011; PASTIRČÁKOVÁ et al. 2018; JANKOWIAK et al. 2022) a roztoči (BRIDGES, MOSER 1983; LEVIEUX et al. 1989; HOFSTETTER, MOSER 2014). Fytopatologicky nejvýznamnější ophiostomatální houby jsou zástupci rodů *Ceratocystis* (KROKENE, SOLHEIM 1998) a *Ophiostoma* (HEINIGER et al. 2011).

Na borovici lesní ve střední Evropě jsou nejčastějšími zástupci ophiostomatálních hub *Ceratocystis minor* (Hedgc.) J. Hunt a *C. ips* (Rumbold) C. Moreau (JANKOWIAK 2006, 2012; JANKOWIAK et al. 2021), jejichž výskyt silně souvisí s napadením podkorním hmyzem (JANKOWIAK 2006, 2012; PASTIRČÁKOVÁ et al. 2018) a stresem suchem (PASTIRČÁKOVÁ et al. 2018). Silná virulence u borovice lesní byla zaznamenána u *C. minor* (JANKOWIAK 2006, 2012), *Leptographium wingfieldii* M. Morelet (SOLHEIM et al. 2001; JANKOWIAK 2006) a *L. lundbergii* Lagerb. & Melin (JANKOWIAK 2012). K silně virulentním druhům ophiostomatálních hub, jejichž hostitelem může být borovice lesní, náleží také *Leptographium procerum* (W.B. Kendr.) M.J. Wingf., způsobující kořenovou hnilobu borovic, nejčastěji b. vejmutovky (*Pinus strobus* L.) (CABI 2021), a *Grosmannia wageneri* (Goheen & F.W. Cobb) Zipfel, Z.W. de Beer & M.J. Wingf., způsobující kořenovou hnilobu jehličnanů (SINCLAIR, LYON 2005; MARINCOWITZ et al. 2017). HEINIGER et al. (2011) našli ophiostomatální houby na odumírajících borovicích lesních stresovaných dlouhodobým suchem v souvislosti s defoliací. Ophiostomatální houby tedy mohou významně přispívat k odumírání borovice lesní (HEINIGER et al. 2011; PASTIRČÁKOVÁ et al. 2018).

Cílem této studie bylo: (1) vyhodnotit přítomnost ophiostomatálních hub ve vztahu k období odběru, lokalitě, věku stromu, defoliaci, půvo-

du kotouče a přítomnosti ostatních organismů na kotoučích z kmenů a větví borovic lesních v porostech postižených dlouhodobým suchem v Česku, (2) na základě získaných dat posoudit fytopatologický význam ophiostomatálních hub v porostech borovice lesní postižených dlouhodobým suchem.

MATERIÁL A METODIKA

V roce 2020 bylo provedeno kácení borovic lesních ve třech obdobích: konec dubna (jaro), konec července (léto) a začátek listopadu (podzim). Na všech studovaných lokalitách (Valtice, Příštpo, Brodce, Vrbová Lhota; tab. 1) se vyskytovaly borové porosty zasažené dlouhodobým suchem. Na každé lokalitě byly v každém období pokáceny dva stromy odpovídající věku příslušného porostu: 30–40 a 50–90 let (tab. 1). Celkem tedy bylo pokáceno 24 stromů. U všech stromů byly vyhodnoceny: (1) průměr kmene ve výšce 1,3 m nad zemí (výčetní tloušťka) s přesností 0,5 cm, (2) procentuální defoliace s přesností 5 % a poté řazena do kategorií: 0–10 %, >10–25 %, >25–60 %, >60–99 %, 100 % (CEC-UN/ECE 1993), jmelí bílé (*Viscum album* L.) (0 nepřítomnost, 1 přítomnost), (4) podkorní hmyz (0 nepřítomnost, 1 přítomnost). Z každého pokáceného stromu byly odebrány výřezy (kotouče) ze spodní části kmene, střední části kmene a větví. Odebrané kotouče byly kultivovány v uzavřených plastových pytlích (PŘÍHODA 1992) s obzavovou vatou napuštěnou vodou při pokojové teplotě (18–22 °C) po dobu 8 týdnů. Po kultivaci byla na každém kotouči pomocí stereomikroskopu při 40násobném zvětšení hodnocena přítomnost ophiostomatálních hub a roztočů a larev hmyzu z řádu dlouhoroží (Nematocera) (dále jen „dlohoroží“), v obou případech ve dvou stupních (0 nepřítomnost, 1 přítomnost). Zaznamenána byla také přítomnost ostatních taxonů.

Ke zjištění teploty a vlhkosti vzduchu byla využita data z dataloggerů na výzkumných lokalitách (LORENC, VÉLE 2022b). Na každé ze čtyř lokalit (Valtice, Příštpo, Brodce, Vrbová Lhota) byl ve výšce cca 1,3 m nad zemí instalován datalogger teploty a vlhkosti vzduchu, chráněný proti přímému slunečnímu světlu a dešti plastovým kelímkem potaženým tmavou lepicí páskou. Datalogger zaznamenávaly teplotu vzduchu a relativní vlhkost vzduchu v intervalu 1 hodiny. Zahrnuta bylo měření v období leden – listopad 2020. Ze záznamů teploty vzduchu byla spočítána průměrná denní teplota vzduchu z teplot změřených v tzv. „mannheimských hodinách“, tedy v 7:00, 14:00 a 21:00 středo-

Tab. 1.
Souhrnné informace o výzkumných lokalitách
Summary information about research sites

Lokalita/Site	Tepl./Temp.	Vlhk./Moist.	Nadm. v./Alt.	Půdní typ/Soil type	Věk stromu/Tree age	GPS
Valtice	11,8	80	185	kambizem arenická/ Arenic-eutric Cambisols	30–40	48.7643910N, 16.8005500E
					60–70	48.7596542N, 16.8160897E
Příštpo	9,7	77	450	kambizem kyselá/ Dystric Cambisols	30–40	49.0505056N, 15.9360144E
					80–90	49.0498170N, 15.9347206E
Brodce	10,6	85	310	kambizem eutrofní/ Eutric Cambisols	30–40	49.8419756N, 14.5985700E
					60–70	49.8422722N, 14.5976958E
Vrbová Lhota	11,6	65	190	černozem modální/ Calcic Chernozems	30–40	50.1151139N, 15.0940031E
					50–60	50.1180942N, 15.0869150E

Vysvětlivky/Captions: Tepl./Temp – průměrná teplota na lokalitě v období leden-prosinec 2020 v °C /mean air temperature at the site in January-December 2020 in °C (LORENC, VÉLE 2022b); Vlhk./Moist. – průměrná vlhkost vzduchu v období leden-prosinec 2020/mean air moisture at the site measured in January-December 2020 in % (LORENC, VÉLE 2022b); Nadm. v./Alt. – nadmořská výška v metrech nad mořem/altitude in meters above sea level; Půdní typ/Soil type (CENIA 2010–2021); Věk stromu/Tree age – věková kategorie a věk porostu dle porostních map/age category and stand age according to maps of forest stands.

evropského času dle vzorce: $(t_7 + t_{14} + 2 \times t_{21}) / 4$. Z hodnot průměrné denní teploty vzduchu byla aritmetickým průměrem spočítána průměrná měsíční teplota vzduchu. Z hodinových záznamů vlhkosti vzduchu byla aritmetickým průměrem spočítána denní vlhkost vzduchu, z níž byla aritmetickým průměrem spočítána měsíční vlhkost vzduchu.

Data z pokácených borovic byla statisticky testována v softwaru Statistica (verze 10, 2010, firma StatSoft). Použita byla analýza frekvencí pozorovaných hodnot a jejich porovnání s očekávanými hodnotami (χ^2). Rozdíly v přítomnosti ophiostomatálních hub ve vztahu k období odběru, lokalitě, věku stromu a původu kotouče byly testovány na jednotlivých kotoučích (72 vzorků celkem); ve vztahu k defoliaci byly vztahy na stromy (24 celkem), kde přítomnost na stromě znamenala přítomnost ophiostomatálních hub alespoň na jednom kotouči z příslušného stromu. Shoda přítomnosti ophiostomatálních hub s přítomností roztočů byla testována jako součet počtu vzorků (kotoučů) se shodnou přítomností či nepřítomností obou těchto organismů oproti počtu vzorků s přítomností právě jednoho z těchto organismů (χ^2). Shoda přítomnosti ophiostomatálních hub s přítomností dlouhorohých a jmelí bílého byla testována obdobně, avšak v případě vztahu ophiostomatálních hub a jmelí byly obě tyto proměnné vztahy na stromy (obdobně jako u defoliace). Napadení podkorním hmyzem nebylo do statistických analýz zahrnuto z důvodu nízkých počtů takto napadených stromů.

VÝSLEDKY

Ophiostomatální houby byly přítomny na 24 kotoučích z celkového počtu 72 kotoučů (33 %). Z hlediska přítomnosti na stromech (t. j. přítomnost alespoň na jednom ze tří kotoučů z příslušného stromu) byly ophiostomatální houby zaznamenány na 12 stromech z celkového počtu 24 stromů (50 %). Všechny tyto ophiostomatální houby se nacházely na lýku a bělovém dřevu kotoučů.

Na kotoučích se přítomnost ophiostomatálních hub statisticky významně lišila v závislosti na období odběru mezi všemi obdobími (tab. 2), nejvyšší počet kotoučů s ophiostomatálními houbami byl zaznamenán na podzim (17), poté v létě (6) a nejméně na jaře (1) (tab. 3). Rozdíly v přítomnosti ophiostomatálních hub nebyly statisticky významné v závislosti na lokalitě, věku stromu, původu kotouče ani defoliaci (tab. 2 a 3). Všechny stromy spadaly pouze do dvou kategorií defoliace: >25–60 % (12 stromů) nebo >60–99 % (12 stromů). Všechny stromy ve věku 50–90 let měly větší průměr kmene než stromy ve věku 30–40 let (tab. 4).

Přítomnost ophiostomatálních hub se statisticky významně shodovala s přítomností roztočů (tab. 2), přičemž tento vztah vykazoval přímou úměrnost, shodná přítomnost či nepřítomnost roztočů s ophiostomatálními houbami byla zaznamenána na 52 kotoučích (obr. 1). Roztoči byli přítomni na 22 kotoučích (31 %; tab. 3). Přítomnost ophiostomatálních hub se statisticky významně shodovala také s přítomností dlouhorohých (tab. 2), přičemž tento vztah vykazoval přímou úměrnost, shodná přítomnost či nepřítomnost dlouhorohých s ophiostomatálními houbami byla zaznamenána na 53 kotoučích (obr. 1). Dlouhorozí byli přítomni na 15 kotoučích (21 %; tab. 3). Z ostatních organismů dominovala zelenatka (*Trichoderma* sp.), s přítomností na 72 kotoučích (100 %). Další taxony byly přítomné pouze na některých kotoučích, bez zřetelného vztahu k ophiostomatálním houbám.

Na stromech se přítomnost jmelí bílého neshodovala s přítomností ophiostomatálních hub (tab. 2), jmelí bylo přítomno na celkem devíti stromech na třech lokalitách (4 Valtice, 4 Brodce, 1 Vrbová Lhota; tab. 4), ve všech případech šlo o jmelí bílé borovicové (*Viscum album* subsp. *austriacum*). Napadení podkorním hmyzem bylo přítomno pouze na dvou dospělých stromech na lokalitě Příštipo: lýkožrout borový (*Ips sexdentatus* Börner) na spodní části kmene jednoho dospělého stromu na jaře, a l. vrcholkový (*I. acuminatus* Gyllenhal) na střední části kmene a větvích na jednom stromu na lokalitě na podzim (tab. 4).

Tab. 2.

Výsledky statistických testů hodnocených proměnných ve vztahu k přítomnosti ophiostomatálních hub
Results of the statistical tests for assessed variables in relation to presence of ophiostomatoid fungi

Proměnná/Variable	N	χ^2	df	p	Významné rozdíly/ Significant differences
Období odběru/Sampling period	72	16,7500	2	***	podzim > léto > jaro/ autumn > summer > spring
Lokalita/Site	72	4,3333	3	0,22	
Věk stromu/Tree age	72	0,0000	1	1,00	
Původ kotouče/Wood sample origin	72	0,2500	2	0,88	
Defoliace/Defoliation	24	1,3333	1	0,25	
Shoda s roztoči/ Correspondence with mites	72	14,2222	1	***	přímá úměrnost/ direct proportion
Shoda s dlouhorohými/ Correspondence with Nematocera	72	16,0556	1	***	přímá úměrnost/ direct proportion
Shoda s jmelím bílým/ Correspondence with European mistletoe	24	0,1667	1	0,68	

Vysvětlivky/Captions: N – počet vzorků/number of samples; χ^2 – hodnota analýzy frekvencí/value of the frequency analysis; df – počet stupňů volnosti/number of degrees of freedom; p – hladina významnosti/significance level (*** p < 0.001).

DISKUSE

Dle doby odběru se přítomnost ophiostomatálních hub v této studii významně lišila (řazeno od nejvyššího: podzim, léto, jaro). Podobně JANKOWIAK et al. (2021) na kotoučích kmene borovice lesní zaznamenali více izolátů ophiostomatálních hub v červenci než v dubnu. Naproti tomu HORNTVEDT (1988) u smrků ztepilých ve fázi tyčoviny uměle inokulovaných ophiostomatální houbou *Endoconidiophora polonica* (Siemaszko) Z.W. de Beer, T.A. Duong & M.J. Wingf. v měsíčních intervalech od května do září zaznamenali nejvyšší infekci v červenci a nejnižší v květnu a v září. Vyšší infekce touto houbou v létě mohla být způsobena vyššími teplotami (HORNTVEDT 1988). V této studii byly rovněž nejvyšší teploty zaznamenány dle očekávání v létě, nejvyšší přítomnost ophiostomatálních hub nikoli. Sezónní rozdíly v přítomnosti ophiostomatálních hub v této studii mohly souviset s přítomností roztočů a dlouhorohých, které byly rovněž nejvyšší na podzim a nejnižší na jaře.

Mezi lokalitami se přítomnost ophiostomatálních hub v této studii významně nelišila. Častější výskyt ophiostomatálních hub ve vodivých pletivech dřevin včetně borovice lesní bývá spojován se suchem (CROISÉ et al. 1998; HEINIGER et al. 2011; PASTIŘÁKOVÁ et al. 2018). V této studii se nejnižší vlhkostí vzduchu vyznačovala Vrbová Lhota

Tab. 3.

Počty vzorků (kotoučů) s přítomností ophiostomatálních hub, roztočů a dlouhorohých

Numbers of samples (wood cross-section samples) with ophiostomatoid fungi, mites and Nematocera

Proměnná/ Variable	Kategorie/Category	N	Oph.	Mit.	Nem.
Období odběru/ Sampling period	jaro/spring	24	1	4	4
	léto/summer	24	6	4	2
	podzim/autumn	24	17	14	9
Locality/ Site	Valtice	18	6	4	5
	Příštpo	18	3	4	4
	Brodce	18	5	6	3
Věk stromu/ Tree age	Vrbová Lhota	18	10	8	3
	30–40	36	12	10	7
	50–90	36	12	12	8
Původ kotouče/ Wood sample origin	spodní část kmene/ bottom part of the trunk	24	8	11	7
	střední část kmene/ middle part of the trunk	24	9	6	6
	větve/twigs	24	7	5	2
Defoliace/ Defoliation	>25–60 %	12	8	9	8
	>60–99 %	12	4	6	5

Vysvětlivky/Capitons: N – počet vzorků/number of samples; Oph. – počet vzorků s ophiostomatálními houbami na kotouči/number of samples with ophiostomatoid fungi on wood cross-section sample; Mit. – počet vzorků s roztoči na kotouči/number of samples with mites on wood cross-section sample; Nem. – počet vzorků s larvami dlouhorohých (Nematocera) na kotouči/number of samples with Nematocera larvae on wood cross-section sample.

(tab. 1). Nicméně rozdíly v povětrnostních podmínkách mezi lokalitami zřejmě nebyly zásadní.

Vliv věku (30–40 vs. 50–90 let), respektive průměru kmene (všechny starší stromy měly větší průměr kmene) na přítomnost ophiostomatálních hub nebyl v této studii významný. Podobně HORNTVEDT (1988) u smrků ztepilých ve fázi tyčoviny inokulovaných ophiostomatální houbou *Endoconidiophora polonica* rozdílů v infekci ve vztahu k průměru kmene nezaznamenal. LÅNGSTRÖM et al. (2001) u borovic lesních uměle inokulovaných houbami *Leptographium wingfieldii* a *Ophiostoma minus* zaznamenali větší léze těchto hub na 120letých stromech oproti 40letým, přičemž 120leté stromy se vyznačovaly výrazně vyšší defoliací. Samotný věk stromů s napadením ophiostomatálními houbami tedy pravděpodobně nesouvisí, avšak staré stromy jimi mohou být napadány častěji z důvodu jejich častějšího špatného zdravotního stavu.

Mezi kotouči z jednotlivých částí kmene nebyl rozdíl v přítomnosti ophiostomatálních hub v této studii významný. HEINIGER et al. (2011) naproti tomu při hodnocení 208 jedinců borovic lesních ve Švýcarsku zaznamenali nejvyšší výskyt ophiostomatálních hub na kořenech, nižší na kmenech a nejnižší na větvích. Je možné, že v této studii rozdílů v přítomnosti ophiostomatálních hub v závislosti na původu kotouče nebyly zaznamenány z důvodu nízkého počtu vzorků (72). Častější napadení ophiostomatálními houbami na kmenech oproti větvím pravděpodobně nesouvisí s větším průměrem kmenů, neboť vztah mezi průměrem kmene a výskytem ophiostomatálních hub nebyl v této ani v předchozí studii (HORNTVEDT 1988) zaznamenán.

Defoliace stromu s přítomností ophiostomatálních hub v této studii významně nesouvisela. Naopak v předchozích studiích byla vyšší přítomnost ophiostomatálních hub v souvislosti s vyšší defoliací zaznamenána u borovice lesní (HEINIGER et al. 2011), borovice smolné (*Pinus resinosa* Aiton) (RAFFA et al. 1998) a smrku ztepilého (CHRISTIANSEN, FJONE 1993). Naopak CROISÉ et al. (1998) u šesti-letých sazenic borovice lesní inokulovaných houbou *Ceratocystis ips* (Rumbold) C. Moreau rozdílů v růstu této houby v lýku mezi jedinci s defoliací 70 % a nedefolovanými nezaznamenali. LÅNGSTRÖM et al. (2001) u borovic lesních uměle inokulovaných ophiostomatálními houbami zaznamenali příznaky jejich napadení pouze u stromů s defoliací 90–100 %. LEONTOVÝČ et al. (2019) v chřadnoucích porostech borovice lesní zaznamenali přítomnost ophiostomatálních hub na obvodu kmene na cca 51 % stromech. JANKOVSKÝ, PALOVČÍKOVÁ (2003) na borovicích černých (*Pinus nigra* J.F. Arnold) zaznamenali na několika vzorcích z kmenů příznaky modrého zbarvení dřeva v důsledku sekundární infekce houbami rodu *Ophiostoma* sp., které nebyly příčinou chřadnutí borových porostů (JANKOVSKÝ, PALOVČÍKOVÁ 2003). Virulence ophiostomatálních druhů hub je rozdílná (SOLHEIM et al. 2001; JANKOWIAK 2006, 2012). Ophiostomatální houby se tedy častěji objevují pouze na kotoučích velmi silně defolovaných borovic, přičemž na chřadnutí hostitele se podílejí pouze virulentní druhy.

Přítomnost roztočů byla v této studii přímo úměrná přítomnosti ophiostomatálních hub. Podobně BRIDGES, MOSER (1986) na bělovém dřevu borovice kadidlové (*Pinus taeda* L.) zaznamenali pozitivní korelaci ophiostomatální houby *Ceratocystis minor* (Hedgc.) J. Hunt s roztoči přenášenými kůrovcem *Dendroctonus frontalis* Zimmerman. Roztoči jsou nejvýznamnější organismy živící se myceliem a spory ophiostomatálních hub (BRIDGES, MOSER 1983; WEBBER, BRASIER 1984), což by mohlo vysvětlovat významnou shodu přítomnosti ophiostomatálních hub s přítomností roztočů na kotoučích v této studii.

Přítomnost zástupců podřádu dlouhorohých byla v této studii přímo úměrná přítomnosti ophiostomatálních hub. Někteří zástupci dlouhorohých obsazují mrtvé bělové dřevo v čerstvých ranách živých stromů i na řezných plochách pařezů a vytěženého dřeva (PŘÍHODA 1990; MACGOWAN 1993), kde se živí myceliem a sporami ophiostomatálních hub (WEBBER, BRASIER 1984). Dlouhorozí v této studii tedy kolonizovali kotouče dřeva po jejich odebrání a kultivované ophiostomatální houby jim pravděpodobně sloužily jako potrava. To znamená, že výskyt dlouhorohých na kotoučích se zdravotním stavem borovice lesní nesoúvisel.

Houby rodu *Trichoderma* byly v této studii zaznamenány na všech kotoučích. Zástupci tohoto rodu vyskytující se na dřevu jsou všeobecně rozšířené a často uváděny pod názvem zelenatka obecná (*Trichoderma viride* Pers.), ve skutečnosti se jedná o několik vzájemně podobných druhů (LIECKFELDT et al. 1999; JAKLITSCH et al. 2006). Někteří zá-

stupci rodu *Trichoderma* (především *T. harzianum* Rifai) působí vůči ophiostomatálním houbám antagonisticky (AZIZ et al. 1993; BEHRENDT et al. 1995; DÍAZ et al. 2013). Nicméně na borovici lesní výskyt hub rodu *Trichoderma* s chřadnutím stromů ani s přítomností hub rodu *Ophiostoma* nesoúvisel (LIEUTIER et al. 1989; JANKOVSKÝ, PALOVČÍKOVÁ 2003; JANKOWIAK 2006, 2012; ÁLVAREZ et al. 2015).

Přítomnost jmelí bílého borovicového s přítomností ophiostomatálních hub nebyla v této studii přímo ani nepřímo úměrná. U borovice lesní stresované suchem významně vzrůstá výskyt a fytopatologický význam jmelí bílého borovicového (DOBBERTIN, RIGLING 2006; RIGLING et al. 2010; MUTLU et al. 2016; LORENC, VÉLE 2022a) i ophiostomatálních hub (HEININGER et al. 2011; PASTIRČÁKOVÁ et al. 2018), avšak přímý vztah výskytu jmelí a ophiostomatálních hub na borovici lesní nebyl v žádné studii prokázán.

Tab. 4.
Hodnocené stromy
Sampled trees

Období odběru/ Sampling period	Lokalita/ Site	Věk stromu/ Tree age	DBH	Def.	Oph.	Visc.	S.I.	
jaro/spring	Valtice	30–40	15,0	75	0	1	0	
		50–90	22,5	70	0	1	0	
	Příštpo	30–40	15,0	50	0	0	0	
		50–90	40,0	70	1	0	1	
	Brodce	30–40	14,0	40	0	0	0	
		50–90	23,5	50	0	1	0	
	Vrbová Lhota	30–40	13,0	65	0	0	0	
		50–90	18,0	65	0	0	0	
	léto/summer	Valtice	30–40	12,5	40	0	0	0
			50–90	23,0	90	0	1	0
Příštpo		30–40	10,5	70	0	0	0	
		50–90	29,5	90	0	0	1	
Brodce		30–40	17,5	85	0	1	0	
		50–90	22,0	60	1	0	0	
Vrbová Lhota		30–40	15,0	45	1	0	0	
		50–90	22,5	45	1	0	0	
podzim/autumn		Valtice	30–40	15,0	30	1	0	0
			50–90	23,0	90	1	1	0
	Příštpo	30–40	10,0	40	1	0	0	
		50–90	33,0	85	1	0	0	
	Brodce	30–40	15,0	30	1	1	0	
		50–90	32,5	30	1	1	0	
	Vrbová Lhota	30–40	13,0	40	1	0	0	
		50–90	25,0	80	1	1	0	

Vysvětlivky/Capitons: DBH – průměr kmene (výčetní tloušťka)/diameter at breast height (cm); Def. – defoliace/defoliation (%); Oph. – přítomnost ophiostomatálních hub (0 nepřítomnost, 1 přítomnost alespoň na jednom kotouči)/presence of ophiostomatoid fungi (0 absence, 1 presence on at least one wood cross-section sample); Visc. – přítomnost jmelí bílého (*Viscum album*) (0 nepřítomnost, 1 přítomnost)/presence of European Mistletoe (*Viscum album*) (0 absence, 1 presence); S.I. – přítomnost podkorního hmyzu (0 nepřítomnost, 1 přítomnost)/presence of subcortical insects (0 absence, 1 presence).

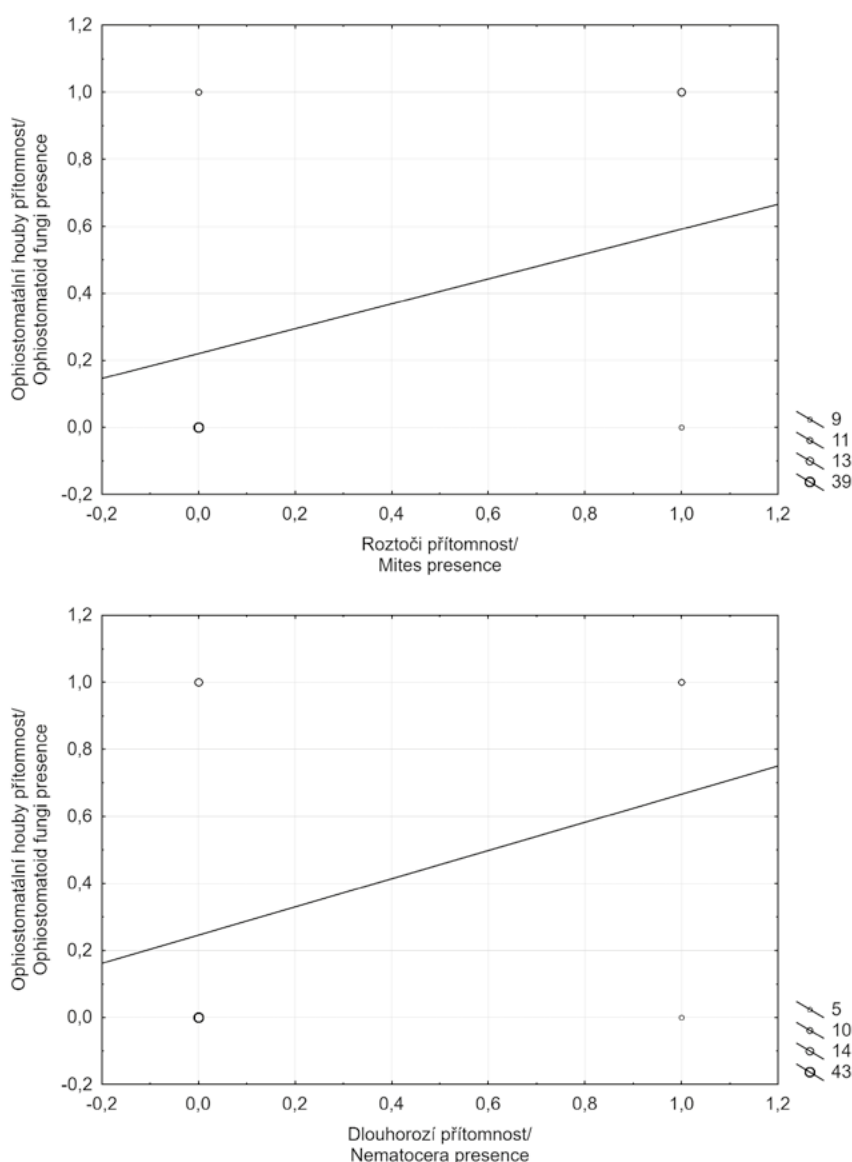
ZÁVĚR

Ačkoli byly v této studii ophiostomatální houby přítomné celkem ve třetině kotoučů a polovině jedinců borovice lesní a nacházely se na všech výzkumných lokalitách na stromech různého stáří, tyto stromy nevykazovaly zvýšenou defoliaci, vyšší napadení podkorním hmyzem, jmelím bílým, ani jiné příznaky zhoršeného zdravotního stavu oproti stromům bez přítomnosti ophiostomatálních hub v kotoučích. To značí, že ophiostomatální houby nepatřily k významným faktorům podléjícím se na chřadnutí a odumírání borovice lesní v porostech postižených dlouhodobým suchem v Česku.

Poděkování:

Tato studie vznikla za podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) Ministerstva zemědělství České republiky, projekt QK1920406, a za podpory Ministerstva zemědělství České republiky, institucionální podpora MZE-RO0118.

Autor děkuje také správcům lesů ve vlastnictví Města Poděbrady, Města Týnec nad Sázavou a Lesů České republiky (Lesní závod Židlochovice a Lesní správa Třebíč) za souhlas s využitím porostů k výzkumu a poskytnutí potřebných podkladů. Poděkování patří i Renému Kopáčovi za pomoc s terénními pracemi a Adamu Vělemu za konzultace týkající se statistického zpracování dat a za závěrečnou kontrolu manuskriptu.



Obr. 1.

Bodový grafy přítomnosti ophiostomatálních hub v kotoučích ve vztahu k roztočům a dlouhorožím. Čára – regreseční přímka. Čísla na osách – 0 nepřítomnost, 1 přítomnost. Čísla vedle kruhů – počet kotoučů. Celkem 72 vzorků v každém bodovém grafu.

Fig. 1.

Scatterplots of presence of ophiostomatoid fungi in wood cross-section samples in relation to mites and Nematocera. Line – regression line. Numbers on axes – 0 absence, 1 presence. Numbers next to circles – number of wood cross-section samples. Total 72 samples in each scatterplot.

LITERATURA

- ÁLVAREZ G., FERNÁNDEZ M., DIEZ J.J. 2015. Ophiostomatoid fungi associated with declined *Pinus pinaster* stands in Spain. *Forest Systems*, 24 (1): e006. DOI: /10.5424/fs/2015241-05707
- AZIZ A.Y., FOSTER H.A., FAIRHURST C.P. 1993. *In vitro* interactions between *Trichoderma* spp. and *Ophiostoma ulmi* and their implications for the biological control of Dutch elm disease and other fungal diseases of trees. *Arboricultural Journal: The International Journal of Urban Forestry*, 17 (2): 145–157. DOI: 10.1080/03071375.1993.9746958
- BEHRENDT C.J., BLANCHETTE R.A., FARRELL R.L. 1995. Biological control of blue-stain fungi in wood. *Phytopathology*, 85 (1): 92–97. DOI: 10.1094/Phyto-85-92
- BRIDGES J.R., MOSER J.C. 1983. Role of two phoretic mites in transmission of bluestain fungus, *Ceratocystis minor*. *Ecological Entomology*, 8 (1): 9–12. DOI: 10.1111/j.1365-2311.1983.tb00476.x
- BRIDGES J.R., MOSER J.C. 1986. Relationship of phoretic mites (Acari: Tarsonemidae) to the bluestaining fungus, *Ceratocystis minor*, in trees infested by southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology*, 15 (4): 951–953. DOI: 10.1093/ee/15.4.951
- BURAS A., SCHUNK C., ZEITRÄG C., HERRMANN C., KAISER L., LEMME H., STRAUB C., TAEGER S., GÖSSWEIN S., KLEMMT H.-J., MENZEL A. 2018. Are Scots pine forest edges particularly prone to drought-induced mortality? *Environmental Research Letters*, 13 (2): 025001. DOI: 10.1088/1748-9326/aaa0b4
- CABI. 2021. Invasive species compendium. CAB International. Dostupné na/Available on: <https://www.cabi.org/isc/>
- CENIA 2010–2021. Národní geoportál INSPIRE [on-line]. CENIA, česká informační agentura životního prostředí. [cit. 2021-09-17]. Dostupné na/Available on: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/home;jsessionid=3533A0A21202CBECB773840607898B24>
- CEC-UN/ECE 1993. Forest Condition in Europe. Results of the 1992. Survey. Brussels, Geneva, United Nations Economic Commission for Europe, Commission of the European Communities: 43 s. Dostupné na/Available on: <http://aei.pitt.edu/33915/4/A530.pdf>
- CROISÉ L., DREYER E., LIEUTIER F. 1998. Effects of drought stress and severe pruning on the reaction zone induced by single inoculations with a bark beetle associated fungus (*Ophiostoma ips*) in the phloem of young Scots pines. *Canadian Journal of Forest Research*, 28 (12): 1814–1824. DOI: 10.1139/x98-155
- ČHMÚ 2021. Portál ČHMÚ [on-line]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 2021-07-02]. Dostupné na/Available on: <http://portal.chmi.cz/>
- DÍAZ G., CÓRCOLES A.I., ASENCIO A.D., TORRES M.P. 2013. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* and naturally occurring fungi from elms against *Ophiostoma novo-ulmi*. *Forest Pathology*, 43 (1): 51–58. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2012.00792.x
- DOBBERTIN M., RIGLING A. 2006. Pine mistletoe (*Viscum album* ssp. *austriacum*) contributes to Scots pine (*Pinus sylvestris*) mortality in the Rhone valley of Switzerland. *Forest Pathology*, 36 (5): 309–322. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2006.00457.x
- DOBBERTIN M., WERMELINGER B., BIGLER C., BÜRGI M., CARRON M., FORSTER B., GIMMI U., RIGLING A. 2007. Linking increasing drought stress to Scots pine mortality and bark beetle infestations. *The Scientific World Journal*, 7 (S1): 231–239. DOI: 10.1100/tsw.2007.58
- GALIANO L., MARTÍNEZ-VILALTA J., LLORET F. 2010. Drought-induced multifactor decline of Scots pine in the Pyrenees and potential vegetation change by the expansion of co-occurring oak species. *Ecosystems*, 13 (7): 978–991. DOI: 10.1007/s10021-010-9368-8
- HEINIGER U., THEILE F., RIGLING A., RIGLING D. 2011. Blue-stain infections in roots, stems and branches of declining *Pinus sylvestris* trees in a dry inner alpine valley in Switzerland. *Forest Pathology*, 41(6): 501–509. DOI: 10.1111/j.1439-0329.2011.00713.x
- HOFSTETTER R.W., MOSER J.C. 2014. The role of mites in Insect-Fungus Associations. *The Annual Review of Entomology*, 59: 537–557. DOI: 10.1146/annurev-ento-011613-162039
- HORNTVEDT R. 1988. Resistance of *Picea abies* to *Ips typographus*: tree response to monthly inoculations with *Ophiostoma polonicum*, a beetle transmitted blue-stain fungus. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3 (1–4): 107–114. DOI: 10.1080/02827588809382500
- CHRISTIANSEN E., FJONE G. 1993. Pruning enhances the susceptibility of *Picea abies* to infection by the bark beetle-transmitted blue-stain fungus, *Ophiostoma polonicum*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8(1-4): 235–245. DOI: 10.1080/02827589309382773
- JAIME L., BATLLORI E., MARGALEF-MARRASE J., NAVARRO M.Á.P., LLORET F. 2019. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) mortality is explained by the climatic suitability of both host tree and bark beetle populations. *Forest Ecology and Management*, 448: 119–129. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.05.070
- JAKLITSCH W.M., SAMUELS G.J., DODD S.L., LU B.S., DRUZHINA I.S. 2006. *Hypocrea rufa/Trichoderma viride*: a reassessment, and description of five closely related species with and without warted conidia. *Studies in Mycology*, 56 (1): 135–177. DOI: 10.3114/sim.2006.56.04
- JANKOVSKÝ L., PALOVČÍKOVÁ D. 2003: Dieback of Austrian pine – the epidemic occurrence of *Sphaeropsis sapinea* in southern Moravia. *Journal of Forest Science*, 49 (8): 389–394. DOI: 10.17221/4712-JFS
- JANKOWIAK R. 2006. Fungi associated with *Tomicus piniperda* in Poland and assessment of their virulence using Scots pine seedlings. *Annals of Forest Science*, 63 (7): 801–808. DOI: 10.1051/forest:2006063
- JANKOWIAK R. 2012. Ophiostomatoid fungi associated with *Ips sexdentatus* on *Pinus sylvestris* in Poland. *Dendrobiology*, 68: 43–54.
- JANKOWIAK R., SZEWCZYK G., BILAŃSKI P., JAZŁOWIECKA D., HARABIN B., LINNAKOSKI R. 2021. Blue-stain fungi isolated from freshly felled Scots pine logs in Poland, including *Leptographium sosnaicola* sp. nov. *Forest Pathology*, 51 (2): e12672. DOI: 10.1111/efp.12672
- JANKOWIAK R., SOLHEIM H., BILAŃSKI P., MUKHOPADHYAY J., HAUSNER G. 2022. *Ceratocystiopsis* spp. associated with pine-and spruce-infesting bark beetles in Norway. *Mycological Progress*, 21 (7): 61. DOI: 10.1007/s11557-022-01808-x
- KIRISTIS T. 2013. Dutch elm disease and other Ophiostoma diseases. In: Gonthier P., Nicolotti G. (eds.): *Infectious forest diseases*. Wallingford, CAB International: 256–282.
- KROKENE P., SOLHEIM H. 1998. Pathogenicity of four blue-stain fungi associated with aggressive and nonaggressive bark beetles.

- Ecology and Population Biology, 88 (1): 39–44. DOI: 10.1094/PHYTO.1998.88.1.39
- LÅNGSTRÖM B., SOLHEIM H., HELLQVIST C., KROKENE P. 2001. Host resistance in defoliated pine: effects of single and mass inoculations using bark beetle-associated blue-stain fungi. *Agricultural and Forest Entomology*, 3 (3), 211–216. DOI: 10.1046/j.1461-9555.2001.00109.x
- LEONTOVÝČ R., ZÚBRÍK M., KUNCA A., VAKULA J. 2019. Zmeny klimatických podmienok a nárast výskytu biotických činiteľov v borovicových porostoch. In: Kunca, A. (ed.): Aktuálne problémy v ochrane lesa 2019. Zborník referátov z 28. ročníka medzinárodnej konferencie, ktorá sa konala 31. januára a 1. februára 2019 v Novom Smokovci. Zvolen, Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav Zvolen: 100–105.
- LEVIEUX J., LIEUTIER F., MOSER J.C., PERRY T.J. 1989. Transportation of phytopathogenic fungi by the bark beetle *Ips sexdentatus* Boerner and associated mites. *Journal of Applied Entomology*, 108 (1–5): 1–11. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1989.tb00425.x
- LIECKFELDT E., SAMUELS G.J., NIRENBERG H.I., PETRINI O. 1999. A morphological and molecular perspective of *Trichoderma viride*: is it one or two species? *Applied and Environmental Microbiology*, 65 (6): 2418–2428. DOI: 10.1128/AEM.65.6.2418-2428.1999
- LIEUTIER F., YART A., GARCIA J., HAM M.C., MOLÉRET M., LEVIEUX J. 1989. Champignons phytopathogènes associés à deux coléoptères scolytidae du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) et étude préliminaire de leur agressivité envers l'hôte. *Annals des Sciences*, 46 (3): 201–216. DOI: 10.1051/forest:19890301
- LINDNER M., GARCIA-GONZALO J., KOLSTRÖM M., GREEN T., REGUERA R., MAROSCHEK M., SEIDL R., LEXER M.J., NETHERER S., SCHOPF A. 2008. Impact of climate change of European forests and options for adaptation. Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development: 173 s. Dostupné na/Available on: <https://hal.inrae.fr/hal-02821804/document>
- LIŠKA J., KNÍŽEK M., LORENC F. 2018. Kalamitní odumírání borovice lesní. *Lesnická práce*, 97 (11): 827–829.
- LIŠKA J., KNÍŽEK M., VÉLE A. 2021. Evaluation of insect pest occurrence in areas of calamitous mortality of Scots pine. *Central European Forestry Journal*, 67 (2): 85–90. DOI: 10.2478/forj-2021-0006
- LORENC F. 2019. Chřadnutí a odumírání dubů a tracheomykózními příznaky. *Lesnická práce*, 104 (11): příloha [4 s.] Dostupné na/Available on: http://www.silvarium.cz/images/letak-los/2019/2019_LOS_1911_duby.pdf
- LORENC F., VÉLE A. 2022a. Characteristics of *Pinus sylvestris* stands infected by *Viscum album* subsp. *austriacum*. *Austrian Journal of Forest Science*, 139 (1): 31–50. Dostupné na/Available on: https://www.forestscience.at/content/dam/holz/forest-science/2022/01/CB2201_Art2.pdf
- LORENC F., VÉLE A. 2022b. *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton in *Pinus sylvestris* L. stands affected by long-term drought. *Central European Forestry Journal*, 68: 214–223. DOI: 10.2478/forj-2022-0010
- MACGOWAN I. 1993. The entomological value of aspen in the Scottish Highlands. Perth, Malloch Society: 43 s. Malloch Society Research Report; No 1.
- MARINCOWITZ S., DUONG T.A., HEINIGER U., WINGFIELD B.D., WINGFIELD M.J., DE BEER Z.W. 2017. A new *Leptographium* species from the roots of declining *Pinus sylvestris* in Switzerland. *Forest Pathology*, 47 (4): e12346. DOI: 10.1111/efp.12346
- MUTLU A., OSMA E., ILHAN V., TURKOGLU H.I., ATICI O. 2016. Mistletoe (*Viscum album*) reduces the growth of the Scots pine by accumulating essential nutrient elements in its structure as a trap. *Trees*, 30 (3): 815–824. DOI: 10.1007/s00468-015-1323-z
- OLIVA J., STENLID J., MARTÍNEZ-VILALTA J. 2014. The effect of fungal pathogens on the water and carbon economy of trees: implications for drought-induced mortality. *New Phytologist*, 203: 1028–1035. DOI: 10.1111/nph.12857
- PASTIRČÁKOVÁ K., ADAMČÍKOVÁ K., PASTIRČÁK M., ZACH P., GALKO J., KOVÁČ M., LACO J. 2018. Two blue-stain fungi colonizing Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees infested by bark beetles in Slovakia, Central Europe. *Biologia*, 73 (1): 1053–1066. DOI: 10.2478/s11756-018-0114-6
- PŘÍHODA A. 1990. Hynutí dubů ve středních Čechách. *Bohemia Centralis*, 19: 81–90. Dostupné na/Available on: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/174/022576.pdf?seek=1404374741>
- PŘÍHODA A. 1992. Nové tracheomykózy dřevin ve Středních Čechách. *Bohemia Centralis*, 21: 123–132. Dostupné na/Available on: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/res/archive/174/022586.pdf?seek=1404372276>
- RAFFA K.F., KRAUSE S.C., REICH P.B. 1998. Long-term effects of defoliation on red pine suitability to insects feeding on diverse plant tissues. *Ecology*, 79 (7): 2352–2364. DOI: 10.1890/0012-9658(1998)079[2352:LTEODO]2.0.CO;2
- RIGLING A., EILMANN B., KOECHLI R., DOBBERTIN M. 2010. Mistletoe-induced crown degradation in Scots pine in a xeric environment. *Tree Physiology*, 30 (7): 845–852. DOI: 10.1093/treephys/tpq038
- SINCLAIR W.A., LYON H.H. 2005. *Disease of trees and shrubs*. Ithaca, Cornell University Press: 660 s.
- SOLHEIM H., KROKENE P., LÅNGSTRÖM B. 2001. Effects of growth and virulence of associated blue-stain fungi on host colonization behaviour of the pine shoot beetles *Tomicus minor* and *T. piniperda*. *Plant Pathology*, 50 (1): 111–116. DOI: 10.1046/j.1365-3059.2001.00541.x
- WEBBER J.F., BRASIER C.M. 1984. The transmission of Dutch elm disease: A study of the processes involved. In: Anderson, J.M. et al. (eds.): *Invertebrate-microbial interactions*. Joint symposium of the British Mycological Soc. and the British Ecological Soc. held at the Univ. of Exeter, Sept. 1982. Cambridge, Cambridge University Press: 271–306.
- WINGFIELD M.J., SEIFERT K.A., WEBBER J.F. (eds.) 1993. *Ceratocystis and Ophiostoma*. Taxonomy, ecology, and pathogenicity. St. Paul, Minnesota, The American Phytopathological Society Press: 293 s.
- YAMAOKA Y. 2017. Taxonomy and pathogenicity of ophiostomatoid fungi associated with bark beetles infesting conifers in Japan, with special reference to those related to subalpine conifers. *Mycoscience*, 58: 221–235. DOI: 10.1016/j.myc.2017.03.001

OPHIOSTOMATOID FUNGI ON SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) STANDS AFFECTED BY LONG-TERM DROUGHT

SUMMARY

In recent years, mortality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) has noticeably increased in Europe due to drought and subsequent activation of biotic harmful agents. Ophiostomatoid fungi are saprotrophs or facultative parasites, living mostly in phloem and sapwood of woody plants. Some ophiostomatoid fungi are highly virulent, may significantly contribute to dying of Scots pines, and their occurrence is often related to drought stress. Vectors, especially subcortical insects and mites, play an important role in the spread of the ophiostomatoid fungi. The aims of this study were: (1) to evaluate presence of ophiostomatoid fungi in relation to sampling period, site, tree age, defoliation, wood sample origin and presence of other taxa on wood cross-section samples from Scots pine trees affected by long-term drought, and (2) to assess phytopathological importance of ophiostomatoid fungi in these stands.

In this study, Scots pine trees were sampled in 2020 in three periods (spring, summer, autumn) at four sites with Scots pine stands affected by long-term drought (Tab. 1). Two trees from different age classes (30–40, 50–90 years) were cut down in each sapling period at each site (total 24 trees). All trees were evaluated for these variables: (1) diameter at breast height, (2) defoliation, subsequently sorted to classes (10%, >10–25%, >25–60%, >60–99%, 100%), (3) European mistletoe (*Viscum album* L.) (0 absence, 1 presence), (4) subcortical insects (0 absence, 1 presence). Wood cross-section samples were taken from three parts (bottom trunk, middle trunk, twigs) of the each cut tree (total 72 wood cross-section samples). The wood cross-section samples were cultivated in wet chambers for eight weeks. After cultivation, presence of ophiostomatoid fungi and other taxa (always: 0 absence, 1 presence) were evaluated under stereomicroscope. Air temperature and air moisture were obtained from data loggers on research sites. Obtained data were statistically tested using frequency analyses of observed values and their comparison with expected values (χ^2) in Statistica 10 software. Correspondence of ophiostomatoid fungi with other taxon was tested as the sum of the number of samples with the presence or absence of both these organisms compared to the number of samples with the presence of just one of these organisms (χ^2).

Ophiostomatoid fungi were present on 33% wood cross-section samples from 50% trees. Presence of ophiostomatoid fungi was significantly different in relation to sampling period (highest autumn, lowest spring; Tab. 2 and 3). Presence of ophiostomatoid fungi was insignificantly different in relation to site, tree age, wood sample origin, and defoliation (Tab. 2 and 3). All trees fell into two defoliation classes (>25–60 % or >60–99 %). All 50–90-year-old trees showed higher diameter at breast height compared to 30–40-year-old trees (Tab. 4). Presence of ophiostomatoid fungi showed significant goodness of fit with both presence of mites (Tab. 2) and Nematocera larvae (Tab. 2), both with direct proportion (Fig. 1). Mites were present on 31% wood cross-section samples (Tab. 3), Nematocera larvae on 21% wood cross-section samples (Tab. 3). *Trichoderma* sp. was present on 100% wood cross-section samples. Other taxons occurred sporadically. On the trees, presence of European mistletoe showed insignificant goodness of fit with presence of ophiostomatoid fungi (Tab. 2 and 4), all mistletoe shrubs were identified as a pine mistletoe (*Viscum album* subsp. *austriacum* [Wiesb.] Vollm.).

In this study, seasonal differences in presence of ophiostomatoid fungi could be related to both presence of mites and Nematocera larvae, which were also highest in the autumn and lowest in the spring. Differences in weather conditions between the research sites were apparently insignificant. Neither tree age nor diameter at breast height were related to presence of ophiostomatoid fungi, more important factor was a health status of the trees. Insignificant differences between parts of the trunks could be due to the low number of wood cross-section samples. Ophiostomatoid fungi occur more frequently on wood cross-section samples of heavily defoliated pines, whereas only virulent species play role in the host decline. Mites are the most important organisms that feed on the mycelium and spores of ophiostomatoid fungi, which may explain their co-occurrence. The Nematocera larvae colonized wood cross-section samples after their sampling, probably due to cultivated ophiostomatoid fungi, on which the larvae fed. So, the occurrence of Nematocera larvae was not related to the health status of Scots pine trees. Neither *Trichoderma* sp. nor European mistletoe were related to presence of ophiostomatoid fungi.

Overall, ophiostomatoid fungi occurred on Scots pine frequently at all research sites on trees of both age classes in this study. However, the trees with ophiostomatoid fungi did not show increased defoliation, infestation of subcortical insects, infection of European mistletoe, nor other symptoms of poor health status, compared to trees without ophiostomatoid fungi. So, ophiostomatoid fungi were not significant factors attributable to decline and dying of Scots pine stands affected by long-term drought in the Czech Republic.

Zasláno/Received: 29. 08. 2022

Přijato do tisku/Accepted: 19. 10. 2022