



Symptomatologie nekrózy jasanu





Symptomatologie nekrózy jasanu

Symptomatologie nekrózy jasanu

Certifikovaná metodika

Autoři:

Ing. Ludmila Havrdová, Ph.D.*; Mgr. Karel Černý, Ph.D.



*Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.
Květnové nám. 391, Průhonice, 252 43*

(autorské podíly v %: 60:40)

* Ludmila.Havrdova@vukoz.cz, +420 296 528 235

© Ludmila Havrdová et Karel Černý, 2017

ISBN: 978-80-87674-20-8

Schváleno k použití Ministerstvem zemědělství ČR. Osvědčení č. 30179/2017-MZE-16222/M143.
Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu NAZV QJ1220218 (80 %) a NAZV QI92A207 (20 %) Ministerstva zemědělství ČR.

Recenzenti:

RNDr. Jaroslava Marková, CSc. (Univerzita Karlova v Praze)

Ing. Jiří Bílý, Ph.D. (Ministerstvo zemědělství ČR)

Obsah

1. Úvod	5
2. Cíl metodiky	5
3. Vlastní popis metodiky	5
3.1. Cyklus nekrózy jasanu	6
3.1.1. Vývojový diagram nekrózy jasanu	6
3.2. Listová skvrnitost	8
3.3. Předčasný opad	10
3.4. Pseudosklerocia a tvorba plodnic	12
3.5. Nekróza výhonu	14
3.5.1. Nekróza výhonu – vnitřní pletiva	14
3.5.2. Nekróza výhonu – vnější pletiva	16
3.5.3. Nekróza výhonu – další projevy	18
3.6. Prosychání koruny	20
3.7. Sekundární obrost	22
3.8. Nekróza báze kmene	24
3.9. Poškozené porosty	26
3.10. Další biotické a abiotické faktory poškozující jasan a možnost záměny	28
4. Srovnání novosti postupů	30
5. Popis uplatnění certifikované metodiky	30
6. Ekonomické aspekty	30
7. Seznam použité související literatury	31
8. Seznam publikací, které předcházely metodice	33
Poděkování	33
Slovníček použité odborné terminologie	34

1. Úvod

Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) byl dlouhou dobu z hlediska zdravotního stavu a výskytu možných patogenů v ČR i v Evropě shledáván jako relativně bezproblémová dřevina. Mezi vážnější patogeny a škůdce jasanu bylo možno zařadit např. fytoftory (*Phytophthora* spp.), verticilia (*Verticillium* spp.), padlí jasanové (*Phyllactinia fraxini*), rážovku (*Nectria galligena*), pseudomonas (*Pseudomonas savastanoi* pv. *fraxini*), rezavce štětinatého (*Inonotus hispidus*), lýkohuba jasanového (*Hylesinus fraxini*) a zrnitého (*Hylesinus crenatus*) či dutilku jasanovou (*Prociophilus bumeliae*) a některé další organismy (Gregorová et al. 2006). Po té, co bylo v polovině 90. let v severovýchodní Evropě pozorováno poprvé intenzivní chřadnutí jasanů (Kowalski et Holdenrieder 2008) se tato situace zásadně změnila.

Nekrózou jasanu v Evropě známou jako „ash dieback“, je označováno nebezpečné hromadné odumírání jasanů, jehož příčinou je invazní houbový organismus *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz, Hosoya (Baral et Bemmann 2014; Gross et al. 2014). *H. fraxineus* – česky voskovička jasanová je mikroskopická houba patřící mezi askomycety (Leotiomycetes: Helotiales: Helotiaceae). Jako první (v r. 2001) bylo pozorováno její parazitické nepohlavní stádium *Chalara fraxinea* T. Kowalski 2006 (Kowalski 2001, 2006).

V České republice se *H. fraxineus* pravděpodobně vyskytuje od 90. let 20. stol, kdy byly pozorovány první chřadnoucí výsadby jasanů (Gregorová et al. 2006); poprvé byl však potvrzen až v r. 2007 (Jankovský et Holdenrieder 2009). Studium herbářových dokladů (Národní muzeum) potvrdilo výskyt od roku 2009 (Koukol et al. 2016), nicméně období 90. let 20. stol. není v herbářových dokladech zachyceno. Epidemie se šířila územím od severovýchodu na jihozápad a dnes se patogen vyskytuje víceméně na celém území státu, kde postihuje oba původní druhy jasanu – *Fraxinus excelsior* i *F. angustifolia* (Havrdová et Černý 2012; Havrdová et al. 2016a). Z evropských druhů je nejvíce citlivý jasan ztepilý, o něco méně poškozován je jasan úzkolistý a nejméně jasan manový (Havrdová et al. 2016b; Nielsen et al. 2016; Schwanda et Kirisits 2016), většina asijských a některé americké druhy jsou citlivé méně (Nielsen et al. 2016).

Patogenem jsou napadány stromy všech věkových kategorií na různých typech stanovišť – od přirozených lesů po komerční lesní výsadby a výsadby okrasné (Kowalski et Łukomska 2005; Kirisits et Halmschlager 2008; Kirisits et Freinschlag 2012). V České republice byl výskyt choroby zjištěn u solitérních jedinců, roztroušených výsadbách v krajině, ve stromořadích, větrolamech, okrasné zeleni ve městech, v břehové vegetaci, v ochranných porostech na svazích a v nejrůznějších typech lesů včetně suťových lesů, jasanových olšin a lužních porostů, bez ohledu na nadmořskou výšku. Nejvýraznější problémy spojené s výskytem patogenu se objevují ve výsadbách s vyšším zastoupením a významem jasanu, a to zejména na vlhčích stanovištích v jasanovo-olšových lužích, v tvrdých lužích a obecně také v břehových porostech (Havrdová et Černý 2012; Černý et al. 2016).

Nekróza jasanu vede k závažnému poškození a odumírání jednotlivých stromů i celých porostů a to ve všech oblastech pěstování jasanu. Závažné ekonomické dopady choroby tedy můžeme identifikovat nejen v lesnictví a školkařství, ale i v okrasných výsadbách v intravilánech obcí, ve výsadbách kolem komunikací, v břehových porostech, ve volné krajině a jinde (Černý et al. 2016).

Z důvodu nebezpečnosti tohoto patogenu a jeho dalekosáhlého dopadu na celé porosty a ekosystémy (Černý 2016) je nutné, aby odborní

pracovníci (lesníci, pracovníci ochrany přírody, arboristé a mnozí další) setkávající se ve své praxi s poškozením jasanů dokázali jednoznačně identifikovat nekrózu jasanu a odlišit ji od ostatních příčin poškození. Přesná identifikace nekrózy jasanu je možná pouze na základě přesné znalosti jejích projevů (symptomů). Cílem této metodiky je poskytnutí nástroje použitelného pro identifikaci v nejširší provozní praxi.

Pro snížení dopadu škod působených chorobou je možné navrhovat a provádět ochranná opatření na základě metodiky certifikované Ministerstvem zemědělství „Pěstování jasanu v prostředí s výskytem *Hymenoscyphus fraxineus*“ (Černý et al. 2016). Tato metodika shrnuje možná ochranná opatření pro všechny typy výsadb jasanu; je tedy možné ji použít v lesnictví, vodohospodářství, zahradní architektuře, arboristice, ve školkařství, v ochraně přírody a krajiny a v dalších oblastech. V případě nejistot, co se týče trvalého rizika hrozícího ze strany choroby v jednotlivých oblastech ČR (což je důležitým předpokladem pro správné rozhodování ohledně péče o jasanu a vůbec budoucnosti jejich výsadb a porostů), lze doporučit specializovanou mapu „Mapa potenciálního poškození lesních porostů ČR nekrózou jasanu“ (Havrdová et al. 2016a). Tato mapa přes své zaměření na lesní porosty dobře odráží situaci i pro ostatní typy porostů.

2. Cíl metodiky

Hlavním cílem metodiky je umožnit jejím uživatelům, tj. potenciálně všem subjektům zabývajícím se pěstováním jasanu, přesnou a rychlou identifikaci nekrózy jasanu. Účelem metodiky je pak s pomocí včasné identifikace choroby umožnit co nejrychlejší provedení adekvátních ochranných, pěstebních a dalších opatření (viz Černý et al. 2016), snížit tak co možná nejvíce škody způsobené patogenem a napomoci dlouhodobému udržení a rozvoji pěstování jasanu ve všech typech výsadb a v prostředích, kde se tato dřevina vyskytuje.

3. Vlastní popis metodiky

Metodika identifikace symptomů přítomnosti a poškození způsobené *H. fraxineus* je založena na dlouhodobém sledování celoročního vývoje patogenu a projevů choroby v různých typech výsadb a porostů (např. Havrdová 2015). Toto sledování bylo podpořeno výsledky výzkumu biologie patogenu, získaných v rámci projektů MZe NAZV QJ92A207 „Obnova a dlouhodobý, přírodě blízký management břehových porostů vodních toků“ (2009–2013) a NAZV QJ1220218 „Vývoj efektivních opatření eliminujících dopad invaze *Chalara fraxinea* v lesním školkařství a v navazujících aspektech lesního a vodního hospodářství“ (2012–2016).

Metodika popisuje všechny významné specifické projevy onemocnění, které je možné pozorovat během roku, a jsou důležité pro identifikaci choroby. V úvodní části metodiky je popsán životní cyklus *Hymenoscyphus fraxineus* a vývoj choroby. V hlavní části jsou pak představeny projevy choroby tak, jak se v průběhu jejího vývoje objevují. V části závěrečné je upozorněno na další biotické a abiotické faktory poškozující jasan, jejichž projevy mohou být podobné symptomům nekrózy jasanu, nebo se relativně běžně vyskytují.

3.1. Cyklus nekrózy jasanu

Celý životní cyklus *Hymenoscyphus fraxineus* probíhá pouze na listech jasanu (Gross et al. 2014). Patogen se šíří vzduchem ve formě spor pohlavního stádia – askospor (Kirisits et Cech 2009; Kowalski et Holdenrieder 2009; Timmermann et al. 2011). Askospory dopadnou na citlivá pletiva hostitele – nejčastěji listové čepele a řapíky (Obr. 1A; méně často může docházet k infekci výhonů, náběhů kořenů atp. např. lenticelami), vyklíčí a hyfy patogenu proniknou průduchy do pletiv hostitele (Gross et al. 2012; Cleary et al. 2013a), kde se postupně mycelium rozrůstá (zde již parazitické nepohlavní stádium *Chalara fraxinea*) a dochází k postupné nekrotizaci pletiv. V důsledku infekce listů následuje jejich opad, kdy může dojít až k téměř kompletnímu odlistění více napadených jedinců (Obr. 1B; Bakys et al. 2009a). Na opadlém materiálu patogen přezimuje (tvorí tzv. pseudo-sklerocia) a v další vegetační sezóně se vytvářejí (zejména na odumřelých

řapících a žilnatině listu) bělavé stopkaté miskovité plodnice pohlavního stádia (Obr. 1C; např. Kowalski et Holdenrieder 2009). Tyto plodnice se objevují především v létě a produkují velké množství askospor, které se uvolňují, kolonizují další listy (Timmermann et al. 2011) a cyklus se uzavírá.

Před předčasným opadem listů však může docházet k prorůstání mycelia pletivem řapíku přes listové stopy do výhonů a větví, kde patogen způsobuje jejich postupnou nekrotizaci (Obr. 1D; např. Kowalski et Holdenrieder 2008). S postupem rozvoje choroby se poškození korun stále zvyšuje (Obr. 1E) a strom nakonec odumírá.

Na základě studie týmu Fones et al. (2016) z Velké Británie nelze vyloučit šíření patogenu půdou pomocí mycelia a konidií; autoři rovněž potvrzují možnost kolonizace kořenů jasanu. Tyto výsledky je však ještě nutné ověřit dalším výzkumem.

Obr. 1. Cyklus nekrózy jasanu. Nekróza listů (A); předčasná defoliace jasanu (B); bělavé plodnice *H. fraxineus* v opadu jasanu na zemi a detail plodnic (C); prosychající koruna a nekrotizovaný výhon jasanu (D); odumírající lesní porost jasanu (E)

3.1.1. Vývojový diagram nekrózy jasanu

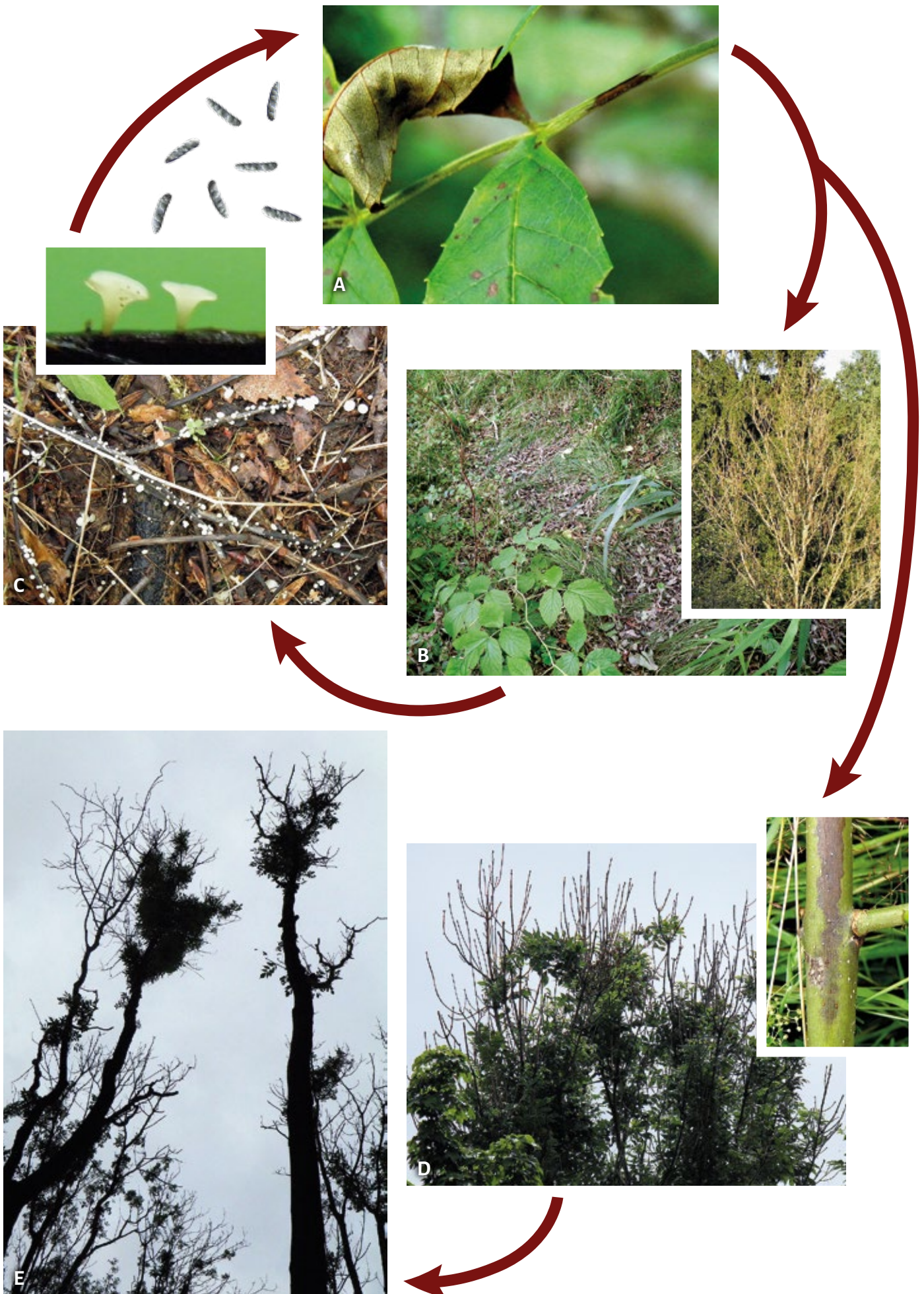
Vybraná vývojová stádia patogenu a významné specifické projevy onemocnění jsou uvedeny v následujícím diagramu.

	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	I.	II.	III.
Náhlé vadnutí*		---	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
Tvorba plodnic <i>H. fraxineus</i>		---	-----	-----	-----	-----	-----	-----				
Šíření askospor <i>H. fraxineus</i>			---	-----	-----	-----	-----	-----				
Listová skvrnitost			---	-----	-----	-----	-----	-----				
Předčasný opad listů				---	-----	-----	-----	-----				
Nekrotizace výhonu – vnitřní pletiva					---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Nekrotizace výhonu – vnější pletiva						---	-----	-----	-----	-----	-----	-----

--- možné období výskytu

----- hlavní období výskytu

* důsledek předchozích infekcí



3.2. Listová skvrnitost

Askospory pohlavního stádia patogenu *Hymenoscyphus fraxineus* jsou unášeny větrem a po dopadu na čepele a řapíky listů jasanu klíčí, hyfy pronikají do buněk listu a rozrůstající se mycelium nepohlavního stádia (*Chalara fraxinea*) jej postupně kolonizuje (Gross et al. 2012). Pro tuto fázi choroby jsou charakteristické četné drobné okrouhlé hnědavé léze tvořící se v prvních fázích infekce (Obr. 2A) Nekrózy jsou charakteristické svým difúzním okrajem, rychle se zvětšují, intenzivně se prodlužují podél žilnatiny (Obr. 2B) a postupně splývají (Obr. 2C). Jakmile mycelium dosáhne vřetene, dojde k přerušení vodivých pletiv do části listu nad infekcí a výše postavené lístky mohou rychle uschnout. Mycelium následně intenzivně prorůstá vřetenem a řapíkem, zejména směrem k výhonu (Obr. 2D). Patogen může pronikat i přímo do řapíku (např. lenticelami, skrze poranění či v místech posátí hmyzem – Husson et al. 2012). Stejným způsobem mohou být patogenem infikovány a kolonizovány i plody jasanu (Cleary et al. 2013b).

První viditelné příznaky napadení pletiv listů lze pozorovat cca dva týdny po objevení se zralých plodnic (Cleary et al. 2013a; Gross et al. 2014). Od vzniku prvních skvrn na listech až do odumření či opadu infikovaných listů uplynou přibližně dva týdny (Steinböck et al. 2013; Gross et al. 2014). Typické symptomy poškození listů lze v ČR pozorovat od druhé poloviny června do září (října), nejčastěji však v období od druhé poloviny července do září (Havrdová unpubl.). Pro vývoj plodnic a úspěšný průběh infekčního procesu je ovšem zapotřebí příznivých klimatických podmínek – zejména pak vyšší vlhkosti prostředí (Keßler et al. 2012; Dvorak et al. 2015), tudíž objevení se těchto symptomů v průběhu léta je obvykle vázáno na srážkově bohatá období, případně na lokality s vhodným mikroklimatem. Z tohoto důvodu byla opakovaně zaznamenána značná variabilita ve výskytu těchto symptomů. Ve srážkově chudých letech významnější infekce dokonce nemusí vůbec proběhnout (Skovsgaard et al. 2017).

Obr. 2. Listová skvrnitost způsobená *H. fraxineus*. Četné drobné hnědé nekrózy vytvářející se na listu v první fázi infekce (A); prodlužující se nekróza podél žilnatiny směrem k vřetenu listu (B); splývání drobných nekrosů v nepravidelné velké nekrózy způsobující rozsáhlé poškození listové čepele (C); nekróza vřetene a řapíku listu rychle se prodlužující směrem k výhonu (D)



3.3. Předčasný opad

Infikované a nekrotizované listy obvykle velmi rychle opadnou. K odpadnutí listu mnohdy dojde ještě dříve, než mycelium patogenu prorůstající řapíkem dosáhne výhonu, někdy může dojít k opadu listů i bez viditelné přítomnosti nekrotizace (Gross et al. 2014) – jedná se pravděpodobně o obrannou reakci hostitele na napadení patogenem, jejíž mechanismus nebyl v případě nekrotizace jasanu dosud studován.

Míra a období defoliace není obvykle významným, natožpak prokazatelným ukazatelem míry citlivosti daného genotypu hostitele. Intenzita a nástup masivní předčasné defoliace (ztráta olíštění může dosáhnout až 100 % – Obr. 3A, B) významně ovlivňuje množství asimilátů a vytvořených zásob jasanu. Méně tedy v tomto ohledu bývají poškozeny dříve rašící a opadávající genotypy (McKinney et al. 2014), kterým však hrozí vyšší riziko poškození pozdním mrazem.

Před opadem listů může mycelium patogenu prorůst do pletiv výhonů listovými stopami a postupně je dále kolonizovat. Tento klíčový proces zásadně ovlivňující následné chřadnutí stromu bohužel nebyl až na výjimky (Haňáčková et al. v řízení) dosud studován.

První výraznější opad listů můžeme pozorovat již od července průběžně až do podzimu. V případě standardního vývoje počasí lze vysoký výskyt infekčního inokula (askospor) zaznamenat nejčastěji od července do konce srpna (Timmermann et al. 2011; Hietala et al. 2013; Chandelier et al. 2014) a objevení se masivního opadu listů pak můžeme v ČR sledovat v průběhu srpna (Obr. 3C, D; Havrdová unpubl.). Načasování a intenzita tohoto projevu je závislá na stanovištních a mikroklimatických podmínkách, množství infekčního inokula a mnoha dalších faktorech. Nejvýznamnějším je však citlivost konkrétního genotypu jasanu a vývoj počasí, resp. srážek (viz kap. 3.2.).

Obr. 3. Předčasný opad jasanu v důsledku infekce *H. fraxineus*. Předčasná 100% defoliace jasanu v srpnu v břehovém porostu (A) a v lesním porostu (B); množství nekrotizovaných opadaných listů je důsledkem masivní infekce askosporami (C); detail opadlých nekrotizovaných listů s viditelnými nekrotizacemi na čepeli listu, větenu a řapíku (D)



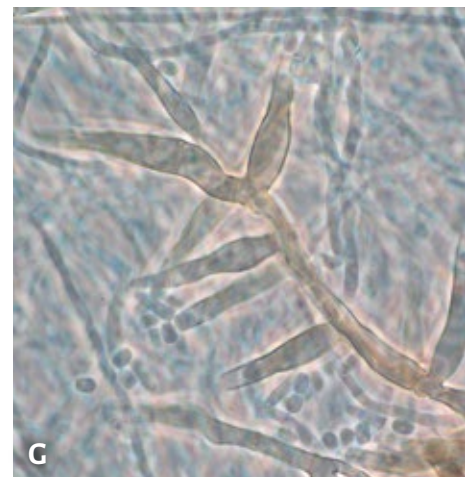
3.4. Pseudosklerocia a tvorba plodnic

Na odumřelém materiálu (listech, výjimečně výhonech a plodech) patogen přezimuje ve formě pseudosklerocií obvykle se hojně vyskytujících na řapících v opadu pod napadenými stromy. Pseudosklerocia jsou pevné, černě zbarvené ploché útvary vytvářející se ze zbytků pletiv hostitele prostoplých propletenými hyfami patogenu. Koncem jara a v létě se na zemi na těchto pseudosklerociích vytváří množství bělavých plodnic (apotecií) pohlavního stádia *Hymenoscyphus fraxineus* (Obr. 4A, B). Apotecia jsou výrazně stopkatá (Obr. 4C) a může jich být na jednom řapíku i několik desítek. V každé plodnici se tvoří tisíce askospor, které mohou infikovat další hostitele (Koukol et al. 2014). K nejintenzivnějšímu přirozenému uvolňování askospor dochází v ranních hodinách (Timmermann et al. 2011), uvolněné askospory mohou být unášeny větrem až do vzdálenosti několika kilometrů; s rostoucí vzdáleností od zdroje se počet spor snižuje a infekční tlak klesá (Chandelier et al. 2014). Studie Kirisitse (2015) dokazuje, že apotecia se na řapících mohou opakovaně vyvíjet minimálně pět let po opadnutí listů, což znamená, že populace patogenu v opadu v průběhu let trvale narůstá spolu s množstvím opadlého kolonizovaného materiálu. Spíše ve výjimečných případech dochází k tvorbě apotecí i na napadených výhonech hostitele (Timmermann a kol. 2011, Obr. 4D) a pravděpodobně i na plodech (semenech) hostitele (Cleary et al. 2013b).

Pohlavní (teleomorfní) stádium patogenu (*Hymenoscyphus fraxineus*) tvoří stopkaté miskovité plodnice (apotecia, viz výše). V plodnicích dosahujících většinou průměru do 3 mm (výjimečně až 8 mm, Gross et al. 2014), se ve výtrusorodé vrstvě (hymeniu) tvoří protáhlá kyjovitá vřevka (80–107 x 8–10 µm, Obr. 4E), obsahující osm bezbarvých tenkostěnných jednobuněčných askospor (13–21 x 3,5–5,0 µm, Obr. 4F), a válcovité parafýzy (1,8–2,4 µm v průměru, u apexu až 3 µm) vyplňující prostor mezi vřevky (Gross et al. 2014). Nepohlavní (anamorfní) stádium patogenu (*Chalara fraxinea*) vytváří hnědavé fialidy (16–24 x 4–5 µm; Obr. 4G) produkující krátké válcovité bezbarvé jednobuněčné konidie (3,2–4,0 x 2,0–2,5 µm) ve slizovitých kapkách a příležitostně také v řetízích (Gross et al. 2014). K tvorbě konidií (předpokládá se, že mají funkci samčích pohlavních buněk) pravděpodobně dochází na myceliu pokrývajícím řapíky ihned po jejich opadu, kdy nejspíš dochází rovněž k oplození receptivní samičí hyfy (askogonu; Gross et al. 2012).

Pseudosklerocia se na opadlém materiálu vyvíjejí od podzimu (Gross et al. 2014), jsou vytrvalá, přežívají několik let (Kirisits 2015) a lze je tedy pozorovat po celý rok. Tvorba plodnic probíhá obvykle od května do října s obvyklým maximem v červenci až srpnu. Tvorba plodnic je výrazně vázána na vývoj srážek a teplot (viz kap. 3.2.).

Obr. 4. Pseudosklerocia a rozmnožovací útvary *H. fraxineus*. Bělavé plodnice *H. fraxineus* jsou na zemi v opadu na ležících řapících jasanu okem dobře pozorovatelné (A); plodnice *H. fraxineus* vyrůstající na černém pseudosklerociu pokrývajícím řapík (B); typické bělavé mističkovité stopkaté plodnice *H. fraxineus* na pseudosklerociu (C); plodnice *H. fraxineus* vyrůstající na opadlém výhonu (pseudosklerocium je skryto pod odumřelými vrchními pletivy výhonu), D); vřevka *H. fraxineus* (E, foto M. Hrabětová); askospory *H. fraxineus* (F, foto O. Holdenrieder); fialidy nepohlavního stádia patogenu *Ch. fraxinea* (G, foto A. Gross)



3.5. Nekróza výhonu

3.5.1. Nekróza výhonu – vnitřní pletiva

Před opadem napadených listů může dojít k infekci výhonů a větví myceliem proniknuvším z řapíků skrze listové stopy (cévní svazky vstupující z výhonů do listů). Mycelium patogenu proniká primárně do dřevní části výhonu (xylému), kde způsobuje jeho tmavě šedohnědé (Schumacher et al. 2010; Obr.5A), či červenohnědé (Obr. 5B) zabarvení a intenzivně se šíří podélným směrem. Šíření radiálním směrem (k povrchu výhonu) bývá podstatně pomalejší, tudíž rozsah kolonizovaných pletiv dřevní části výhonů může být podstatně větší než rozsah viditelně nekrotizovaných po-

vrchových pletiv (Schumacher et al. 2010; Bengston et al. 2014; srovnej Obr. 5C, D), což je potřeba respektovat zejména při zdravotním řezu sazenic a mladých stromků. Patogen může ve formě mycelia ve výhonech přežívat zimní období a během následujících let se pletivy šířit dál do starších pletiv výhonů a větví.

Symptomy čerstvé nekrotizace vnitřních pletiv výhonů je možné pozorovat nejlépe od konce léta, víceleté poškození pletiv je ovšem patrné po celý rok.

Obr. 5. Nekróza vnitřních pletiv výhonů a větví jasanu způsobená *H. fraxineus*. Tmavě šedohnědé zabarvení infikovaných vnitřních pletiv starší větve jasanu (A); červenohnědé zabarvení dřevní části výhonu a jeho vodivých pletiv (B); sazenice jasanu s terminálem odumřelým v důsledku infekce *H. fraxineus* s na první pohled zdravými náhradními výhony (C); tatáž sazenice, podélný řez; viditelná rozsáhlá kolonizace vnitřních pletiv (D)



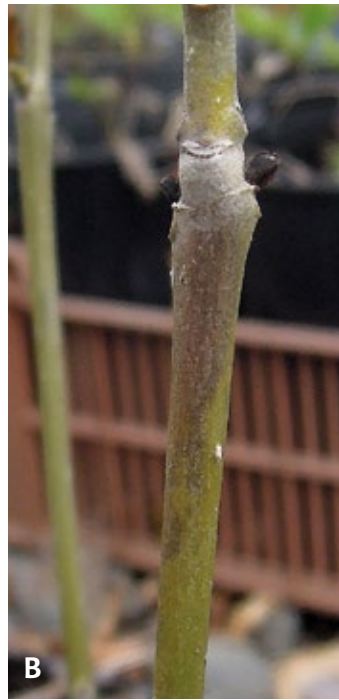
3.5.2. Nekróza výhonu – vnější pletiva

Kolonizace výhonů není zpočátku na jejich povrchu viditelná, patogen se nejprve intenzivně šíří xylémem, viz kap. 3.5.1. Viditelná kolonizace povrchových pletiv může být v počátku snadno přehlédnutelná (Obr. 6A), nekrózy mají většinou difúzní (Obr. 6B), později ostře ohraničené okraje. Patogen může k povrchovým pletivům výhonu proniknout z xylému i dále od místa vstupu infekce (Obr. 6C). Nekrózy se rychle prodlužují transpiračním, především však asimilačním směrem (Obr. 6D). Nekrotizovaná povrchová pletiva jsou obvykle hnědavě, později žlutohnědě zbarvena, někdy mohou mít zbarvení červenofialové (Obr. 6E). Infikovány jsou především přírůstky posledního roku (letorosty), skrze které jsou často poškozována starší pletiva jasanu (Obr. 6F). Mnohočetné infekce nejsou výjimkou

(Obr. 6G). Výhony a větve nad a okolo místa vstupu infekce zpravidla v roce kolonizace nebo v roce následujícím odumírají (např. Kowalski et Holdenrieder 2008; Bakys et al. 2009b) a přitom se zabarvují do světle hnědých až žlutavých odstínů (viz Obr. 6G).

Poškození výhonů je zpravidla dobře rozpoznatelné (v závislosti na předchozí infekci listů) až na podzim a především v zimním období. Symptomy jsou v případě infekce z předchozích let pozorovatelné po celý rok, v případě infekce nové nejlépe od prosince do jara. Nekrózy výhonů jsou lépe viditelné po dešti, kdy změny ve zbarvení napadených pletiv lépe vyniknou. Na přímém slunci jsou symptomy hůře viditelné.

Obr. 6. Nekróza vnějších pletiv výhonů jasanu způsobená *H. fraxineus*. V první fázi infekce může přirozené zbarvení terminálu znesnadnit identifikaci drobných nekrotů (označeno šipkou, A); nekróza výhonu s difúzním okrajem pod místem vstupu infekce (B); patogen pronikající k povrchu výhonu dále od místa vstupu infekce (C); ostře ohraničený okraj označeno šipkou, A) žlutohnědě zbarvené nekrózy prodlužující se transpiračním směrem (D); červenofialové zbarvení nekrotů (E); infikovaný letorost, ze kterého patogen pronikl do kmínku jasanu a způsobil zde poškození (F); výhon infikovaný na několika místech s různě zbarvenými nekrotami (G)



3.5.3. Nekróza výhonu – další projevy

Během vegetačního období může docházet k náhlému vadnutí a usychání listů a vyrašených či plně olistěných zdravých výhonů (Obr. 7A, B). Tento projev onemocnění je důsledek přerušení vodivých pletiv ve spodních partiích výhonů a větví šířícím se myceliem patogenu.

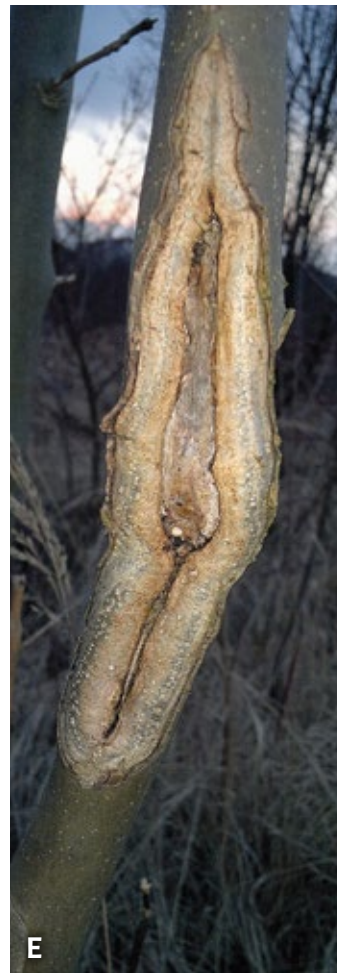
Symptomy vadnutí jsou nejlépe viditelné v květnu až červnu.

Hostitel může oddělit napadená povrchová pletiva hojivým pletivem (kalusem; Obr. 7C, D, E, F). Často však může dojít k opětovnému rozvoji

patogenu, kolonizaci kalusu a k dalšímu prodlužování nekrotizace. Bez ohledu na tvorbu kalusu často dále probíhá kolonizace vnitřního xylému větví a šíření patogenu uvnitř hostitele (viz kap. 3.5.1.).

Tvorbu kalusu lze dobře pozorovat od konce jara a v létě roku následujícího po infekci výhonu.

Obr. 7. Další projevy infekce jasanu na výhonech způsobené *H. fraxineus*. Náhlé vadnutí a usychání jarního olistění výhonu v koruně jasanu (A); náhlé vadnutí a usychání terminálu sazenice v lesní školce, B); kalus (hojivé pletivo) vytvořený na jaře první rok po infekci okolo nekrotizovaných pletiv (C, D); víceletý kalus na kmínku regenerujícího stromku E); sekundární infekce ranovým parazitem klanolístkou obecnou *Schizophyllum commune* v místě nezhojeného poškození způsobeného *H. fraxineus* (F)



3.6. Prosychnání koruny

Vzhledem k tomu, že se spory patogenu šíří vzduchem, poškození výhonů se v koruně napadených jedinců více projevuje v té části, která je více vystavena infekci. V případě přenosu inokula ze vzdálenějších zdrojů (převažuje v prvních fázích rozvoje napadení) bývají více napadeny obvodové partie korun (Obr. 8A). Později, kdy převáží množství inokula vznikajícího přímo na lokalitě pod napadenými stromy, zejména pak v zapojených porostech s vlhkým mikroklimatem a minimálním prouděním vzduchu, se poškození více soustřeďuje ve spodních částech korun (Obr. 8B). Kumulující se poškození (usychání) výhonů má za následek postupné prosychnání nejslabších či koncových větví a později poškození a odumírání stále silnějších a nakonec i kosterních větví (Obr. 8C). Napadán bývá

i sekundární obrost (viz níže, kap. 3.7.). Odumřelé výhony a větve jsou křehké a snadno se lámou, zejména po větrném počasí pak lze najít pod více poškozenými stromy množství popadaných suchých výhonů a větví. Poškození korun stále narůstá (ovšem v závislosti na vývoji počasí – viz Skovsgaard et al. 2017) a nakonec může dosahovat 80 až 90 % objemu koruny a strom odumírá. V pozdějších fázích poškození může být strom napaden dalšími patogeny, nejčastěji lýkohuby a václavkami, kteří mohou způsobit jeho rychlé odumření.

Symptomy prosychnání korun jsou patrné po celý rok, pro hodnocení rozsahu poškození korun je však nejvhodnější posuzovat prosychnání před nástupem opadu listů (nejlépe v červenci).

Obr. 8. Prosychnání koruny v důsledku infekce *H. fraxineus*. Poškození soustředěné po obvodu koruny napadeného jasanu (A); prosychnání výhonů ve spodní části koruny jasanu (B); dlouhodobě poškození jasanu s odumírajícími kosterními větvemi (C)



3.7. Sekundární obrost

Hostitel reaguje na narůstající úbytek olistění (v důsledku rozvoje poškození) tvorbou skupin proventivních výhonů (vlků), nejprve v koruně pod odumřelými výhony a větvemi (Obr. 9A), později rovněž na kosterních větvích a na kmeni (Obr. 9B) a vzniká typické shlukovité olistění (Obr. 9C). Hustý sekundární obrost bývá opakovaně a intenzivně napadán patogenem. V důsledku odumírání primární koruny se postupně vytváří koruna sekundární (viz Obr. 9C), která bývá dále poškozována a dochází k výrazné změně habitu. Poškození sekundárního obrostu kmene (viz Obr. 9B) a ná-

sledné proniknutí patogenu do vnitřní části kmene může vést k diskoloraci dřeva, vzniku nepravého jádra v důsledku průniku vzduchu do kmene otevřenými ranami a rozvoji sekundárních hnilob. Důsledkem je výrazné snížení kvality dřevní hmoty (Černý et al. 2016).

Přítomnost sekundárního obrostu lze pozorovat kdykoliv během roku po jeho prvotním vytvoření. Symptomy jeho následného poškození jsou nejlépe patrný na jaře, viz kap. 3.5.2. a 3.5.3.

Obr. 9. Tvorba sekundárního obrostu jako reakce stromu na napadení *H. fraxineus*. Shluky proventivních výhonů jsou patogenem opakovaně napadány (A); sekundární obrost kmene jasanu vytvořený v důsledku zásadního poškození koruny (B); výrazně poškozený strom s převažující sekundární korunou s typicky shlukovitým olistěním (C)



3.8. Nekróza báze kmene

Při vhodných podmínkách (teplota a vlhkost) může docházet pravděpodobně skrze poranění či lenticely k infekci báze kmene. V tomto případě nelze vyloučit i výraznější roli konidií jako možného infekčního inokula (např. Husson et al. 2012; Fones et al. 2016). V důsledku rozvoje patogenu dochází ke vzniku nekrotických lézí kůry a vodivých pletiv. Léze na mladých stromech jsou dobře patrné jako rudohnědé deprese v hladké tenké kůře (Obr. 10A), po odstranění krycích pletiv lze pak pozorovat nápadné okrové až hnědé zbarvení kolonizovaných pletiv (Obr. 10B). Později dochází k uvolnění kůry nad nekrotizovanými (lze identifikovat poklepem), viditelným prasklinám (Obr. 10C) nebo k odpadnutí kůry. Nekrotizovaná místa pak mohou být kolonizována dalšími patogeny a dřevokaznými houbami, což může vést k dalším poškozením a škodám. V lesních porostech je význam-

né zejména napadení václavkami (někdy může být i primární a nikoliv sekundární), pro které je charakteristická přítomnost rhizomorf, myceliálních vějířů a plodnic. Příznaky lze pozorovat v pařezové části kmene, často i na vrchní části kořenových náběhů a přilehlých částí povrchových kořenů (Obr. 10D, E). Nejčastěji v pařezové části kmene je patrná kolonizace *H. fraxineus* (v jejímž důsledku dochází k tmavému zbarvení vnitřních pletiv) a následující infekce václavky způsobující intenzivní rozklad dřeva (Obr. 10F viz šipky). Vzhledem k těmto hnilobám může mj. docházet ke statickým problémům (možnosti vývrátů), což vede ke zvýšení provozně-bezpečnostních rizik (Obr. 10G; Černý et al. 2016).

Symptomy je možné pozorovat kdykoliv během roku, na mladých jedincích s tenkou kůrou je možné je odlišit nejlépe po dešti.

Obr. 10. Nekróza báze kmene jasanu způsobená infekcí *H. fraxineus*. Nekróza báze kmene mladého jasanu způsobená *H. fraxineus* (A); po odstranění borky je viditelné hnědočervené zbarvení nekrotizovaných pletiv (B); praskliny na borce dospělého jasanu signalizují infekci vnitřních pletiv (C); následná kolonizace infikovaných pletiv václavkou (nápadné bílé syrociium označeno šipkami, D, E); tmavě zbarvená vnitřní pletiva kolonizovaná *H. fraxineus* následně obsazuje václavka rozkládající dřevní hmotu (označeno šipkami, F); v důsledku rozkladu dřevní hmoty (především v kořenové části) se postižené jasanové stromy stávají nestabilními a zvyšuje se provozně-bezpečnostní riziko (G)



3.9. Poškozené porosty

Patogenem jsou napadány stromy všech věkových kategorií na různých typech stanovišť – od přirozených lesů po komerční lesní výsadby a výsadby okrasné (Kowalski et Łukomska 2005; Kirisits et Halmschlag 2008; Kirisits et Freinschlag 2012). Lesní a břehové porosty jsou patogenem poškozovány obvykle ve větším rozsahu, než roztroušená a solitérní výsadba (Havrdová et Černý 2012). Sazenice a mladé výsadby jasanů jsou nekrózou jasanu poškozovány rychleji (Skovgaard et al. 2010) a ve větším rozsahu (mladé stromky mohou v důsledku napadení odumřít i během jedné vegetační sezóny) než výsadby plně vzrostlé (Havrdová et Černý 2012). Mezi oblastmi s nejvyšším rizikem poškození patří teplejší oblasti s vyšší dostupností podzemní vody nebo s vyššími srážkami a úživným podložím (nížinné a lužní oblasti, Slezsko, flyš) a údolí a rokle s vlhkým mikroklimatem (Havrdová et al. 2016a).

Významným problémem je poškození břehových porostů (Obr. 11A) s dominantním zastoupením jasanu a olše v případě souběžného napadení olší druhem *Phytophthora alni*. Z hlediska lesního hospodářství hrozí kritické poškození porostů řady oglejené, podmáčené a obohacené vodou (L, U, V), z hlediska ochrany přírody jde zejména o údolní jasanovo-olšové luhy (biotop L2.2; Obr. 11B) a tvrdé luhy nížinných řek (L2.3). Vzhledem k rychlému letálnímu průběhu choroby u mladých stromů dochází ke značným ztrátám v lesním školkařství (Obr. 11C) přičemž v mnoha provozech přestal být jasan zcela pěstován. Významně je rovněž komplikována obnova porostů. Problémové je také na některých lokalitách poškození alejí, okrasných a ochranných výsadeb, remízů aj.

Obr. 11. Poškození porostů způsobené infekcí *H. fraxineus*. Prosyhající koruny jasanu v břehovém porostu (A); rozpadlý jasanovo-olšový luh v důsledku napadení *H. fraxineus* s následnou spoluúčastí václavky (B); napadené sazenice jasanu *H. fraxineus* v lesní školce (C)



3.10. Další biotické a abiotické faktory poškozující jasan a možnosti záměny

Mezi vážnější patogeny a škůdce jasanu je možno zařadit např. fytoftoru (*Phytophthora* spp.) způsobující hniloby kořenů a spíše vzácně i hniloby krčků, verticilia (*Verticillium* spp.) způsobující vadnutí (zejména pak v okrasných výsadbách), ranového parazita spálenku skořepatou (*Kretzschmaria deusta*) způsobujícího nekrotizaci povrchových pletiv a hnilobu dřeva, padlí jasanové (*Phyllactinia fraxini*), rážovky (*Nectria galligena* a další druhy) a pseudomonádu (*Pseudomonas savastanoi* pv. *fraxini*) způsobující charakteristické rakoviny a nádory, přičemž větve nad poškozením mohou usychat, rezavce štětinatého (*Inonotus hispidus*) zodpovědného za intenzivní bílou hnilobu dřeva a nekrózu povrchových pletiv, václavku cibulkotřenou a hlíznatou (*Armillaria cepistipes*, *A. gallica*) a šupinovku kostrbatou (*Pholiota squarrosa*) zodpovědné zejména za hniloby kořenů a bází kmenů, lýkohuba jasanového (*Hylesinus fraxini*) a zrnitého (*Hylesinus crenatus*) či dutilku jasanovou (*Prociophilus bumeliae*) a některé další organismy (Gregorová a kol. 2006, Thomas 2016). Významněji mohou jasanu poškozovat pozdní mrazy v inverzních polohách a zvěř (loupání, vytloukání, ohryz).

Z poškození způsobovaných výše uvedenými příčinami hrozí možnost záměny za poškození způsobené *Hymenoscyphus fraxineus* u václavek (hniloba krčků, viz kap. 3.8.), verticilií (vadnutí výhonů a usychání větví), u pozdních mrazů (poškození pupenů a rašících výhonů) a u lýkohuba jasanového (nekróza kmínku), viz kap. 3.5.

V případě václavky je velmi dobrým rozlišovacím znakem přítomnost rhizomorf a myceliálních vějířů a charakteristické hniloby dřeva (Černý 1989, Obr. 12A, B, C). Obě václavky (*A. cepistipes*, *A. gallica*) způsobují vý-

znamné škody zejména ve vlhkých polohách na glejích, kde mohou způsobovat nejen sekundární, ale i významné primární poškození jasanů. Velmi typické je pak synergické působení václavky a *H. fraxineus* s fatálním dopadem pro infikované porosty jasanu, nejčastěji se projevující v lesních a někdy i v břehových porostech.

Pro verticiliové vadnutí (*Verticillium dahliae* a *V. albo-atrum*) je charakteristické černavé zbarvení částí kolonizovaného xylému větví, které má obvykle na průřezu tvar půlměsíčku (kolonizován je xylém jednoho letorostu, nejčastěji pak cévy jarního dřeva s vyšší světlostí). Zbarvení je způsobeno pigmentovaným hustým myceliem a chlamydosporami, které ucpávají cévy a způsobují poškození (Obr. 12D). Choroba se nejčastěji objevuje v okrasných výsadbách v intravilánech obcí.

Poškození mrazem se projevuje v období pozdních mrazů (nejčastěji v květnu), kdy dojde ke spálení citlivých pletiv rašících výhonů v inverzních polohách případně pouze ve spodních částech korun vzrostlých stromů. Obvykle je toto poškození plošné a může se objevit na jedné lokalitě na více taxonech citlivých dřevin (Obr. 12E, F). Z dalších patogenů, které mohou způsobovat usychání výhonů lze jmenovat např. druhy *Valsa ambiens* a *Diaporthe eres*, jejich význam je ovšem ve srovnání s *H. fraxineus* v současnosti zcela marginální.

Lýkohub jasanový (*Hylesinus fraxini*) napadá většinou mladé oslabené jasanu. Strom může reagovat na závrtly dospělců přezimujících v okolí opadlých větví zbarvením pletiv, které mohou být zaměněny za nekrotické léze způsobené *H. fraxineus* (Obr. 12G).

Obr. 12. Možnosti záměny s jinými biotickými a abiotickými činiteli poškozujícími jasan. Napadení jasanu václavkou lze identifikovat dle přítomnosti rhizomorf (černých provazcovitých myceliálních útvarů, A) a bílého syrocia (myceliálních vějířů, B); václavka rozkládající dřevní hmotu, působící tzv. bílou hnilobou v oblasti kořenového krčku (C); verticiliové vadnutí je typické pigmentací částí letokruhů, na řezu výhonem má rozložení zbarvení typický tvar půlměsíce (zde jeřáb, D); jarní olistění spálené mrazem (ořešák, E); jarním mrazem poškozené stromořadí (ořešák, F); hnědočervené zbarvení pletiv kmínku jasanu je rovněž reakcí na přítomnost *H. fraxini* (G)



4. Srovnání novosti postupů

Metodika byla vypracována na základě znalostí získaných dlouholetou terénní prací autorů, za použití domácí a zahraniční literatury a informací získaných v rámci akce COST FP 1103 FRAXBACK. Z velké části byly využity vlastní znalosti získané v průběhu výzkumných projektů MZe NAZV QJ1220218 „Chalara“ (2012–2016) a NAZV QI92A207 „Břehové porosty“ ukončeného v r. 2013.

Přes významnost problematiky nekrózy jasanu a její závažný dopad v řadě oblastí pěstování jasanu dosud nebyla vytvořena metodika, která by napomohla běžným provozním pracovníkům chorobu spolehlivě identifikovat. Tato metodika tak zaplní tuto zásadní mezeru a významně tak napomůže řešení řady praktických problémů týkajících se nekrózy jasanu.

5. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika popisuje projevy nekrózy jasanu – závažného onemocnění jasanů způsobených nepůvodním invazním patogenem voskovičkou jasanovou (*Hymenoscyphus fraxineus*). Metodika přibližuje všechny charakteristické projevy onemocnění, na jejichž základě lze spolehlivě chorobu rozeznat a to bez nutnosti kultivačního potvrzení přítomnosti patogenu. Velkou výhodou metodiky je možnost jejího použití v průběhu celého roku bez nutnosti posouzení olistění.

Metodika je určena především majitelům a správcům lesů, odborným pracovníkům v lesnictví a vodohospodářství, lesním a okrasným školkařům, pracovníkům působícím v lesnickém výzkumu a školství, specialistům rostlinolékařům, pracovníkům v ochraně přírody a krajiny, ve státní správě a samosprávě (např. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Ministerstvo zemědělství, Ministerstvo životního prostředí, obecní a městské úřady atd.), arboristům a pracovníkům věnujícím se údržbě zeleně a dalším subjektům, které se setkávají s dopadem nekrózy jasanu. Vzhledem k tomu, že nepůvodní invazní patogen *Hymenoscyphus fraxineus*, který letální nekrózu jasanu způsobuje, v ČR zdomácněl a vyskytuje se na jejím území plošně a ve všech typech výsadeb a porostů s jasanem, je potenciální využití metodiky velmi široké.

Metodika „Symptomatologie nekrózy jasanu“ tak tvoří spolu s metodikou „Pěstování jasanu v prostředí s výskytem *Hymenoscyphus fraxineus*“ (Černý et al. 2016) a se specializovanou mapou „Mapa potenciálního poškození lesních porostů ČR nekrózou jasanu“ (Havrdová et al. 2016a) soubor prakticky použitelných publikací, pomocí kterých lze řešit praktické aspekty problematiky nekrózy jasanu a péči o napadené výsadby a porosty jasanu systematicky a komplexně. Tento soubor prací může významně napomoci v dlouhodobé péči o tuto významnou a v mnoha oblastech obtížně nahraditelnou dřevinu.

6. Ekonomické aspekty

Účelem vypracování této metodiky je s pomocí dalších dvou doplňujících prací (Černý et al. 2016, Havrdová et al. 2016a) snížení škod způsobovaných nekrózou jasanu a dlouhodobé udržení a rozvoj pěstování jasanu v podmínkách přítomnosti patogenu *Hymenoscyphus fraxineus*. Metodika identifikace může být vhodně použita ve všech oblastech pěstování jasanu, zejména pak v následujících oblastech

- snížení ztrát v lesním hospodářství např. v důsledku zhoršení kvality dřevní hmoty nebo používání neadekvátních pěstebních opatření (využití především pro majitele a správce lesů, odborné pracovníky v lesnictví aj.)
- péče o napadené jedince a výsadby (využití především v okrasné výsadbě, veřejné zeleni, břehových porostech aj.)
- ochrana přírody a krajiny (určení vhodných následných opatření)
- produkce a distribuce zdravého reprodukčního materiálu (školkařství)
- podpora genofondu obou našich druhů jasanu v prostředí s výskytem *H. fraxineus* (výběr a podpora tolerantních genotypů jasanu na jejich původním stanovišti)

Nekróza jasanu vede ke zhoršení fyziologického stavu a ke snížení přírůstu jasanů, ale i k závažnému poškození a až k plošnému odumírání celých výsadeb a porostů a to ve všech oblastech pěstování jasanu. Závažné ekonomické dopady choroby tedy můžeme identifikovat nejen v lesnictví a školkařství, ale i ve výsadbách v intravilánech obcí, ve výsadbách kolem komunikací, v břehových porostech, ve volné krajině, atd. Náklady lze primárně rozdělit na přímé škody na jasanech a na dřevní hmotě a na další náklady vynaložené na nutná další opatření – tj. na obnovu porostů a jejich výchovu (lesnictví), nákladnější pěstební opatření ve školkařství, obtížnější péči o výsadby v intravilánech, ve volné krajině a v břehových porostech (zvýšení nákladů na údržbu a náhradu stromů: častý dohled, řez a další péče) a na nápravu či prevenci škod způsobených v souvislosti s poškozením jasanu (např. eroze břehů vodních toků), obtížné stanovení vhodných následných opatření (ochrana přírody) apod.

Škody, které patogen způsobuje či může způsobit, byly podrobně ekonomicky vyjádřeny v publikaci Černý et al. (2016). Celkové ztráty na produkci dřevní hmoty mohou ročně dosahovat jen v lužních oblastech až 30–35 mil. Kč a lze očekávat jejich postupný nicméně výrazný nárůst. Náklady na rekonstrukce mlazín a tyčkovin lze odhadnout nejméně na 65 mil. Kč. Ztráty na lesní školkařské produkci byly v r. 2012 vyčísleny na 1,33 mil. Kč. Škody (a náklady na nutná opatření) způsobené patogenem v okrasných výsadbách a ve výsadbách mimo les se pohybují v desítkách tisíc Kč na jeden poškozený vzrostlý strom. Je zcela zřejmé, že vhodnými opatřeními lze značnou část těchto škod eliminovat – i pokud by se jednalo jen o zlomek vyčíslených škod, vždy půjde o velmi významné částky.

7. Seznam použité související literatury

- Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Ihrmark, K. a Stenlid, J. (2009a). Investigations concerning the role of *Chalara fraxinea* in declining *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathology* 58, 284–292.
- Bakys, R., Vasaitis, R., Barklund, P., Thomsen, I., Stenlid, J. (2009b). Occurrence and pathogenicity of fungi in necrotic and nonsymptomatic shoots of declining common ash (*Fraxinus excelsior*) in Sweden. *Eur J Forest Res.* 128, 51–60.
- Baral, H. O. & Bemmam, M. (2014). *Hymenoscyphus fraxineus* vs. *Hymenoscyphus albidus* – A comparative light microscopic study on the causal agent of European ash dieback and related foliicolous, stroma-forming species. *Mycology* 5, 228–90.
- Bengston, S. B. K., Barklund, P., von Brömssen, C., Stenlid, J. (2014). Seasonal Pattern of Lesion Development in Diseased *Fraxinus excelsior* Infected by *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *PLoS ONE* 9(4), e76429, doi: 10.1371/journal.pone.0076429.
- Cleary, M. R., Daniel, G., Stenlid, J. (2013a). Light and scanning electron microscopy studies of the early infection stages of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* on *Fraxinus excelsior*. *Plant Pathology* 62, 1294–1301.
- Cleary, M. R., Arhipova, N., Gaitnieks, T., Stenlid, J., Vasaitis, R. (2013b). Natural infection of *Fraxinus excelsior* seeds by *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology* 43, 83–85.
- Černý, A. (1989). Parazitické dřevokazné houby. SZN Praha, 104 p. ISBN 80-209-0090-X.
- Černý, K. (2016). Nepůvodní invazní patogeny dřevin – výzva nebo předem ztracený boj? *Živa* 6, 286–291.
- Černý, K., Havrdová, L., Zlatník, V., Hrabětová, M. (2016). Pěstování jasanu v prostředí s výskytem *Hymenoscyphus fraxineus*. Certifikovaná metodika. Certifikace 30. 12. 2016 Mze (Osvědčení č. 73910/2016-MZE-16222/M140). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 51 p. ISBN 978-80-87674-18-5, ISBN 978-80-88184-05-8.
- Dvorak M., Rotkova, G., & Botella, L. (2015). Detection of airborne inoculum of *Hymenoscyphus fraxineus* and *H. albidus* during seasonal fluctuations associated with absence of apothecia. *Forests* 7, 1–13.
- Fones, H. N., Mardon, C., Gurr, S. J. (2016). A role for the asexual spores in infection of *Fraxinus excelsior* by the ash-dieback fungus *Hymenoscyphus fraxineus*. *Scientific Reports* 6, 34638, doi: 10.1038/srep34638.
- Gregorová, B., Černý, K., Holub, V., Strnadová, V., Rom, J., Šumpich, J., Kloudová, K. (2006). Poškození dřevin a jeho příčiny. AOPK ČR Praha, VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, Praha, 504 p. ISBN 80-86064-97-2.
- Gross, A., Zaffarano, P. L., Duo, A., Grünig, C. R. (2012). Reproductive mode and life cycle of the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *Fungal Genetics and Biology* 49, 977–986.
- Gross, A., Holdenrieder, O., Pautasso, M., Queloz, V., Sieber, T. N. (2014). *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the causal agent of European ash dieback. *Molecular Plant Pathology* 15, 5–21.
- Haňáčková, Z., Koukol, O., Čmuková, A., Zahradník, D., Havrdová, L. (v rec. řízení). Direct evidence of *Hymenoscyphus fraxineus* infection pathway through the petiole-shoot junction. *Forest Pathology*.
- Havrdová, L. & Černý, K. (2012). Invaze *Chalara fraxinea* v CHKO Lužické hory – předběžné výsledky výzkumu. *Acta Pruhoniciana* 100, 137–145.
- Havrdová, L. (2015). Analýza vybraných faktorů ovlivňujících výskyt *Chalara fraxinea* v prostředí. ČZU v Praze, disertační práce. 106 p. <https://www.fld.czu.cz/cs/r-6825-studium/r-6834-studijni-dokumenty/r-8497-doktorske-obory/r-11837-obhajene-disertacni-prace>.
- Havrdová, L., Zahradník, D., Černý, K., Chumanová, E., Romportl, D., Pešková, V. (2016a). Mapa potenciálního poškození lesních porostů ČR nekrozou jasanu. Specializovaná mapa s odborným obsahem, Certifikace 2. 11. 2016 MZe (osvědčení č. 60487/2016-MZE-16222/MAPA656). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 43 p. ISBN 978-80-87674-15-4.
- Havrdová, L., Novotná, K., Zahradník, D., Buriánek, V., Pešková, V., Šrůtka, P., Černý, K. (2016b). Differences in susceptibility to ash dieback in Czech provenances of *Fraxinus excelsior*. *Forest Pathology* 46, 281–288.
- Hietala, A. M., Timmermann, V., Børja, I. & Solheim, H. (2013). The invasive ash dieback pathogen *Hymenoscyphus pseudoalbidus* exerts maximal infection pressure prior to the onset of host leaf senescence. *Fungal Ecology* 6, 302–308.
- Husson, C., Caël, O., Grandjean, J. P., Nageleisen, L. M., Marçais, B. (2012). Occurrence of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* on infected ash logs. *Plant Pathology* 61, 889–895.
- Chandelier, A., Helson, M., Dvorak, M., Gischer, F. (2014). Detection and quantification of airborne inoculum of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* using real-time PCR assays. *Plant Pathology* 63, 1296–1305.
- Jankovský, L. & Holdenrieder, O. (2009). *Chalara fraxinea* – ash dieback in the Czech Republic. *Plant Protection Science* 45, 74–78.
- Keřšler, M., Cech, T., Brandstetter, M. and Kirisits, T. (2012). Dieback of ash (*Fraxinus excelsior* and *Fraxinus angustifolia*) in Eastern Austria: Disease development on monitoring plots from 2007 to 2010. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development* 4, 223–226.
- Kirisits, T. & Halmschlager, E. (2008). Eschenpilz nachgewiesen. *Forstzeitung* 2, 32–33.
- Kirisits, T. & Czech, T. L. (2009). Observation on the sexual stage of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* in Austria. *Forstschutz Aktuell* 48, 21–25.
- Kirisits, T. & Freinschlag, C. (2012). Ash dieback caused by *Hymenoscyphus pseudoalbidus* in a seed plantation of *Fraxinus excelsior* in Austria. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development* 4, 184–191.
- Kirisits, T. (2015). Ascocarp formation of *Hymenoscyphus fraxineus* on several-year-old pseudosclerotial leaf rachises of *Fraxinus excelsior*. *Forest Pathology* 45, 254–257.
- Koukol, O. & Havrdová, L. (2014). Vřekovýtrusná zkáza jasanů. *Živa* 1, 7–10.
- Koukol, O., Haňáčková, Z., Dvořák, M., Havrdová, L. (2016). Unesen, but still present in Czechia: *Hymenoscyphus albidus* detected by real-time PCR, but not by intensive sampling. *Mycological Progress* 15:6, doi:10.1007/s11557-015-1149-5.
- Kowalski, T. (2001). O zamieraniu jesionów [About ash dieback]. *Trybuna leśnika*, 4, 6–7.
- Kowalski, T. (2006). *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology* 36, 264–270.
- Kowalski, T. & Łukomska, A. (2005). The studies on ash dying (*Fraxinus excelsior* L.) in the Włoszczowa Forest Unit stands. *Acta Agrobotanica* 58, 429–439.
- Kowalski, T. & Holdenrieder, O. (2008). A new fungal disease of ash in Europe (in German). *Schweiz. Z. Forstwes.* 159, 45–50.
- Kowalski, T. & Holdenrieder, O. (2009). The teleomorph of *Chalara fraxinea*, the causal agent of ash dieback. *Forest Pathology* 39, 304–308.
- McKinney, L. V., Nielsen, L. R., Collinge, D. B., Thomsen, I. M., Hansen, J. K., Kjær, E. D. (2014). The ash dieback crisis: genetic variation in resistance can prove a long-term solution. *Plant Pathology* 63, 485–499.
- Nielsen, L. R., McKinney, L. V., Hietala, A. M., Kjær, E. D. (2016). The susceptibility of Asian, European and North American *Fraxinus* species to the ash dieback pathogen *Hymenoscyphus fraxineus* reflects their phylogenetic history. *Eur. J. Forest Research*, doi: 10.1007/s10342-016-1009-0.
- Schumacher, J., Kehr, R. and Leonhard S. (2010). Mycological and histological investigations of *Fraxinus excelsior* nursery saplings naturally infected by *Chalara fraxinea*. *Forest Pathology* 40, 419–429.
- Schwanda, K. & Kirisits, T. (2016). Pathogenicity of *Hymenoscyphus fraxineus* towards leaves of three European ash species: *Fraxinus excelsior*, *F. angustifolia* and *F. ornus*. *Plant Pathology* 65, 1071–1083.

- Skovsgaard, J. P., Thomsen, I. M., Skovsgaard, I. M., Martinussen, T. (2010). Associations among symptoms of dieback in even-aged stands of ash (*Fraxinus excelsior* L.). *Forest Pathology* 40, 7–18.
- Skovsgaard, J. P., Wilhelm, G. J., Thomsen I. M., Metzler, B., Kirisits, T., Havrdová, L., Enderle, R., Dobrowolska, D., Cleary, M., Clark, J. (2017). Silvicultural strategie for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. *Forestry*, doi:10.1093/forestry/cpx012.
- Steinböck, S., Hietala, A., Solheim, H., Krätler, K., Kirisits, T (2013). Association of *Hymenoscyphus pseudoalbidus* with leaf symptoms on *Fraxinus excelsior*: phenology and pathogen colonization profile. In: IUFRO 2013 WP 7.02.02. Foliage, shoot and stem diseases, May 20th – 25th 2013, Brno and Černá Hora, Czech Republic. Book of abstracts, p. 43–44.
- Thomas, P. A. (2016). Biological Flora of the British Isles: *Fraxinus excelsior*. *Journal of Ecology*, doi: 10.1111/1365-2745.12566.
- Timmermann, V., Borga, I., Hietala, A. M., Kirisits, T., Solheim, H. (2011). Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospores dispersal, with special emphasis on Norway. *EPPO Bulletin* 41, 14–20.

8. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Haňáčková, Z., Koukol, O., Čmoková, A., Zahradník, D., Havrdová, L. (v rec. řízení). Direct evidence of *Hymenoscyphus fraxineus* infection pathway through the petiole-shoot junction. *Forest Pathology*. (NAZV QJ1220218, Institucionální podpora UK)
- Skovsgaard, J. P., Wilhelm, G. J., Thomsen I. M., Metzler, B., Kirisits, T., Havrdová, L., Enderle, R., Dobrowolska, D., Cleary, M., Clark, J. (2017). Silvicultural strategie for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. *Forestry*, doi:10.1093/forestry/cpx012. (COST Action FP1103 FRAXBACK, NAZV QJ1220218)
- Havrdová, L., Zahradník, D., Romportl, D., Pešková, V., Černý, K. (2017). Environmental and silvicultural characteristics influencing the extent of ash dieback in forest stands. *Baltic Forestry*, Special issue: Advances in Ash Dieback Research, – and Some Other Invasive Diseases of Trees, [Eds.] R. Enderle, A. Pliūra & R. Vasaitis, 23(1), 168–182. (NAZV QJ1220218, COST CZ LD14078)
- Haňáčková, Z., Havrdová, L., Černý, K., Zahradník, D., Koukol, O. (2017). Fungal endophytes in ash shoots – diversity and inhibition of *Hymenoscyphus fraxineus*. *Baltic Forestry*, Special issue: Advances in Ash Dieback Research, – and Some Other Invasive Diseases of Trees, [Eds.] R. Enderle, A. Pliūra & R. Vasaitis, 23(1), 89–106. (NAZV QJ1220218, Institucionální podpora UK)
- Černý, K., Havrdová, L., Zlatník, V., Hrabětová, M. (2016). Pěstování jasanu v prostředí s výskytem *Hymenoscyphus fraxineus*. Certifikovaná metodika. Certifikace 30. 12. 2016 Mze (Osvědčení č. 73910/2016-MZE-16222/M140). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 51 p. ISBN 978-80-87674-18-5, ISBN 978-80-88184-05-8. (NAZV QJ1220218)
- Havrdová, L., Zahradník, D., Černý, K., Chumanová, E., Romportl, D., Pešková, V. (2016). Mapa potenciálního poškození lesních porostů ČR nektrózou jasanu. Specializovaná mapa s odborným obsahem. Certifikace 2. 11. 2016 MZe (osvědčení č. 60487/2016-MZE-16222/MAPA656). VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 43p. ISBN 978-80-87674-15-4. (NAZV QJ1220218)
- Havrdová, L., Novotná, K., Zahradník, D., Buriánek, V., Pešková, V., Šrůtka, P., Černý, K. (2016). Differences in susceptibility to ash dieback in Czech-provenances of *Fraxinus excelsior*. *Forest Pathology* 46, 281–288. (NAZV QJ1220218, RO0115-5774/2015-MZE-17011)
- Koukol, O., Haňáčková, Z., Dvořák, M., Havrdová, L. (2016). Unseen, but still present in Czechia: *Hymenoscyphus albidus* detected by real-time PCR, but not by intensive sampling. *Mycological Progress*, 15(6), 1–9. (NAZV QJ1220218, Institucionální podpora UK)
- Havrdová, L. (2015). Analýza vybraných faktorů ovlivňujících výskyt *Chalara fraxinea* v prostředí. ČZU v Praze, disertační práce. 106 p. <https://www.fld.czu.cz/cs/r-6825-studium/r-6834-studijni-dokumenty/r-8497-doktorske-obory/r-11837-obhajene-disertacni-prace>. (ČZU IGAFLD201113, IGAFLD20124354, CIGA20124309, NAZV QJ92A207, QJ1220218)
- Havrdová, L., Černý, K., Pešková, V. (2013). *Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. Queloz, C. R. Grünig, R. Berndt, T. Kowalski, T. N. Sieber et O. Holdenrieder (anamorfa *Chalara fraxinea* T. Kowalski). Nektróza jasanu. *Lesnická práce* 92/6, Příloha, 4 p. (NAZV QJ1220218)
- Havrdová, L. & Černý, K. (2013). Nektróza jasanu – přehled současných znalostí. In: Seminář LOS, 11. 4. 2013, Škodliví činitelé v lesích Česka 2012/2013, Průhonice, Zpravodaj ochrany lesa 17, p. 54–61. (ČZU IGAFLD20124354, CIGA20124309, NAZV QJ92A207)
- Havrdová, L. & Černý, K. (2012). Invaze *Chalara fraxinea* v CHKO Lužické hory – předběžné výsledky výzkumu. *Acta Pruhoniana* 100, 137–145. (NAZV QJ92A207, ČZU IGAFLD201113)
- Havrdová, L. & Černý, K. (2011). Nektróza jasanu – symptomy, epidemiologie, možnosti ochrany. Aktuální problematika lesního školkařství ČR v r. 2011. Sborník referátů z 24–25. 11. 2011, Tribun EU Brno, 39–46. ISBN 978-80-263-0065-6. (NAZV QJ92A207, ČZU IGAFLD201113)
- Gregorová, B., Černý, K., Holub, V., Strnadová, V., Rom, J., Šumpich, J., Kloudová, K. (2006). Poškození dřevin a jeho příčiny. AOPK ČR Praha, VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, Praha, 504 p. ISBN 80-86064-97-2. (VaV 640/5/00)

Bez dedikace

- Černý, K. (2016). Nepůvodní invazní patogeny dřevin – výzva nebo předem ztracený boj? *Živa* 6, 286–291.
- Koukol, O. & Havrdová, L. (2014). Vřeckovýtrusá zkáza jasanů. *Živa* 1, 7–10.

Poděkování

Metodika byla vypracována s podporou výzkumných projektů NAZV QJ1220218 a NAZV QJ92A207 Ministerstva zemědělství ČR. Velké díky patří recenzentům metodiky RNDr. Jaroslavě Markové, CSc. (Univerzita Karlova v Praze) a Ing. Jiřímu Bílému, Ph.D. (Ministerstvo zemědělství) a za po-

skytnutí fotografií švýcarským kolegům prof. Dr. Ottmaru Holdenriederovi (ETH Zürich, Obr. 4F) a Dr. Adrinu Grosseovi (WSL Birmensdorf, Obr. 4G), Ing. Vincencovi Zlatníkovi (ÚHÚL, Obr. 10A, E) a Mgr. Markétě Hrabětové (VÚKOZ, Obr. 4E).

Slovníček použité odborné terminologie

anamorfa	nepohlavní stádium v životním cyklu organismu (houby)
apotecium	otevřená miskovitá plodnice vřeckovýtusých hub
askogon	samičí pohlavní orgán vřeckovýtusných hub
askomycet	vřeckovýtusá houba
askospora	spora vzniklá redukčním dělením ve vřecku
fialida	lahvicovitá buňka produkující konidie
hyfa	vlákno houby
chlamydospora	nepohlavní, často silnostěnná, odpočívající spora sloužící obvykle k přečkání nepříznivých podmínek
inokulum infekční	šířící se spory patogenu, které posléze infikují pletiva hostitele
konidie (fialospora)	spora vzniklá vypučením z fialidy; v životním cyklu <i>H. fraxineus</i> se předpokládá její role jako samčí pohlavní buňky
myceliální vějíř	kompaktní, vějířovitě rozrostlé podhoubí (v tomto případě <i>Armillaria</i> sp.) obvykle se vyskytující pod kůrou napadených pletiv hostitele
mycelium	vláknitá stélka hub, podhoubí
parafýza	sterilní hyfa přítomná ve výtrusorodé vrstvě (hymeniu) plodnice
pseudosklerocium	vytrvalý, pevný, černě zbarvený, plochý útvar (pokrývající zejm. zbytky řapíků v opadu pod napadenými jasaný), který se vytváří z propletených hyf patogenu a případně zbytků pletiv hostitele
rhizomorfa	provazovitá spleť nediferencovaných hyf (<i>Armillaria</i> sp.)
teleomorfa	pohlavní stádium v životním cyklu organismu (houby)
vřecko (askus)	buňka vřeckovýtusných hub vzniklá v důsledku pohlavního procesu, vytváří se v ní pohlavní spory (askosporý)



© Grafická úprava: Studio Press s. r. o.
Sazba a tisk: Studio Press s. r. o., Pardubice



