



Integrovaná ochrana

sazenic v lesních školkách

před patogeny z r. *Phytophthora*





Integrovaná ochrana

sazenic v lesních školkách

před patogeny z r. *Phytophthora*

Výzkumný ústav pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.

Integrovaná ochrana sazenic v lesních školkách před patogeny z r. *Phytophthora*

Certifikovaná metodika 68354/2020-MZE-16222/M216

Autorský kolektiv:

Mgr. Karel Černý, Ph.D. (VÚKOZ Průhonice v.v.i.)

Ing. Ludmila Havrdová, Ph.D. (VÚKOZ Průhonice v.v.i.)

Ing. Přemysl Němec (Lesoškolky s.r.o.)

Mgr. Markéta Hrabětová (VÚKOZ Průhonice v.v.i.)

Ing. Marcela Mrázková (VÚKOZ Průhonice v.v.i.)

Doc. Ing. Daniel Zahradník, Ph.D. (VÚKOZ Průhonice v.v.i.)

Ing. Juraj Grígel (VÚKOZ Průhonice v.v.i.)

Ing. Dita Šetinová (VÚKOZ Průhonice v.v.i.)

Dedikace:

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu Technologické agentury České republiky TH02030722 „Kontaminace sadebního materiálu dřevin nepůvodními invazními patogeny r. *Phytophthora* jako významné riziko pro lesní ekosystémy ČR a jeho eliminace“.

Odborný oponent ze státní správy: Ing. Norbert Buchta (Ministerstvo zemědělství České republiky)

Odborný oponent z oboru: RNDr. Jaroslava Marková, CSc. (Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy)

Vydal:

© Výzkumný ústav pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., 2020

ISBN: 978-80-87674-37-6

Obsah

1. Cíl metodiky	5
2. Vlastní popis metodiky	5
2.1. Úvod.....	5
2.2. Patogenní oomycety v lesních školkách ČR.....	6
2.2.1. Diverzita patogenů.....	6
2.2.2. <i>Phytophthora plurivora</i>	8
2.3. Symptomatologie chorob způsobovaných oomycety v lesních školkách.....	8
2.4. Preventivní opatření.....	13
2.4.1. Výběr pěstebních ploch.....	13
2.4.2. Výběr pěstovaných dřevin a jejich citlivost.....	14
2.4.3. Hlavní způsoby zavlékání patogenů z r. <i>Phytophthora</i> do školkařských provozů a faktory podmiňující jejich šíření a význam.....	15
2.4.3.1. Dovoz rostlinného materiálu a pěstování okrasných rostlin v lesních školkách.....	16
2.4.3.2. Zdroj závlahy.....	16
2.4.3.3. Další způsoby zavlékání a možnosti kontaminace.....	17
2.4.4. Hlavní rizikové body v provozu z hlediska zavlékání a výskytu oomycetů.....	17
2.4.5. Technologie pěstování, prevence.....	18
2.4.6. Volné plochy a prostokořenný materiál.....	20
2.4.7. Kontejnerovaný materiál na štěrkovém loži.....	20
2.4.8. Pěstování okrasného materiálu.....	20
2.5. Kurativní opatření.....	21
2.6. Přípravky na ochranu rostlin.....	21
2.6.1. Účinnost chemických přípravků <i>in vitro</i>	21
2.6.2. Účinnost chemických přípravků <i>in planta</i>	24
2.6.3. Podpůrné přípravky a stimulanty.....	25
2.7. Souhrn.....	25
2.8. Summary.....	27
3. Srovnání novosti postupů	29
4. Popis uplatnění metodiky	29
5. Ekonomické aspekty	29
6. Seznam použité související literatury	31
7. Seznam publikací, které předcházely metodice	33
Příloha 1	34

1. Cíl metodiky

Cílem metodiky integrované ochrany lesnického sadebního materiálu proti patogenům z r. *Phytophthora* je s pomocí nového souboru pravidel zajistit vytvoření a udržení hygienicky odpovídajícího školkařského provozu a produkci nezávadného školkařského materiálu. Výsadba tohoto materiálu pak přestane představovat zásadní ekonomické a environmentální riziko, kterým dnes zavlékání nepůvodních invazních oomycetů do lesních porostů a společenstev spolu s výsadbovým materiálem je.

Vytvořená integrovaná metodika ochrany je založena na novém proaktivním přístupu k řešení problému kontaminace školkařských provozů.

2. Vlastní popis metodiky

2.1. Úvod

Rod *Phytophthora* (Chromalveolata: Peronosporomycota: Pythiales) byl popsán De Barym roku 1876 (typový druh *P. infestans*, česky plíseň bramborová). Během následujících desetiletí byly popisovány další druhy, vesměs nebezpečné patogeny (např. *P. cactorum*, *P. cinnamomi*, *P. cambivora*) a do roku 1996 bylo známo 58 druhů (Erwin a Ribeiro 1996). V současné době je známo kolem 200 druhů (www.indexfungorum.org), celkový počet druhů v rodu se však odhaduje až na 600 (Brasier 2009). V České republice byl dosud potvrzen výskyt cca 40 druhů rodu *Phytophthora* (CCPO 2020).

Významnou vlastností plísni rodu *Phytophthora* a obecně oomycetů je jejich vazba na vodní prostředí, kde jejich nepohlavní rozmnožování (tvorba zoosporangí a šíření bičíkatými zoosporami), které je zásadní pro šíření choroby, probíhá. Zoosporangia se vytváří na hyfách a obsahují každé několik desítek dvoubičíkatých zoospor. Zoospory jsou po dozrání do vodního prostředí (půdní voda, splachy, drenáže, vodní toky atp.) uvolněny, kde se volně pohybují. Zoospory se aktivně pohybují na vzdálenost obvykle desítek centimetrů, pasivně po proudu pak i na stovky metrů a vyhledávají pletiva hostitele s pomocí chemotaxe, kdy reagují na některé metabolity produkované např. kořeny hostitele (etanol, acetaldehyd, aminokyseliny aj.). Po přisednutí zoospory na pletiva hostitele (nejčastěji kořenu v půdě či krčků; napadat však mohou prakticky všechny typy pletiv) dojde k odpadnutí bičíků a k encystaci zoospory. Cysta může několik dnů až týdnů přetrvat a překonat tak nevhodné podmínky. Obvykle však během krátké doby klíčí hyfou, která pronikne do pletiv hostitele a kolonizuje je. Po infekci pletiv dojde k rychlému rozrůstání mycelia a za vhodných podmínek k vytváření dalších zoosporangí a cyklus nepohlavního rozmnožování se uzavírá. Velká reprodukční kapacita těchto patogenů (způsobují tzv. multicyklické choroby; jeden cyklus nepohlavního rozmnožování pak za vhodných podmínek trvá necelých 20 hodin) je příčinou toho, že za vhodných podmínek může dojít k rozvoji onemocnění ve velmi krátké době. Mnohé druhy rodu *Phytophthora* jsou obvykle svou výživou striktně vázány na živého hostitele a v jeho nepřítomnosti přecházejí do klidového stádia ve formě nepohlavních chlamydospor, ve které mohou přežívat i řadu let (Erwin a Ribeiro 1996). Chlamydospory se obvykle vytváří za environmentálního stresu – např. při nepříznivých teplotních a vlhkostních poměrech. Dormance je exogenní, k jejímu ukončení vede nejčastěji přítomnost kořenových exudátů rostlin apod. (Erwin a Ribeiro 1996). V pletivech hostitelů, ale i ve vnějším prostředí pak tyto organismy vytváří také pohlavní orgány – oogonia a antheridia, pohlavním procesem pak vzniká tlustostěnná spora (oospora), která je rovněž schopna v nepříznivých podmínkách přetrvávat řadu let.

Patogeny rodu *Phytophthora* parazitují na tisících různých taxonů hostitelů včetně nejrůznějších zemědělských plodin, okrasných rostlin i lesních dřevin a každoročně způsobují škody v miliardách dolarů a jsou mimochodem i nejcitovanějšími parazity rostlin vůbec (Erwin a Ribeiro

Dosud široce používaný přístup reaktivní (tj. identifikace nemocných rostlin ve školce či na výstupu a jejich odstranění či léčení) má pouze okrajovou funkci, hlavní roli představuje identifikace vstupů a cest infekce do školkařského provozu a jejich následné přerušení v kombinaci s udržením provozu v podmínkách bez přítomnosti invazních oomycetů.

Metodika je rozdělena do tří částí věnovaných symptomatologii, preventivním a kurativním opatřením. Klíčovou částí metodiky jsou preventivní opatření, bez jejichž důsledné aplikace produkce zdravého materiálu není možná.

Tyto organismy jsou celosvětově zodpovědné za cca 2/3 hnilob kořenů a cca 90 % hnilob krčků rostlin (Tsao 1990). Druhy r. *Phytophthora* patří zároveň mezi nebezpečné invazní organismy, které jsou naprosto běžně zavlékány s živými rostlinami napříč kontinenty i státy. Vzhledem k tomu, že jsou obvykle zavlékány s asymptomatickými hostiteli a navíc se často jedná i o nové a nepříliš známé organismy, nejsou nastavena dostatečně efektivní fyto-sanitární opatření. Ve svých nových areálech se pak často nekontrolovaně šíří a pronikají do přírodních lesních společenstev a ekosystémů. Vodní toky hrají v jejich šíření roli sekundární, jimi se tyto organismy pak šíří spontánně z již obsazených porostů a dalších stanovišť a infikují dřeviny a porosty v jejich okolí. Právě antropogenní zavlékání do lesních porostů a společenstev a další efektivní spontánní šíření představuje dlouhodobě jedno z nejdůležitějších rizik, které tyto patogeny představují. Zdomácnělé patogeny mohou nejen značně omezit či zkomplikovat pěstování svých hostitelů a v důsledku způsobit značné ekonomické škody (vyplyvající z přímých ztrát, uplatňování nejrůznějších ochranných opatření apod.) ale hrozí i značné environmentální škody (podobného rázu, jaký známe např. v důsledku rozšíření grafidózy jilmů, nekrózy jasanu, či fytoftorové hniloby olší), kdy dojde nejen k omezení podílu pěstovaného či klíčového druhu a k ovlivnění na něj navázané biodiverzity, ale i k dalším škodám, např. snížení primární produkce, zvýšení eroze atp. Z druhů r. *Phytophthora*, které takto dokázaly invadovaná společenstva masivně poškodit lze zmínit např. druhy *P. alni* (Evropa), *P. cinnamomi* (Austrálie, jižní Evropa), *P. ramorum* (Severní Amerika, Irsko a Britské ostrovy), *P. lateralis* (Severní Amerika), *P. austrocedrae* (Jižní Amerika) a další. V oblasti temperátních lesů střední Evropy se šíří či hrozí rozšíření až několika desítek těchto druhů, přičemž potenciálně ohroženy jsou prakticky všechny listnaté dřeviny. V současné době je největším rizikem poškození bukových porostů, ke kterému začíná docházet zejména v západní Evropě, ale první napadené porosty se objevují už i v ČR (v tomto ohledu jsou nejvýznamnější druhy *P. cambivora*, *P. plurivora* a *P. cactorum*). Napadeny však mohou být i některé jehličnany – např. borovice, jedle ale i modřiny (zde hrozí riziko značných škod v důsledku šíření *P. ramorum*). Nadto je mnoho druhů invadujících druhů r. *Phytophthora* výrazně polyfágních a napadají desítky a stovky nejrůznějších hostitelů napříč celým systémem.

Jak bylo řečeno výše, hlavním způsobem zavlékání těchto organismů do lesních porostů a ekosystémů je spolu s kontaminovaným výsadbovým materiálem z lesních školek. Rozsáhlé hodnocení evropských školek a mladých výsadeb (cca 730 školek a 2 500 výsadeb; ČR do tohoto výzkumu nebyla zahrnuta) jasně demonstrovalo rozsah problému, kdy více než 90 % školkařských provozů a 2/3 výsadeb bylo kontaminováno celkem 68 druhy r. *Phytophthora*. Na základě těchto výsledků lze kvalifikovaně odhadnout, že mezi lety 1990–2010 bylo osázeno (ať už šlo o zalesnění nebo obnovu již stávajících porostů) cca 22 mil. ha ploch kontaminovaným

školkařským materiálem (Jung a kol. 2016). V ČR doposud proběhnuvší výzkumy ukázaly (např. Černý a kol. 2017a, tato práce), že rozsah problému je zde identický a že hlavní a prakticky jedinou významnou cestou zavlékání těchto organismů do lesních porostů je právě výsadba kontaminovaného školkařského materiálu. Nejjednodušší a prakticky jedinou možnou cestou k omezení tohoto rizika je tedy vypracování a uplatnění vhodných opatření, která by zajistila produkci zdravého materiálu.

Projekt TA ČR THo2030722 „Kontaminace sadebního materiálu dřevin nepůvodními invazními patogeny r. *Phytophthora* jako významné riziko pro lesní ekosystémy ČR a jeho eliminace“ řešený v letech 2017–2020 měl dva hlavní cíle. Prvním cílem projektu bylo popsat reálné riziko hrozící ze strany výskytu invazních patogenů z r. *Phytophthora* na sadebním

materiálu v lesních školkách v ČR, určit jejich diverzitu a rozšíření, identifikovat zdroje infekce ve školkařských provozech, ověřit vliv technologií pěstování materiálu na rozsah infekce a ověřit účinnost biologických a chemických přípravků a dalších metod ochrany. Druhým, hlavním cílem projektu bylo vypracovat dosud chybějící metodiku integrované ochrany školkařského materiálu lesních dřevin vůči zmíněným patogenům, eliminovat jejich výskyt ve školkařských provozech a zajistit tak produkci kvalitního a nezávadného školkařského materiálu a v důsledku tak omezit rizika zavlékání těchto patogenů do lesních porostů a ekosystémů v ČR s novými dosadbami dřevin. Předložená metodika je právě výsledkem tohoto projektu.

2.2. Patogenní oomycety v lesních školkách ČR

Z výsledků dlouhodobého průzkumu prováděného v rámci pracoviště biologických rizik VÚKOZ, v.v.i. vyplynulo, že patogeny z rodů *Phytophthora* a *Pythium* s. l., jsou jedněmi z nejvýznamnějších patogenů školkařského a zahradnického materiálu vůbec. Překvapivé je jak jejich masivní rozšíření, kdy během dosavadního téměř dvacet let trvajícího průzkumu prakticky nebyl nalezen provoz tohoto druhu, kde by se patogenní oomycety

nevyskytovaly, tak i jejich nečekaně vysoká diverzita – v ČR bylo prozatím v těchto provozech potvrzeno 57 druhů z téměř stovky hostitelských taxonů. Problematika je natolik rozsáhlá a heterogenní, že ji lze spíše řešit v rámci jednotlivých specifických typů provozů, přičemž právě lesní školkařství jako potenciální zdroj kontaminace pro lesní ekosystémy a přírodní prostředí vůbec by mělo mít prioritu nejvyšší.

2.2.1. Diverzita patogenů

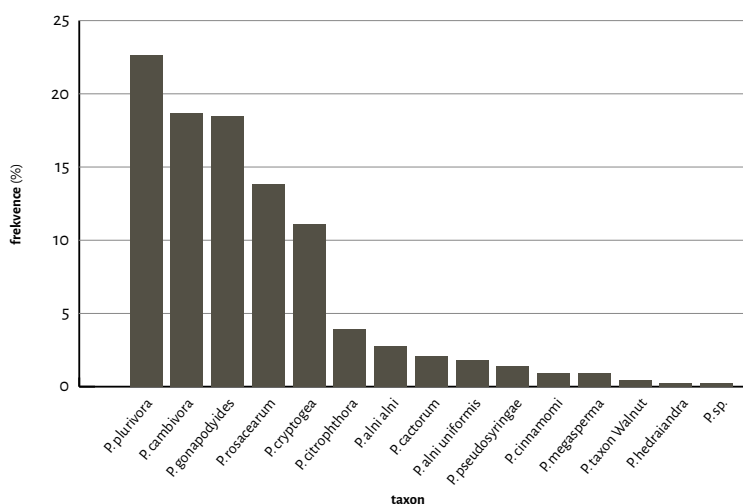
V rámci projektu THo2030722 bylo provedeno rozsáhlé šetření v lesních školkařských provozech po celém území ČR. Celkem bylo odebráno přes 11 000 rostlin celkem 30 hostitelských taxonů ve 25 školkařských provozech. Získáno bylo přes 2500 izolátů oomycetů, které byly zaříděny do téměř 300 morfotypů. Celkem bylo určeno 44 taxonů oomycetů – stejnou měrou po 22 taxonech příslušných do rodů *Phytophthora* a *Pythium* s. l. (tab. 1); část izolátů se však zatím nepodařilo ještě determinovat do druhu. Z buku lesního, jako dřeviny, na kterou byla především soustředěna pozornost, bylo izolováno přes 30 taxonů oomycetů. Mezi izolovanými druhy najdeme širokou plejádu patogenů, od druhů, které se v našem prostředí přirozeně vyskytují (arci tvoří dominantní část izolovaných kmenů) – např. spíše oportunní slabší patogeny *P. bilorbang* či *P. gallica*, přes taxony, které se na naše území rozšířily před delší dobou a zdomácněly v něm (*P. plurivora*, *P. cambivora*, *P. gonapodyides* aj.), až po nebezpečné druhy, jejichž těžiště výskytu je stále ve víceméně kulturních stanovištích (např. *P. cactorum*, *P. ci-*

nnamomi, *P. citrophthora*, *P. cryptogea*, *P. hedraiaandra*, *P. megasperma*, *P. nicotiana*, a *P. cf. pini*, *P. pseudosyringae*, *P. rosacearum*, celou řadu dalších). Bylo identifikováno několik silně patogenních druhů r. *Pythium* s. l. – např. *Py. intermedium*, *Py. ultimum*, *Py. vexans*. Prakticky všechny izolované oomycety jsou dobře známé patogeny rostlin (Parke a kol. 2019 aj.). Většina ze zmíněných druhů byla ve školkařských provozech izolována opakovaně až velmi často (nejčastěji byly zachycovány druhy *P. plurivora*, *P. cambivora* a *P. gonapodyides* (obr. 1). Mnoho druhů způsobovalo plošná poškození sadebního materiálu (např. *P. plurivora*, *P. cambivora*, *P. cryptogea*, *P. rosacearum*, *Py. vexans* aj.). Jiné druhy byly izolovány vzácněji (např. *P. hedraiaandra*, *P. pseudosyringae*, *P. citrophthora*, *P. cf. pini*, *P. nicotiana*) a někdy i jen z okrasného materiálu pěstovaného v lesních školkách (zjevně tak hrozí jejich přechod na sazenice lesních dřevin). Některé vzácnější a exotické druhy však byly také izolovány i z lesnického materiálu jako např. velmi nebezpečné druhy *P. cinnamomi* a *P. citrophthora*.

Tab. 1. Přehled zjištěných druhů oomycetů

Tab. 1. List of detected species of oomycetes

Elongisporangium (Pythium) anandrum (Drechsler) Uzuhasi, Tojo & Kakish. 2010
Elongisporangium (Pythium) dimorphum (F.F. Hendrix & W.A. Campb.) Uzuhasi, Tojo & Kakish. 2010
Elongisporangium (Pythium) helicandrum (Drechsler) Uzuhasi, Tojo & Kakish. 2010
Elongisporangium (Pythium) undulatum (H.E. Petersen) Uzuhasi, Tojo & Kakish. 2010,
Globisporangium (Pythium) attrantheridium (Allain-Boulé & Lévesque) Uzuhashi, Tojo & Kakish. 2010
Globisporangium (Pythium) intermedium (de Bary) Uzuhashi, Tojo & Kakish. 2010
Globisporangium (Pythium) macrosporum (Vaartaja & Plaäts-Nit.) Uzuhashi, Tojo & Kakish. 2010
Globisporangium (Pythium) mamillatum (Meurs) Uzuhashi, Tojo & Kakish. 2010
Globisporangium (Pythium) ultimum (Trow) Uzuhashi, Tojo & Kakish. 2010
Phytophthora alni subsp. *alni* Brasier & S.A. Kirk 2004
Phytophthora alni subsp. *uniformis* Brasier & S.A. Kirk 2004
Phytophthora bilorbang Aghighi, G.E. Hardy, J.K. Scott & T.I. Burgess 2012
Phytophthora cactorum (Lebert & Cohn) J. Schröt. 1886
Phytophthora cambivora (Petri) Buisman 1927
Phytophthora cinnamomi Rands 1922
Phytophthora citrophthora (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian 1925
Phytophthora cryptogea Pethybr. & Laff. 1919
Phytophthora gallica T. Jung & Nechw. 2008
Phytophthora gonapodyides (H.E. Petersen) Buisman 1927
Phytophthora gregata T. Jung, Stukely & T.I. Burgess 2011
Phytophthora hedraiaandra De Cock & Man in, t Veld 2004
Phytophthora cf. hydropathica C.X. Hong & Gallegly 2010
Phytophthora lacustris Brasier, Cacciola, Nechw., T. Jung & Bakonyi 2013
Phytophthora megasperma Drechsler 1931
Phytophthora nicotianae Breda de Haan 1896
Phytophthora cf. pini Leonian 1925
Phytophthora plurivora T. Jung & T.I. Burgess 2009
Phytophthora pseudosyringae T. Jung & Delatour 2003
Phytophthora rosacearum E.M. Hansen & W.F. Wilcox 2009
Phytophthora taxon Walnut Brasier C. M. a kol. (2003)
Phytophthora sp.
Phytopythium (Pythium) citrinum (B. Paul) Abad, de Cock, Bala, Robideau, A.M. Lodhi & Lévesque 2014
Phytopythium (Pythium) chamaeophyon (Sideris) Abad, de Cock, Bala, Robideau, A.M. Lodhi & Lévesque 2014
Phytopythium (Pythium) helicoides (Drechsler) Abad, de Cock, Bala, Robideau, A.M. Lodhi & Lévesque 2014
Phytopythium (Pythium) litorale (Nechw.) Abad, de Cock, Bala, Robideau, A.M. Lodhi & Lévesque 2014,
Phytopythium (Pythium) mercuriale (Belbahri, B. Paul & Lefort) Abad, de Cock, Bala, Robideau, A.M. Lodhi & Lévesque 2014
Phytopythium (Pythium) vexans (de Bary) Abad, de Cock, Bala, Robideau, A.M. Lodhi & Lévesque 2014
Pythium coloratum Vaartaja 1965
Pythium cf. conidiophorum Jokl 1918
Pythium diclinum Tokun. 1935
Pythium folliculosum B. Paul 1991
Pythium oopapillum Bala & Lévesque 2010
Pythium pachycaule Ali-Shtayeh 1985
Pythium sp.



Obr. 1. Izolované nepůvodní druhy r. *Phytophthora* na lesních dřevinách v lesních školkách v ČR
 Fig. 1. Isolated alien *Phytophthora* species on seedlings in forest nurseries in the Czech Republic

2.2.2. *Phytophthora plurivora*

Phytophthora plurivora T. Jung & T.I. Burgess je nejhojnější zavlečený druh r. *Phytophthora* na našich dřevinách v lesních školkách v ČR. Zároveň do značné míry charakterizuje celou skupinu tzv. půdních druhů r. *Phytophthora*, proto je vhodné tento druh poněkud podrobněji přiblížit.

P. plurivora je druh, který byl v r. 2009 (Jung a Burgess 2009) vyčleněn ze souborného druhu *P. citricola* Sawada. *P. plurivora* je druh kryptogenní a v ČR se vyskytuje ve velmi široké škále společenstev a ekosystémů od plně umělých jako jsou zahradnictví a skleníkové provozy, přes sady, školkařské provozy, městskou zeleň až po širokou škálu biotopů od lužních lesů, kde se vcelku běžně vyskytuje, až po květnaté bučiny a další biotopy, kam v současné době proniká. Je to jeden z nejdůležitějších nepůvodních patogenů lesních dřevin v ČR a nejběžnější druh rodu zavlečený do prostředí lesních školek. *P. plurivora* způsobuje hniloby kořenů a krčků, ale i nekrózu kůry, usychání výhonů a větví, skvrnitost listů, vadnutí a odumírání hostitelů a celých porostů; je příčinou značných ekonomických a potenciálně i environmentálních škod. Je hlavní příčinou chřadnutí buku v prostředí s neutrálním či zásaditým půdním pH. Mezi jeho hostitele patří více než 200 druhů z cca 60 čeledí včetně našich nejdůležitějších lesních dřevin (např. *Abies*, *Acer*, *Alnus*, *Betula*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Pinus*, *Quercus*, *Tilia* aj.). Z ČR je tento patogen znám z téměř 50 taxonů hostitelů. *P. plurivora* je nejvýznamnější druh z cca dvou desítek druhů rodu, které pronikají na naše území a majících obdobnou ekologii a hostitelské spektrum, pouze se liší předpokládanou dobou zavlečení, rozšířením a impaktem. Z těchto dal-

ších druhů lze zmínit např. *P. cambivora*, *P. megasperma*, *P. pseudosyringae*, *P. gonapodyides*, *P. multivora*, *P. cactorum* a další.

Patogen je dobře přizpůsoben mírnému klimatu, vyhovuje mu prostředí s dostatkem až nadbytkem vody. Optimální teplota růstu patogenu je 20 °C (6,8 mm/den), minimální 2–4 °C a maximální 31 °C.

P. plurivora tvoří na pevném agarovém médiu (V8 agar) bělavé, homogenní, stelátní až petaloidní kolonie s nízkým vzdušným myceliem, bez ostrého ohraničení (obr. 2A–C). *P. plurivora* je homothalický druh, oogonia jsou hyalinní, hladkostěnná o rozměrech 29,7±1,9 µm s plerotickými lehce zlatavě pigmentovanými oosporami o průměru 26,2±1,6 µm a s tloušťkou stěny 1,5±0,3 µm. Antheridia jsou převážně paragynní, zřídka amfigynní, nepravidelně kyjovitá, někdy téměř kulovitá. Rozměry anteridií se pohybují v rozmezí 12,6±2,1×9,7±1,5 µm. Průměrný poměr délky k šířce anteridií je 1,3±0,2 µm (obr. 2D–E). Hyfy *P. cactorum* v průměru měří 1,8–5,8 µm, často se na nich vytváří koraloitní výběžky (obr. 2F).

Zoosporangia jsou kulovitá, vejčitého, hruškovitého až široce elipsoidního tvaru, vyrůstající terminálně buď na nevětvených sporangiofolech, nebo jsou seskupeny do jednoduchých sympodií. Velikost sporangí se pohybuje v rozmezí 34,3±4,6 × 26,1±3,4 µm. Průměrný poměr délky k šířce je 1,3±0,03 µm (obr. 2G). Typickým znakem je výrazná papila (o průměrných rozměrech 6,5 × 3,9 µm) a opadavá zoosporangia, stopka je typicky krátká (<4 µm). Některé izoláty vytvářejí chlamydospory o průměru 25–40 µm se středně silnými buněčnými stěnami (1,0–1,5 µm).

2.3. Symptomatologie chorob způsobovaných oomycety v lesních školkách

Choroby způsobované oomycety v lesních školkách se projevují zpravidla nepříliš specifickými symptomy, jako je padání klíčnicích rostlin, hniloby kořenů a krčků, případně žloutnutí, vadnutí a usychání sazenic. Tyto projevy mohou způsobit nejen oomycety (druhy r. *Phytophthora*, ale běžně i druhy r. *Pythium*), ale např. i druhy rodů *Rhizoctonia*, *Fusarium*, *Rosellinia* a mnohé další. Spíše zřídka se setkáme s listovými skvrnitostmi a to pouze v případě druhů, které jsou schopny vytvářet zoosporangia na nadzemních částech rostlin, jako je např. *P. cactorum* a některé další. Pouze na starších rostlinách lze v případě některých citlivých taxonů (olše, buky, javory atp.) v případě rozvoje nekrózy krčku hovořit o symptomech charakteristických pro druhy r. *Phytophthora*. Tento typ chorob způsobují jak zástupci rodu *Phytophthora*, tak rodu *Pythium*.

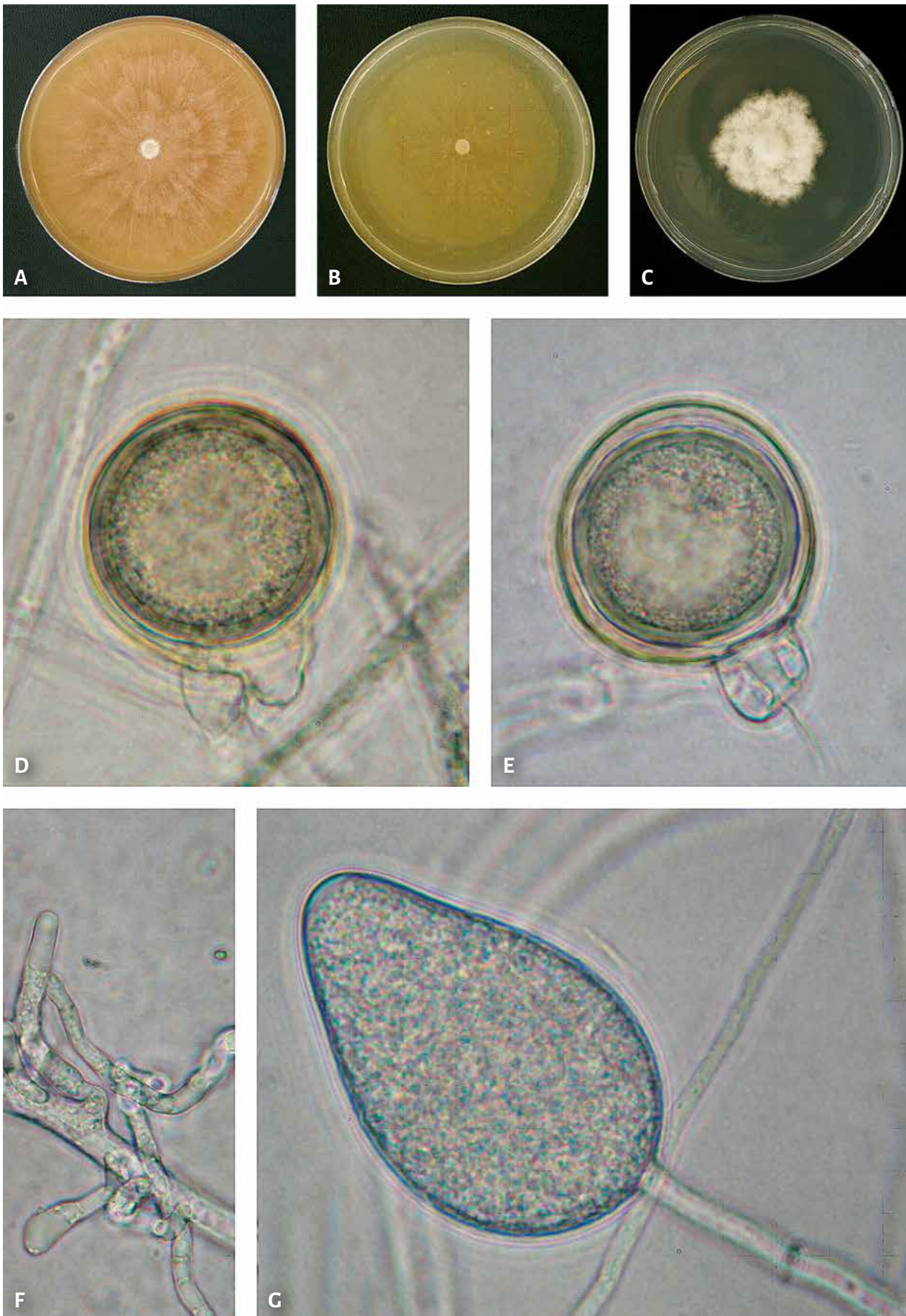
Padání klíčnicích rostlin má typicky velmi rychlý průběh, klíčnicí rostliny obvykle odumřou během několika hodin (obr. 3A). Velmi často je jako první infikován krček rostlin (obr. 3B) v úrovni půdy, poškození se často objevuje za intenzivnějších srážek či při nadměrné závlivce.

Hniloby kořenů sazenic se rozvíjejí obvykle nejprve na drobných kořnicích posledních řádů. Patogeny infikují drobné kořínky svých hostitelů v půdě buď rozrůstajícím se myceliem, nebo, a to typicky, zoosporami volně se pohybujícími v půdní vodě nebo na povrchu půdy ve spláších po intenzivních deštích. Poškození se poměrně rychle rozvíjí a záhy jsou kolonizovány velké části kořenových systémů. Kořenový systém napadených sazenic je pak v porovnání se zdravým materiálem výrazně redukován (obr. 3C). Poškozené kořeny jsou typické intenzivním rozkladem a hnědým

či černým zbarvením (obr. 3D). Napadené rostliny žloutnou a krní, případně dochází k nekrotizaci listů a jejich postupnému opadu, více napadené rostliny usychají a odumírají (obr. 3E).

K hnilobám krčku dochází buď prorůstáním patogenu z napadených kořenů anebo – a to opět typicky – po přímé kolonizaci zoosporami volně plovoucími ve vodě například po intenzivních srážkách či nevhodné závlivce. Na tomto typu chorob se nejčastěji podílejí patogeny z r. *Phytophthora*. Napadení krčku se projevuje mírně vpadlými, hnědavě či rezavě zbarvenými nekrotizacemi kůry (obr. 3F), po odstranění kůry jsou pak viditelná nápadně zbarvená nekrotizovaná vodivá pletiva (obr. 3G). Tyto symptomy jsou častěji patrné spíše u vzrostlejšího materiálu a více citlivých taxonů (buky, olše, javory aj.). Mezi typické symptomy nadzemních částí patří chlorotizace v celém objemu korunky (obr. 3H) a posléze vadnutí a uschnutí.

Na pěstebních plochách se poškození typicky objevuje v ohniscích často v místech s méně příznivými půdními podmínkami (vyšší vlhkost, utužení půdy, nepropustné podloží) nebo v terénních depresích, případně po deštích (obr. 3I). V případě déletrvajících deštů či dlouhodobě nadměrné závlivky mohou být plošně poškozeny velké plochy, to však obvykle na těžkých, málo propustných půdách (obr. 3J). K odumření rostlin může dojít během několika dnů po infekci. Je nutno říci, že na venkovních plochách s prostokořeným materiálem je v současnosti zpravidla kontaminována velká část rostlin, v důsledku používání fungicidů však nemusí dojít k intenzivnímu rozvoji chorob a tyto (prakticky asymptomatické) rostliny jdou běžně do distribuce.



Obr. 2. *Phytophthora plurivora* (A–C) Sedm dnů stará kolonie na médiích V8A, CA and PDA. (D, E) Pohlavní orgány, oogonium s oosporou a antheridium (D) paragynní a (E) amfigynní. (F) Hyfy. (G) Zoosporangium. Měřítka: 10 μ m
 Fig. 2. *Phytophthora plurivora* (A–C) Seven-day-old colony on V8A, CA and PDA. (D, E) Sexual organs, oogonium with oospore and antheridium (D) paragynous and (E) amphigynous. (F) Hyphae. (G) Sporangium. Bars: 10 μ m



Obr. 3. Symptomy chorob způsobovaných oomycety v lesních školkách

(A) Padání klíčnic rostlin klenu napadeného *P. cactorum*. (B) Počínající nektróza krčku semenáče buku lesního (*Phytophthora plurivora*). (C) Kořenový systém sazenice dubu letního napadeného *P. plurivora* (vlevo) v porovnání s normálně vyvinutým systémem (vpravo). (D) Kořenový systém jedle napadený *P. plurivora*.

Fig. 3. Symptoms of diseases caused by oomycetes in forest nurseries

(A) Damping off of sycamore due to *P. cactorum* infestation. (B) Beginning collar rot of common beech seedling (*Phytophthora plurivora*). (C) The root system of pedunculate oak seedlings damaged by *P. plurivora* (left) compared to the normally developed system (right). (D) Root system of fir attacked by *P. plurivora*.



Obr. 3. Symptomy chorob způsobovaných oomycety v lesních školkách

(E) Intenzivní hniloba kořenů semenáčů buku lesního způsobená *P. cambivora* se projevuje na nadzemních částech rostlin chlorotizací a nekrotizací olistění a vede k rychlému odumření napadených rostlin. (F) Nekróza krčku sazenice buku lesního způsobená *P. plurivora*. (G) Hniloba krčku borovice vejmutovky způsobená *P. plurivora*. (H) Žloutnutí borovice vejmutovky v důsledku pokročilé hniloby krčku způsobené *P. plurivora*.

Fig. 3. Symptoms of diseases caused by oomycetes in forest nurseries

(E) The intensive root rot of beech seedlings caused by *P. cambivora* is manifested on the above-ground parts of plants by yellowing and necrotization of foliage and leads to the rapid death of infected plants. (F) Collar rot of common beech seedling caused by *P. plurivora*. (G) Collar rot of eastern white pine caused by *P. plurivora*. (H) Yellowing of eastern white pine due to advanced collar rot caused by *P. plurivora*.



Obr. 3. Symptomy chorob způsobovaných oomycety v lesních školkách

(I) Napadení buku lesního druhy *P. rosacearum* a *P. cambivora*. Projev choroby po intenzivních srážkách na níže položených částech záhonů.

Fig. 3. Symptoms of diseases caused by oomycetes in forest nurseries

(I) Damage of common beech seedlings by *P. rosacearum* and *P. cambivora*. Manifestation of the disease after intensive rainfall in lower parts of the beds.



Obr. 3. Symptomy chorob způsobovaných oomycety v lesních školkách
 (J) *Semenáče borovice lesní odumřelé v důsledku hniloby kořenů způsobené *Pythium vexans* po intenzivních srážkách*
 Fig. 3. Symptoms of diseases caused by oomycetes in forest nurseries
 (J) *Scotch pine seedlings dead due to root rot caused by *Pythium vexans* after intensive rainfall*

2.4. Preventivní opatření

Klíčovou součástí systému integrované ochrany jsou preventivní opatření. V rámci výzkumu byly odhaleny hlavní cesty infekce do školkařských provozů a hlavní zdroje uvnitř provozů. Vypracovaný přehled preventivních opatření má za cíl tyto cesty přerušit, zdroje zlikvidovat a zabránit jejich obnově. Hlavní pozornost je zapotřebí věnovat zejména opatřením preventivním v dílčích částech provozů produkujících krytokořenný materiál. Možnosti jak úspěšně zasáhnout proti patogenům na venkovních zá-

honech a zejména dnes už velmi často silně kontaminovaných pěstebních plochách jsou relativně omezené. Speciální pozornost je věnována zabránění vstupů infekce a úpravě technologií pěstování (zálivka, substrát, obalovaná sadba) a přípravkům na ochranu rostlin. Přes všechnu náročnost je ale nepochybné, že i za současné situace mohou lesní školky produkovat materiál zdravý a bez přítomnosti oomycetů, který bude možné bez rizika používat i při obnově citlivých porostů.

2.4.1. Výběr pěstebních ploch

Přes všeobecnou infestaci pěstebních ploch školkařských provozů oomycety, byly zjištěny značné rozdíly jak v diverzitě, tak v celkovém zastoupení oomycetů na různých plochách. V rámci porovnání infestace pěstebních ploch s prostokořenným materiálem na dvou půdních typech s výrazně odlišnými vlastnostmi (říční půdy a písčité půdy) bylo potvrzeno, že infestace říčních půd byla podstatně silnější (více druhů oomycetů včetně nebezpečných druhů r. *Phytophthora*, vyšší počty CFU (colony forming unit), stabilnější výskyt během roku) než půd písčitých, kde byl výskyt podstatně slabší, zejména pak v suchých periodách.

- **Místa pro zakládání pěstebních ploch** musí být vybírána v lokalitách co nejméně vhodných pro oomycety – tedy na propustných, hlubokých, bohatých, organicky hnojených a biologicky aktivních půdách s přirozeným supresivním efektem, obecně vhodnější jsou zejména hluboké, propustné černozemní a písčité půdy. Pro založení ploch jsou vhodné panenské, lehké půdy, kde nebyly pěstovány citlivé druhy hostitelů. Naopak je zapotřebí se vyhnout hůře propustným či na vodu nadměrně bohatým půdám a půdám s nepropustnými horizonty (např. gleje a pseudogleje, fluvizemě, luvizemě). Obecně je nutné se vyhnout rovněž zamokřeným polohám a terénním depresím či plochám s nepropustným

podložím a degradovaným a utuženým půdám, dolním částem svahů, úžlabinám a podobně, kde jsou populace patogenů silnější (Černý a kol. 2020a). Místa s lokálně nevhodnými podmínkami bývají často první, kde se napadení oomycety projeví.

- **Bylo zjištěno, že oomycety v sadech ČR způsobují průkazně vyšší škody v oblastech s vyšší dostupností vody, vyšší škody lze očekávat i po srážkově bohatých letech.** V ČR byl zjištěn průkazný vliv vyšších srážek (vyšší nadm. výška, $P < 0,05$), vyšší podíl napadení byl zjištěn na půdách hydrologického typu B/D a C a D (nižší naopak na půdách skupin typu A a B, viz Anonymus 2020a), na půdách s lepší vláhovou bilancí, méně propustných půdách s vyšší retenční vodní kapacitou ($P < 0,05$; Černý a kol. 2020a). Lze odůvodněně předpokládat, že identické schéma platí i pro plochy školkařské. Populace oomycetů je rovněž silnější v místech, kam prosakuje či stéká voda z výše položených míst (McIntosh 1963). Nevhodným typům půd je tedy vhodnější se vyhnout (zejména při produkci citlivých taxonů), pokud je to možné, v opačných případech lze volit další opatření.

- **Pěstební plochy je vhodné zakládat spíše na vyvýšených pozemcích a terasách,** je vhodné se vyhnout dnům údolí a dolním částem svahů či místům mezi terénními vlnami (Sutton a kol. 2014, Černý a kol. 2020a). Množství propagulí patogenů klesá s relativní výškou na svahu (Horner

a Wilcox 1996), nadto se oomycety přirozeně a snadno šíří splachy (Erwin a Ribeiro 1996 aj.).

● **Místa s horším odvodněním lze upravit** pomocí drenáží, zrytím či nakyplením podloží; rovněž lze vyvýšit záhony. V průběhu pěstování je zapotřebí bránit utužování půd (i ve spodních vrstvách) a zhoršování jejich propustnosti a aerace. Nelze ovšem očekávat, že tato opatření zásadně redukují výskyt oomycetů na venkovních dnes již značně kontaminovaných záhonech.

2.4.2. Výběr pěstovaných dřevin a jejich citlivost

Taxony lesních dřevin se významně liší v citlivosti vůči patogenům *r. Phytophthora*, některé jsou značně odolné, jiné jsou velmi citlivé. Tato informace je (spolu např. s informacemi o promoření různých lesních společenstev) velmi důležitá např. pro plánování pěstování lesnického materiálu v provozech lesních školek.

Většina patogenů *r. Phytophthora* přítomných v lesních školkách jsou typické půdní polyfágní druhy šířící se vodou a parazitující na kořenech a krčcích rostlin (výjimkou je např. *P. ramorum*). Mezi izolovanými patogeny v lesních školkách výrazně převažují nepůvodní zavlečené druhy *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, *P. cambivora* a *P. cryptogea* tvořící více než 50 % všech izolátů oomycetů. Jsou typické svými širokými hostitelskými spektry – např. *P. gonapodyides* je známá z cca 70 hostitelů, ostatní pak z cca 130 (*P. cambivora*), 200 (*P. plurivora*) a z cca 380 taxonů (*P. cryptogea*; Farr a Rossman 2020), reálná šíře hostitelských spekter je však zcela jistě podstatně větší. Prakticky všechny taxony dřevin pěstované v lesních školkách mohou být oomycety napadány, přesto jsou vůči infekci a i různým druhům *r. Phytophthora* různě vnímavé. Na některých z nich je doložena parazitace desítek druhů oomycetů a značné škody (např. na buku je doložen výskyt více než 20 druhů *r. Phytophthora*, z nich cca polovina jsou nebezpečné a široce rozšířené patogeny) na jiných je pak známých pouze několik údajů a škody pouze malé (např. vrba s několika málo údaji napadení nepůvodními druhy).

V následujícím přehledu jsou uvedeny hlavní lesní dřeviny a jejich hlavní patogeny z *r. Phytophthora*, rámcově je určena jejich citlivost zpracovaná na základě výsledků projektu, ale i dalších prací databázového a rešeršního charakteru (Farr a Rossman 2020, Parke 2020, CCPO 2020, CABI, EPPO), ale i experimentálních a terénních výzkumných prací (Holub a kol. 2010, Cleary a kol. 2017, aj.) a jsou uvedena hlavní rizika vyplývající z potenciální výsadby kontaminovaných sazenic.

Buk. Velmi citlivá dřevina, celosvětově je udáváno víc než 20 druhů *r. Phytophthora*, výskyt poloviny z nich byl v ČR doložen, nejvýznamnější napadení v ČR způsobuje *P. cambivora*, lokálně mohou být významné i druhy další (*P. plurivora*, *P. gonapodyides*). Doloženy jsou značné škody v lesních porostech z Evropy (Jung a kol. 2018, Corcobado a kol. 2020) i šíření v lesních porostech ČR (Černý a kol. 2020b). Největší škody lze očekávat v případech obnovy komplexů cenných květnatých i kyselých bučin, zejména toto riziko hrozí na ulehých těžkých půdách a luviszemích. Velké riziko lze spatřovat při rekonstrukci smrkových monokultur.

Dub. Známá parazitace cca 30 druhů *r. Phytophthora*, nejméně 15 z nich se v ČR s jistotou vyskytuje, v ČR je na dubu letním hlavním patogenem *P. plurivora*. V současné době lze na dub pohlížet jako na spíše středně citlivou dřevinu (mj. Holub a kol. 2010, Cleary a kol. 2017), v temperátní části Evropy má napadení porostů chronický ráz (Jung a kol. 2018), což potvrzuje i plošné, ale nikoliv kritické napadení dubových porostů v lužních oblastech ČR. Duby jsou zde obvykle postiženy hnilobami kořenů posledních řádů, hniloby krčku jsou spíše výjimečné, případně se mohou ve větší míře objevit po výraznějších povodních a nastalém stresu. Značné riziko může ovšem v budoucnu představovat šíření *P. cinnamomi* eventuálně dalších druhů v termofytiku zejména v doubravách na neutrálních či kyselých půdách. Dub červený je rovněž velmi citlivý (významné škody na něm způsobuje zejména *P. gonapodyides*) a nelze ho doporučit pro plošné pěstování zejména v lužních oblastech v místech s vysokou hladinou podzemní vody.

● **Kontrola okolí.** Vzhledem k tomu, že jsou lesní školky většinou umístěny v prostředí lesních porostů, je vždy důležité vnímat i okolní porosty jako potenciální zdroje infekce – nejčastěji lze předpokládat šíření *P. plurivora* a *P. alni* ve formě zoospor splachy do vodotečí, které mohou sloužit jako zdroje závlahové vody. Proto by měly být pěstební plochy z preventivních důvodů od okolních porostů odděleny vhodnou bariérou (např. hlubší drenáží a pruhem bez lesní vegetace apod.).

Javor. Schopnost napadat javor je známá u cca 15 druhů *r. Phytophthora*, polovina z nich se v ČR vyskytuje. Javory v našich podmínkách nejčastěji napadá *P. plurivora* a *P. cambivora*, značné škody může způsobit i *P. cactorum*, *P. gonapodyides* a další druhy. Všechny druhy javoru jsou velmi citlivé (nejcitlivější je klen, v lužních polohách po povodních však bývá značně poškozen i mléč), velké škody mohou nastat např. i při obnově květnatých bučin, javorových jasanových olšin apod.

Jasan. Na jasanu je doložena parazitace osmi druhů *r. Phytophthora*, v ČR bylo zjištěno šest z nich, nejdůležitějším patogenem je *P. plurivora*, škody mohou způsobovat i druhy další (*P. cactorum* aj.). Oba druhy jasanu patří mezi relativně odolné dřeviny, choroby jsou spíše chronického rázu, více poškozeny jsou porosty v lužních polohách, prakticky vždy jde jen o hniloby kořenů, doloženy ovšem jsou i větší škody a napadení krčků (Tkaczyk a kol. 2016). Impakt těchto druhů je nyní překryt nekrozou jasanu.

Olše. Olše jsou velmi citlivé dřeviny, doložena je parazitace cca 30 druhů *r. Phytophthora*, 2/3 z nich se v ČR vyskytují. Nejvýznamnější jsou v ČR *P. alni* subsp. *alni* a *P. alni* subsp. *uniformis*. Identická poškození způsobují i další patogeny (*P. cambivora*, *P. plurivora* aj.), ovšem v mnohem nižších frekvencích než první dva zmíněné taxony. Porosty olší ve středních a nižších polohách jsou prakticky vždy napadeny některým ze zmíněných druhů. Velmi běžný druh je *P. gonapodyides*, způsobuje ovšem škody obvykle menší a nejčastěji jen hniloby kořenů. Extrémní riziko hrozí při obnově dosud nenapadených cenných porostů olší, při rekonstrukci smrkových porostů ve vlhčích pasáží, při obnově či rekonstrukci olšin olše šedé apod.

Jilm. Jilmy patří mezi spíše méně citlivé dřeviny, doložena je parazitace asi pěti druhů *r. Phytophthora* (všechny se v ČR vyskytují), v našich podmínkách nejvýznamněji jilmy v lužních lesích poškozuje *P. plurivora*, obvykle však způsobuje jen hnilobu drobných kořenů.

Lípa. Lípy patří mezi více citlivé taxony, doložena je parazitace více než deseti druhů *r. Phytophthora*, většina z nich se v ČR vyskytuje. V ČR je doposud nejvýznamnějším patogenem lip *P. plurivora*. Škody podobného rozsahu však může způsobit i *P. cactorum*, případně další druhy. Škody způsobené po zavlečení lze předpokládat zejména při obnově vlhčích dubohabřin a květnatých bučin.

Topol a vrba. Na těchto dřevinách je doložen výskyt necelé desítky druhů *r. Phytophthora*, až na jednu byly všechny v ČR zjištěny, nejčastěji lze předpokládat napadení *P. inundata* a *P. lacustris* (nemělo by v tomto případě jít o nebezpečné druhy) a *P. plurivora* a *P. cactorum*. Údajů o citlivosti je poměrně málo, všeobecně se má za to, že patří k dřevinám odolným (zejména vrby i vzhledem ke schopnosti regenerace). U topolu však přesto byla značná citlivost doložena jak laboratorně (Cleary a kol. 2017), tak v terénu (Černý a kol. 2009). V lesních porostech ČR však významné škody známy nejsou.

Jehličnany. Jehličnany jsou obecně avšak nesprávně nahlíženy jako dosti odolné vůči oomycetům. Nejcitlivějším hostitelem v rámci čeledi *Pinaceae* je jedle, ze které je doložen výskyt cca 20 taxonů rodu *Phyto-*

phthora (15 z nich se v ČR vyskytuje), mezi nejvýznamnější lze označit *P. cactorum*, *P. cambivora*, *P. cinnamomi*, *P. cryptogea* a *P. plurivora*, přičemž všechny tyto druhy se v lesních školkách ČR běžně (s výjimkou *P. cinnamomi*) vyskytují. Z borovic je udáváno přes 25 druhů rodu *Phytophthora*, (cca 3/5 z nich jsou rovněž udávány z ČR) přičemž mezi nejvíce nebezpečné patří např. *P. cinnamomi* způsobující hnilobu kořenů a krčků. Z ČR byly doloženy i významné ztráty ve školkařských provozech (*P. plurivora*, *Py. vexans*; v druhém případě však bylo poškození navázáno na přemokření půdy). Na modřínu je doložen výskyt čtyř druhů r. *Phytophthora*, všechny jsou v ČR známy, s výjimkou *P. cactorum* je jejich výskyt v ČR dosud marginální. Donedávna byl nejvýznamnějším patogenem druh *P. cinnamomi* způsobující hniloby kořenů, na modřín tak bylo lze v našich podmínkách nahlížet jako na poměrně odolný (viz Cleary a kol. 2017). V současné době se stal ovšem závažným rizikem nově invadující polyfágní druh *P. ramorum*, který mj. způsobuje plošné škody na modřínu ve Velké Británii a Irsku (Webber a kol. 2010, O' Hanlon a kol. 2017) a nově i v Bretani (Schenck a kol. 2018). Patogen způsobuje zejména nekrózy kůry a odumírání větví a výhonů (snadno se šíří vzduchem), přesto je schopen parazitovat i na kořenech. V ČR je tento druh občas zachytáván na okrasném materiálu, oficiálně je ovšem v ČR nepřítomen a všechny výskyty byly eradikovány. Odůvodněně lze ale předpokládat, že mnohé výskyty (zahradní centra) zachyceny nebyly a patogen se pomalu v ČR šíří na okrasném materiálu. Jeho zavlečení do lesních výsadeb modřínu a plošné rozšíření (citlivé jsou ovšem i listnáče – např. buk) by velmi pravděpodobně způsobilo závažné ekonomické škody a výrazně omezilo pěstování modřínu (Černý a kol. 2017b).

Z nejdůležitější hospodářské dřeviny smrku ztepilého je známo více než deset druhů rodu *Phytophthora* (s jedinou výjimkou se vyskytují i na území ČR), nikdy však nebyly zjištěny významné ztráty ve vzrostlých porostech mj. pravděpodobně i kvůli nepříznivým environmentálním podmínkám (např. pH opadu a půdy). Ve školkařských provozech lze očekávat případné lokální napadení a ztráty na semenáčích nejspíše způsobené *P. plurivora*, *P. cactorum* nebo *Py. vexans*. Patogeny jsou však schopny tuto dřevinu napadat (Cleary a kol. 2017) a tak může pravděpodobně smrk sloužit jako rezervoár patogenů, se kterým mohou být do lesního prostředí zavlečány. Citlivější dřevinou je naopak douglaska tisolistá, kde je známo přes deset patogenů, z nichž cca 3/4 byly v ČR doloženy a kteří zpravidla způsobují hniloby kořenů.

Nutno je rovněž zmínit nebezpečné druhy *Phytophthora lateralis* a *P. austrocedrae* z Evropy již známé a parazitující nejen na okrasných jehličnanech, ale i např. na jalovcích a tisech (Farr a Rossman 2020) a schopné způsobit plošná poškození porostů svých hostitelů. Oba druhy lze ve školkařských

provozech očekávat a spolu s nimi i celou řadu dalších nepůvodních a v ČR dosud nezjištěných druhů jako např. *P. kernoviae*.

Veškerý školkařský materiál může být považován za potenciálně rizikový a mohou na něm či na výsadbě být způsobeny menší či větší škody. Kontaminovaný materiál však zejména představuje závažné riziko pro obnovované a rekonstruované porosty, kdy hrozí jejich trvalé zamoření, značné ekonomické škody a dokonce poškození lesních společenstev a ekosystémů. Existují ovšem specifické případy, kdy je riziko škod enormní a je bezpodmínečně nutné produkovat sadbu zdravou. V první řadě se jedná o buk lesní, který je jednou z nejcitlivějších dřevin a může být napadán celou řadou patogenů (*P. cambivora*, *P. plurivora* a další). Navíc se jedná o nyní nejdůležitější vysazovanou dřevinu ČR používanou např. k obnově rozpadajících se smrkových monokultur a vnímanou do budoucna jako vůbec nejdůležitější lesní dřevinu. Bukové porosty jsou až dodnes (s jistými výjimkami) vesměs nepůvodními oomycety výrazně nepoškozeny a právě v tomto společenstvu hrozí dnes největší rizika.

Dalšími rizikovými dřevinami jsou javory a lípy (parazitují na nich identické druhy patogenů) a platí pro ně (samozřejmě v menším rozsahu) totéž co pro buk, zejména pro výsadby na vlhčích stanovištích; jejich význam je ovšem v lesnictví neporovnatelně menší. Dalším závažným případem kdy hrozí trvalé zamoření porostů a značných škod jsou olše (všechny tři druhy), které jsou napadány *P. alni alni* a *P. alni uniformis*, ale i dalšími druhy. Specifickým případem jsou duby teplomilných doubrav – zde hrozí při kontaminaci extrémně polyfágním druhem *P. cinnamomi* riziko trvalého zamoření porostů a poškození cenných společenstev. Dub červený je specificky citlivý vůči *P. gonapodyides*. Závažný potenciální problém představuje *P. ramorum* na modřínu a případně zavlečení dalších druhů. Přes tyto specifické body je samozřejmě možné produkovat sadbu zdravou *en bloc* a zamezit zavlečení nepůvodních oomycetů do všech porostů dřevin.

Podobně jsou některé lesní porosty a společenstva oomycety již do značné míry promořena (např. lužní společenstva; a tedy je otázkou nakolik má cenu za současných nedostatečných provozních kapacit ve školkách bránit vstupu tam již rozšířených patogenů), jiná jsou naopak kontaminována minimálně (např. bučiny).

Samozřejmě, že je cílem produkovat veškerou sadbu zdravou, to je však v současné době obtížné. Přesto však lze výše zmíněným parametrům dosti přizpůsobit provozní postupy (struktura pěstebních ploch, pěstování citlivých dřevin na místech s minimálními riziky, využití vhodných pěstebních a ochranných technologií apod.) tak, aby se alespoň největším rizikům mohlo předejít.

2.4.3. Hlavní způsoby zavlečení patogenů z r. *Phytophthora* do školkařských provozů a faktory podmiňující jejich šíření a význam

Patogenní oomycety jsou do školkařských a zahradnických provozů zavlečány celou řadou způsobů. Nejčastějšími z nich jsou spolu s rostlinným materiálem překoupeným z jiných podniků či přepraveným z jiných provozoven na vlastní plochy, kde jsou finálně dopěstovávány případně dále prodávány. Obvykle se jedná o celé rostliny (v jejichž kořenových balech mohou patogeny – např. *P. ramorum* – přežívat asymptomaticky několik let; Vercauteren a kol. 2013), ale může se jednat i o podnože, hlízy, cibule a další materiál, infekční mohou být třeba i odpadlé rostlinné zbytky. Dalšími možnými způsoby zavlečení je např. pěstební substrát, použité kontejnery, závlahová voda, manipulační a dopravní technika, obuv a pracovní nářadí apod. (Erwin a Ribeiro 1996, Parke a kol. 2019, vlastní zjištění).

Přežívání, šíření a impakt zavlečených oomycetů ve vlastních provozech pak mohou být ovlivněny celou řadou dalších faktorů, jako je např. časová a prostorová heterogenita poměrů v provozech, historie produkce rostlin na jednotlivých plochách a v provozech, spektrum a rozložení pěstovaných druhů rostlin, technologie, spon a délka pěstování a uchovávání výpěstků rostlin, způsoby obdělávání a ošetřování půdy, nakládání s rostlinnými zbytky, zavlažovací systémy (Ferguson and Jeffers 1999, Themann a kol. 2002, Perez-Sierra a Jung 2013, Parke a kol. 2019 a další), ale i další faktory jako jsou pedologické, hydrogeologické, geomorfologické a klimatické poměry (Černý a kol. 2020a).

2.4.3.1. Dovoz rostlinného materiálu a pěstování okrasných rostlin v lesních školkách

Venkovní pěstební plochy školkařských provozů v ČR jsou v současné době více či méně zamořeny oomycety (viz kap. 2.2.1.) a na jednotlivých pěstebních plochách je běžně izolováno pět či šest a nezářídka i podstatně více druhů r. *Phytophthora*. Vzhledem k tomu, že pěstební plochy lesních školek jsou často zakládány na (bývalé) lesní půdě, je přirozené, že se na plochách sponatně vyskytují druhy r. *Phytophthora*, které lze považovat za původní (např. *P. bilorbang* či *P. gallica*) a jsou i podstatně méně patogenní anebo ty, které se v prostředí ČR rozšířily již před delší dobou (to zejména platí pro školky v oblastech lužních lesů) – např. *P. plurivora* či *P. gonapodyides*. Nejčastěji izolované nepůvodní druhy r. *Phytophthora* z prostředí lesních školek jsou *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, které jsou běžně rozšířeny v některých nejvíce invazibilních lesních společenstvech (luhy), velmi často jsou z lesních školek izolovány i *P. cambivora* a *P. cryptogea*, *P. cactorum*, *P. rosacearum*.

Podstatně vzácněji či prakticky vůbec nejsou izolovány druhy další nežřídka teplomilné. Proto byl proveden srovnávací rozbor patogenů pěstovaného materiálu lesních školek pěstujících jen lesnický materiál a školek, vyrábějících jak lesnický, tak okrasný (nežřídka exotický) materiál. V případě druhém byla zjištěna podstatně vyšší diverzita patogenů r. *Phytophthora* – ve značných frekvencích byly zjištěny druhy na lesnickém materiálu vzácné či vůbec nezjištěné (např. *P. cinnamomi*, *P. hedraiaandra*, *P. citrophtho-*

2.4.3.2. Zdroj závlahy

Detailní průzkum 18 provozů (školkařských a ovocnářských) potvrdil, že závlahová voda je významným zdrojem oomycetů (Černý a kol. 2020a, tato studie). Oomycety se ve vodě obvykle vyskytují ve formě aktivně plovoucích zoospor, které vyhledávají hostitele. Do závlahové vody se dostávají spolu se splachy a drenážemi, jsou do ní ovšem i uvolňovány ze zoosporangii vytvářejících se na myceliu na napadených rostlinných pletivech ve vodě (případně v půdní vodě). Průzkum zmíněných provozů potvrdil výskyt celkem 20 druhů oomycetů (sedm druhů r. *Phytophthora* a 13 druhů r. *Pythium* s. l.) v závlahové vodě. Vodní zdroje byly rozděleny na tři typy – zdroje podzemní (vrty, studny), zdroje lokální (např. retenční nádrže a drobné vodní zdroje přímo v provozech či v jejich těsném okolí) a zdroje nekontrolované (vodní toky v krajíně, průtočné rybníky se vzdálenými zdroji). Výsledek ukázal, že v prvním typu vodních zdrojů se oomycety parazitující na rostlinách nevyskytují (mohou se však dostat splachy do případné nechráněné zásobní nádrže) kdežto ve zdrojích s povrchovou vodou se vyskytují víceméně běžně. Rovněž se ukázalo, že zdroje lokální jsou kontaminovány méně (celkem bylo zachyceno 11 druhů, na jeden zdroj připadaly v průměru 3 zachycené druhy, obvykle převažoval jeden hojný druh zpravidla rodu *Pythium* – nejč. *Py. catenulatum*, *Py. litorale* a *Py. pachycaule*) zatímco zdroje nekontrolované mimo provoz byly kontaminovány více (20 druhů, 5 druhů na zdroj, obvykle vyrovnanější společenstvo, ve vyšších frekvencích byly zachycovány zejména *P. lacustris*, *P. hydropathica*, lokálně *P. bilorbang* či *P. gonapodyides*, a *Py. litorale*). Značný byl rozdíl v počtu zachycených CFU (colony forming unit) – kde bylo možno provést objektivní porovnání, vždy byl počet CFU patogenů z r. *Phytophthora* několikanásobně vyšší ve zdrojích nekontrolovaných než ve zdrojích lokálních. Velmi významný je ovšem fakt, že v obou typech povrchových zdrojů závlahové vody byly zjištěny nebezpečné druhy (*P. cambivora*, *P. gonapodyides*, *P. citrophtho* a *P. plurivora*). U zdrojů nekontrolovaných původ kontaminace nelze určit (může se nacházet kdekoli, kde se vyskytují citlivé rostliny), u zdrojů lokálních to mohou být nejčastěji vlastní pěstební plochy, ze kterých se oomycety dostávají splachy do retenčních nádrží.

Jediným vhodným nekontaminovaným zdrojem závlahy je podzemní voda, představovat zde ovšem může významný problém případný vyšší obsah některých rozpuštěných látek a potenciální zasolování pěstebních ploch.

ra, *P. cf. pini*, *P. nicotianae*, *P. megasperma*). Obecně je diverzita patogenů na okrasném materiálu podstatně větší než na materiálu lesnickém (Černý a kol. 2017a). Vzhledem k propojení provozu ve školkách, kde oba typy materiálu pěstují (při stávající praxi a prostorových limitech je lze stěží oddělit), hrozí právě touto cestou přechod patogenů zavlékanych do lesních školek na materiálu okrasném na domácí druhy lesních dřevin v prostředí školek a jejich další šíření.

Prakticky stejně významným rizikem je překupování a dopěstovávání jakéhokoliv rostlinného (i lesnického) materiálu pocházejícího z jiných provozů; zejména je nutno varovat před neověřenými či zahraničními (často cenově výhodnými) zdroji.

Cizí rostlinný materiál představuje v lesním školkařství největší riziko kontaminace provozů a materiálu nebezpečnými nepůvodními patogeny. Naprosto nelze doporučit souběžné pěstování okrasného a lesnického materiálu. Stejně tak nelze doporučit překupování lesnického materiálu mezi školkami (ani jeho převozy mezi provozmi stejné školky) a jeho dopěstovávání v jiných provozech. V každé školece by měl být pěstován pouze vlastní materiál v optimálním případě napěstovaný ze semene. Pokud dochází k překupování a dopěstovávání cizího materiálu, musí se tak dít v provozně oddělených prostorách (rizikové mj. i splachy a jímané odpadní vody); takový materiál je preventivně nutno považovat za potenciálně kontaminovaný a pro vlastní pěstební plochy rizikový.

Z tohoto pohledu je velmi vhodným způsobem využití přirozené břehové infiltrace v okolí větších vodních zdrojů a přítomnosti šterkových lavic.

Pokud jako zdroj slouží přímo vodní zdroj, je vždy vhodné předčištění, kdy se závlahová voda zbaví větších částic a zbytků pletiv rostlin. Pokud to velikost zdroje dovolí, je optimálním řešením vytvoření jímací kapsy a využití břehové filtrace doplněné případně hydrocyklonem. Pro další čištění je vhodná např. pomalá filtrace s pomocí jemných pískových filtrů (s velikostí zrna 0,15–0,3 mm) a biologického filmu nebo s minerální vlnou případně s lávovými lamelovými či dalšími filtry, která je dostatečně efektivní i proti patogenům z r. *Phytophthora* (vhodné např. pro velké provozky; Hong a kol. 2014). Zásobní nádrže filtrované vody musí být zajištěny proti nechtěné kontaminaci z provozu. Filtraci je v případě citlivějších provozů vhodné kombinovat s dezinfekcí (např. chlorováním) vody.

Možná je dezinfekce zálivkové vody v rezervoáru pomocí chloru, Sava apod. (dostačující jsou obvykle koncentrace mezi 2–4 ppm účinné látky). Cena těchto opatření je relativně příznivá, na druhou stranu je potřeba počítat s možnými nežádoucími efekty (u chloru např. reakce s hnojivou, změna pH, případně environmentálně nepřijatelné reaktanty). Možná může být rovněž dezinfekce vody pomocí chlordioxidu (1–2 ppm) nebo ionizace vody (dostatečný efekt má koncentrace v jednotkách ppm Cu²⁺; Hong a kol. 2014). Sterilizace pomocí UV-C záření je vhodná spíše pro drobnější skleníkové provozky. Pro menší provozky může být vhodná pasterizace v kombinaci se solárním zdrojem energie (k inaktivaci infekčních partikulí dochází už při expozici teplotě mezi 40–50 °C; Hao a kol. 2012). Pokud k závlaze slouží recyklovaná voda používaná k zálivce, je její dezinfekce naprosto nutná – nejčastěji se pak používá dezinfekce s pomocí mědi anebo chlorování (viz např. Hong a kol. 2014, Raudales a kol. 2014, Majstřík a kol. 2017, Ristvey a kol. 2019).

Závlahová voda v porovnání s volnými venkovními pěstebními plochami (záhony) a případným vysazovaným cizím rostlinným materiálem představuje menší riziko zavléčení patogenů, přesto používání bezpečného zdroje (studna, vrt, břehová infiltrace), dostatečně efektivní filtrace spolu se zajištěním hygieny zásobního zdroje, případně využití dalších způsobů dekontaminace jsou jediným možným způsobem, jak zamoření ploch sporami patogenů z vodních zdrojů v okolí zabránit. Pokud se k závlaze používá recyklovaná voda, je nezbytné ji před dalším použitím dekontaminovat. V produkci zdravé obalované sadby je zajištění nezávadné závlahové vody naprosto nutné.

2.4.3.3. Další způsoby zavlékání a možnosti kontaminace

Pěstební plochy mohou být kontaminovány i dalšími způsoby – spolu s pěstební substrátem, se sadbovači, spolu s technikou a mechanizací, na pracovních nástrojích, obuvi apod.

Většina oomycetů jsou půdní patogeny parazitující na kořenech a naprosto běžně jsou zavlékány v pěstební substrátu a půdě (nezřídka spolu s rostlinným materiálem). V provedených testech komerčních pěstebních substrátů v ČR a rašeliny se přítomnost nebezpečných patogenních oomycetů nepotvrdila a tedy běžně prováděná sterilizace (propaření) substrátu dodavatelskými firmami či ve vlastním provozu pro případnou likvidaci těchto patogenů postačuje. Rašelina je nadto vzhledem ke svým fyzikálně chemickým vlastnostem (vysoká vzdušná kapacita, velmi nízké pH) nepříliš příznivá pro rozvoj oomycetů.

Míchání vlastního substrátu v provozu může být zdrojem kontaminace zejména v případě použití nesterilního komponentu či vody z kontaminovaného zdroje nebo v případě špatné hygieny provozu. Dovezený rašelinový substrát i další komponenty musí být skladovány buď pod střechou nebo stranou od rizikových zdrojů infekce na dobře drenážovaném a vyvýšeném místě, tak, aby se zamezila možnost jejich kontaminace.

Dalším významným rizikem je recyklování sadbovačů a kontejnerů, na jejichž stěnách a ve zbytcích substrátu mohou být přítomny odpočívající spory oomycetů. Pokud mají být kontejnery znovu použity (adekvátně to platí pro další spotřební materiál, přepravky, textilie, apod.) musí být nejprve bezpečně uloženy mimo citlivé části provozu a poté důkladně omyty a dezinfikovány (někdy je možná i solarizace či propaření). Podobně to platí pro případný další recyklovaný materiál. Použité kontejnery a další pomůcky by měly být skladovány odděleně od nových, na suchém drenážovaném místě případně, a to je nejlepší, pod střechou.

Kompost a hromady uloženého odpadu z výroby – jak substrátu, tak rostlinných zbytků je nutno vždy preventivně považovat za kontaminované a pro ostatní provoz bývají významným zdrojem rizika. V tomto materiálu se běžně nachází partikule oomycetů (oospory či chlamydozspory), které mohou bez přítomnosti hostitelů přežívat v substrátu i několik let (Erwin a Ribeiro 1996). Úložiště odpadu a kompostu musí být odděleno od vlastního školkařského provozu, ideálně na vzdálenějším, níže položeném místě oddrenážovaném mimo školkařský provoz do vlastní jímky nebo trativodu. Přístupová komunikace by měla být vhodně spádována a obsluha zbytků (převoz, kompostování, míchání apod.) by měla být prováděna za sucha s omezením možné kontaminace okolí na minimum. Případné další využití kompostovaného materiálu nelze bez důkladného ošetření doporučit. Pokud by měl být kompost používán, tak nikoliv pro

pěstování krytokořenného materiálu, ale jen na venkovních záhonech a pouze po předchozím důkladném zkompostování s měřením vnitřní teploty anebo po propaření. Pro eliminaci oomycetů je obvykle dostačující propaření minimálně při 82 °C po dobu 30 min., vhodné je ovšem dosáhnout hodnot vyšších (Erwin a Ribeiro 1996, Linderman a Davis 2008, Schweigkofler a kol. 2014 aj.).

Zavlékání oomycetů s mechanizací a nástroji je velmi často dokladováno, obvykle se jedná o mycelium a spory patogenů v substrátu, který ulpí na podvozcích a v dezénu pneumatik na mechanizaci, na podrážkách bot a podobně. Vzhledem k tomu, že většina venkovních provozů lesních školek je plošně osídlena řadou oomycetů včetně nebezpečných komunikací (rámcově provedené testy v tomto případě potvrdily přítomnost *P. plurivora* a *Py. vexans*), naprosto nepochybně dochází k vzájemné kontaminaci pěstebních ploch a nebezpečných cest právě tímto způsobem. Velký význam má tento způsob zavlékání v případě nedostatečné hygieny provozu a existence trvalých či občasných významných místních zdrojů infekce – rizikových bodů (přežívání infekce, zdroje infekce v provozu, viz kap. 2.4.4.) a rizikových nebezpečných komunikací.

Potenciální zavlečení kontaminace s mechanizací, na obuvi či nástrojích má také podstatně významnější dopad v případě citlivých částí provozu, jako jsou např. prostory, kde dochází k předsetové přípravě a stratifikaci, uložení a míchání substrátů, uchovávání spotřebního materiálu včetně kontejnerů, apod. nebo v případě pařenišť, skleníků, matečnic, úložišť apod. V některých těchto provezech (pařeniště, skleníky) jsou často i vhodnější podmínky pro uchycení teplomilných a zvláště nebezpečných patogenů rodu, je zde rovněž vyšší riziko ztrát např. na cenném množitelském materiálu.

V těchto případech je vhodným opatřením oddělení provozních částí s kontaminací a bez kontaminace (např. oddělení provozní techniky, oddělení čistého stání a kontaminovaných strojů, vhodná je linka na čištění mechanizace a obecné zvýšení hygieny provozu (omývání techniky a zařízení, případně dezinfekce), dezinfekce pracovních nástrojů apod.). V případě citlivých provozů (provozy, kde se materiál množí, skleníky a pařeniště atp.) je samozřejmě vhodná jejich co největší izolace od provozu ostatního, zejména pak od možných zdrojů kontaminace. Pracovní nástroje a obuv je možné dezinfikovat pomocí běžných dezinfekčních prostředků (např. 10% roztok Sava).

V každém případě a za všech situací je zapotřebí vnímat jako nejvíce rizikové zejména splachy a drenáže odvádějící srážkovou či přebytečnou vodu ze všech zmíněných rizikových částí provozu, jejich jímání, odvádění, akumulaci a čištění.

2.4.4. Hlavní rizikové body v provozu z hlediska zavlékání a výskytu oomycetů

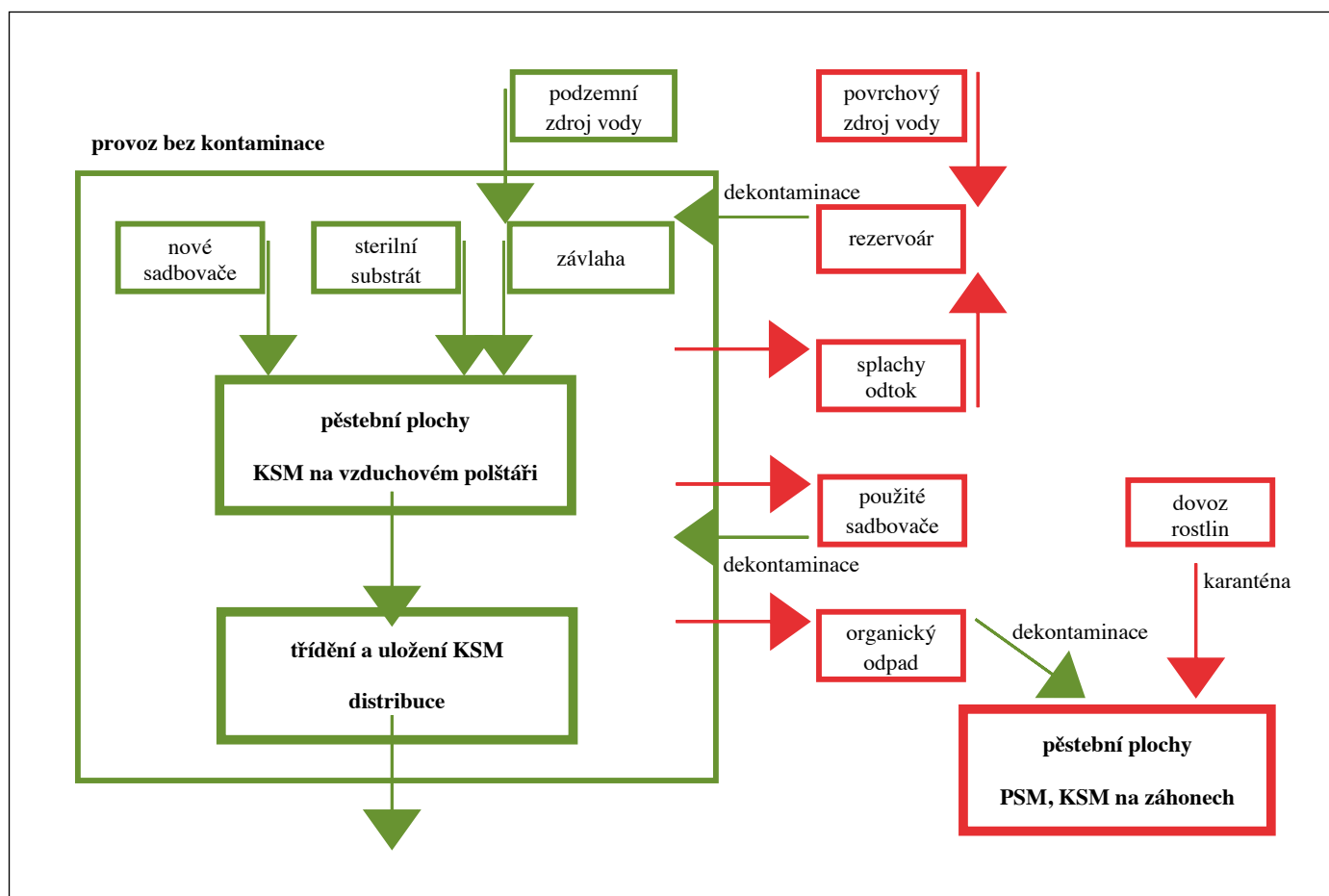
Rizikovými body školkařského provozu se rozumí místa s trvalou či občasnou kontaminací oomycetů a místa, kde tyto patogeny mohou i jen potenciálně dlouhodobě přežívat a z nich se šířit. Principiálně to jsou zdroje vody, zamokřené plochy, drenáže, kontaminované pěstební plochy (tzv. zejména volné záhony), skládky organického odpadu a substrátu, místa uložení potenciálně kontaminovaného recyklovaného materiálu, stání techniky používané v rizikových částech provozu apod. Tyto body a plochy musí být co možná prostorově a funkčně izolovány a to zejména od provozních částí citlivých z hlediska možné kontaminace. Je vhodné, aby v těchto případech byly vyřešeny pohyb techniky a osob, splachy a odtok kontaminované závlahové vody (nesmí jít do citlivých částí provozu) a místní komunikace.

Naopak klíčové body provozu, které je nutno před kontaminací chránit jsou provozní budovy (kde probíhá míchání substrátu, předosevní úprava a setí, ale i další provozní prostory, sloužící ke třídění a balení materiálu a jeho uchování včetně klimatizovaných skladů), foliovníky, skleníky, skladiště substrátu, příměsí, sadbovačů a dalších potřeb a pomůcek, dále

úložiště a všechny plochy s kontejnerovanou sadbou, a samozřejmě zdroj a úpravna vody zejména pak sloužící pro citlivé části provozu, které musí být nutně udrženy prosté kontaminace (míchání substrátů, foliovníky, skleníky, úložiště atp.).

Obecně je v okolí klíčových částí provozu, které musí zůstat nekontaminované, vhodné vyřešit zejména bezproblémový odtok srážkové a závlahové vody, její jímání a odvádění a zabránit jejímu hromadění, v okolí citlivých provozů (foliovníky, skleníky a úložiště, skládky substrátu apod.). Významná je kvalita povrchu komunikací, jejich niveleta a příčný sklon, protože určují poměry odtoků potenciálně kontaminovaných splachů (k jejich kontaminaci bude nutně občas docházet např. při pohybech techniky z venkovních částí provozů). V okolí citlivých pěstebních ploch, foliovníků, skleníků atp. je vhodné na volné půdě využívat šterkové vrstvy (sníží riziko kontaminace) a vhodně umístěné drenáže.

Podobně je vhodné omezit případný pohyb techniky směrem z rizikových částí provozu (např. z volných pěstebních ploch) do citlivých zejména pak za nevhodných klimatických podmínek. Parkování techniky obou částí



Obr. 4. Idealizované schéma provozu lesní školky s produkcí zdravého krytokořenného sadebního materiálu (KSM), zeleně: část provozu a procesy bez kontaminace, červeně: provoz a procesy s potenciální kontaminací (PSM – prostokořenný sadební materiál)

Fig. 4. Idealized scheme of forest nursery operation with production of healthy containerized plant material (for the scheme with English description see p. 28)

by mělo být pokud možno odděleno. Pokud je technika sdílena, do citlivých částí provozu by měla zajíždět technika očištěna, případně dříve nebo za vhodných klimatických poměrů. Kontaminované plochy by měly být obsluhovány později (stejnou měrou se to týká různě zatížených volných pěstebních ploch). U všech komunikací v okolí citlivých bodů provozu by mělo být bráněno vzniku déle přetrvávajících louží, splachy by měly být dobře odváděny a jímány a směřovány od citlivých částí provozu.

2.4.5. Technologie pěstování, prevence

V této kapitole jsou přiblíženy hlavní zásady pěstování materiálu, které napomohou zabránit rozvoji infekce oomycetů a s jejichž pomocí může být dopěstován zdravý výsadbový materiál.

Hlavní zásadou je zabránit kontaminaci rostlin a pěstebních ploch oomycetami. Hlavní způsoby zavlečení jsou následující: spolu s kontaminovaným rostlinným materiálem, se substrátem, sadbovači, se závlahovou vodou, s mechanizací apod. Je vždy nutné všechny klíčové části školkařského provozu, kde je pěstován zdravý materiál, co nejvíce izolovat od rizikových bodů (zdrojů kontaminace). Zdroje kontaminace se přirozeně ve všech školkařských provozech vyskytují – zejména to jsou volné záhony a volná půda v okolí, závlahová, ve větší míře však odpadní voda a splachy, kontaminované sadbovače, kontaminovaný substrát a jeho příměsí a nevhodně nastavený provoz umožňující kontaminaci z interních zdrojů (pěstební plochy, komunikace, úložiště odpadu, komposty apod.). Tyto body byly dostatečně rozebrány v předchozí kapitole. Přes jejich maximální respektování může ve školkařském provozu docházet k nežádoucím outbreakům choroby. Pro jejich ma-

Vhodné je, aby buď v celém provozu, nebo alespoň v klíčových částech byl vyhodnocen pohyb splachů a podpovrchové vody a vybudován systém drenáží a kanálů, které je budou spolehlivě odvádět. Schéma rizikových a klíčových bodů školkařského provozu a cest infekce je zobrazeno na obr. 4.

ximální omezení při pěstování sadby lze aplikovat následující preventivní opatření:

- 1) Ve vybraných izolovaných částech pěstovat pouze krytokořenný materiál na vzduchovém polštáři (technologí stříhu vzduchem). Jedině při tomto způsobu nedojde ke kontaktu sadbovačů a kořenových systémů rostlin s rizikovým (kontaminovaným) povrchem půdy a omezí se doba smočení citlivých částí sadbovačů a kořenových systémů na minimum. Struktura sadbovačů významně omezuje horizontální šíření infekce.
- 2) Vyloučit z pěstování nezávadných rostlin volné záhony a prostokořenou sadbu. Záhony ve školkařských provozech jsou obvykle plošně oomycetami kontaminovány, frekvence výskytu chorob závisí na půdním typu atp. Produkováný prostokořenný materiál je za současných poměrů vždy do jisté míry kontaminovaný. Podíl kontaminovaných rostlin se v podmínkách ČR pohybuje mezi cca 7–100 % rostlin v balíku, u sazenic pěstovaných na těžkých půdách se podíl infestovaných sazenic často blíží 100 %, na půdách lehkých to je obvykle méně než polovina. Přes-

- to i při relativně nízkých podílech napadených rostlin jsou při vysazovaných objemech sazenic obnovované lesní porosty potenciálně vždy kontaminovány.
- 3) Kontejnerovaný materiál pěstovaný na vyvýšených a vhodně skloněných záhonech krytých izolační a drenážní vrstvou šterku (překryté např. textilií apod.) je i přesto rizikový. Podložní vrstvy (šterka, textilie) jsou často kontaminovány splachy, opadem napadených částí rostlin atp. při nadměrných deštích či zálivce se pak patogeny plošně na povrchu textilie šíří mezi volně přístupnými kořenovými systémy. Kvalitní údržbou těchto ploch lze riziko kontaminace značně snížit, nikoliv však zcela vyloučit.
 - 4) Zajištění co nejvyšší vzdušné kapacity substrátu a její udržení po celou dobu pěstitelského cyklu je vzhledem k tomu, že oomycety jsou ve svém životním cyklu vázány na vodu, zcela zásadní požadavek. Velmi významná je minimalizace objemové hmotnosti redukované, používání méně rozložených typů rašeliny, minimalizace podílu nejjemnějších zrnitostních frakcí a udržení stability substrátu po dobu pěstitelského cyklu. Samozřejmě je co nejvyšší propustnost substrátu (kokosová vlákna, rašelina, perlit, vermikulit, písek, kůra...). Úprava pH nemá zásadní význam vzhledem k toleranci širšího spektra těchto hodnot oomycety (z tohoto úhlu pohledu by bylo nutno snížit pH substrátu pod 4 nebo zvýšit nad 7). Vhodné je co největší snížení vodivosti a minimalizace zasolení substrátů (mj. pro nižší aktivitu zoospor). Rovněž je vhodné vyvarovat se nadměrného hnojení dusíkatými hnojivy (nedostatečně vyzrálá pletiva hostitele mohou být snadněji kolonizována).
 - 5) Ošetření podpůrnými přípravky či stimulanty může snížit riziko škod a podpořit zdravý vývoj rostlin (podrobněji v kapitole 2.6.3.).
 - 6) Minimalizace stresu. Využívat přistínění – sníží se stres a sníží se potřeba (potenciálně rizikové) závlahy.
 - 7) Zkrácení pěstebního cyklu. S délkou pěstování materiálu ve školkařských provozech signifikantně vrůstá riziko kontaminace. V prvním roce pěstování je materiál prakticky nekontaminovaný (někdy mohou být izolovány druhy r. *Pythium* běžně přítomné ve vodě). V pozdějších letech jsou však rostliny vždy kontaminovány druhy r. *Phytophthora* – v lesních školkách často nejprve našimi pravděpodobně domácími druhy (*P. lacustris* či *P. gallica* aj.), později také agresivními nepůvodními druhy.
 - 8) Nadměrná či dlouhodobá závlaha či srážky jsou velmi významný faktor ovlivňující šíření oomycetů. Velmi významná je pak zejména doba, po kterou zůstává v půdě volná voda (Duniway 1983), plná saturace vodou by neměla přesáhnout cca 12–24 hodin, protože nastanou vhodné podmínky pro tvorbu zoosporangíí a šíření zoospor. Vodní potenciál substrátu by dlouhodobě neměl být vyšší než cca 30 kPa (odpovídá přibližně polní vodní kapacitě; Erwin a Ribeiro 1996). Při této hodnotě většina druhů r. *Phytophthora* vytváří jen omezené množství zoosporangíí, tudíž se infekce šíří jen minimálně nebo vůbec. To platí pro většinu nebezpečných druhů jako je *P. cinnamomi*, *P. cambivora* nebo *P. citricola* (Hardy a Sivasithamparam 1991, Erwin a Ribeiro 1996) a tedy pravděpodobně i pro *P. plurivora*. Některé druhy – např. *P. cryptogea* (v lesních školkách jeden z nejběžnějších druhů) – jsou ovšem schopny tolerovat i nižší vodní potenciál (Erwin a Ribeiro 1996). Jiné druhy pravděpodobně vytváří zoosporangia ve větším či menším množství i při nižším potenciálu (Erwin a Ribeiro 1996), zoospor se však při něm nemohou šířit a klíčí přímo hyfou, tudíž se množství infekčního inokula nezvyšuje a k šíření choroby nedochází. Zoospor se aktivně šíří pomocí dvojice bičíků na vzdálenost několika centimetrů až necelého půl metru (Wilkinson a kol. 1981), což je v prostředí pěstebních ploch za trvání vhodných podmínek (volná voda) vzdálenost pro nalezení hostitelských rostlin v nejbližším okolí dostatečná. Zoospor se pohybují několik hodin rychlostí cca 1 cm/min, optimální teploty pro jejich šíření jsou spíše nižší – kolem 10 °C, je zde ovšem velká variabilita mezi druhy (viz Erwin a Ribeiro 1996).
 - 9) V případě pěstování rostlin na vzduchovém polštáři je vzhledem k intenzivnější zálivce, mlžení a hustším vyšším sazenicím větší pravděpodobnost poškozování nadzemních částí rostlin, patogen (často *P. cactorum* či *P. plurivora*) se pak šíří pomocí odlamovaných zoosporangíí, která mohou klíčit přímo hyfou (Erwin a Ribeiro 1996). Zde je pak klíčová doba ovlhčení nadzemních částí, která umožňuje tvorbu zoosporangíí a jejich vyklíčení.
 - 10) Použití adekvátních podpůrných přípravků a přípravků na ochranu rostlin. Klíčové jsou systemické přípravky s dostatečným účinkem vůči oomycetům – přípravky na bázi fosfonátů nebo metalaxylu. S používáním je zapotřebí začít co nejdříve, jedno z prvních ošetření by mělo být právě ošetření fosfonáty, které dlouhodobě podporují imunitu rostlin. Cyklus ošetření rostlin by pak měl být dokončen před jejich vyzdvížením, kdy lze doporučit důkladné ošetření metalaxylem případně fosfonáty, které pokryjí ochranu rostliny při jejím přechodu do dormance a to po část či celou tuto periodu. Je zapotřebí používat přípravky přímo cílené vůči oomycetům a vystříhat se (pokud to situace nevyžaduje) použití širokospektrých přípravků, protože hrozí riziko poškození prospěšného mikrobiálního systému vytvářejícího se v kořenových zónách sazenic, který má inhibiční efekt na rozvoj oomycetů. Bližší informace k přípravkům na ochranu rostlin jsou uvedeny v kapitole 2.6.
 - 11) Vyzvedávání kontrola a třídění výpěstků musí probíhat za hygienicky adekvátních podmínek, protože tato fáze, kdy dochází ke kontaktu velkého množství materiálu na minimální ploše v krátkém časovém úseku, je potenciálně značně riziková z hlediska vzájemné kontaminace. Pracovní stoly (i potřebné příslušenství) musí být pravidelně čištěny či oplachovány desinfekcí. Symptomatické rostliny s rozvinutými hnilobami kořenů musí být odděleny a zlikvidovány (spáleny) mimo pěstební plochy. Skladovací plochy musí být čisté a prosty kontaminace. Nejvhodnější je ale bezprostřední expedice materiálu a jeho výsadba (a co největší zkrácení setrvání materiálu ve školkařském provozu).
 - 12) Po expedici rostlin musí být pole pod rámy zkontrolováno a preventivně ošetřeno vhodným fungicidním přípravkem (např. na bázi metalaxylu), nebo (a to vždy v případě potvrzení či podezření na výskyt choroby) dekontaminováno. Pokud jsou tyto plochy zpevněny, může postačit důkladné ošetření povrchovou dezinfekcí. Před novým pěstebním cyklem je možná preventivní solarizace plochy či její propaření. Solarizaci je možné provádět pouze za dostatečně teplého slunečního počasí (povrch solarizované plochy se urovná, dostatečně pokropí vodou a vlhký povrch těsně překryje průhlednou PE fólií). Solarizace může zvýšit teplotu v hloubce 5 cm až na 44–55 a na 36–45 °C v hloubce 20 cm a je účinná vůči řadě patogenů, škůdců i proti některým plevelům (Katan 1981, Erwin a Ribeiro 1996, Funahashi a Parke 2016 aj.), např. za vhodných teplotních podmínek může eliminovat kontaminaci chlamydosporami *P. ramorum* v hloubce až 30 cm (viz Funahashi a Parke 2016).

2.4.6. Volné plochy a prostokořenný materiál

Pro pěstování prostokořenného materiálu na volných záhonech jsou nevhodnější vyvýšené plochy s dostatečným odtokem, hluboké, provzdušněné, lehké a písčité půdy. Je zapotřebí se vyvarovat těžkých ulehých půd (pseudogleje apod.) a říčních půd, zamokřených míst, lokalit na dnech údolí apod. (viz kap. 2.4.1.). Bohužel, i přes zvolení vhodných lokalit v průběhu pěstování došlo v minulosti ke kontaminaci i vhodných ploch (úroveň může být ovšem podstatně nižší) a prostokořenný materiál v současné době produkovaný je prakticky vždy nutné považovat alespoň do jisté míry za kontaminovaný. Dezinfekce těchto ploch je prakticky nemožná, solarizace či propaření jsou příliš nákladné (Schweigkofler a kol. 2014, Funahashi a Parke 2016). Půdní fumigace je v tomto rozsahu environmentálně nepřijatelná samozřejmě s výjimkou možného výskytu karanténních organismů či jiných velmi nebezpečných patogenů – např. *P. cinnamomi*; tehdy je vhodné použít přípravek Bazamid granulat, který je 100% účinný vůči oomycetům běžným ve školkařských provozech (výsledky tohoto projektu).

Přes všechny nevýhody nelze v současnosti standardní pěstování prostokořenného materiálu na trvale zamořených plochách urychleně opustit. Proto je vhodné se pokusit míru kontaminace ploch a pěstovaného materiálu co možná nejvíce snížit. Z opatření, s pomocí kterých toho lze dosáhnout, lze samozřejmě zmínit ta uvedená v předchozích kapitolách, jmenovitě je ovšem zapotřebí zmínit i následující, jako je např. vhodná agrotechnika, hluboká orba, maximální provzdušnění a zvýšení propustnosti. Je zapotřebí se vyvarovat vytváření nepropustných vrstev v podloží, přemokření apod. Vhodné je vyvýšení záhonů, přiměřené organické hnojení, přiměřené používání závlahy prosté kontaminace a kvalitní odvedení splachů a jejich likvidace.

Samozřejmě je důsledné provádění dlouhodobého fungicidního programu, kdy musí být používány pouze či zejména přípravky účinné specificky vůči oomycetům (pokud si to nevynutí jiná situace), aby nedocházelo k poškozování aktivní a prospěšné mikrobiální flóry. Je zapotřebí vyloučit nedostatečně účinné přípravky a širokospektré či vícesložkové přípravky účinné i proti půdním bakteriím a houbám (viz kap. 2.6.), je nutné maxi-

2.4.7. Kontejnerovaný materiál na šterkovém loži

Záhony pro pěstování kontejnerované sadby na vrstvě šterku musí být mírně ukloněné a vyvýšené nad terén a dobře drenážované. Vrstva šterku musí být cca 7,5 cm silná k zabránění kontaktu mezi kontejnery a půdou. Musí zde být pravidelně prováděna pravidelná efektivní fungicidní ochrana a velmi vhodná je každoroční solarizace ploch (solarizace, pokud je

2.4.8. Pěstování okrasného materiálu

Jak bylo řečeno, pěstování okrasného materiálu (předpokládá se rychlá rotace materiálu, velká druhová i časová proměnlivost, četné vzájemné kontakty, blízkost, různé zdroje atp., což je vše značně rizikové z hlediska zavlečení a šíření oomycetů) je v lesních školkách krajně nežádoucí. Přesto je z praktických důvodů vhodné zmínit nejdůležitější zásady.

Zásadní je část s pěstováním okrasného materiálu celý provozní od zbytku školkařského provozu oddělit.

Rostliny na příjmu vždy důkladně prohlédnout, zda nejeví symptomy chorob typických pro oomycety (viz Příloha 1), v pozitivním případě rostliny vrátit dodavateli či neprodleně zlikvidovat na bezpečné ploše nebo zajistit v karanténě. Rostliny na příjmu uložit do karantény (izolovaný prostor), která by měla trvat cca čtyři týdny. Teprve po této době, pokud se neprojeví typické symptomy napadení, je rostliny možno přenést na vlastní pěstební plochy. Rostliny v karanténě neošetřovat fungicidy se specifickým účinkem vůči oomycetům. Sporulaci patogenů *r. Phytophthora* na nadzemních částech rostlin je během karantény možné redukovat postřikem surfaktanty, které na povrchu rostlin vytvoří film (Peterson a kol. 2019), lze je použít spíše v případě podezření na napadení *P. ramorum*.

málně chránit mikrobiální společenstvo. Vhodné je střídání přípravků, stěžejními pak musí být přípravky na bázi fosfonátů a metalaxylu. Je vhodná mykorrhizace a používání pomocných přípravků. Podřezávání je nutno vnímat jako rizikovou operaci, pokud má být prováděna, tak za nižší vlhkosti prostředí a podmínek nevyhovujících oomycetům.

Rotace pěstovaných taxonů dřevin, pokud je to možné, střídání listnáče s jehličnany (smrk). Pokud je to možné, je zapotřebí vždy po několika letech pěstování sazenic jednu sezónu plochu zkulturnovat, zaorat organickou hmotu a plochu nechat ležet ladem. Olše nikdy nepěstovat na stejné ploše v následujících třech letech po sobě. Pokud je to možné, co nejvíce zkrátit dobu pěstování sazenic.

Pěstování odolnějších taxonů dřevin (viz kap. 2.4.2.) vhodných na konkrétní pěstební plochy. Produkci prostokořenného materiálu primárně směřovat do oblastí a porostů, kde je kontaminace již běžná (např. lužní lesy a *P. plurivora* či *P. gonapodyides*) a do porostů s extrémně nepříznivými podmínkami pro *r. Phytophthora*.

Přes to vše lze předpokládat postupné opuštění nejméně vhodných pěstebních ploch. Nové plochy by měly být zakládány na vhodných místech s vhodnými půdními podmínkami na panenské půdě.

Vyzvedávání materiálu je nutno provádět opatrně, při třídění odstraňovat a likvidovat poškozené symptomatické sazenice. Vyzvednutý materiál musí být co nejdříve zpracován. Třídění apod. je potřeba provozně oddělit od zpracování materiálů z nekontaminovaných ploch, nebo jej časově na ně navázat. Při třídění a balení průběžně čistit a dezinfikovat pracovní plochy apod. Před expedicí či uložením máčet kořenové systémy ve fungicidním přípravku (nejlépe na bázi metalaxylu). Expedici materiálu a sázení na podzim do lesních porostů preferovat před skladováním v boxech. Skladovací boxy, palety atp. musí být vyčištěny a vydezinfikovány. Hromadné skladování přes zimu v chladicích boxech je vždy rizikové z hlediska možné kontaminace a skrytého šíření patogenů (některé oomycety přežívají a sporulují i při poměrně nízkých teplotách těsně nad nulou).

to možné, by měla trvat cca čtyři týdny a proběhnout ve vrcholném létě); alternativou je propaření (pasterizace). Nutné je periodické odstraňování rostlinných zbytků. Používání textilií, ve kterých se zachytává jíl, představuje značné riziko z hlediska rozvoje oomycetů (Parke a kol. 2019) a je nutné je pravidelně dezinfikovat nebo vyměňovat.

Vždy používat nezávadnou zálivku, sterilní substráty a kontejnery, dokonale odvádět odpadní vodu a splachy.

Prostory, kde se provádí manipulace s materiálem udržovat v nejvyšší čistotě a pravidelně je dezinfikovat (stoly, pomůcky apod.). Používané rohože, kontejnery atp. je možné recyklovat, ale je naprosto nutná jejich důsledná dezinfekce.

Maximálně zkrátit dobu pěstování v provozu.

Podezřelý materiál vždy izolovat a důkladně prohlédnout. Ověřit přítomnost symptomů chorob, případně kontaktovat odborné pracoviště a materiál případně otestovat. Pokud se nákaza nebezpečnými oomycety potvrdí, je potřeba rostliny zlikvidovat (spálit). Jednoduchý test na přítomnost patogenů *r. Phytophthora* si může zájemce jednoduše provést pomocí tzv. „baiting method“ sám, případně jsou komerčně dostupné kity, cena jednoho testu vychází na cca 12 dolarů (Redekar a kol. 2018a,b; návody lze shlédnout na <https://www.youtube.com/watch?v=SJx7gzXyXoM> a <https://www.youtube.com/watch?v=5Boqf1dNwg>).

2.5. Kurativní opatření

Při dodržování výše zmíněných opatření (zabránění vstupu infekce na pěstební plochy) je infekce nebezpečnými oomycetami v pěstované kultuře (tj. jednoletý krytokořenný materiál na vzduchovém polštáři) velmi málo pravděpodobná. Je ovšem zapotřebí provádět periodickou kontrolu zdravotního stavu a zaměřit se na případný výskyt symptomů typických pro chorobu způsobovanou oomycetami.

Kurativních opatření uplatnitelných v případě výskytu choroby je relativně málo a jejich účinnost není dostatečná – zejména pak na volných záhonech. Vždy je třeba využívat celé škály výše uvedených preventivních opatření.

Krytokořenný materiál na vzduchovém polštáři. V případě podezření infekce rostlin je vhodné část napadeného materiálu uchovat v karanténě pro identifikaci patogenu v laboratoři odborného pracoviště. (Je zapotřebí identifikovat patogen a cestu, jakou se na pěstební plochu dostal; nelze rovněž vyloučit, že se může jednat o jiné patogeny – *Rhizoctonia* spp. apod. Navržená pravidla jsou s výjimkou fungicidních přípravků však efektivně prakticky proti všem půdním patogenům.

Sadbovače s podezřelými rostlinami je zapotřebí oddělit od ostatního materiálu (prevence šíření infekce), ponechat je na izolované ploše a ihned je ošetřit vhodným přípravkem (fosfonáty, metalaxyl). V případě potvrzení výskytu nebezpečného patogenu, který se v lesním prostředí ČR nevyskytuje (např. karanténní druhy, *P. cinnamomi* apod.) je nutné materiál bezpodmínečně zlikvidovat (spálit), identifikovat zdroj inokula v provozu a provést vhodná nápravná opatření. Mezi ně patří použití půdní fumigace na ploše, kde se problém vyskytl.

V případě potvrzení druhu již u nás zdomácnělého a běžného (např. *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, většina druhů r. *Pythium*) je zapotřebí materiál důkladně a systematicky ošetřovat vhodnými přípravky na ochranu rostlin a pěstovat v podmínkách nepříznivých pro rozvoj infekce (omezení závlahy, snížení vlhkosti prostředí). Při vyzvedávání je nutné provést důkladnou kontrolu a rostliny s poškozenými kořenovými systémy zlikvidovat. Ostatní materiál lze pak teoreticky uvést do oběhu, nesmí být však deklarován a prodáván jako nezávadný a nesmí být vysazován na citlivá stanoviště a před expedicí musí projít znovu kontrolou – vždy je nutné jej považovat za potenciálně kontaminovaný.

2.6. Přípravky na ochranu rostlin

Používání fungicidních přípravků jako látek rizikových pro životní prostředí, lidskou populaci apod. je stále více z pochopitelných důvodů omezováno. To se může samozřejmě týkat celé řady oblastí a provozů, lesní školky ovšem jsou typické tím, že musí zaručit dodávky nezávadné sadby lesnického materiálu v podmínkách, kdy jsou prakticky permanentně vystaveny riziku zavlečení nepůvodních invazních oomycetů do vlastních provozů. Toto riziko lze výrazně snížit pomocí preventivních opatření, přesto jej nelze zcela vyloučit. Nadto jsou školkařské provozy do větší či menší míry, stejně jako přírodní prostředí, do jisté míry samy kontamino-

vány. Rostlinný materiál v okolí místa, kde se infekce vyskytla, musí být ihned preventivně ošetřen fungicidními přípravky a pokud je to možné, provedena úprava pěstebních podmínek (omezení závlahy, snížení vlhkosti prostředí). Zdravotní stav materiálu musí být dále sledován.

Po ukončení pěstebního cyklu musí být plochy s výskytem choroby dekontaminovány.

V případě, že jsou kontaminovány volné záhony, je eradikace patogenů z r. *Phytophthora* velmi obtížná až nemožná. Zde platí opět pravidlo pro ověření identity patogenu – v případě potvrzení výskytu karanténního či jiného krajně nebezpečného druhu (např. *P. cinnamomi*) musí být materiál zlikvidován a substrát dezinfikován (půdní fumigace). V krajním případě může být plocha z pěstování materiálu (po několik let) vyloučena. Za plochy s extrémně nevhodnými půdami je vhodné se pokusit najít náhradu či přesunout pěstování citlivých taxonů jinam. Nebezpečné druhy oomycetů by se však na pěstební plochy, pokud budou dodržována výše zmíněná pravidla, dostávat neměly, tudíž by tato situace neměla nastávat.

V ostatních případech (*P. plurivora* apod.) je nutné intenzivní ošetřování vhodnými přípravky. Po skončení pěstebního cyklu lze využít propaření půdy či solarizaci, což jsou však metody drahé a náročné, zejména pak když jsou aplikovány na velkých rozlohách. Vhodná je intenzivní agrotechnická úprava půdy (orba, aerace, zapravení organické hmoty) a omezení pěstování citlivých taxonů v následujících letech. V případě těžkých ulehých půd je vhodné rovněž uvažovat o přesunutí výroby do vhodnějších podmínek.

V případě infestace kontejnerovaného materiálu volně loženého na záhonu či na šterkovém loži, lze doporučit opět solarizaci či propaření, případně fumigaci; v menším rozsahu je to ekonomicky i provozně únosnější a vzhledem k tomu, že se tyto plochy často nacházejí poblíž kritických částí provozu, lze tato opatření jen doporučit. Pokud je záhon krytý rohoží či textilí, je tyto nutno důkladně dezinfikovat (Savo apod.) či zlikvidovat na bezpečné ploše, stejně tak jako veškeré další vybavení. Poté by měla být odhalena cesta infekce na plochu a upraveny provozní podmínky tak, aby se situace nemohla opakovat.

Z těchto důvodů je pravidelné a systematické používání přípravků na ochranu rostlin s dostatečným účinkem vůči oomycetům nezastupitelné a to i preventivní. Riziko zavlečení nebezpečných oomycetů do přírodního prostředí a hrozící trvalé zamoření je příliš vážným nebezpečím a nesmí být podceňováno.

Vzhledem k tomu, že je popsána široká variabilita citlivosti různých druhů r. *Phytophthora* i izolátů jednotlivých druhů vůči fungicidům (Erwin a Ribeiro 1996), bylo nutné provést kompletně nové testy přípravků vůči zavlečeným a v ČR zdomácnělým druhům oomycetů.

2.6.1. Účinnost chemických přípravků *in vitro*

Testy chemických přípravků proběhly v laboratořích VÚKOZu v letech 2017–2020. Testováno bylo šest izolátů běžných patogenů vyskytujících se v lesních školkách: *P. plurivora*, *P. cactorum* a *P. cambivora*. Všechny izoláty byly získány z ČR; zmíněné druhy jsou rovněž v lesních porostech ČR nejčastěji izolovány z buku (Černý a kol. 2020b) a tudíž by měla ochrana primárně na tyto patogeny cílit. Byl testován růst kolonií na médiu V8A s přidáním účinné látky v koncentraci 0,00001–0,1 g/l (v případě přípravku

Ridomil Gold byla testována navíc ještě koncentrace nižší – 0,000001 g/l). Testovány byly jak komerčně dostupné přípravky registrované proti oomycetům a některým houbám, tak i samostatné chemické látky (metalaxyl a dimetomorph z důvodu nedostupnosti přípravku s jedinou účinnou látkou na trhu; tab. 2). Pro každou kombinaci izolát/koncentrace fungicidu byla provedena tři biologická opakování po pěti miskách. Pokus byl proveden v termostatu Memmert při 20 °C ve tmě, měřen byl růst kolonie

Tab. 2. Seznam přípravků a účinných látek použitelných pro eliminaci oomycetů. Zahrnuty všechny registrované přípravky proti oomycetům ve školkařství a některé z nejúčinnějších vůči testovaným kmenům registrované do zemědělských plodin (viz Registr přípravků na ochranu rostlin, <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/>)

Tab. 2. List of preparations and active substances suitable for elimination of oomycetes. Included all products registered in nurseries against oomycetes and some of the most effective against test strains registered in agricultural crops (see Plant Protection Products Register, <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/>)

přípravek	účinná látka	skupina	mechanismus účinku, FRAC kód	působení	aplikace, první aplikace	koncentrace	max. počet použití za vegetaci, interval
Acrobat MZ WG	dimethomorph + mancozeb	CA amidy + dithiokarbamáty	H5 + M 03	systemický + kontaktní; inhibice růstu mycelia, tvorba a klíčení zoospor	postřik; preventivně či při prvním výskytu;	2 kg/ha	2× 7 dnů
Aliette 80 WG	fosetyl AI	etylfosfonáty	U (33)	systemický; nepřímo – elicitory či supresory hostitele, inhibuje klíčení spor a růst mycelia	postřik, zálivka; preventivně či při prvním výskytu	0,25 %; 2,5 kg/ha	3× postřik: 7–14 dnů zálivka: 4 týdny
Criterion*	benalaxyl + mancozeb	acylalaniny + dithiokarbamáty	A1 + M 03	systemický + kontaktní; inhibice růstu mycelia, tvorba a klíčení zoospor	neregistrovaný ve školkařství		
Delan 700 WDC	dithianon	chinony	M (M 09)	ochranný, kontaktní; inhibice klíčení zoospor	postřik, rosení; preventivně či při prvním výskytu choroby	0,07–0,1 % 0,7–1,0 kg/ha	3× 7–14 dnů
Dithane M 45	mancozeb	dithiokarbamáty	M (M 03)	kontaktní; přerušování metabolických drah, inhibice klíčení zoospor	postřik, rosení, preventivně	2 kg/ha	2–4×
Folpan**	folpet	ftalimidy	M4	ochranný, kontaktní, inhibice buněčného dělení	neregistrovaný ve školkařství		
Kuprikol 50 apod.	oxychlorid mědi	anorganické	M (M 01)	ochranný, kontaktní; denaturace bílkovin a enzymů	postřik, rosení; při zjištění výskytu	4–5 kg/ha	max. 4 kg Cu/ha/rok 10–14 dnů
Phosphite***	fosetyl	etylfosfonáty	U (33)	systemický; nepřímo – elicitory či supresory hostitele, inhibuje klíčení spor a růst mycelia	v ČR neregistrovaný		
Previcur Energy	fosetyl + propamokarb	etylfosfonáty + karbamáty	U (33) + F4 (28)	systemický; nepřímý (hostitel) + poškození buněčných membrán, omezení růstu mycelia a sporulace	postřik, zálivka preventivně, dle signalizace	postřik max. 0,15 % 2,5 l/ha	2–3× postřik 5–10, 14 dnů (zálivka až 3–8 týdnů)
Proplant	propamokarb-hydrochlorid	karbamáty	F4 (28)	semisystemický; poškození buněčných membrán, omezení růstu mycelia a sporulace	postřik, zálivka, zapravení do substrátu, moření; preventivně	0,15–0,3 %, 2–4 (10) l/m ²	
Ridomil Gold MZ Pepite	metalaxyl-M + mancozeb	acylalaniny + dithiokarbamáty	A1 (4) + M (M 03)	systemický + kontaktní; inhibice růstu mycelia, tvorba a klíčení zoospor	postřik, rosení; preventivně (od června), při prvním výskytu	0,25 %	3× ca 7–14 dnů

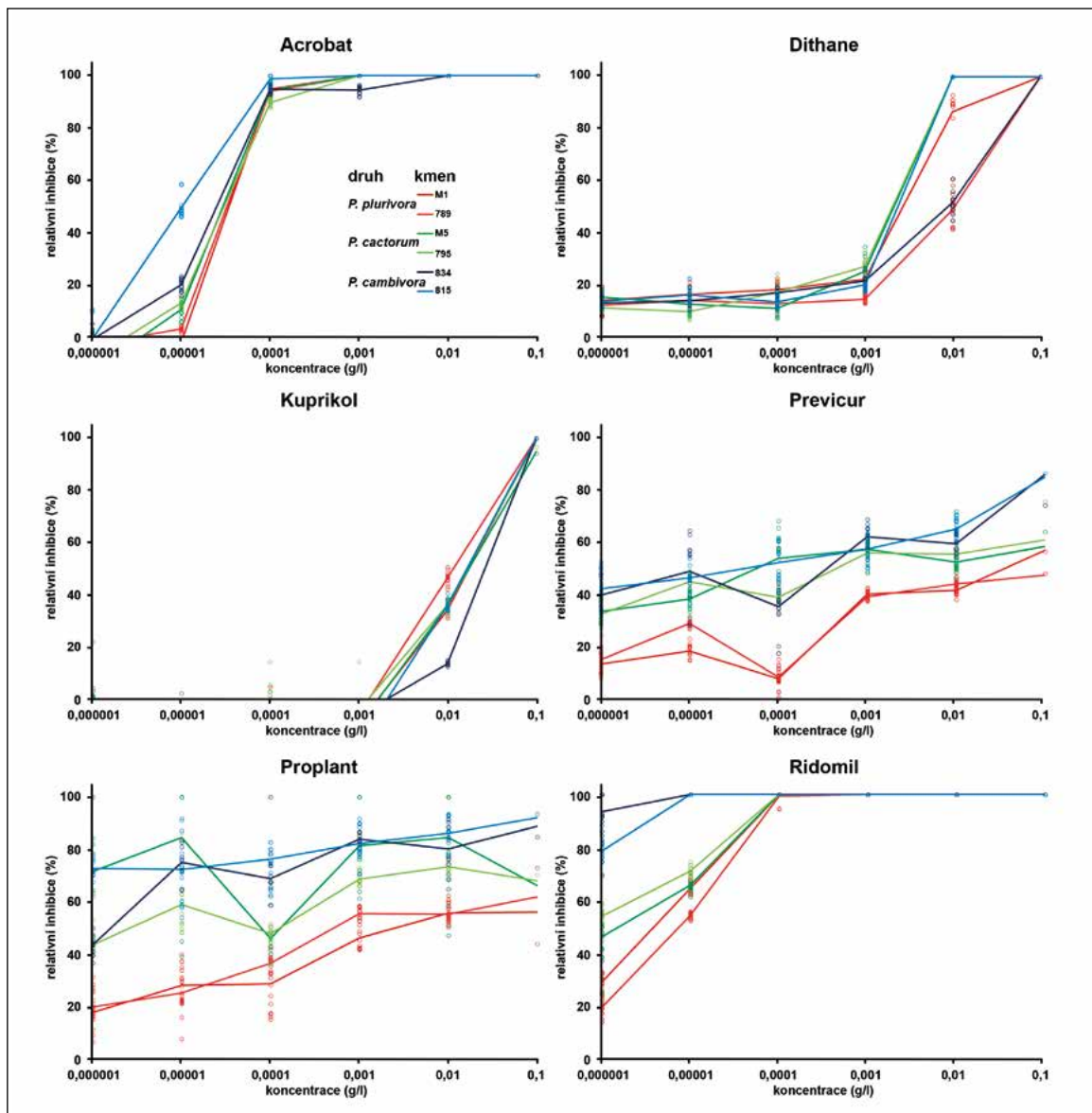
*plíseň bramborová, **plíseň réвовá, ***v ČR neregistrovaný

po pěti dnech ve dvou kolmých směrech. Spočtena byla inhibice růstu mycelia a vypočítány hodnoty EC₅₀, EC₉₀ a MIC, výsledky statisticky vyhodnoceny a graficky vyjádřeny (R plus). Prezentovaný pokus byl jako celek dvakrát nezávisle opakován.

Nejúčinnější se ukázal jednoznačně přípravek Ridomil Gold MZ Pepite (tab. 3) s hodnotou relativní inhibice přes 99 % a nejnižšími hodnotami EC₅₀ (koncentrace přípravku pro snížení růstu mycelia o 50 %), EC₉₀ (adekvátně s 90% inhibicí) a MIC (minimální inhibiční koncentrace – nejnižší koncentrace, která inhibuje růst mycelia patogenu). Následovaly přípravky Proplant, Acrobat MZ WG a účinné látky metalaxyl a dimethomorph (ú. l. přípravků Ridomil a Acrobat) a přípravek Criterium (v současné době se používá proti plísni bramborové, účinnou látkou je acylalanin benalaxyl) s hodnotou relativní inhibice přes 80 %. Méně účinné byly přípravky Previcur Energy, Dithane DG Neotec a Delan 700 WDG s hodnotami relativní inhibice mezi 60 a 80 %. Nejnižší účinnost měl přípravek Aliette 80 WG (nezobrazeno) a Phosphite; účinnost obou přípravků je prakticky totožná. Účinnost některých přípravků je vizualizována na obr. 5. Z obrázku je např. zřejmé, že účinnost široce používaného přípravku Previcur není dostatečná a že se jednotlivé druhy patogenů liší v citlivosti – nejvíce odolný je nejrozšířenější druh *P. plurivora*.

Tab. 3. Srovnání inhibičního efektu (homogenní skupiny) vybraných přípravků a účinných látek vůči druhům r. *Phytophthora* (všechny testované izoláty)
Tab. 3. Comparison of inhibitory effect (homogeneous group) of selected preparations and active substances against *Phytophthora* species (all isolates tested)

přípravek/ú.l.	inhibice (%)	homogenní skupiny
Phosphite	33.9	
Kuprikol	52.7	
Folpan	55.8	
Delan	66.7	
Dithane	73.4	
Previcur	76.4	
Criterium	82.6	
Dimetomorph	83.9	
Metalaxyl	84.3	
Acrobat	87.1	
Proplant	91.6	
Ridomil	99.4	



Obr. 5. Závislost účinnosti vybraných fungicidů a účinných látek na koncentraci (pokus in vitro)

Fig. 5. Dependence of the efficacy of selected fungicides and active substances on concentration (in vitro experiment)

2.6.2. Účinnost chemických přípravků *in planta*

Pokus proběhl od června do září 2019 v klimatizovaném boxu (18 °C) pod umělým osvětlením simulujícím přirozené denní světlo. Testována byla účinnost chemických přípravků proti hnilobě kořenů způsobené *Phytophthora plurivora* (kmen M1 izolovaný z prostředí lesních školek). Testováno bylo celkem 600 semenáčů buku lesního rozdělených do 10 ošetření: Aliette (2,5 g/l), Acrobat (2 g/l), Dithane (2 g/l), Phosphite (8 ml/l), Kuprikol (5 g/l), Previcur (2,5 ml/l), Proplant (1,5 ml/l), Ridomil (2,5 g/l), pozitivní a negativní kontrola. Každé ošetření proběhlo předepsaným způsobem ve čtyřech opakováních, v každém opakování bylo 15 rostlin a bylo opakováno v intervalu 14 dnů. Dne 11. 6. proběhla inokulace sazenic (do substrátu u krčku), po inokulaci byly rostliny zaplaveny na 24 hodin vodou (poté voda byla slita); zaplavení se opalovalo periodicky každý týden na 24 hodin. Dne 14. 6. byly sazenice ošetřeny výše zmíněnými fungicidy v předepsaných dávkách a metodikami (postřik, závluka). Ošetření fungicidy se pakovalo každé dva týdny do konce pokusu. Periodicky byl kontrolován zdravotní stav rostlin, evidovány odumřelé rostliny, zjišťována příčina odumření a na konci pokusu (13. 8.) byly spočteny i krnící a chlorotické rostliny. Porovnání podílů odumřelých (resp. nemocných) sazenic v jednotlivých týdnech bylo provedeno metodou mnohonásobného porovnání parametrů p binomických rozdělení. Výsledky jsou prezentovány formou homogenních skupin na hladině významnosti 0,05.

Již dva týdny po inokulaci byly patrné zásadní rozdíly ve vývoji poškození a rychle se odlišily skupiny ošetřené systemickými přípravky Aliette, Phosphite, Ridomil a Acrobat (obr. 6), jejichž poškození bylo minimální a skupiny ostatních přípravků (včetně kontroly pozitivní – inokulované).

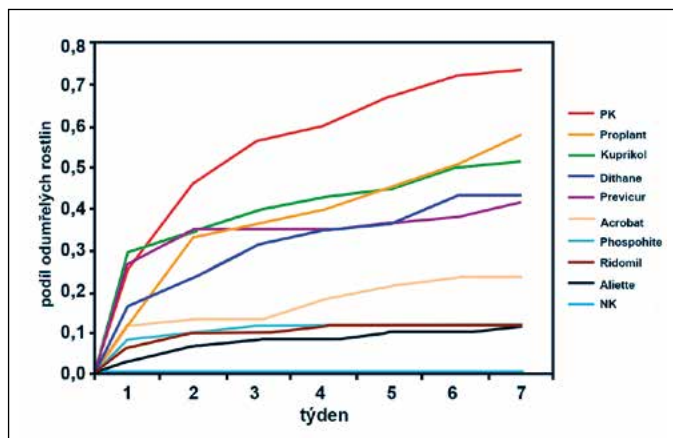
Na konci pokusu přeživaly všechny rostliny ve variantě neinokulované (tab. 4). Nejmenší podíl odumřelých rostlin (necelých 12 %) byl ve variantě ošetření přípravky Ridomil, Aliette a Phosphite, o něco horší (rozdíl ale nebyl signifikantní) byl výsledek varianty ošetření přípravkem Acrobat. Signifikantně horší bylo ošetření přípravky Previcur (42 % odumřelých sazenic) a Dithane (43 %). Účinnost přípravků Kuprikol (52 %) a Proplant (58 %) nebyla potvrzena – výsledky nebyly statisticky odlišné od pozitivní (inokulované) kontroly se 74 % mírou poškození. Jednoznačně se ukázalo, že nevhodnější přípravky jsou systemické přípravky, jejichž schopnost transportu rostlinou zaručuje kontakt s patogenem a tedy dostatečný efekt. Kontaktní fungicidy byly účinné pouze částečně, případně vůbec ne.

Výše uvedený výsledek byl potvrzen nezávislým dalším pokusem, kdy byly rostliny na počátku podstatně více stresovány pro lepší odlišení účinnosti nejlepších přípravků z prvního testu, byly dále testovány přípravky Soriale a Alginure (fosfonáty) a vybrané kombinace přípravků, testovány byly i rozdíly ve frekvenci aplikace (tab. 5). Výsledek potvrdil předchozí testy – tzn. nejlepší

Tab. 4. Účinnost přípravků vůči *P. plurivora*, experiment I (NK: negativní – neinokulovaná kontrola, PK: pozitivní kontrola)

Tab. 4. Efficacy of preparations against *P. plurivora*, experiment I (NK: negative – non-inoculated control, PK: positive control)

Ošetření	podíl odumřelých rostlin (%)	homogenní skupiny (p<0,05)
NK	0	
Ridomil	0.117	
Aliette	0.119	
Fosfit	0.119	
Acrobat	0.233	
Previcur	0.417	
Dithane	0.433	
Kuprikol	0.517	
Proplant	0.579	
PK	0.741	



Obr. 6. Vývoj zdravotního stavu sazenic buku ošetřených různými přípravky v průběhu testu (PK: pozitivní, tj. patogenem inokulovaná kontrola, NK: negativní kontrola)

Fig. 6. Development of health state of beech seedlings treated with various preparations during the test (PK: positive, i.e. pathogen-inoculated control, NK: negative control)

účinnost přípravku Ridomil a přípravků obsahujících vyšší koncentrace fosfonátů (Aliette, Phosphite, Soriale), dále byl potvrzen rozdíl ve frekvenci ošetření, kdy ošetření ve dvou týdenní periodě mělo signifikantně lepší účinky.

Provedené testy ukázaly, že nevhodnější přípravky pro potlačení oomycetů jsou z v ČR registrovaných přípravků přípravky Ridomil Gold MZ Pepite, Aliette 80 WG a Soriale a jejich kombinace. Periodu ošetření je vhodné v souladu s registrovaným použitím přípravků co nejvíce zkrátit, velmi vhodná je kombinace přípravků s různými účinnými látkami (Ridomil, Aliette, Acrobat). Zejména v případě stresu (intenzivní srážky) je vhodné volit přípravky na bázi fosfonátů nebo Ridomil. První ošetření vzházejících rostlin by mělo být provedeno fosfonáty, které mají dlouhodobější účinek. Poslední ošetření (případně máčení kořenů prostokořenného materiálu před uskladněním či expedicí) by mělo být provedeno přípravkem Ridomil. Samozřejmostí je používání smáčedel, kde je smysluplné.

Při reisolaci patogenu se potvrdilo, že i v ošetřeních nejvíce účinnými přípravky patogen v některých opakováních v malém množství přežíval, to znamená, že ošetření fungicidními přípravky je vhodné vnímat jako doplňkové k ostatním výše zmíněným opatřením.

Tab. 5. Účinnost přípravků vůči *P. plurivora*, experiment II

Tab. 5. Efficacy of preparations against *P. plurivora*, experiment II

Ošetření	perioda (týden)	podíl odumřelých (%)	homogenní skupiny (p<0,05)
NK		0.024	
Ridomil	2	0.158	
Soriale	2	0.188	
Aliette/Ridomil	2	0.196	
Aliette	2	0.317	
Phosphite	2	0.388	
Ridomil	4	0.419	
Aliette	4	0.512	
Alginure	2	0.556	
Acrobat	2	0.605	
Aliette/Acrobat	2	0.627	
Acrobat	4	0.690	
Phosphite	4	0.756	
PK		0.940	

2.6.3. Podpůrné přípravky a stimulanty

V ČR je k ochraně a podpoře rostlin možno použít celou řadu biologických přípravků na bázi mikroorganismů (bakterií, hub, oomycetů), mykorhizní přípravky a celou řadu pomocných přípravků, stimulantů a hnojiv. Mezi testované přípravky patřily Serenade (*Bacillus subtilis*), Promot Plus (*Trichoderma harzianum* a *T. koningii*; v ČR neregistrován), Polyversum (*Pythium oligandrum*), Ectovit (mykorhizní houby), Razormin (aktivátor růstu) a Albit (účinná látka kyselina poly-beta hydroxymásečná). Jejich výrobci zhusta uvádějí jejich účinnost vůči oomycetům. Bylo provedeno několik pokusů, jejichž cílem bylo ověřit účinnost těchto přípravků v pokusech in planta (viz výše; testované koncentrace dle doporučení výrobců).

Nižší úmrtnost rostlin byla zjištěna u přípravku Promot Plus (50% účinnost; přípravek není registrován v ČR) a Razormin (30% účinnost). V případě přípravku Promot Plus lze předpokládat buď přímý parazitismus, nebo nepřímý antifungální efekt (produkce sekundárních metabolitů) v případě druhého přípravku lepší regeneraci kořenového systému. Jiné přípravky

měly vliv na některé růstové parametry (např. Serenade a Polyversum), nebylo ale potvrzeno, že by omezily poškození rostlin. Ve všech případech byl patogen bez problémů reisolován a k jeho omezení v pokusech nedošlo.

Biologické přípravky, stimulanty a přípravky na podporu rostlin, jakkoliv je jejich přímý účinek vůči oomycetům nesporně více či méně omezený (pokud jaký), je vhodné používat jako doplňkovou metodu k preventivním opatřením, která zlepší zdravotní stav rostlin. Jisté lze doporučit přípravky na bázi *Bacillus subtilis* a dalších bakterií, hub (*Trichoderma* spp.), některé mykorhizní přípravky, případně i další (záleží ovšem přímo na provozních zkušenostech). Vzhledem k systematickému používání přípravků na ochranu rostlin se specifickým účinkem vůči oomycetům je ovšem třeba vyloučit oomycety (tedy např. přípravek Polyversum). U biologických přípravků je obecně vhodné se informovat u výrobce na jejich citlivost vůči používaným chemickým přípravkům.

2.7. Souhrn

Druhy z rodu *Phytophthora* patří celosvětově k nejvýznamnějším patogenům lesních dřevin a jejich pronikání do lesních porostů je příčinou závažných ekonomických i environmentálních škod (v ČR již např. lužní lesy, olšové luhy, některé bučiny). Hlavním způsobem zavlékání těchto organismů je spolu s kontaminovaným výsadbovým materiálem z lesních školek. Výzkum proběhnuvší v ČR ukázal, že všechny zkoumané školkařské plochy v ČR byly do větší či menší míry oomycety kontaminovány. Celkem bylo určeno 44 taxonů oomycetů, z toho 22 druhů r. *Phytophthora* – nejčastěji byly zachycovány nepůvodní invazní druhy *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, *P. cambivora* a jiné, byly ale zjištěny i velmi nebezpečné druhy jako např. *P. citrophthora* nebo *P. cinnamomi*. V reálu se problém kontaminace týká pravděpodobně všech či drtivě většiny školkařských provozů o celkové pěstební ploše cca 1500 ha, kde např. v r. 2019 bylo vyprodukováno cca 210 mil. sazenic lesních dřevin (z toho citlivých listnáčů cca 135 mil. kusů). Na základě výsledků lze kvalifikovaně odhadnout, že ročně jsou oomycety kontaminovány vyšší desítky milionů (pravděpodobně toto číslo převyšuje 100 mil.) sazenic lesních dřevin. Velmi zneklidňující je fakt, že jednou z nejcitlivějších dřevin vůči oomycetům je buk lesní s produkcí 65 mil. kusů, který je mj. nyní používán jako hlavní dřevina při zalesňování kalamitních holin. Značný problém rovněž spočívá v tom, že drtivě většina zavlékaných oomycetů je polyfágní a dokonce může přežívat bez přítomnosti hostitelů po řadu let ve formě trvalých spor. To znamená, že většina či spíše prakticky všechny uměle obnovované porosty jsou či mohou být těmito organismy kontaminovány. Od roku 2000 (kdy zcela jistě už současný trend kontaminace existoval) celková plocha umělé obnovy přesáhla 400 tis. ha.

Cílem metodiky integrované ochrany lesnického sadebního materiálu proti patogenům z r. *Phytophthora* je zajistit vytvoření a udržení hygienicky odpovídajícího školkařského provozu a produkci nezávadného školkařského materiálu, který by mohl být v umělé obnově plošně a bez obav využíván. Metodika je založena na novém proaktivním přístupu k problému a je rozdělena do tří částí věnovaných symptomatologii chorob, preventivním a kurativním opatřením. Klíčovou částí jsou preventivní opatření, bez jejichž důsledné aplikace produkce zdravého materiálu není možná.

Hlavní preventivní opatření jsou zejména 1) identifikace vstupů infekce do školkařského provozu, cest jejího šíření uvnitř provozu a vytváření místních rezervoárů, 2) přerušování těchto cest a likvidace rezervoárů, 3) izolace částí provozu vyhrazené produkci zdravého krytokořenného sadebního materiálu (KSM) a její dlouhodobé udržení a 4) produkce KSM na vzduchovém polštáři a za dalších specifických podmínek. Hlavní rizikové oblas-

ti z hlediska zavlečení, přežívání a dalšího šíření oomycetů uvnitř provozu jsou 1) rostlinný materiál, závlahová voda, substrát, kontejnery apod. 2) uložení a likvidace organického odpadu, jímání a likvidace splachů a přebytečné vody, 3) pohyb techniky, stav a struktura komunikací, apod. 4) nedostatečná izolace citlivých klíčových částí provozu. Všechny tyto rizikové body je třeba systematicky v provozu vyřešit (obr. 4).

Klíčové části provozu, na kterých závisí produkce zdravého materiálu, musí být od okolního, potenciálně kontaminovaného, prostředí co nejlépe izolovány. Jedná se o provozy, kde dochází k míchání substrátu, předsetové přípravě, stratifikaci, setí, ale i další prostory sloužící ke třídění a balení materiálu a jeho uchování včetně klimatizovaných skladů, foliovníky, pařeniště, skleníky, matečnice, skladiště substrátu, příměsí, sadbovačů a dalších potřeb a pomůcek, základiště, a samozřejmě zdroj, resp. úprava a rezervoár závlahové vody. Obecně je v okolí klíčových částí provozu vhodné vyřešit zejména bezproblémový odtok srážkové a závlahové vody.

Hlavní částí jsou vhodně umístěné pěstební plochy pro produkci KSM bez přítomnosti kontaminace a s minimálním rizikem jejich zavlečení. V rámci tohoto provozu je pak nutno aplikovat následující pravidla, s jejichž pomocí je jedině možné udržet produkci zdravou bez přítomné kontaminace oomycety:

- 1) Pěstování krytokořenného materiálu na vzduchovém polštáři (technologie stříhu vzduchem; nejmenší pravděpodobnost kontaminace).
- 2) Co největší zkrácení pěstebního cyklu – pokud možno až na jeden rok (s délkou pěstování signifikantně vzrůstá riziko kontaminace).
- 3) Zajištění co nejvyšší vzdušné kapacity a propustnosti substrátu a její udržení po celou dobu pěstitelského cyklu.
- 4) Adekvátní závlhka (z hlediska zabránění tvorby zoosporangí a šíření spor nesmí plná saturace substrátu vodou přesáhnout cca 12–24 hodin a vodní potenciál substrátu by dlouhodobě neměl být vyšší než cca 30 kPa).
- 5) Použití adekvátních přípravků na ochranu rostlin – nevhodnější přípravky jsou Ridomil Gold MZ Pepite, Aliette 80 WG a Soriale a jejich kombinace. Periodu ošetření je vhodné co nejvíce zkrátit, velmi vhodná je kombinace přípravků s různými účinnými látkami. První ošetření vzcházejících rostlin by mělo být provedeno fosfonáty, které mají dlouhodobější účinek. Poslední ošetření (případně máčení kořenů prostokořenného materiálu před uskladněním či expedicí) by mělo být provedeno přípravkem Ridomil. Biologické a další přípravky je možné používat jen jako doplněk, je nutno vyloučit přípravky na bázi oomycetů (použití fungicidů).

- 6) Během pěstebního cyklu je nutné provádět periodickou kontrolu zdravotního stavu a zaměřit se na případný výskyt symptomů typických pro choroby způsobované oomycety.
- 7) Vyzvedávání, třídění, uchování a expedice výpěstků musí probíhat za hygienicky adekvátních podmínek. Optimální je bezprostřední expedice materiálu a jeho výsadba (co největší zkrácení setrvání materiálu ve školkařském provozu).
- 8) Po ukončení pěstebního cyklu následuje kontrola, úklid, dekontaminace a případná dezinfekce pěstebních ploch, pomůcek a recyklovaného materiálu.

Na volných plochách a záhonech s prostokořenným materiálem (v současné době prakticky vždy do větší či menší míry kontaminovaných) je nutno provádět vhodnou agrotechniku, hlubokou orbu, dbát na maximální provzdušnění a zvýšení propustnosti. Je zapotřebí se vyvarovat vytváření nepropustných vrstev v podloží, přemokření apod. Vhodné je vyvýšení záhonů, přiměřené organické hnojení a přiměřené používání závlahy prosté kontaminace. Samozřejmě je kvalitní odvedení splachů apod. Nutné je důsledné provádění dlouhodobého systematického fungicidního programu, kdy musí být používány jen přípravky účinné specificky vůči oomycetům, aby nedocházelo k poškození prospěšné mikrobiální flóry. Stěžejními přípravky musí být přípravky na bázi fosfátů a metalaxylu, nutné je střídání přípravků. Je vhodná mykorrhizace a používání pomocných přípravků. Dále lze doporučit rotaci pěstovaných taxonů dřevin a střídání listnáčů s tolerantními jehličnany (smrk). Olše nikdy nepěstovat na stejné ploše v následujících třech letech po sobě. Pokud je to možné, co nejvíce zkrátit dobu pěstování sazenic. Vyzvedávání materiálu je nutno provádět opatrně, při třídění odstraňovat a likvidovat poškozené symptomatické sazenice. Vyzvednutý materiál musí být co nejdříve zpracován. Přes to vše lze předpokládat postupné opouštění nejméně vhodných a nejvíce kontaminovaných pěstebních ploch. Nové plochy by měly být zakládány v lokalitách co nejméně vhodných pro oomycety – tedy na propustných, hlubokých, bohatých, organicky hnojených a biologicky aktivních panenských půdách s přirozeným supresivním efektem, obecně vhodnější jsou zejména hluboké, propustné černozemní či písčité půdy, plochy je vhodné zakládat spíše na vyvýšených pozemcích a terasách.

Záhony pro pěstování kontejnerované sadby na vrstvě šterku musí být mírně ukloněné a vyvýšené nad terén a dobře drenážované. Vrstva šterku musí být cca 7,5 cm silná k zabránění kontaktu mezi kontejnery a půdou. Musí být pravidelně prováděna pravidelná efektivní fungicidní ochrana, velmi vhodná je každoroční solarizace či propaření ploch, nutné je periodické odstraňování rostlinných zbytků, dezinfekce či výměna textilií apod.

Kurativních opatření uplatnitelných v případě výskytu choroby je relativně málo a jejich účinnost nemusí být dostatečná. V případě podezření nebezpečné infekce je vhodné část napadeného materiálu uchovat v karanténě pro identifikaci patogenu v laboratoři odborného pracoviště. Sadbovače s podezřelými rostlinami je zapotřebí oddělit od ostatního materiálu případně hned zlikvidovat. V případě potvrzení výskytu nebezpečného patogenu (např. karanténní druhy, *P. cinnamomi* apod.) je nutné materiál ihned zlikvidovat (spálit), identifikovat zdroj infekce v provozu a zlikvidovat ho. Plochu, kde se patogen objevil je nutno ihned ošetřit půdním fumigantem. V případě potvrzení druhu již u nás zdomácnělého a běžného (např. *P. plurivora*) je zapotřebí poškozený materiál zlikvidovat, plochu izolovat a provést solarizaci či propaření, a okolní materiál důkladně a systematicky ošetřovat vhodnými přípravky a pěstovat v podmínkách nepříznivých pro rozvoj infekce (omezení závlahy) a sledovat jeho zdravotní stav. Při vyzvedávání je nutné provést další důkladnou kontrolu a rostliny s poškozenými kořenovými systémy zlikvidovat. Ostatní materiál je nutné i tak považovat za potenciálně kontaminovaný a nesmí být deklarován a prodáván jako nezávadný nebo pěstovaný v podmínkách bez přítomnosti patogenu.

U volných ploch je situace komplikovanější. V případě potvrzení výskytu karanténního či jiného krajně nebezpečného druhu (např. *P. cinnamomi*) musí být substrát dezinfikován (půdní fumigace) případně solarizován. V krajním případě může být plocha z pěstování materiálu (po několik let) vyloučena. V ostatních případech (*P. plurivora* apod.) je vhodné dekontaminovat záhon (propaření, solarizace) a upravit půdní vlastnosti (orba, aerace, zapravení organické hmoty) a omezit pěstování citlivých taxonů v následujících letech. V případě infestace kontejnerovaného materiálu volně loženého na záhonu či na šterkovém loži, lze doporučit opět solarizaci či propaření, případně fumigaci. Pokud je záhon krytý rohoží či textilií, je tyto nutno důkladně dezinfikovat či zlikvidovat na bezpečné ploše, stejně tak jako veškeré další vybavení. Ve všech případech by měla být odhalena cesta infekce na plochu a upraveny provozní podmínky tak, aby se situace nemohla opakovat.

Pro každý provoz je vždy vhodné provést celkovou analýzu rizik pro identifikaci kritických bodů z hlediska zavlečení a přežívání oomycetů. Na základě jejich odhalení je pak možné vytvořit soubor vhodných pravidel na míru konkrétnímu provozu. Aplikace těchto pravidel pak přes všechnu náročnost povede k výraznému snížení rizika kontaminace alespoň u části produkce. Pro umělou obnovu a zalesňování citlivých lokalit, porostů a společenstev je vždy vhodné používat krytokořenný sadbový materiál vypěstovaný na vzduchovém polštáři za použití technologie střihu vzduchem a souboru výše uvedených postupů a pravidel omezujících riziko jeho kontaminace patogeny z r. *Phytophthora*. Ostatní známé postupy nemohou zaručit produkci zdravé sadby.

2.8. Summary

Species from the genus *Phytophthora* belong among the most important pathogens of forest trees worldwide and their introduction into forest stands causes serious economic and environmental losses (in the Czech Republic are already infested e.g. alluvial forests, alder stands and some beech forests). The main way of their introduction is together with contaminated planting material from nurseries. Research conducted in the Czech Republic confirmed that all examined nursery areas in the Czech Republic were to a greater or lesser extent infested by these organisms. A total of 44 oomycetous taxa were identified, of which 22 *Phytophthora* species (e.g. *P. plurivora*, *P. gonapodyides*, *P. cambivora*, etc.) were most often isolated from nursery material. However, other very dangerous species have also been identified, e.g. *P. citrophthora*, *P. cinnamomi* and others. In reality, the problem of contamination probably affects all or the vast majority of Czech nursery operations with total growing area ca. 1500 ha, where in 2019, for example, approximately 210 million seedlings of forest trees (of which susceptible deciduous trees reached about 135 mil. seedlings) were produced. Based on our results, it can be competently estimated that tens of millions (probably more than 100 million) of forest seedlings are contaminated annually. Very disturbing is the fact that one of the most sensitive trees to oomycetes is common beech with a production of 65 million seedlings, which is now used, among other things, as the main tree species in recent afforestation programmes in areas affected by bark beetle calamity. A significant problem also lies in the fact that the vast majority of the introduced oomycetes are polyphagous and can survive without host for many years in the form of dormant stages. This means that virtually all artificially regenerated stands are or may be contaminated by these organisms. Since 2000 (when the current trend of contamination certainly existed) the total area of artificial regeneration has exceeded 400 000 ha.

The aim of the methodology of integrated protection of forestry planting material against *Phytophthora* pathogens is to establish and maintenance of hygienically adequate nursery operation and the production of safe nursery material. The methodology is based on a new proactive approach to the problem and is divided into three parts – to disease symptomatology, preventive and curative measures. A key part of the methodology is preventive measures and without their consistent application the production of healthy material is not possible.

The main preventive measures are in particular 1) identification of ways of infection introduction into nursery operations, routes of its spread within operations and establishing of its local reservoirs, 2) interruption of these ways and destroying of reservoirs, 3) separation of part of nursery operation reserved for the production of healthy containerised seedlings and its long-term maintenance, and 4) production of container-grown seedlings by air pruning under specific conditions. The main risk areas for the introduction, survival and further spread of oomycetes within the operation are 1) plant material, irrigation water, substrate, containers, etc. 2) storage and disposal of organic waste, collection and disposal of run-off and excessive water, 3) movement of equipment and vehicles, condition of roads and their network, etc. 4) insufficient separation of susceptible key parts of the operation. All these risk points need to be systematically addressed in operation (fig. 7).

Key parts of nursery operation on which the production of healthy material depends must be separated as possible from potentially contaminated surrounding environment. For instance, these are operations where the substrate is mixed, pre-seeding preparation, stratification, seeding, but also other areas used for sorting and packaging of material and its storage including air-conditioned storages, hotbeds, greenhouses, stool beds, storage of substrate, additives, containers and other supplies, and of course water source, or, respectively, the treatment plant and reservoir of irrigation water. In general, it is advisable to solve the trouble-

-free run-off of precipitation and irrigation water in the vicinity of key parts of the operation.

However, the main point is the establishing of suitable growing areas for plant production without presence of oomycetous contamination and with minimal risk of their introduction. The following rules must then be applied here to keep plant production healthy and without the presence of oomycetous contamination.

- 1) Plant material must be produced as container-grown with using of air pruning system on mesh-topped benches (the technology prevents the contamination of containers from the bed).
- 2) Reduce the growing cycle as much as possible, at the best up to one year (with the length of cultivation there is a significant increase in the risk of contamination).
- 3) Ensuring the highest possible air capacity and permeability of the substrate and maintaining it throughout the growing cycle.
- 4) Contamination-free and adequate watering. In order to prevent the formation of sporangia and the spread of spores, the full saturation of the substrate with water should not exceed about 12–24 hours, and the water potential of the substrate should not exceed about 30 kPa in the long term.
- 5) Use of adequate plant protection products – the most suitable preparations are Ridomil Gold MZ Pepite, Aliette 80 WG and Soriale and their combinations. The treatment period should be shortened as much as possible a combination of preparations with different active substances is very suitable. The first treatment of the arising plants should be carried out with phosphonates, which have a long-term protective effect. The last treatment (or dipping the bare-root material before storage or shipping) should be carried out with metalaxyl. Biological and other auxiliary preparations can only be used as a supplement; oomycetes-based preparations should be excluded due to use of fungicides.
- 6) During the growing cycle, it is necessary to conduct a periodic control of health state of plant material focusing on the possible occurrence of symptoms characteristic for *Phytophthora* diseases.
- 7) The collecting, sorting, storage and dispatch of the production must take place under hygienically adequate conditions. The production should be dispatched and planted as soon as possible and the duration of its storage in nursery operation must be reduced as much as possible.
- 8) Termination of the growing cycle is followed by inspection, cleaning, decontamination and possible disinfection of growing areas, equipment and recycled material.

In open-air beds and areas (currently, they are usually to some extent contaminated) a suitable agrotechnology including deep ploughing, increasing aeration and permeability must be carried out. It is necessary to avoid creating impermeable layers in the subsoil, soil strengthening, over-wetness, etc. It is appropriate to raise the beds, use of adequate organic fertilization and irrigation water free from contamination. Of course, quality run-off and excessive precipitation channelling is very important. Consistent implementation of a long-term systematic fungicidal programme is necessary, where only products that are highly and specifically effective against oomycetes must be used in order to avoid damaging beneficial microbial flora. Primarily preparations based on phosphonates and metalaxyl must be used, alternating of these and other effective preparations are necessary. Mycorrhization and use of auxiliary products are appropriate. Rotation of produced tree species is also recommended, especially of deciduous trees with tolerant conifers (spruce). Alder never grow on the same beds for the next three years in a row. If possible, reduce as much as possible the growing time of seedlings. The material should be harvested

carefully, health state of seedlings must be checked during sorting and plants with root rot must be removing. The material must be processed as soon as possible. Despite all this, the gradual abandonment of the least suitable and most contaminated growing beds and areas can be assumed. New areas should be established in sites as least suitable for oomycetes as possible – i.e. on permeable, deep, rich, organically fertile and biologically active virgin soils with a natural suppressive effect. In general, deep, permeable black-earth or sandy soils should be preferred. The beds should be established on well-drained elevated land and terraces.

The beds for growing containerised plant on a layer of gravel must be slightly tipped and raised above the ground and well drained. The layer of gravel must be about 7.5 cm thick to prevent contact between the containers and the soil. Effective fungicidal protection must be carried out regularly, annual solarisation or pasteurization of surfaces is very suitable, periodic removal of plant residues, disinfection or replacement of textiles, etc. is required.

The curative measures applicable in the event of the occurrence of the disease are relatively few and their effectiveness cannot be sufficient as we want. In case of suspected dangerous infection, it is appropriate to keep part of the infected material in quarantine to identify the pathogen in a specialised laboratory. Seedling trays and containers with suspicious plants should be separated from other material or immediately disposed. In case of confirmation of the presence of a dangerous pathogen (e.g. quarantine species, *P. cinnamomi*, etc.), the material must be immediately destroyed (burnt), the source of infection in operation identified and destroyed. The area where the pathogen appeared should be treated immediately with soil fumigants. In case of confirmation of the species already naturalized and common in the country (e.g. *P. plurivora*), the damaged material must be destroyed, the area isolated (and later solarized or pasteurized) and the surrounding material thoroughly and systematically treated with appropriate preparations and grown in conditions unfavourable for the development of infection (reduction of irrigation) and its health state must be monitored. When harvested, it is necessary to carry out another thorough inspection and separate and destroy symptomatic or stunted plants with damaged root systems. The plant material from the bed or its part (although asymptomatic) must be considered as potentially contaminated and must not be declared and sold as safe or grown under conditions without the presence of a pathogen.

In the case of free beds and fields, the situation is more complicated. If the occurrence of quarantine or other extremely dangerous species (e.g. *P. cinnamomi*) is confirmed, the substrate must be disinfected by soil fumigation or thoroughly solarized. As a last possibility, the area may be excluded from the cultivation for several years. In other cases (*P. plurivora*, etc.), it is advisable to decontaminate the bed by pasteurization or solarisation and to modify soil properties (ploughing, aeration, organic matter) and exclude the cultivation of susceptible hosts in subsequent years. In case of infestation of containerized material in bulk on a bed, solarisation, pasteurization or fumigation is also recommended. Matting and textiles must be thoroughly disinfected or destroyed, as well as all other potentially contaminated equipment. In all cases, the way of infection to the area should be detected and the operating conditions adjusted so that the situation cannot be repeated.

It is always appropriate for each operation to carry out an overall risk analysis to identify critical points in terms of introduction and survival of oomycetes. Based on their detection, it is then possible to create a set of suitable rules tailored to a particular operation. The application of these rules, despite all the difficulty, will lead to a significant reduction in the risk of contamination for at least part of the production. For the artificial regeneration and afforestation of susceptible sites, forest stands and communities, it is always appropriate to use containerized plant material grown with using of air pruning system on mesh-topped benches with using of set of rules to eliminate the risk of *Phytophthora* contamination. Other known practices cannot guarantee the production of healthy seedlings.

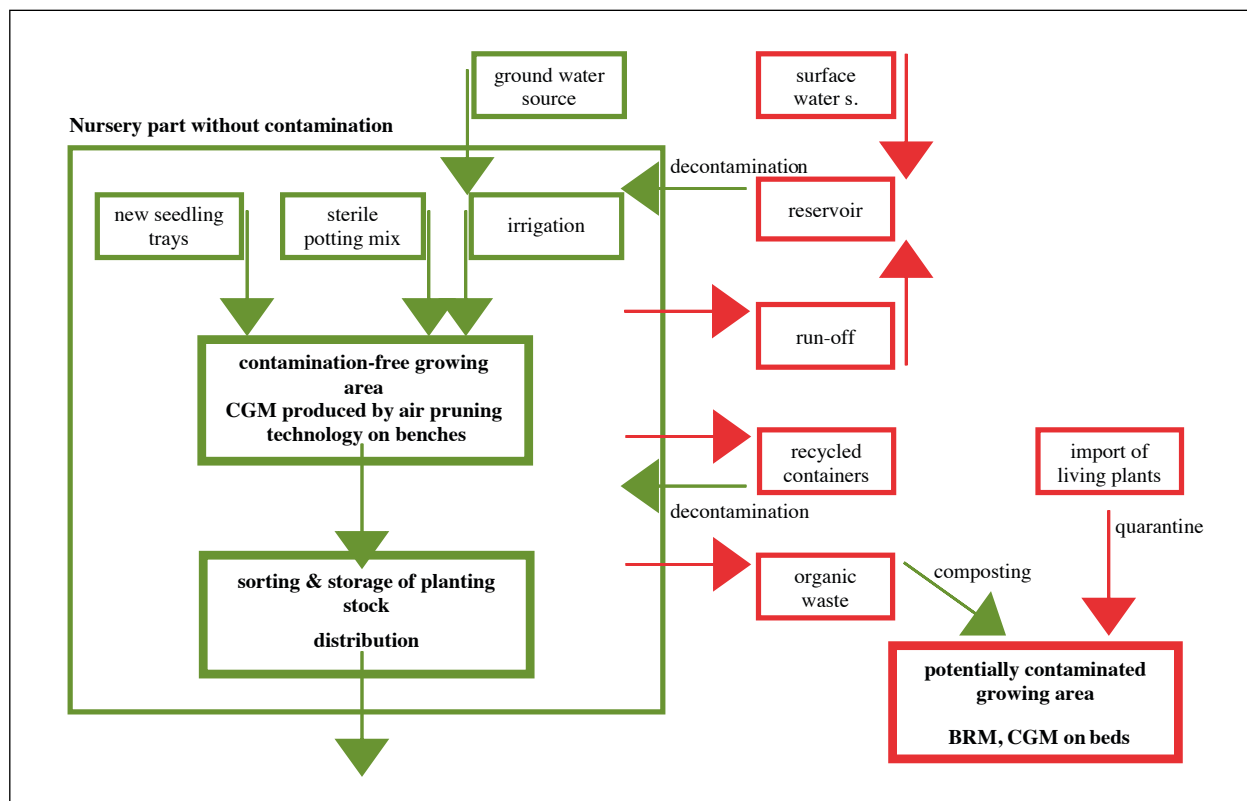


Fig. 7. Idealized scheme of forest nursery operation with production of healthy container-grown material (CGM), green: part of the operation and processes with no contamination, red: operation and processes with potential contamination (BRM – bare-rooted material)

3. Srovnání novosti postupů

Druhy z rodu *Phytophthora* patří celosvětově k nejvýznamnějším patogenům lesních dřevin a jejich pronikání do lesních ekosystémů je příčinou závažných ekonomických i environmentálních škod. Hlavním zdrojem těchto patogenů jsou v současné době školkařské provozy a výsadba kontaminovaného materiálu. Bohužel až donedávna nebyl význam tohoto problému dostatečně znám a i proto ochrana před těmito patogeny nebyla na dostatečné úrovni a prakticky se omezovala na reaktivní používání fungicidů tam, kde vznikaly největší problémy, v lepším případě pak na jejich plošné preventivní používání. Tato opatření, jak se ukázalo, nejsou dostatečná a s jejich pomocí nejsme schopni zajistit zdravou produkci sazenic lesních dřevin.

Předložená metodika vznikla jako výsledek čtyřletého vlastního terénního i laboratorního výzkumu problematiky v rámci projektu TAČR TH02030722 zahrnujícího celou řadu sledování, výzkumů, laboratorních, kontejnerových i polních testů a samozřejmě i důkladného zhodnocení zahraničních literárních zdrojů. Předložená metodika je tak nejen velmi dobře aplikovatelná na místní poměry, ale zahrnuje či k řešení navrhuje komplexní novátorský postup, který nejen v ČR, ale ani v evropském prostoru dosud vypracován nebyl.

Vytvořená integrovaná metodika je založena primárně na proaktivním přístupu, jehož hlavními principy jsou 1) identifikace vstupů infekce do školkařského provozu, cest jejího šíření uvnitř provozu a vytváření místních rezervoárů, 2) přerušení těchto cest a likvidace rezervoárů, 3) izolace části provozu vyhrazené produkci zdravé sadby a její dlouhodobé udržení,

4. Popis uplatnění metodiky

Předložená metodika vznikla jako výsledek dlouhodobého výzkumu problematiky ve více než dvou desítkách lesnických školkařských provozů v rámci celé ČR a je pro použití v těchto provozech určena. Metodika zahrnuje soubor klíčových opatření, která by měla být aplikována jako celek, aby bylo možno dosáhnout optimálního výsledku.

Mimo tyto provozy může být metodika adekvátně použita i v okrasných a ovocných školkách a v dalších zahradnických a dalších provozech, ale i ve větších zahradnických centrech soustřeďujících se spíše na distribuci a prodej namnoženého rostlinného materiálu, protože pěstování a udržování materiálu v těchto provozech samozřejmě podléhá stejným či podobným principům i rizikům. Vybrané aspekty metodiky mohou být velmi

5. Ekonomické aspekty

Výzkum provedený v rámci projektu TH02030722 i další výzkumy prokázaly, že patogenní oomycety, zejména druhy r. *Phytophthora*, jsou v provozech lesních školek plošně rozšířeny a míra kontaminace dosahuje v závislosti na typu produkce desítek procent, v některých případech je kontaminován prakticky veškerý (prostokořený) materiál. V reálu se tento problém týká produkční plochy téměř 1500 ha lesních školek v 309 provozovnách a vcelku 262 právnických a fyzických osob, které se produkcí lesnického materiálu zabývají (ÚHÚL 2019).

Jen v r. 2019 bylo v ČR vyprodukováno cca 210 mil. sazenic lesních dřevin, z toho listnáčů cca 135 mil. kusů (Anonymus 2020b). Je naprosto jisté, že v rámci produkce jsou desítky milionů sazenic kontaminovány oomycety, ale pravděpodobně toto číslo daleko převyšuje 100 mil. kusů; lze tedy předpokládat, že každoročně je kontaminován materiál v ceně stovek mil. Kč. (Navíc je vhodné upozornit na importy sadebního materiálu ze zahraničí, např. v r. 2019 bylo dovezeno a vysazeno cca 0,8 mil. sazenic listnáčů (Anonymus 2019); o úrovni jejich kontaminace lze předpokládat, že bude spíše ještě rizikovější než materiálu domácího.)

Samozřejmě ne všechny dřeviny jsou stejně citlivé vůči oomycetům a stejně tak i lesní biotopy; smrk je například citlivý méně a může sloužit

4) produkce obalované sadby na vzduchovém polštáři, 5) zkrácení pěstebního cyklu, 6) adekvátní a důsledné preventivní používání POR aj.

Hlavní rizikové body školkařských provozů jsou 1) souběžné pěstování okrasného materiálu, 2) import cizího materiálu, 3) transport materiálu z vlastních kontaminovaných pěstebních ploch (volné záhony) do citlivých částí provozu, 4) kontaminovaná závlaha, kontejnery a substrát, 5) nevhodné uložení odpadu z provozu a nevyřešené splachy, 6) nedostatečně zajištěná hygiena provozu (pohyb techniky, komunikace), 7) nedostatečná izolace citlivých klíčových částí provozu.

Klíčová část metodiky je doplněna opatřeními kurativními založenými zejména na důkladných testech účinnosti přípravků na ochranu rostlin. Jejich důsledné a systematické využívání bude nadále důležitou složkou ochrany.

Předložená metodika tak představuje aktuální, komplexní a široce použitelný soubor opatření využitelných v ochraně produkce školkařského a zahradnického materiálu. Hlavním novátorským přínosem je zdůraznění klíčového významu a důsledné aplikace proaktivních opatření, která povedou k eliminaci cest infekce do citlivých částí provozu. Bez dostatečné izolace klíčových částí provozů, kde by měl být produkován nezávadný materiál, je dosažení potřebné kvality v současné době nemožné. Navržená opatření by se mohla stát základem, na kterém by mohl být vypracován širší plán eliminace oomycetů a dalších půdních patogenů ve školkařské a zahradnické produkci, případně obecněji platného či využitelného fyto-sanitárního standardu.

dobře uplatněny i v nejrůznějších provozech zabývajících se rostlinnou produkcí a materiálem obecně, v provozech péče a údržby zeleně vůbec, ale např. i v hobymarketech a v dalších oblastech.

Hlavní principy ochrany před půdními patogeny a jejich uplatňování jsou důležité zejména pro subjekty odebírající nejrůznější školkařskou a zahradnickou produkci a zejména pak majitele a správce lesů, protože ti nakonec nesou důsledky případné nedostatečné kvality pěstované sadby.

Metodika může být rovněž využita jako zdroj informací v rostlinolékařské péči jak specializovanými firmami, tak i státní správou, v pedagogice na specializovaných středních školách a učilištích, ale i na školách vysokých a v dalších oblastech.

spíš jako materiál, se kterým jsou patogeny do systému zavlečány, naopak listnáče jsou obecně citlivé více. Velmi zneklidňující je fakt, že jednou z nejcitlivějších dřevin vůči oomycetům je buk lesní. Produkce této dřeviny dosáhla 65 mil. kusů a v brzké budoucnosti se stane nejdůležitější pěstovanou dřevinou. Buk je mj. nyní používán jako hlavní dřevina při zalesňování kalamitních holin. Známé příklady z lesnické praxe také ukazují, že patogeny z r. *Phytophthora* se už v bukových porostech šíří a mohou způsobit jejich značné poškození či dokonce jejich rozpad (Černý a kol. 2020b). Největší problém pak spočívá v tom, že drtví většina zavlekaných oomycetů je polyfágní a může napadat nejrůznější hostitele a dokonce přežívat bez jejich přítomnosti po řadu let ve formě trvalých spor. To znamená, že porosty, kam budou oomycety zavlečeny, budou těmito organismy dlouhodobě či trvale zamořeny a ovlivňovány tak, jak je to v mnohých výsadbách buku v západní Evropě již nyní běžné (Jung a kol. 2005, Vettraino a kol. 2008, Corcobado a kol. 2020 a mnohé jiné).

V lesnické praxi v ČR to znamená, že veškeré plochy, které jsou uměle obnovovány, jsou oomycety kontaminovány. Např. za rok 2019 se to týká téměř 29 tis. ha (Anonymus 2020b), po roce 2000 (kdy zcela jistě už současný trend kontaminace existoval) celková plocha umělé obnovy pak

převyšuje 400 tis. ha. Takto rozsáhlý problém lze jen stěží kvantifikovat a dostatečně ocenit. Můžeme jen nepřímou odhadovat, že se škody mohou pohybovat v řádech podobných těm, které způsobuje plíseň olšová v břehových porostech olší, nebo těm, které způsobuje voskovička jasanová v porostech jasanu, tzn. ve stovkách mil. Kč či vyšších (Černý a kol. 2016a,b). Nelze samozřejmě čekat, že bude v případě porostů bučin docházet k jejich náhlému rozpadu, jako to známe např. v případě nekrózy jasanu, a že bude docházet k neřešitelným problémům při obnově těchto porostů. Spíše lze očekávat, že se bude jednat o chronický problém, který však bude

po pěstební stránce velmi obtížně řešitelný. Navíc každý pěstební zásah bude automaticky znamenat zvýšení rizika šíření těchto půdních organismů. Z těchto důvodů je výsadba kvalitní a zdravé školkařské produkce v podstatě jedinou alternativou, jak se tomuto nově vzniklému problému vyhnout. Dosažení zdravé produkce je možné při aplikaci opatření popsaných v této metodice – ideálně pak celého souboru, protože jen dílčí aplikace (např. omezení jen některých zdrojů kontaminace materiálu) nemusí při obrovských počtech vysazovaných sazenic problém prakticky vůbec vyřešit.

6. Seznam použité související literatury

- Anonymus (2019): Informace o nakládání s reprodukčním materiálem lesních dřevin ČR. ÚHÚL, Brandýs n. L., 108 s.
- Anonymus (2020a): Nabídka mapových a datových produktů – Hydrologické charakteristiky. WWW: https://www.vumop.cz/sites/default/files/20130529_katalogmap_hydrologicke_charakteristiky.pdf, 19.11.2020.
- Anonymus (2020b): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019. MZe, Praha, 124 s.
- Brasier C.M. (2009): *Phytophthora* biodiversity: How many *Phytophthora* species are there? In: Goheen, E.M., Frankel, S.J., /eds./, *Phytophthoras in forests and natural ecosystems*. Proceedings of the Fourth International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) Working Party 7.02.09. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-221. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA, 101–115.
- Brasier C.M., Cooke D.E.L., Duncan J.M., Hansen E.M. (2003): Multiple new phenotypic taxa from trees and riparian ecosystems in *Phytophthora gonapodyides* - *P. megasperma* ITS clade 6, which tend to be high temperature tolerant and either inbreeding or sterile. *Mycol. Res.* 107: 277–290.
- Czech Collection of Phytopathogenic Oomycetes (2020): WWW: <https://www.vukoz.cz/index.php/en?catid=0&id=59>, 19.11.2020.
- Cleary M.R., Blomquist M., Vetukuri R., Böhlenius H. and Witzell J. (2017): Susceptibility of common tree species in Sweden to *Phytophthora cactorum*, *P. cambivora* and *P. plurivora*. *For. Path.*, 47, <https://doi.org/10.1111/efp.12329>.
- Corcobado T., Cech T.L., Brandstetter M., Daxer A., Hüttler C., Kudláček T., Horta Jung M., Jung T. (2020): Decline of European beech in Austria: Involvement of *Phytophthora* spp. and contributing biotic and abiotic factors. *Forests* 2020, 11, 895; doi:10.3390/f11080895.
- Cerny K., Strnadova V., Gregorova B., Holub V., Tomsovsky M., Mrazkova M., Gabrielova S. (2009): *Phytophthora cactorum* causing bleeding canker of common beech, horse chestnut, and white poplar in the Czech Republic. *Plant Pathol.* 58: 394.
- Černý K., Strnadová V., Fedusiv L., Gabrielová Š., Haňáčková Z., Havrdová L., Hrabětová M., Mrázková M., Novotná, K. Pešková, V., Štochlová P., Romportl D. (2016a): Ekonomické škody způsobené plísní olšovou v břehových porostech vodních toků a nádrží s dominantní olší v modelové oblasti povodí Vltavy. Předběžné výsledky. *Vodní hospodářství* 66(8): 1–5.
- Černý K., Havrdová L., Zlatník V., Hrabětová M. (2016b): Pěstování jasanu v prostředí s výskytem *Hymenoscyphus fraxineus*. *VÚKOZ, ÚHÚL, Průhonice, Brandýs n/L.* 978-80-87674-18-5, 978-80-88184-05-8, 54 s.
- Černý K., Mrázková M., Hrabětová M. (2017a): Význam patogenů z r. *Phytophthora* ve školkařství a možnosti ochrany II. Díl. *Zahradnictví* 16(10): 38–41.
- Černý K., Strnadová V., Hrabětová M., Adámková K., O' Hanlon R. (2017b): Epidemie korové nekrózy modřínu v Krušných horách a její příčiny. *Rostlinolékař* 2: 19–23.
- Černý K., Havrdová L., Hrabětová M., Mrázková M., Grigel J., Zahradník D., Šetinová D., Laňar L., Jaklová P., Hortová B., Kracíková M., Varga M., Scháňková K., Němec J., Letocha T. (2020a): Integrovaná ochrana ovocných dřevin před patogeny z r. *Phytophthora*. *VÚKOZ, VŠUO, Průhonice, Holovousy*. ISBN: 978-80-87674-35-2, 978-80-87030-77-6, 40 s.
- Černý K., Tsykun T., Strnadová V., Mrázková M., Hrabětová M. (2020b): Plíseň buková – nebezpečný invazní patogen buku lesního zdomácněl v ČR. *Ochrana Přírody* 4/2020: 26–29.
- Duniway J. M. (1983): Role of physical factors in the development of *Phytophthora* diseases. In: Erwin D.C., Bartnicki-Garcia S., Tsao P.H. /eds./, *Phytophthora: its Biology, Taxonomy, Ecology and Pathology*, St Paul, Minnesota, APS Press, pp. 175–187.
- Erwin D.C., Ribeiro O.K. (1996): *Phytophthora* disease worldwide. APS, St. Paul, MN, USA, 556 s.
- Farr D.F., Rossman A.Y. (2020): Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. WWW: <https://nt.ars-grin.gov/fungalDATABASES/>, 19.11.2020.
- Ferguson A.J., Jeffers S.N. (1999): Detecting multiple species of *Phytophthora* in container mixes from ornamental crop nurseries. *Plant Dis.* 83: 1129–1136.
- Funahashi F., Parke J. (2016): Effects of soil solarization and *Trichoderma asperellum* on soilborne inoculum of *Phytophthora ramorum* and *Phytophthora pini* in container nurseries. *Plant Dis.* 100: 438–443.
- Hao W., Ahonsi M.O., Vinatzer B.A., Hong C. (2012): Inactivation of *Phytophthora* and bacterial species in water by a potential energy-saving heat treatment. *Eur. J. Pl. Pathol.* 134: 357–365.
- Hardy G.E.St.J., Sivasithamparam K. (1991): How container media and matrix potential affect the production of sporangia, oospores and chlamydospores by three *Phytophthora* species. *Soil Biol. Biochem.* 23: 31–39.
- Holub V., Černý K., Strnadová V., Mrázková M., Gregorová B. & Gabrielová Š. (2010): The survey of some factors affecting bark lesion development caused by *Phytophthora cactorum* on common beech and other broadleaved trees. *J. For. Sci.* 56: 93–100.
- Hong Ch., Moorman G.W., Wohanka W., Büttner C. /eds./ (2014): *Biology, Detection, and Management of Plant Pathogens in Irrigation Water*. APS, St. Paul, 436 s.
- Horner I.J., Wilcox W.F. (1996): Spatial distribution of *Phytophthora cactorum* in new York apple orchards. *Phytopathology* 86: 1122–1132.
- Jung T., Burgess T.I. (2009): Re-evaluation of *Phytophthora citricola* isolates from multiple woody hosts in Europe and North America reveals a new species, *Phytophthora plurivora* sp. nov. *Persoonia* 22: 95–110.
- Jung T., Hudler G.W., Jensen-Tracy S.L., Griffiths H.M., Fleischmann F., Oswald W. (2005): Involvement of *Phytophthora* spp. in the decline of European beech in Europe and the USA. *Mycologist*, 19: 159–166.
- Jung T., Orlikowski L., Henricot B., Abad-Campos P., Aday A.G., Aguin Casal O., Bakonyi J., Cacciola S.O., Cech T., Chavarriaga D., ...Peréz-Sierra A. (2016): Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. *For. Path.* 46: 134–163.
- Jung T., Perez-Sierra A., Duran A., Horta Jung M., Balci Y., Scanu B. (2018): Canker and decline diseases caused by soil- and airborne *Phytophthora* species in forests and woodlands. *Persoonia* 40:182–220.
- Katan J. (1981): Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pest. *Annu. Rev. Phytopathol.* 19: 211–236.
- Linderman R.C., Davis E.A. (2008): Eradication of *Phytophthora ramorum* and other pathogens from potting medium or soil by treatment with aerated steam or fumigation with metam sodium. *HortTechnology* 18: 106–110.
- Majsztrik J.C., Fernandez R.T., Fisher P.R., Hitchcock D.R., Lea-Cox J., Owen J.S.Jr., Oki L.R., White S.A. (2017): Water use and treatment in container-grown specialty crop production: A review. *Water Air Soil Pollut.* 228: 151.
- McIntosh D.L.(1963): The collar rot problem in our orchards. *Proc. Wash. State Hort. Assoc.* 59: 131–136.
- O' Hanlon R., Choiseul J., Grogan H., Brennan J.M. (2017): In-vitro characterisation of the four lineages of *Phytophthora ramorum*. *Eur. J. Pl. Pathol.* 147: 517–525.
- Parke J. /ed/ (2020): *Forest Phytophthoras of the World*. WWW: forestphytophthoras.org, 11.12.2020.
- Parke J.L., Redekar N.L., Eberhart J.L., Funahashi F. (2019): Hazard analysis for *Phytophthora* species in container nurseries: Three case studies. *HortTechnology* 29: 745–755.
- Perez-Sierra A., Jung T. (2013): *Phytophthora* in woody ornamental nurseries. In: *Phytophthora: A global perspective*. Lamour K. /ed./, CABI, Wallingford, UK, 166–177.

- Peterson E.K., Larson E., Parke J.L. (2019): Film-forming polymers and surfactants reduce infection and sporulation of *Phytophthora ramorum* on rhododendron. *Plant Dis.* 103: 1148–1155.
- Raudales R.E., Parke J.L., Guy C.L., Fisher P.R. (2014): Control of waterborne microbes in irrigation: A review. *Agr. Water Mgt.* 143: 9–28.
- Redekar N.R., Parke J.L., Eberhart J. (2018a): Baiting: A method for early detection of *Phytophthora*. 28 Jan. 2019. <<http://www.youtube.com/watch?reload=59&v=5SJx7gzXyXoM>>.
- Redekar N.R., Parke J.L., Eberhart J. (2018b): How to use rapid test kits to detect *Phytophthora* in plant samples. 28 Jan. 2019. <<http://www.youtube.com/watch?v=55BoqfIdNwg>>.
- Ristvey A.G., Beayneh B.E., Lea-Cox J.D. (2019): A Comparison of Irrigation-Water Containment Methods and Management Strategies Between Two Ornamental Production Systems to Minimize Water Security Threats. *Water* 11: 2558.
- Schenck N., Saurat C., Guinet C., Fourrier-Jeandel C., Roche L., Bouvet A., Husson C., Saintonge F.-X., Contal C., Ios R. (2018): First report of *Phytophthora ramorum* causing Japanese larch dieback in France. *Pl. Dis.* 102: 2045.
- Schweigkofler W., Kosta K., Huffman V., Sharma S., Suslow K., Ghosh S. (2014): Steaming inactivates *Phytophthora ramorum*, causal agent of sudden oak death and ramorum blight, from infested nursery soils in California. *Plant Health Prog.* 15: 43–47.
- Sutton T.B., Aldwinckle H.S., Agnello A.M., Walgenbach J.F. (2014): Compendium of apple and pear diseases and pests, 2nd ed., APS Press, St. Paul, MN, USA. 218 s.
- Themann K., Werres S., Lüttmann R., Diener H.-A. (2002): Observations of *Phytophthora* spp. in water recirculation systems in commercial hardy ornamental nursery stock. *Eur. J. Plant Pathol.* 108: 337–343.
- Tkaczyk M., Nowakowska J.A., Oszako T. (2016): *Phytophthora* species isolated from ash stands in Białowieża Forest nature reserve. *Forest Pathol.* 46: 660–662.
- Tsao P.H. (1990): Why many *Phytophthora* root rots and crown rots of tree and horticultural crops remain undetected. *EPPD Bull.* 20:11–17.
- Vercauteren A., Riedel M., Maes M., Werres S., Heungens K. (2013): Survival of *Phytophthora ramorum* in rhododendron root balls and in rootless substrates. *Plant Pathol.* 62: 166–176.
- Vettraino A.M., Jung T., Vannini A. (2008): First report of *Phytophthora cactorum* associated with beech decline in Italy. *Plant Dis.* 92: 1708.
- Webber J.F., Mullett M., Brasier C.M. (2010): Dieback and mortality of plantation Japanese larch (*Larix kaempferi*) associated with infection by *Phytophthora ramorum*. *New Dis. Rep.* 22: 19.
- Wilkinson H.T., Miller R.D., Millar R.L. (1981): Infiltration of fungal and bacterial propagules into soil. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 45:1034–1039.

7. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Jílková B., Černý K., Mrázková M., Havrdová L., Zahradník D., Grígel J., Hrabětová M. (2018): *Phytophthora* spp. ve školkařských provozech ČR a citlivost vůči vybraným fungicidům. *Micromyco* 2018, 11. 9. 2018, MBU AV ČR, Praha. *Mykologické Listy* 141: 50–52.
- Černý K., Mrázková M., Havrdová L., Strnadová V., Hrabětová M. (2018): Výskyt patogenů r. *Phytophthora* na dřevinách ve veřejné zeleni a v zahradnických provozech jako hlavních zdrojích infekce a možná opatření. In: Barta M., Ondrušková E.: *Dřeviny vo verejnej zeleni 2018*. Recenzovaný zborník príspevkov z vedeckej konferencie, Zvolen, Slovensko, s. 36–41.
- Černý K., Grígel J., Hrabětová M., Havrdová L., Zahradník D. (2018): Efficacy of Fungicides for Potential Control of the Most Frequent *Phytophthora* in Czech Nurseries. In: *Proceedings & abstract book IUFRO Diseases and Insects in Forest Nurseries Working Party 7.03.04 Meeting*, 21–26 October 2018, Kuşadası, Turkey, s. 7–11.
- Černý K., Mrázková M., Hrabětová M. (2017): Význam patogenů z r. *Phytophthora* ve školkařství a možnosti ochrany – I. Díl. *Zahradnictví*, 16(9): 50–52.
- Černý K., Mrázková M., Hrabětová M. (2017): Význam patogenů z r. *Phytophthora* ve školkařství a možnosti ochrany II. Díl. *Zahradnictví*, 16(10): 38–41.
- Mrázková M., Černý K., Tomšovský M., Holub V., Strnadová V., Zlatohlavek A. & Gabrielová S. (2010): First Report of Root Rot of Pedunculate Oak and Other Forest Tree Species Caused by *Phytophthora plurivora* in the Czech Republic. *Plant Dis.* 94: 272.
- Mrázková M., Černý K., Strnadová V., Filipová N. (2011): Identifikace symptomů napadení dřevin a okrasných rostlin patogeny z rodu *Phytophthora* de Bary. *Certifikovaná metodika 6/2011-056. QH71273. VaV SP-2d1/36/07. Certifikace 21.3.2012 MZE (čj. 53997/2012-MZE-16222/M40)*. VÚKOZ, v.v.i., Průhonice, 37 s.
- Mrázková M., Černý K., Tomšovský M., Strnadová V., Gregorová B., Holub V., Pánek M., Havrdová L., Hejtná M. (2013): Occurrence of *Phytophthora multivora* and *Phytophthora plurivora* in the Czech Republic. *Plant Protect. Sci.* 49: 155–164.
- Holub V., Černý K., Strnadová V., Mrázková M., Gregorová B., Gabrielová Š. (2010): The survey of some factors affecting bark lesion development caused by *Phytophthora cactorum* on common beech and other broadleaved trees. *J. For. Sci.* 56: 93–100.
- Černý K., Strnadová V., Gregorová B., Holub V., Tomšovský M., Mrázková M., Gabrielová Š. (2009): *Phytophthora cactorum* causing bleeding canker of common beech, horse chestnut, and white poplar in the Czech Republic. *Plant Pathol.* 58: 394.

Poděkování

Metodika byla vypracována s podporou výzkumného projektu TA ČR THo2030722 „Kontaminace sadebního materiálu dřevin nepůvodními invazními patogeny r. *Phytophthora* jako významné riziko pro lesní ekosystémy ČR a jeho eliminace“.

Velké díky patří Lilije Fedusiv, Šárce Gabrielové a Barboře Jílkové za cennou laboratorní podporu i širokému kolektivu technických pracovníků a dalším kolegům. Velké díky patří kolektivu Lesoškolky s.r.o. za spolupráci a zajištění polních testů a desítkám pracovníků školkařských a zahradnických firem z celé ČR za spolupráci při provádění odběrů.

Za cenné připomínky a návrhy patří velký dík i recenzentům RNDr. Jaroslavě Markové CSc. (PřF UK Praha) a Ing. Norbertu Buchtovi (MZe ČR).

Příloha 1



Obr. 1. Fytophthorové hniloby kořenů a krčků. (A) nekróza vodivých pletiv krčku buku lesního (po odstranění kůry) způsobená *P. cambivora*, (B) typicky zbarvená nekróza kůry javoru dlanitolistého způsobená *P. plurivora*, (C) hniloba krčku rododendronu způsobená *P. ramorum*, (D) charakteristické ohniskovité poškození sazenic rododendronu druhem *P. cinnamomi*, (E) chlorotizace a vadnutí pierisu signalizuje poškození kořenů (zde *P. plurivora*), (F) fytophthorová hniloba kořenů je příčinou usychání rostliny vřesu (zde *P. cinnamomi*)

Fig. 1. Phytophthora root and collar rot. (A) necrosis of conductive tissues of the collar of common beech (after removal of bark) caused by *P. cambivora*, (B) characteristically colored necrosis of the bark of palm maple caused by *P. plurivora*, (C) collar rot of rhododendron caused by *P. ramorum*, (D) characteristic focal damage to rhododendron seedlings by the species *P. cinnamomi*, (E) yellowing and wilting of pieris signals damage of the roots (here *P. plurivora*), (F) Phytophthora root rot is the cause of drying of heather (here *P. cinnamomi*)



Obr. 2. Phytoftorové onemocnění olistění a výhonů. (A) Listová skvrnitost: charakteristické tmavnutí listů kaliny postupuje obvykle od špičky či okraje listu, (B) typická difúzní léze na listu rododendronu, (C) mnohočetné infekce olistění rododendronu způsobené druhem *P. plurivora*. Počáteční fáze napadení výhonů je velmi nenápadná – zde (D) brusnice, (E) rododendron (obojí *P. plurivora*). Později dochází k uschnutí celého výhonu – (F, G) rododendron napadený *P. plurivora*, (H) pieris napadený *P. ramorum*, (I) brusnice napadená *P. plurivora*

Fig. 2. Phytophthora disease of foliage and twigs. (A) Leaf necrosis: the characteristic darkening of the leaves of viburnum usually progresses from the tip or edge of the leaf blade, (B) a typical diffuse lesion on the leaf of the rhododendron, (C) multiple infections of the rhododendron foliage caused by the species *P. plurivora*. The initial stage of infestation of shoots is very inconspicuous – here (D) blueberry, (E) rhododendron (both by *P. plurivora*). Later the attacked shoot is drying – (F, G) rhododendron attacked by *P. plurivora*, (H) pieris damaged by *P. ramorum*, (I) blueberry attacked by *P. plurivora*

STUDIO  **PRESS**

© Grafická úprava: Studio Press s. r. o.

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



