



Integrovaná ochrana

ovocných dřevin před patogeny
z r. *Phytophthora*



Integrovaná ochrana

ovocných dřevin před patogeny
z r. *Phytophthora*

Výzkumný ústav pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.
Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy, s.r.o.

Integrovaná ochrana ovocných dřevin před patogeny z r. *Phytophthora*

Certifikovaná metodika UKZUZ 231593/2020

Autorský kolektiv:

Mgr. Karel Černý, Ph.D. (VÚKOZ Průhonice, v.v.i.)
Ing. Ludmila Havrdová, Ph.D. (VÚKOZ Průhonice, v.v.i.)
Mgr. Markéta Hrabětová (VÚKOZ Průhonice, v.v.i.)
Ing. Marcela Mrázková (VÚKOZ Průhonice, v.v.i.)
Ing. Juraj Grígel (VÚKOZ Průhonice, v.v.i.)
Doc. Ing. Daniel Zahradník Ph.D. (VÚKOZ Průhonice, v.v.i.)
Ing. et Ing. Dita Šetinová (VÚKOZ Průhonice, v.v.i.)
Ing. Luděk Laňar, Ph.D. (VŠÚO Holovousy, s.r.o.)
Ing. Pavlína Jaklová (VŠÚO Holovousy, s.r.o.)
Mgr. Bronislava Hortová, Ph.D. (VŠÚO Holovousy, s.r.o.)
Mgr. Michaela Kracíková (VŠÚO Holovousy, s.r.o.)
Ing. Marián Varga (VŠÚO Holovousy, s.r.o.)
Ing. Klára Scháňková (VŠÚO Holovousy, s.r.o.)
Ing. Jiří Němec (Ökoplant international s.r.o.)
Ing. Tomáš Letocha (Ökoplant international s.r.o.)

Dedikace:

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu Technologické agentury České republiky TH02030521 „Identifikace a rozšíření patogenů rodu *Phytophthora* v ovocných výsadbách a vývoj metody integrované ochrany“.

Odborný oponent ze státní správy: RNDr. Jan Juroch (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský)
Odborný oponent z oboru: RNDr. Jaroslava Marková, CSc. (Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy)

Vydal:

© Výzkumný ústav pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i., 2020
© Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy, s.r.o. 2020

ISBN: 978-80-87674-35-2
ISBN: 978-80-87030-78-3

Obsah

1. Cíl metodiky	5
2. Vlastní popis metodiky	5
2.1. Úvod.....	5
2.1.1. <i>Phytophthora</i> jako příčina poškození ovocných sadů.....	5
2.1.2. Průběh infekce.....	6
2.2. <i>Phytophthora</i> v sadech ČR.....	6
2.2.1. Diverzita patogenů.....	6
2.2.2. <i>Phytophthora cactorum</i>	6
2.3. Symptomatologie chorob způsobovaných oomycety na ovocných dřevinách.....	8
2.4. Ochrana.....	16
2.4.1. Hlavní způsoby zavlékání patogenů z r. <i>Phytophthora</i> do sadů a školkařských provozů.....	16
2.4.2. Opatření ve školkách.....	16
2.4.3. Sady.....	18
2.4.3.1. Preventivní opatření.....	18
2.4.3.2. Kurativní opatření.....	20
2.4.4. Podnože.....	21
2.4.5. Přípravky na ochranu rostlin.....	24
2.4.5.1. Školkařství.....	24
2.4.5.2. Sady.....	25
2.4.5.3. Fosfonáty a injektáž.....	26
2.5. Souhrn.....	28
2.6. Summary.....	30
3. Srovnání novosti postupů	32
4. Popis uplatnění metodiky	32
5. Ekonomické aspekty	32
6. Seznam použité související literatury	33
7. Seznam publikací, které předcházely metodice	35

1. Cíl metodiky

Cílem předložené metodiky je vytvořit jednoznačný popis symptomů chorob způsobovaných oomycetami v sadech, který povede ke včasné identifikaci chorob způsobovaných oomycetami a vypracovat soubor integrovaných opatření, jejichž aplikací dojde k omezení dalšího šíření oomycetů v sadech a k potlačení jejich významu a škod, které způsobují.

ných opatření, jejichž aplikací dojde k omezení dalšího šíření oomycetů v sadech a k potlačení jejich významu a škod, které způsobují.

2. Vlastní popis metodiky

2.1. Úvod

Invazní druhy z rodu *Phytophthora* patří k nejvýznamnějším patogenům kulturních rostlin a každoročně způsobují mnohamiliardové ztráty v nejrůznějších oblastech jejich pěstování. Jednou z nich je i ovocnářství, kde byla přítomnost těchto patogenů a škody jimi způsobené poprvé zjištěny již před sto lety. Od té doby se význam těchto patogenů podstatně zvýšil a ve všech hlavních ovocnářských oblastech proti nim začala být přijímána opatření, která měla bránit jejich zavlékání a následným škodám. V České republice až donedávna nebyly závažné škody způsobené oomycetami v sadech pozorovány, situace se však zejména v posledním desetiletí podstatně změnila. V současné době se tyto organismy

v ovocnářských provozech v ČR plošně šíří, způsobují významné škody a dlouhodobě sady zamořují.

Projekt TH02030521 „Identifikace a rozšíření patogenů rodu *Phytophthora* v ovocných výsadbách a vývoj metody integrované ochrany“ si kládla za cíl nejen přesně popsat riziko vyplývající ze šíření oomycetů v sadech ovocných dřevin, ale hlavně vyvinout metody a postupy, jak poškození způsobené těmito organismy identifikovat a jaká opatření přijmout, aby byl jejich vliv co nejvíce omezen. Předložená metodika je právě výsledkem tohoto projektu.

2.1.1. *Phytophthora* jako příčina poškození ovocných sadů

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). Patogeny rodu *Phytophthora* parazitují na tisících různých taxonů hostitelů včetně nejrůznějších zemědělských plodin, okrasných rostlin i lesních dřevin, na nichž každoročně způsobují škody v miliardách dolarů a jsou mimochodem i nejcitovanějšími parazity rostlin vůbec (Erwin a Ribeiro 1996). Patří rovněž mezi nejzávažnější půdní patogeny ovocných dřevin (Sutton a kol. 2014) a jen na ovocných dřevinách čeledi Rosaceae je udáváno přes 30 druhů tohoto rodu (častý je zejména druh *P. cactorum*) a dalších několik desítek druhů rodu *Pythium* s. l. (Farr a Rossman 2020).

Škody, které patogeny z rodu *Phytophthora* způsobují na ovocných dřevinách, jsou dokumentovány prakticky ve všech částech světa, kde jsou tyto jejich hostitelské dřeviny pěstovány. Poprvé byly zaznamenány počátkem 20. století v Evropě (Marchal 1908, Bubák 1910, Osterwalder 1912 aj.) a o něco později v Severní Americe v Kalifornii (Smith a Smith 1925). Významné škody byly dosud zjištěny např. v Severní i Jižní Americe, v Austrálii, v Mediteránu, v západní Evropě, v jižní Africe, v Indii a jinde (Smith 1950, McIntosh 1975, Harris 1990, Erwin a Ribeiro 1996, Browne a kol. 1998, Brow-

ne a Viveros 1999, Gupta 1999, Latorre a kol. 2001, Bumbieris a kol. 2011, Tewoldemedhin a kol. 2011, Sutton a kol. 2014 a jiní). V západní Evropě (např. Anglie, Německo, Nizozemí) byl nárůst těchto škod udáván od 50. let minulého století zejména v souvislosti s druhy *P. cactorum* a *P. syringae* (např. Braun 1952, Buddenhagen 1955, Smith 1953, Ten Houten 1953). Choroba se později rozšířila spolu s používáním citlivých podnoží – např. v Anglii od 60. let minulého století na podnožích MM 104 a MM 106 (Harris 1991). Výskyt chorob stále vzrůstal v důsledku nedostatku znalostí o významu rezistence rostlinného materiálu a vlivu nadměrné závlivy na rozvoj patogenů. Po roce 1990 se v USA výskyt chorob částečně snížil díky plošnému pěstování více rezistentních odrůd podnoží a štěpů, úpravě v zavlažování a výšce roubování; jejich větší vliv byl pak omezen spíše na nově zakládané sady v suboptimálních podmínkách (Sutton a kol. 2014).

V některých oblastech Evropy je v posledních dvou dekáдах rozvoj choroby opět na vzestupu (Mediterrán, Balkánský poloostrov, střední Evropa), přičemž z napadených ovocných dřevin jsou izolovány nejen *P. cactorum* a *P. syringae*, ale i druhy další druhy – např. *P. cambivora*, *P. citrophthora*, *P. cryptogea*, *P. drechleri*, *P. megasperma*, *P. nicotianae* *P. plurivora* nebo *P. polonica* (např. Bielenin 1995, Laviola a kol. 1990, Thomidis 2003, Pane a kol. 2009, Nakova 2010, Sárándi-Kovács 2016 aj.). V České republice přes nesporný výskyt chorob se symptomy typickými pro onemocnění způsobená oomycetami a značné způsobené škody nebyl až do současné doby proveden relevantní výzkum této problematiky.

2.1.2. Průběh infekce

Významnou vlastností plísni rodu *Phytophthora* a obecně oomycetů je jejich vazba na vodní prostředí. Jejich nepohlavní rozmnožování (tvorba zoosporangíí a šíření bičíkatými zoosporami), které je zásadní pro šíření choroby, probíhá ve vodním prostředí. Zoosporangia se vytváří ve vodním prostředí na hyfách a obsahují každé několik desítek dvoubičíkatých zoospor. Zoospory jsou po dozrání uvolněny do vodního prostředí a aktivně se pomocí bičíků pohybují (aktivně 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 aj.). Po přisednutí zoospory na pletiva hostitele (nejčastěji kořenů v půdě či krčků; napadat však mohou prakticky všechny typy pletiv, často např. kolonizují i plody ležící na zemi) dojde k odpadnutí bičíků a k encystaci zoospory. Cysta může několik dnů až týdnů přetrvat a překonat tak případné nevhodné podmín-

ky. 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 zoosporangíí 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. Druhy rodu *Phytophthora* jsou obvykle svou výživou striktně vázány na živého hostitele a v jeho nepřítomnosti přecházejí do klidového stádia ve formě pohlavních oospor nebo nepohlavních chlamydospor a v této formě mohou v půdě přežívat i řadu let (Erwin a Ribeiro 1996). Oba nejběžnější druhy v sadech ČR – *P. cactorum* i *P. plurivora* – je běžně vytvářejí.

2.2. *Phytophthora* v sadech ČR

Z výsledků průzkumu provedeného v rámci projektu TH02030521 vyplynulo, že patogeny z r. *Phytophthora* (a dílem i *Pythium* s. l.) jsou jedním z velmi významných rizik ovlivňujících v dnešní době zdravotní stav ovocných sadů v ČR a potažmo i jejich produkci. Velkým problémem je nejen

současné šíření těchto patogenů spolu s výsadbovým materiálem, ale zejména hrozící dlouhodobé zamoření sadů a problémy s ním spojené. Lze odůvodněně předpokládat, že významnost této problematiky bude v ČR rychle narůstat.

2.2.1. Diverzita patogenů

V posledních letech bylo v rámci projektu TH02030521 provedeno rozsáhlé šetření ve školkařských provozech i v sadech, které potvrdilo výskyt velkého množství patogenů rodů *Phytophthora* a *Pythium* s. l. a jejich zásadní význam v ovocnářství (Grígel a kol. 2019). V letech 2016–2019 bylo v ČR odebráno 425 vzorků materiálu ovocných dřevin ze sadů, přičemž pozitivních na výskyt oomycetů bylo 52 %. Nejčastěji byly izolovány druhy *P. cactorum* a *P. plurivora* (spolu tvořily cca 50 % všech izolátů r. *Phytophthora*). Ještě vyšší podíl pozitivních nálezů (64 %) byl zjištěn u školkařského materiálu, nejčastěji (48 %) zde byla rovněž izolována *P. cactorum*. Celkem byla zjištěna celá řada dalších druhů r. *Phytophthora* a *Pythium* (celkem 30 druhů oomycetů a dalších 15 taxonů houbových patogenů (podrobnosti

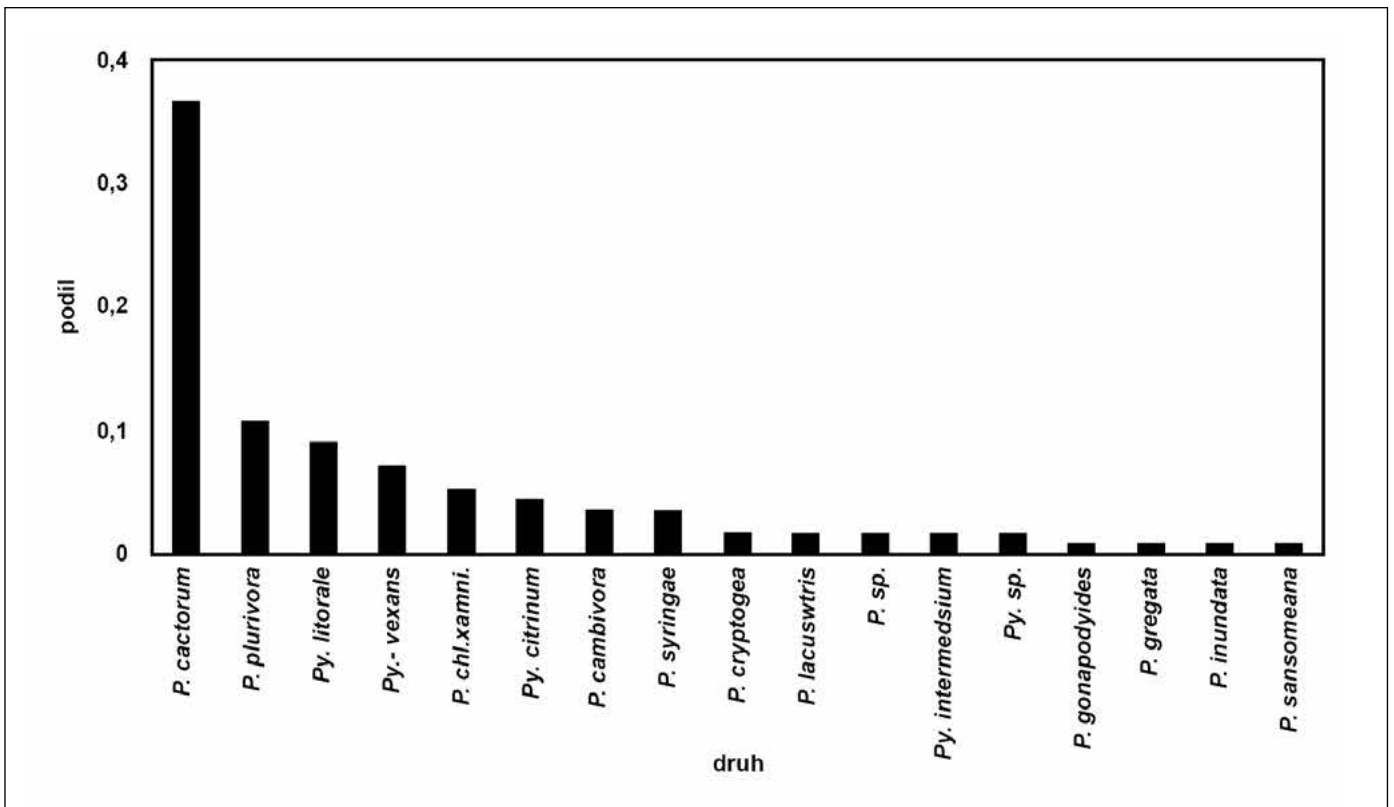
viz např. Grígel a kol. 2019; nejvýznamnější druhy viz obr. 1). Nejběžnějším patogenem je *Phytophthora cactorum* (Lebert et Cohn) J. Schrot. (český plíseň kaktusová). *P. cactorum* je polyfág známý z více než 500 druhů hostitelských rostlin (Farr a Rossman 2020), který byl poprvé zachycen v r. 1867 ve vratslavské sbírce kaktusů botanika a propagátora pěstování sukulentů Georga Albana von Jacobiho (Lebert a Cohn 1870). Druh *P. cactorum* byl na ovocných dřevinách v ČR zjištěn např. na jabloni domácí, kdouloni obecné, hrušni domácí, meruňce obecné, broskvoni obecné, třešni ptačí a domácí, slivoni myrobalánu a slivoni švestce, mimoto i na celé řadě dalších hostitelů včetně okrasných rostlin i lesních dřevin (Grígel a kol. 2019, CCPO 2020).

2.2.2. *Phytophthora cactorum*

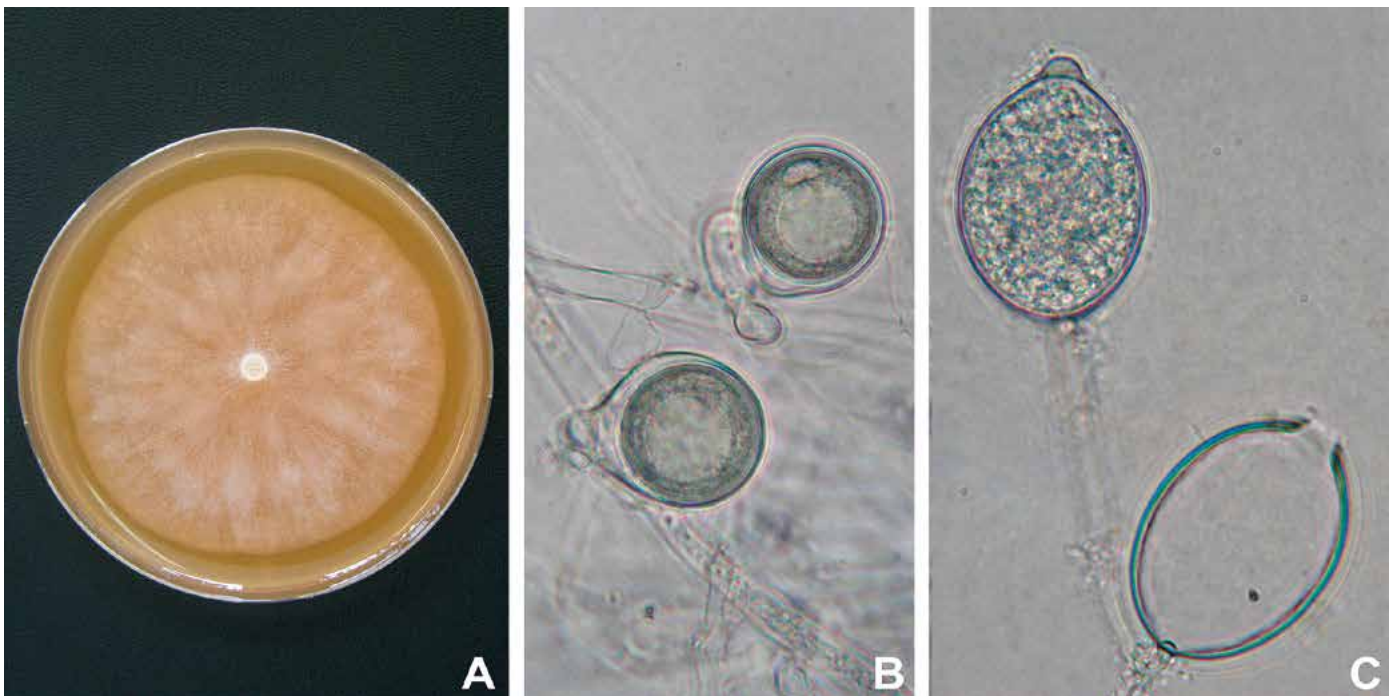
P. cactorum tvoří na pevném agarovém médiu (V8-agar) bělavé, homogenní, stelátní až petaloidní kolonie s nízkým vzdušným myceliem, bez ostrého ohraničení (obr. 2A). Optimální teplota růstu patogenu je 20 °C (6,8 mm/den), min. 2–4 °C, max. 31 °C. Hyfy *P. cactorum* jsou silné v průměru 1,8–5,8 μm.

P. cactorum je homothalický druh, u kterého můžeme pozorovat kulovité, plerotické oospory v jediné kultuře. Ty se tvoří v hyalinních, hladkostěnných oogoniích o rozměrech 29,7±1,9 μm. Velikost oospor je 26,2±1,6 μm, tloušťka stěny 1,5±0,3 μm. Antheridia jsou převážně paragynní, zřídka amfigynní, nepravidelně kyjovitá, někdy téměř kulovitá. Rozměry antheridií se pohybují v rozmezí 12,6±2,1×9,7±1,5 μm. Průměrný poměr délky k šířce antheridií je 1,3±0,2 μm (obr. 2B).

Nepohlavní rozmnožovací struktury, tzv. zoosporangia (obr. 2C) jsou kulovitého, vejčitého, hruškovitého až široce elipsoidního tvaru, vyrůstající terminálně buď na nevětvených sporangioforech, nebo jsou seskupeny do jednoduchých sympodií. Typickou charakteristikou tohoto druhu je výrazná papila (φ šířka 6,5 μm, tloušťka 3,9 μm) a opadavost sporangíí, která jsou typická svojí krátkou stopkou (< 4 μm). Velikost sporangíí se pohybuje v rozmezí 34,3±4,6 × 26,1±3,4 μm. Průměrný poměr délky k šířce sporangíí je přibližně 1,3. Každé sporangium obsahuje více než 50 pohyblivých dvoubičíkatých zoospor, které se uvolňují skrze otvor sporangiální papily. Některé izoláty mohou někdy produkovat také nepohlavní kulovité chlamydospory (φ 25–40 μm) se středně silnými buněčnými stěnami (1–1,5 μm).



Obr. 1. Nejčastěji izolované oomycety z poškozených dřevin ze sadů ČR (P = *Phytophthora*, Py = *Pythium*, P.chl.xamni = *Phytophthora chlamydospora*×*amnicola*)
 Fig. 1. The most frequently isolated oomycetes from fruit orchards in the Czech Republic (P = *Phytophthora*, Py = *Pythium*, P.chl.xamni = *Phytophthora chlamydospora*×*amnicola*)



Obr. 2. *Phytophthora cactorum* – kolonie (A), pohlavní orgány (B), zoosporangia (C)
 Fig. 2. *Phytophthora cactorum* – colony (A), sexual structures (B), sporangia (C)

2.3. Symptomatologie chorob způsobovaných oomycety na ovocných dřevinách

Patogeny z rodů *Phytophthora* a *Pythium* s. l. mohou napadat veškerá pletiva hostitelů, od drobných kořínků až po listy a plody. Choroby se projevují nejružnějšími symptomy, některé z nich jsou nespecifické (např. hniloby kořenů, žloutnutí), jiné naopak velmi charakteristické (nekrózy krčků). Cílem této části je přiblížit zejména symptomy typické, na jejichž základě lze s velkou mírou pravděpodobnosti určit, že se jedná o napadení oomycety.

Hniloby kořenů. Patogeny často infikují drobné kořínky v půdě, buď rozrůstajícím se myceliem, nebo zoosporami. Poškození se poměrně rychle rozvíjí a záhy jsou kolonizovány rozsáhlejší části kořenových systémů a postupně i kořeny hlavní a kořenová koruna (obr. 3A). Pletiva napadených kořenů rychle odumírají a jsou typicky rezavě hnědě až hnědočerně zbarvená. Tento typ chorob způsobují jak zástupci rodu *Phytophthora*, tak rodu *Pythium*.

Hniloby krčku. K hnilobám krčku dochází buď prorůstáním patogenu z napadených kořenů nebo – například po intenzivních srážkách či nevhodné zálivce – jsou krček či kořenová koruna kolonizovány přímo zoosporami. Na tomto typu chorob se nejčastěji podílejí patogeny z r. *Phytophthora*. Napadení krčku se typicky projevuje mírně vpadlými, hnědavě či rezavě zbarvenými nekrózami (obr. 3B), velmi často s přítomností hnědočerveného exudátu vznikajícího při rozkladu vodivých pletiv, který prosakuje na povrch borky (obr. 3C). Po odstranění kůry jsou nápadné vodnaté, hnědavě až rezavě zbarvené nekrózy vodivých pletiv typicky s difúzním okrajem případně i se zřetelně viditelnými zonálními přírůstky svědčícími o postupném prorůstání patogenu (obr. 3D). Nekrózy často dosahují až do výšky několika desítek centimetrů. Nekrotizovaná pletiva obvykle už druhým rokem praskají a vytvářejí výrazné jazykovité vpadlé léze s ostře ohraničeným okrajem vytvářeným hojivými pletivy; kalus však bývá pravidelně znovu kolonizován a nekróza se dále rozšiřuje (obr. 3E). U citlivých podnoží může být obvod krčku kolonizován i během jedné či dvou vegetačních sezón. Patogen ovšem může v povrchových pletivech odumřít (např. v důsledku použití přípravků na ochranu rostlin nebo v důsledku nízkých teplot v zimě), nekróza je pak oddělena hojivými pletivy a vytvoří se postupně hluboká, vpadlá, rozpraskaná rána, která bývá kolonizována dalšími houbami; později se objeví odhalené dřevo (obr. 3F). Nekrotizace krčku je zejména v případech peckovin často doprovázena klejotokem (obr. 3G).

Fytoftorové hniloby kořenů a krčku se navenek zpočátku projevuje nespecifickými symptomy jako např. pozdní rašení, krnění, pomalejší vývoj

a žloutnutí (obr. 3H), později vadnutí (obr. 3I) a zmenšení listů v celém objemu korun, špatná plodnost, maloplodost a prosychání koruny (obr. 3J) a nakonec odumírání celých stromů (obr. 3K). Tyto příznaky mohou být ovšem zaměnitelné se symptomy poškození způsobeného i jinými patogeny. Velmi častý a pro tuto chorobu velmi typický je její ohniskovitý charakter. Ohniska choroby se obvykle nejdříve objevují v místech příhodných pro patogen (lokální vlhčí poměry, utužení půdy, nepropustné podloží, nižší polohy apod.: obr. 3L). Ohniska jsou nejprve tvořena skupinami hůře prosperujících či chlorotických dřevin (obr. 3H, I) později pak v centru odumřelými stromy, při okrajích pak stromy méně poškozenými, obvykle jevícími známky zhoršeného vývoje nebo chlorotizace (obr. 3M). Ohniska se obvykle intenzivně rozšiřují (rychleji po řádcích), zejména v nevhodných půdních či závlahových podmínkách či po srážkově bohatých letech. Ohniska jsou obvykle tvořena nejvýše několika desítkami jedinců, v některých sadech v ČR byla však zjištěna ohniska s mnoha stovkami napadených stromů. Napadené stromy mohou odumřít během několika let po infekci. Stromy citlivých odrůd na citlivých podnožích nebo mladé stromky mohou odumřít i během jedné vegetační sezóny po kolonizaci krčku.

Dokumentováno bylo i napadení olíštění a nekrózy výhonů a větví (patogen se na nadzemních částech šíří zejména za vlhkých period) a zejména predsklizňové napadení plodů (např. Braun a Schwinn 1963, Upston 1978, Lindner 2009 a mnohé jiné). Infikované plody pak mohou sloužit jako zdroj šíření patogenu.

Patogeny z rodů *Phytophthora* a *Pythium* jsou jednou z příčin tzv. „apple replant disease“, syndromu špatného vývoje, krnění a odumírání ovocných stromků dosazovaných do sadů a vysazovaných na místech původních sadů (např. Rumberger a kol. 2007). Typickou součástí tohoto syndromu jsou právě symptomy chorob způsobované oomycety. Tyto patogeny často způsobí uhynutí původní výsadby, pak jsou schopny přežít ve formě trvalých stádií v půdě (případně se rozšíří zpět z kontaminovaného okolí či z jiných hostitelů) a napadnout dosadbu (obr. 3N, O). Ve školkařských provozech jsou často patrná ohniska hůře prosperujících stromků (obr. 3P), při bližším průzkumu pak lze identifikovat charakteristické léze na krčcích (obr. 3Q), přičemž infikovány jsou obvykle krčky či kořenová korunka (obr. 3R, S). Zanedbání rozvoje choroby v sadech vede k rychlému nárůstu onemocnění, poškozeny pak bývají i desítky procent stromů (obr. 3T, U).



Obr. 3. Symptomy fytoftorové hniloby krčku a kořenů ovocných stromů (A) Fytoftorová hniloba kořenních kořenů a kořenové koruny. (B) Fytoftorová hniloba krčku, nekróza kůry. (C) Fytoftorová hniloba krčku, nekróza kůry s přítomností exudátů na povrchu borky. (D) Fytoftorová hniloba krčku, nekróza vodivých pletiv. (E) Fytoftorová hniloba krčku, nekrotizace kalusu a následný rozvoj nekrózy výš po kmínku. (F) Fytoftorová hniloba krčku, vyhojené staré poškození. (G) Fytoftorová hniloba krčku bývá u peckovin často doprovázena klejotokem

Fig. 3. Symptoms of *Phytophthora* root and collar rot of fruit trees (A) *Phytophthora* rot of crown and main roots (B) *Phytophthora* collar rot, bark necrosis (C) *Phytophthora* collar rot, bark necrosis with the presence of exudates (D) *Phytophthora* collar rot, necrotised conductive tissues (E) *Phytophthora* collar rot, necrosis of the calus and subsequent development of necrosis higher up the trunk (F) *Phytophthora* collar rot, healed old damage, the tree is in full productivity (G) *Phytophthora* collar rot is often accompanied by gummosis in stone fruit



Obr. 3. Symptomy fytoftorové hniloby krčku a kořenů ovocných stromů (H) Fytoftorová hniloba kořenů a krčku je doprovázena vnějšími symptomy jako je pomalejší vývoj a žloutnutí olistění. (I) Žloutnutí a vadnutí olistění v celém objemu korun je typickým projevem fytoftorové hniloby kořenů a krčku. (J) Zhoršená plodnost, prosychání a dřívější nástup senescence jsou typické vnější projevy fytoftorové hniloby kořenů a krčků. (K) V poslední fázi napadení stromy rychle odumírají

Fig. 3. Symptoms of Phytophthora root and collar rot of fruit trees (H) Phytophthora root and collar rot is frequently accompanied by external symptoms such as stunted growth and yellowing of foliage (I) Yellowing and wilting of foliage of whole crowns is a characteristic symptom of phytophthora root and collar rot (J) Impaired production, withering and earlier onset of senescence are characteristic external symptoms of Phytophthora root and collar rot (K) In the last stage of the disease, the infested trees quickly die



Obr. 3. Symptomy fytoftorové hniloby krčku a kořenů ovocných stromů (L) Ohniska choroby se nejprve objevují na místech favorizujících patogen, nejčastěji jsou to zamokřené plochy. (M) Rozvíjející se ohnisko choroby je typické odumřelými stromy v centru a méně poškozenými při okrajích. (N) Napadený a odumřelý stromek v dosadbě řádku s výskytem fytoftorové hniloby. (O) Napadený stromek s typickým projevem hniloby krčku v dosadbě řádku s výskytem fytoftorové hniloby

Fig. 3. Symptoms of Phytophthora root and collar rot of fruit trees (L) Outbreaks of the disease appear firstly in places favouring the pathogen, most often they are wet (M) The developing outbreak of the disease is typical due to presence of dead trees in the centre and less damaged ones at the edges (N) Infected and dead replanted tree in the row with the presence of Phytophthora disease (O) Replanted and infected tree with characteristic symptoms of Phytophthora collar rot in the row with trees previously died due to *P. cactorum* infection





Obr. 3. Symptomy fytoftorové hniloby krčku a kořenů ovocných stromů (P) Ohniska napadených stromků ve školce jsou typická horším vývojem a chlorotizací olistění. (Q) Typické projevy fytoftorové hniloby kořenů a krčku sazenice. (R) Typická fytoftorová hniloba školkařského materiálu se rozvíjí na krčku a kořenové korunce
Fig. 3. Symptoms of Phytophthora root and collar rot of fruit trees (P) Trees in disease outbreaks in nurseries are characterised by poor development and yellowing of foliage (Q) Characteristic symptoms of Phytophthora root and collar rot in apple seedling (R) Characteristic Phytophthora rot of nursery material develops on the collar and root crown



Obr. 3. Symptomy fytoftorové hniloby krčku a kořenů ovocných stromů (S) Hniloba krčku a kořenové korunky – detail
Fig. 3. Symptoms of Phytophthora root and collar rot of fruit trees (S) Collar and crown rot in detail



Obr. 3. Symptomy fytoftorové hniloby krčku a kořenů ovocných stromů (T) Kvetoucí sad s poškozenými krčky
Fig. 3. Symptoms of Phytophthora root and collar rot of fruit trees (T) Flowering apple orchard with frequent collar rot



Obr. 3. Symptomy fytoftorové hniloby krčku a kořenů ovocných stromů (U) Vysoce poškozený mladý sad
Fig. 3. Symptoms of *Phytophthora* root and collar rot of fruit trees (U) Highly damaged young apple orchard

2.4. Ochrana

Vytvořená integrovaná metodika ochrany je rozdělena do několika částí věnovaných jak jednotlivým typům provozů (školkařství, sady), tak preventivním a kurativním opatřením. Velkou pozornost je zapotřebí věnovat zejména opatřením preventivním, protože možnosti jak zasáhnout proti patogenům v sadech jsou poměrně omezené. Spolehlivost opatření rov-

něž není vždy tak vysoká, jak bychom si přáli, a nadto některá z nich lze uplatňovat jen v některých typech produkce. Speciální pozornost je věnována dvěma zvláště významným bodům v ochraně – přípravkům na ochranu rostlin a rezistenci podnoží a odrůd.

2.4.1. Hlavní způsoby zavlékání patogenů z r. *Phytophthora* do sadů a školkařských provozů

Patogenní oomycety jsou na pěstební plochy zavlékány zejména s výsadbovým materiálem a závlahovou vodou. V České republice bylo zjištěno, že dominantním (ne však jediným) způsobem zavlékání nebezpečných nepůvodních druhů rodu *Phytophthora* je výsadbový materiál, kdy zde dominují zejména *P. cactorum*, *P. plurivora*, *P. cambivora*, z patogenních druhů r. *Pythium* je to zejména *Py. vexans*. Podrobný průzkum v ČR ukázal, že v průměru je kontaminováno přes 70% zásilek (balíků sazenic). Podíl kontaminovaných rostlin je v zásilkách obvykle poměrně nízký (max. na úrovni procent či jejich desítek), nicméně i to v praxi znamená, že v každé zásilce (*in vivo* pěstovaného materiálu) je jistý podíl kontaminovaných asymptomatických rostlin a že každý nově zakládáný či dosazovaný sad může být takto kontaminován. V ČR bylo zjištěno, že v případě výsadbového materiálu se výrazně liší stupeň jeho infestace v závislosti na zdroji – některé školkařské firmy dodávají materiál více kontaminovaný a jiné méně; podobně se liší i úroveň kontaminace zásilek pocházejících z různých států, ze kterých je školkařský materiál importován ($P < 0,05$; Grígel a kol. 2019). Tyto rozdíly se projeví na poškození sadů, které byly založeny z materiálu pocházejícího z různých zdrojů.

Závlahová voda ve srovnání s výsadbovým materiálem představuje obvykle méně závažný zdroj těchto patogenů, přesto v ní byly tyto druhy zjištěny (v ČR např. *P. plurivora*, *P. citrophthora*, *P. gonapodyides* aj.). Velmi podstatný je pak rozdíl ve zdroji závlahové vody. Voda z vrtů a studní riziko nepředstavuje, pokud před použitím není jímána do povrchových nádrží, kde může setrvávat delší dobu a může být kontaminována splachy či drenážemi. Voda povrchová, zejména pak z rybníků a vodních toků

představuje riziko vyšší, případně i poměrně závažné (bylo zjištěno, že až 100% vzorků tohoto typu závlahové vody oomycety obsahuje; dominují zde ovšem často méně nebezpečné druhy r. *Pythium*). Zvláštním případem pak mohou být nádrže, kam je sváděna použitá závlahová voda ze sadů, která může být recyklována. Tato závlahová voda může při vyšším výskytu oomycetů představovat i dominantní zdroj a způsob šíření patogenů v sadu. Dalším, spíše minoritním způsobem zavlékání, je šíření spolu s mechanizací (tento způsob však hraje významnou roli při šíření patogenů na již zamořených plochách). V případě zakládání nových sadů či jejich obnovy lze pak předpokládat, že některé z ploch mohou být již těmito organismy zamořeny (Ogawa a kol. 2004), zejména pokud zde již byly pěstovány citlivé druhy hostitelů a že tedy hrozí tzv. „apple replant disease“ (viz výše).

V praxi se pak v sadech nejčastěji setkáváme s tím, že je zpočátku napaden jen malé procento vysazených stromů (podíl kontaminovaných sazenic může být poměrně malý a lze předpokládat, že velká část zavlečených patogenů rozsáhlejší infekci nezpůsobí a že uhynou). Napadení se většinou objevuje v nejméně náchylných částech s vhodnějšími podmínkami pro patogen, odkud se šíří postupně po řádcích a do okolí. Podíl napadených rostlin postupně pomaleji či rychleji narůstá v závislosti na podmínkách prostředí a péči a může dosáhnout až několika desítek procent (dokonce až 50–70%) vysazovaných stromů, které jsou tak během let vyřazeny z produkce. Velkým a obtížně řešitelným problémem je pak dlouhodobé zamoření pěstební plochy.

2.4.2. Opatření ve školkách

Pěstování a distribuce zdravého rozmnožovacího a výsadbového materiálu je hlavní cestou snížení rizika zavlečení invazních oomycetů do sadů. Dosažení potřebné kvality výsadbového materiálu je možné pomocí integrované ochrany a při důsledném dodržování jejích principů. Mezi nejdůležitější body patří výběr vhodného materiálu, pěstebních ploch, minimalizace přemokření a nadbytečné zálivky, adekvátní péče, způsob a místo zakládání a uchování materiálu, kontrola jeho zdravotního stavu a důsledné používání vhodných přípravků na ochranu rostlin a jeho správné načasování. Hlavní body jsou rozebrány v následujícím přehledu.

- **Semenišťe** zakládat na plochách s půdou s vhodnými fyzikálními a biologickými vlastnostmi (raději lehčí, propustná, co nejhlubší, s níže položenou hladinou podzemní vody, bez nepropustných vrstev v podloží, humózní, biologicky aktivní). Na těchto plochách by neměly být v předchozích letech pěstovány ovocné dřeviny. Ideálně by se mělo jednat o tzv. panenskou půdu. Hustota výsevu může být nižší, používaná závlahová voda jen z bezpečného zdroje (viz kap. 2.4.1.). Průběžná kontrola zdravotního stavu a symptomů, zejména je vhodné se soustředit na terénní deprese a níže položené či vlhčí části ploch, v případě potřeby provést ošetření fungicidem (např. po výraznějších srážkách). Při rozsazování či přesazování lze do mořidla přidat fungicidní přípravky účinné proti oomycetům. Při sklizni semenáčů je třeba minimalizovat mecha-

nické poškození kořenů. Před založením podnoží do klimatizovaných komor či chladíren je vhodné provést moření kořenových systémů přípravkem s účinnou látkou metalaxylem, zejména v případě velkoobjemového skladování v chladírnách na volno, kde mohou nastat podmínky vhodné pro přežívání a šíření chladnomilnějších druhů r. *Phytophthora* (např. *P. syringae*).

- **Podnožové matečnice** se zakládají ve vhodném substrátu se supresivními vlastnostmi omezujícími rozvoj oomycetů (viz výše). Nutná je jejich co nejlepší izolace od okolí jako zdroje potenciální infekce. Obdobně je samozřejmá adekvátní péče a hnojení, minimalizace zálivky, vyloučení i jen potenciálně kontaminovaných zdrojů zálivky, minimalizace zbytného provozu v okolí. Pravidelná kontrola zdravotního stavu a případných symptomů napadení oomycety (žloutnutí olistění, špatný vývin odnoží apod.). Pravidelné preventivní používání vhodných fungicidních přípravků se specifickým účinkem proti oomycetům v periodě dvou týdnů. Minimalizace použití dalších přípravků na ochranu před půdními mikroorganismy, které by mohly mít negativní vliv na kvalitu půdní mikroflóry, pokud to je možné. Při objevení se symptomů zkontrolovat stav kořenových systémů a krčků případně ověřit přítomnost infekce laboratorně. Při zjištěném poškození či výskytu patogenů r. *Phytophthora* napadené rostliny zlikvidovat a napadenou matku či část matečnice obnovit ze zdravého materiálu. Napadenou plochu je vhodné ošetřit účinným fumigantem (např. Bazamid) a infekci zlikvi-

dovat. Na místě bez adekvátního ošetření může být odsazování další matky rizikové. Informování a školení zaměstnanců, omezení přístupu na kontaminované plochy, zabránění šíření.

- **Odběr řízků.** Při odběru výhonů musí být minimalizována možnost kontaminace výhonu substrátem. Pracovní nástroje se průběžně dezinfikují (lihem, případně dalšími dezinfekčními prostředky). Před zakořeněním je vhodné řízky ošetřit stimulačním roztokem (např. IBA; podrobně Nečas a kol. 2019). V případě použití látek stimulujičích zakořeňování se prokázala nižší úmrtnost rostlin na hniloby kořenů způsobené *Phytophthora plurivora* (Černý a kol. 2020). Před umístěním dřevitých řízků do termoboxu je vhodná jejich dezinfekce (2% SAVO) nebo lépe máčení v přípravku obsahujícím vhodný fungicid (účinná látka metalaxyl nebo fosfonáty). Zakořeňovací substrát musí být sterilní a ošetřený fungicidem – vhodné použít jako doplněk fungicid registrovaný proti oomycetům, ale s odlišnou účinnou látkou než při ošetření řízků. Před školkováním řízků se provede optická kontrola a všechny řízky s příznaky hnilob se vyloučí. V případě bylinných řízků je nutné minimalizovat stres při přepravě a jejich přípravě před výsadbou. Před výsadbou se řízky namáčí do fungicidního přípravku na bázi metalaxylu nebo fosfonátů. Pro výsadbou se standardně použije sterilní substrát, zálivka bez přítomnosti zoospor oomycetů; samozřejmě je dostatečná hygiena provozu a zamezení zavlečení infekce z ostatních potenciálně kontaminovaných částí provozu.
- **Dovoz podnoží** z jiných provozů/dodavatelů a jejich pěstování v provozech vlastních může představovat riziko zavlečení oomycetů. V rámci výzkumu v ČR bylo zjištěno, že přes 70 % balíků dodávaných podnoží vypěstovaných *ex vitro* bylo oomycety kontaminováno a dominantním druhem zde byla *P. cactorum* (Grígel a kol. 2019). Lze předpokládat, že skutečný podíl kontaminovaných podnoží v zásilkách může být relativně nízký, což při obrovských počtech přepravovaných rostlin nemůže mít velký význam. Výjimku tvoří sazenice produkované *in vitro* (Grígel a kol. 2019), ty však mohou být kontaminovány při převodu do prostředí venkovního.
- **Úprava a založení materiálu.** Nahromadění materiálu při převozu, během čištění a úpravy může představovat značné riziko přenosu nákazy mezi rostlinami, proto je vhodné tyto procesy co nejvíce urychlit a omezit zejména délku skladování rostlin před zpracováním a věnovat pozornost podmínkám a místu uložení a hygieně práce (dezinfekce nástrojů). Při zpracování je nutná kontrola zdravotního stavu a vyřazení symptomatického materiálu. Před založením podnoží do chladících zařízení kořenové systémy namočit do suspenze obsahující vhodný fungicidní přípravek (v testu se osvědčil přípravek s obsahem metalaxylu).
- **Při roubování či očkování** zachovávat dostatečnou hygienu a průběžně dezinfekce nástrojů. Roubování či očkování provádět na podnoží pokud možno co nejvýše nad krčkem, protože některé rouby jsou (alespoň u peckovin) podstatně méně odolné než podnože (Ogawa a kol. 2004), vhodná je výška cca 15 cm, zabráně se tak rovněž zpravořeňování. U jabloní jsou obvykle rouby odolnější, nicméně u známých citlivých odrůd (Coxova reneta, Grimesovo zlatožluté; Sutton a kol. 2014), případně dalších (z výsledků z ČR vyplývá, že citlivé jsou rovněž odrůdy Topaz, Idared, Red Jonaprince a další) je štěpování výše na podnoží rovněž možné. V případě Topazu je doporučována výška přeroubování až 40–70 cm nad povrchem půdy. Další alternativou při pěstování citlivých odrůd je možné využití více rezistentních mezikmenů (např. Summerred, Rubinola, Dubbele Zoete Aagt nebo v ČR často používaného Golden Delicious), což se osvědčilo při pěstování právě citlivého Topazu na podnoží M.9 (Wertheim 1998, Lindner 2009, Spornberger a kol. 2018), je ovšem potřeba zvážit i možné další faktory jako např. pozdější plodnost a nižší vzrůst. Při roubování v ruce je vhodné následně preventivní moření kořenů vhodnými přípravky účinnými proti oomycetům obsahujícími účinné

látky metalaxyl nebo fosfonáty. V případě provizorních zakládek je potřeba použít vhodný substrát (nepoužívat potenciálně kontaminovanou zeminu).

- **Dopěstování podnoží** či sadby. Školkařské plochy se zakládají na propustných, hlubokých, bohatých, organicky hnojených a biologicky aktivních půdách s přirozeným supresivním efektem vůči oomycetům. Vhodné jsou zejména propustné černozemní půdy v oblastech s nižším množstvím srážek (bylo zjištěno, že tyto faktory v ČR průkazně snižují míru napadení oomycety; $P < 0,05$). Je zapotřebí se vyhýbat zejména degradovaným a utuženým půdám, těžkým jílovitým půdám, pseudoglejím, fluvizemím, které v sadech ČR patří k nejvíce rizikovým a rovněž obecně zamokřeným polohám a terénním depresím. Před založením porostu je vhodné zlepšit kvalitu půdy a organické hnojení.
- **Zálivka.** V průběhu pěstování je vhodné co nejvíce omezit zálivku (podporuje rozvoj oomycetů), což je v posledních poměrně suchých letech poměrně problematické. V případě jejího použití zvolit vhodné zdroje s minimálním rizikem infestace oomycety (nepoužívat povrchové zdroje a recyklovanou zálivkovou vodu, případně využít filtraci či dezinfekci vody, podrobně Černý a kol. 2017) a zajistit optimální dávkování, aby nedocházelo k přemokření kořenového systému.
- **Udržování rostlin v optimálním zdravotním a fyziologickém stavu,** optimální používání agrotechnických opatření (hnojení, fytohormony, zálivka, regulace plevelů, plečkování, kultivace půdy – vyhýbat se zhutnění, tvorby louží atp.). Cílem je rovněž co největší zkrácení doby pěstování sazenic v potenciálně rizikovém prostředí školky (viz dále). Souběžná infekce viry či *Py. ultimum* zvyšuje četnost infekcí *P. cactorum* (Sharma a Gupta 1989) a lze předpokládat, že podobný efekt mohou mít i jiné infekce.
 - **Omezování používání chemických přípravků,** pokud je to možné. Z přípravků na ochranu rostlin proti chorobám používat zejména přípravky specifické vůči oomycetům s ověřenou účinností (viz níže). Vyhýbat se biologické degradaci půd a zhoršování jejich ekologických funkcí, které představují riziko z hlediska rozvoje oomycetů (Erwin a Ribeiro 1996).
 - **Sledování zdravotního stavu rostlin.** Věnovat pozornost výskytu typických symptomů tj. žloutnutí a špatný vývoj olistění, krnění a usychání rostlin, poškození kořenů a krčků (obr. 3Q, R, S). Věnovat zejména pozornost případnému vzniku poškození v ohniscích (obr. 3P) v terénních depresích a na zamokřených půdách zejména po výraznějších deštích. Při podezření na výskyt patogenů využít možnost laboratorního ověření (VÚKOZ, VŠUO, UKZÚZ). Podezřelé rostliny je nutno důkladně vyšetřit, zjevně symptomatické rostliny a rostliny s prokázaným výskytem patogenů zlikvidovat (spálit) mimo pěstební plochy. Okolní rostliny či plochu preventivně ošetřit vhodným fungicidním přípravkem (nejlépe přípravky na bázi metalaxylu či fosfonátů).
 - **Fungicidy.** Vzhledem k riziku zavlékání oomycetů ze školek a kontaminace sadů je potřebné i preventivní používání vhodných fungicidních přípravků se specifickým účinkem proti oomycetům od nástupu vegetace v cca dvou- až třítydenních intervalech do konce léta. Používání těchto přípravků musí být i preventivní a zejména by se měly aplikovat na více rizikových půdách (zamokřené půdy, fluvizemě aj.) a při používání rizikového zdroje závlahy. Je zapotřebí střídání vhodných přípravků – např. Ridomil (účinná látka metalaxyl), Aliette 80 WG či jiné přípravky na bázi fosfonátů, Acrobat (dimetomorph; viz kapitola 2.4.5. Přípravky na ochranu rostlin) a bránit tak vzniku rezistence. Na náchylných plochách před očekávanými dešti či po nich je možné využít ošetření i mimo plánovaný rozvrh vhodným přípravkem.
 - **Použití biologických a dalších podpůrných přípravků** je možné, jejich dostatečná účinnost je však obvykle nejistá a v pokusech s přípravky obsahující *Trichoderma harzianum*, *T. koningii*, *Pythium oligandrum* a *Bacillus subtilis* se ji nepodařilo prokázat (Černý a kol. 2020). Nadto

použití přípravků s *Py. oligandrum* na plochách ošetřovaných přípravky na ochranu proti oomycetům nedává smysl.

- **Zkrácení doby pěstování sazenic na minimum** – s délkou pěstování rostlin ve školce významně narůstá riziko kontaminace invazními oomycetami (Černý a kol. 2020), proto je optimální produkce jednoletých a dvouletých výpěstků (celková doba pěstování sazenice ve školce je ovšem minimálně 2 roky). Delší doba pěstování sazenic s mezikmenem ve školce o 1–2 roky může být proto jistým rizikem; možnosti vyšší infestace lze alespoň do jisté míry předejít vhodnými opatřeními.
- **Rotace pěstebních ploch.** Jednoznačně lze doporučit střídání pěstování sazenic s plodinami, které nepatří mezi významné hostitele těchto patogenů (například jednoděložné rostliny, viz Farr a Rossman 2020) a využívat organická hnojiva včetně zeleného hnojení. Perioda, po kterou na ploše nebudou pěstovány sazenice ovocných dřevin, by za těchto pro patogen méně vhodných podmínek měla trvat nejméně tři až čtyři roky, protože oospory dvou nejvýznamnějších homothalických druhů – *P. cactorum* a *P. plurivora* mohou v nesterilní půdě přežívat 2–3 roky (Erwin a Ribeiro 1996), vhodné by však bylo tento interval ještě prodloužit. Optimální je využívání tzv. panenských půd, kde nebyly nikdy v minulosti ovocné druhy ve školce nebo v sadu pěstovány. I na takových půdách však může v případě nevhodných hostitelských předplodin či potenciálně trvale přítomného zdroje infekce (vodní tok) být patogen přítomný.
- **Vyorávání, zakládání a dlouhodobé uchovávání materiálu** v základních nebo chladicích zařízeních při vysoké vzdušné vlhkosti je posledním rizikovým obdobím ve výrobě školkařského materiálu. Jednak dochází k poškození kořenových systémů (poškození častěji slouží jako místo

2.4.3. Sady

Vzhledem k rozšíření a potenciálnímu významu, skrytému způsobu života a obtížné eliminaci půdních patogenů z *r. Phytophthora*, je nutno tyto organismy považovat za jednu z nejvýznamnějších hrozeb, v jejichž důsledku může dojít nejen k zásadním ztrátám, ale i dlouhodobému

2.4.3.1. Preventivní opatření

Vedle pravidelné kontroly výskytu symptomů patří nejdůležitější role v ochraně sadů preventivním opatřením, jejichž cílem je zabránit rozšíření oomycetů do sadů a upravit podmínky prostředí sadů a pravidla provozu a péče, tak, aby se minimalizovala možnost šíření patogenů za podmínek vhodných pro jejich přežívání a rozvoj. Klíčovými faktory v boji proti oomycetům jsou zejména zdroj materiálu a jeho citlivost, dostupnost vody a závlivka, půdní vlastnosti, pěstební péče a kontrola zdravotního stavu a používání vhodných odolnějších podnoží i odrůd.

- **Sady nesmí být bezprostředně zakládány či obnovovány na plochách, kde byly pěstovány citlivé plodiny či hostitelé, popřípadě se dokonce vyskytly choroby způsobené oomycetami.** Pokud přesto je sad obnovován, musí být nové stromky sázeny co nejdále od míst, kde rostly stromy v sadu předchozím (např. celkové posunutí rastru výsadby).
- **Plochy pro zakládání sadů** musí být vybírány na místech co nejméně vhodných pro oomycety – tedy na propustných, hlubokých, bohatých, organicky hnojených a biologicky aktivních půdách s přirozeným supresivním efektem, vhodné jsou zejména hluboké, propustné černozemní půdy, méně pak hnědozemě a písčité půdy. Zejména je zapotřebí se vyhnout hůře propustným či na vodu nadměrně bohatým glejím a pseudoglejím, fluvizemím, luvizemím, případně mělkým rendzinám ($P < 0,05$). Obecně rovněž zamokřeným polohám a terénním depresím či plochám s nepropustným podložím a degradovaným a utuženým půdám, kde

vstupu infekce) a jednak k jeho masivní koncentraci a potenciálnímu blízkému kontaktu infestovaných a zdravých sazenic po dlouhou dobu. Kořenové systémy jsou rovněž částečně obaleny substrátem, který může obsahovat oomycety. V tomto období se sice teploty pohybují při dolní hranici růstu patogenů (minimální teplota pro růst *P. cactorum* je 2 °C, přežívá však i teploty nižší), přesto však k jejich šíření může dojít. Nízké teploty např. v případě *P. cactorum* mohou dokonce stimulovat tvorbu chlamydospor, které slouží k přežívání nepříznivých podmínek. Zoosporangia i odpočívající struktury patogenu mohou rovněž přežívat teploty pod bodem mrazu; produkce zoospor při teplotách pod 5 °C byla zjištěna u více druhů (Sneh a McIntosh 1974, Erwin a Ribeiro 1996, Sutton a kol. 2014). Přizpůsobení *P. cactorum* k přežití nízkých teplot je pravděpodobnou příčinou, proč právě tento druh dominuje v kontaminacích školkařského materiálu. Manipulace při distribuci spolu s nutným kropením a nárůstem teplot pak před výsadbou riziko přenosu patogenu na další rostliny výrazně zvyšuje. Z těchto důvodů je vhodné před založením či expedicí kořenové systémy sazenic máčet ve vhodném přípravku. V ČR i zahraničí (např. Tidball a Linderman 1990) se osvědčily rovněž přípravky na bázi metalaxylu a fosfonátů (na podzim před založením). Běžně používané přípravky s jiným spektrem cílových organismů (např. Topsin) neúčinkují. Perspektivní používání ozónování velmi pravděpodobně zásadně neovlivní trvalé struktury patogenů. Do expedice nesmí být zařazeny symptomatické rostliny. Při transportu pak nesmí dojít k přehřívání nebo vysychání rostlin. Po doručení na místo by měly být ihned bezpečně uloženy v chladu nebo co nejdříve vysazeny na stanoviště. Jakákoliv chyba a stres mohou vést k nepozorovanému rozvoji patogenů a zvýšení podílu kontaminovaných stromků.

zamóření sadů a jejich vynucené likvidaci. Eliminace těchto patogenů z pěstebních ploch je vzhledem k jejich biologii, skrytému způsobu života a omezeným možnostem efektivních zásahů velmi obtížná a vyžaduje integrovaný přístup.

jsou populace patogenů silnější (Horner a Wilcox 1996, Wertheim 1998, Ogawa a kol. 2004, Sutton a kol. 2014 a další). Místa s lokálně nevhodnými podmínkami (např. deprese, podmáčení) bývají často první, kde se napadení oomycetami na stromcích objeví a kde se tyto patogeny začnou šířit. Populace *P. cactorum* je nejsilnější v místech, kam prosakuje či stéká voda z výše položených míst (McIntosh 1963). Pokud není možné půdní a hydrologické poměry těchto stanovišť zlepšit, měla by být preventivně z pěstování ovocných dřevin vyloučena, případně zde může být vysazena vhodnější podnož a odrůda tolerující lokální podmínky, které jsou zároveň odolnější vůči napadení.

- **Oomycety v sadech ČR způsobují průkazně vyšší škody v oblastech s vyšší dostupností vody.** V ČR byl zjištěn průkazný vliv vyšších srážek (vyšší nadm. výška, teplejší oblasti; $P < 0,05$), 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 ($P < 0,05$). Těmto půdám je tedy vhodnější se vyhnout, pokud je to možné, v opačných případech lze volit další opatření.
- **Sady je vhodné zakládat na svažitéch pozemcích s jihovýchodní až západní orientací s vyšším osluněním, na místech ve vrcholových partiích.** Je vhodné se vyhnout dnům údolí a dolním částem svahů či místům mezi terénními vlnami (Sutton a kol. 2014, vlastní pozorování). Množství propagulí patogenů klesá s relativní výškou na svahu (Horner a Wilcox 1996). Propustnost – vhodnost místa i detailní lokální odlišnosti lze

odhadnout i laicky po velkých deštích nebo koncem zimy při odtávání sněhu. Místa s horším odvodněním lze upravit pomocí drenáží, zrytím či nakypřením podloží; rovněž lze vyvýšit řádky (Sutton a kol. 2014).

- **Kvalita půdy.** Před založením sadu i v průběhu jeho pěstování je vhodné zlepšování a udržování kvality půdy – např. aerace, organické hnojení (nesmí se ovšem přehnojovat). Vhodné je vysazovat stromy do řádků mírně vyvýšených oproti meziřadí (Sutton a kol. 2014). V průběhu pěstování je zapotřebí bránit utužování půd a vzniku louží – voda nikdy nesmí zůstávat na povrchu (např. typicky v kolejích v meziřadí).
- **Hlavním zdrojem infekce v sadech ČR je školkařský materiál.** Bylo potvrzeno, že poškození sadů průkazně souvisí nejen s druhem pěstované dřeviny, s druhy podnoží a odrůdami, ale rovněž se zdrojem materiálu (školka, resp. zemí původu materiálu). Z těchto důvodů je nutno odebrat materiál jen z ověřených zdrojů a dodavatelů. Výroba stoprocentně čistého materiálu ve standardních školkařských provozech není samozřejmě prakticky možná, přesto však je možné získat materiál s únosnou mírou infestace. Zásadní je tedy vysazovat zdravý materiál (před výsadbou jeho stav zkontrolovat). Před sázením lze jednoznačně doporučit preventivní máčení kořenových systémů sazenic do vhodných fungicidních přípravků (na bázi fosfonátů, případně dalších, pokud budou registrovány; vždy se však musí jednat o přípravky se specifickým účinkem proti oomycetům se systemickým účinkem). Dále musí být maximálně využívány odolnější typy podnoží a odrůd, zejména pak na místech, kde lze předpokládat vhodnější podmínky pro vývoj oomycetů (viz kapitola 2.4.4. Podnože).
- **Zálivka.** Voda je významný rizikový faktor nejen jako zdroj infekce, ale z hlediska vytváření vhodného prostředí pro oomycety. V průběhu pěstování je vhodné co nejvíce omezit zálivku (podporuje rozvoj oomycetů), v případě jejího použití zvolit vhodné zdroje s minimálním rizikem infestace oomycety – tj. nepoužívat větší povrchové zdroje a recyklovanou zálivkovou vodu, volit spíše podzemní vodu či drobné lesní vodoteče, případně využít filtraci či dezinfekci vody, pokud je to možné (podrobně Černý a kol. 2017). Při porovnání různých typů závlahy byly jako nejméně vhodné zjištěny zálivky postřikem a mikropostřikem. Naopak nejmenší škody byly zjištěny při kapkové závlaze (Utkhede 1999). Voda však při kapkové závlaze nesmí smáčet kmeny a krčky a jejich nejbližší okolí. Plná saturace půdy vodou by nikdy neměla přesáhnout 24 hodin (Ogawa a kol. 2004).
- **Udržování rostlin v optimálním zdravotním a fyziologickém stavu,** optimální používání agrotechnických opatření (aerace, hnojení, zálivka, regulace plevelů, plečkování, kultivace půdy, mulčování, přípravky atd.). Je zapotřebí zamezit poškozování pletiv rostlin, která mohou být místem vstupu infekce, tj. omezit např. podřezávání (volba vhodných podnoží), případně je provádět mimo hlavní období aktivity patogenu. Optimální teploty pro růst mycelia a infekci jsou totiž 20–25 °C (Thomidis 2003), tj. rámcově jaro až počátek podzimu. Podřezávání by mělo být provedeno nejméně tři týdny před nástupem těchto teplot (viz Thomidis 2003). Obecně se vyhybat poškození krčků při údržbě, zejména při mechanizované kultivaci.
- **Šíření oomycetů na ploše probíhá zejména podél řádků** ($P < 0,05$) – napomáhá tomu struktura sadu spolu s technologií prací. Je zapotřebí omezit podřezávání, které napomáhá šíření patogenu a vytváří místa vstupu infekce (volba vhodných podnoží) a eliminovat poškození krčků při údržbě. Šíření patogenu je podporováno obecně pojezdy techniky zejména v letních obdobích po deštích, vznik kolejí a louží, utužování

půdy. Pojezdy by měly probíhat za sucha, zejména pak od fenofáze růžového poupěte do prodlužování výhonů, kdy četnost infekcí kulminuje (viz Sutton a kol. 2014). Šíření v řádcích je možné zpomalit rovněž aerací půdy a podporou diverzity (vhodné vytvořit co nejpěstřejší systém v příkmeném pásu a podpořit mikrobiální společenstvo, které omezuje aktivitu oomycetů; Erwin a Ribeiro 1996 a další), vhodné může být omezení používání herbicidů, které vede k nechtěnému zjednodušení celého systému (vlastní pozorování). Podobně byla pozorována vyšší četnost patogenu v řádcích bez vegetace, ošetřovaných herbicidy než v zatracených řádcích s výskytem plevelů (Harris 1989). Provzdušnění půdy lze provádět mimo hlavní období aktivity patogenu a za sucha. V případě výskytu symptomů je vhodnější toto ošetření v napadené části sadu neprovádět, protože hrozí riziko nejen poškození kořenů a zvýšení počtu míst vstupu infekce, ale i rozšíření patogenu, protože jeho populace je nejsilnější právě v povrchových vrstvách půdy (do cca 3–6 cm; Horner a Wilcox 1996).

- **Pro omezení šíření je vhodné udržovat dostatečnou hygienu,** velmi často jsou oomycety napadány i plody, květy i listy spadající pod stromy (např. Harris 1991, Horner a Wilcox 1996, Lindner 2009). Ty pak mohou sloužit nejen jako rezervoár, ale i napomáhat přežívání patogenu, případně i jeho šíření v povrchové vodě (Carlile 1983). Populace patogenu v půdě s infikovanými listy je průkazně silnější než bez přítomnosti infikovaných listů; v těchto pletivech na povrchu půdy je patogen schopen rovněž přezimovat (Horner a Wilcox 1996). Četnost infekce pak výrazně snižuje mulčování nebo přítomnost travin; holá půda riziko infekce výrazně zvyšuje (AHDB 2020).
- **V případě citlivých stanovišť** případně i obecně je vhodné zvětšit spon nebo používat více vzrůstné formy, protože vzdálenost mezi rostlinami hraje významnou úlohu v šíření patogenů uvnitř sadu. Nejsilnější populace *P. cactorum* jsou v okolí krčků stromů, dále od něj se počty propagulí rychle snižují a na okraji řádku (resp. příkmeného pásu ošetřovaného herbicidy) se blíží nule (Horner a Wilcox 1996). Šíření mezi řádky je možné zpomalit omezením pohybu těžké techniky v citlivých obdobích (viz výše), vybudováním vhodných bariér v podobě hustých travnatých pásů v meziřadí (kvetoucí pásy; případně pěstování rostlin produkujících fungistatické sekundární metabolity – např. některé brukvovité; viz např. Gupta 1999), využíváním zeleného hnojení a obecně podporou diverzity půdní mikroflóry.
- **Pravidelná kontrola symptomů poškození způsobených patogeny r. *Phytophthora*.** Je vhodné proškolení příslušný personál, v případě podezření je pak možné přítomnost oomycetů potvrdit s pomocí specializovaných pracovišť. Často to však nemusí být nutné, jelikož symptomy choroby (zejména poškození krčků) je prakticky nezaměnitelné. Napadení se objevuje obvykle nejprve v nejvíce náchylných místech v sadu. Napadené stromy (s typickou chlorotizací olistění a s nekrotizací krčků) se objevují vesměs ohniskovitě v nejvíce citlivých partiích sadu, ohniska choroby jsou často protáhlá ve směru řádků a v jejich okolí se postupně objevují roztroušeně další symptomatické stromy.
- **Při volbě podnoží a odrůd** pro výsadbu je třeba vzít v úvahu nejen vlastní pěstební cíle a půdní a vodní poměry stanoviště, ale rovněž i citlivost vůči oomycetům, zejména to platí při výsadbě na půdách vhodných pro rozvoj oomycetů. Obecně je vhodné se vyhybat nejvíce citlivým podnožím, jako je série MM (MM 104, MM 106, MM 111); běžně používaná podnoží M.9 patří rovněž k poměrně citlivým podnožím.

2.4.3.2. Kurativní opatření

V případě podezření či potvrzení choroby lze uplatnit opatření omezu- jící dopad a šíření patogenu. Rozhodně lze doporučit, aby opatření byla přijímána co nejdříve, protože v případě zanedbání rozvoje choroby může dojít ke ztrátám přesahujícím až 50–70 % stromů v sadu (tyto případy jsou doloženy z ČR). To znamená nejen zásadní škody na produkci (nemluvě o problémech spojených s dodržением pravidel pro čerpání podpory), ale i další náklady na omezení šíření patogenu a co je nejdůležitější, hrozí možnost dlouhodobého zamoření sadu a provozu.

Možná opatření závisí na rozsahu infekce (dílem i druhu patogenu), celkové perspektivě pěstování sadu, jeho stáří, citlivosti podnoží a odrůd, půdních a vodních poměrech a péči. V některých případech (vyšší stáří sadu, vhodné půdní a vodní poměry, odolné podnože aj.) se vyplatí jen nejnútnejší opatření (odstranění napadených stromů), v jiných naopak mohou být opatření výraznější spojená s omezením šíření a dopadu pato- genu a s případnou dílčí obnovou sadu.

Kurativních opatření je relativně málo a jejich účinnost není dostateč- ná, což je pro choroby způsobené oomycety typické. Vždy je třeba využívat celé škály opatření včetně efektivního sledování výskytu symptomů a přijí- mání vhodných preventivních opatření.

- **Lokalizace napadení a zjištění rozsahu poškození.** Identifikace ohnisek napadení s odumřelými či odumírajícími stromy, určení okrajů ohnisek a méně napadených stromů v sadu (typické např. mírnou chlorotizací). Případně označení rozsahu poškození.
- **Odumřelé a výrazně napadené stromy** (mají zhoršenou plodnost, či plody nedozrají nebo jsou malé) je nutné odstranit. Zejména je nutné se zaměřit na plochy podporující rozvoj patogenů (vlhčí místa, terénní deprese, dolní části svahů apod.) a jejich okolí. V závislosti na situaci, je možno preventivně odstranit i jednotlivé stromy s mírnými symptomy. Kácení je nutné provést v době vegetačního klidu, nejlépe za mrazu nebo na sněhu (k šíření může spíše dojít při manipulaci s větší techni- kou). Odstraněné stromy je nutno zlikvidovat (kontaminované báze je vhodné spálit) mimo pěstební plochy na izolovaném místě (hrozí kontami- nace splachy apod.).
- **Plochy po odstraněných stromech i ponechané napadené stromy** před- stavují zdroj infekce pro okolí a budou komplikovat péči o sad. Stromy asymptomatické rostoucí v okolí ohnisek i jednotlivých napadených stromů je vhodné rovněž považovat za potenciálně napadené a možné zdroje infekce a je tedy popřípadě možné je ošetřit přípravkem (viz níže). Na kontaminovaných plochách je možné provést vhodná opatření (or- ganické hnojení, aerace).
- **Plochy po odstraněných stromech nedosazovat.** Patogeny ve volné půdě přežívají 2–3 roky ve formě oospor, po tuto dobu je dosazování vel- mi rizikové, protože dosazené rostliny jsou obvykle po nějaké době zno- vu napadeny, chřadnou a obvykle po několika letech hynou (tzv. „apple replant disease“). Mimoto patogeny mohou přežívat na jiných hostitelích, což je příčinou toho, že *P. cactorum* může být na ploše detekována i řadu let po odstranění jabloní (např. Sewell a kol. 1974). Dosazování by bylo možné zvážit v případě, že se v lokalitě jedná jen o roztroušený vý- skyt choroby, na místě byla provedena vhodná agrotechnická opatření a okolní stromy (v řádku a výše na svahu) po jednu až dvě sezóny nejeví známky napadení (+ byly ošetřeny vhodným přípravkem). V případě do- sazování je nutné používat co nejlépe odolné podnože, štěpované pokud možno výše nebo s mezikmenem. Dosazování je zapotřebí provádět co nejdále od míst původních stromů. V případě velmi citlivých odrůd je dosazování spíše nevhodné.
- **Omezení šíření a rozvoje patogenu**
 - Práce v podniku musí být plánovány tak, aby se technika pohybovala nejprve ve zdravých sadech a i nenapadených částech sadů kontami- novaných, rizikové či napadené sady či jejich části musí být ošetřeny

jako poslední. Po provedených pracích by měla být technika omyta na bezpečném místě. Může být využito dezinfekčních přípravků, po- kud je to možné.

- **Ve více kontaminovaných sadech, plochách (řádcích) je potřebné omezení pohybu techniky** na nezbytně nutné minimum, které by mělo být soustředěno do méně rizikových období z hlediska šíření pa- togeny (suché periody). Vyločit pohyb techniky v období, kdy je půda saturována vodou a nejlépe i několik dnů po saturaci.
- **V napadených částech sadů se nesmí provádět žádné citlivé operace,** které podporují šíření a rozvoj patogenu, případně poškození či zvý- šenou citlivost stromů (např. vyločit podřezávání, závlahu, omezit případně nadměrné hnojení).
- **Omezení či vyloučení nevhodných typů závlahy** (zejména postřikova- čem; Utkhede 1999), omezení závlivky v těsné blízkosti krčků.
- Pokud to lze, je možné provést zlepšení půdy (provzdušnění povrchové vrstvy), lze je ale provádět jen mimo hlavní období aktivity patogenu a za sucha a nesmí dojít k jeho rozšíření. Je vhodné preventivně omezit použití herbicidů, provést organické hnojení (nepřehnojit stromy v oko- lí napadených ploch!). Vhodné je zelené hnojení, mulčování, zlepšení travního porostu v meziřadí apod. Je zřejmé, že se jedná o opatření, kte- rá není možné z dalších provozních důvodů všechna plnit, ale vždy by měla být tendence maximum či alespoň některá z nich uplatňovat.
- **Odstraňování spadaneho ovoce** (případně dalších částí rostlin), které bývá často kolonizováno a slouží jako rezervoár patogenu. Je možné je uplatňovat zejména v ohniscích a v jejich okolí.
- **Chemická ochrana**
 - **V současnosti se chemická kontrola v sadech proti oomycetům větši- nou neprovádí,** nadto rozvoj oomycetů nebyl donedávna vnímán jako zásadní problém. Drtivá většina přípravků registrovaných do sadů je pro omezení oomycetů nevhodná (viz níže). Na základě vlastních testů i řady literárních zdrojů lze jednoznačně doporučit využití pří- pravků **Aliette 80 WG**, v současnosti je jediným vhodným přípravkem s prokázaným kurativním účinkem. Fosfonáty lze aplikovat postři- kem při rašení listů a opakovat po 60 dnech, případně závlivkou (např. Sutton a kol. 2014). V ČR lze v sadech použít přípravek 2–3× ročně v dávkování 2–3 kg/ha v intervalu 7–12 dnů (Anonymus 2020b). Tato pravidla jsou obvykle dostatečná pro omezení počínající infekce v sa- dech, kde je možné tento přípravek použít. Spektrum použitelných přípravků v sadech v ČR je ovšem nutné rozšířit o další přípravky – např. s obsahem metalaxylu. V případě jejich registrace by mohly být používány preventivně či v případě počínající infekce formou závlivky. Oba přípravky by bylo možné použít např. na méně vhodných půdách či v létech s výraznými srážkami v období maximální aktivity patoge- nů. V případě *P. cactorum* se bohužel jedná o poměrně dlouhé období od pozdního jara do léta (Jeffers a Aldwinckle 1986).
 - Bylo potvrzeno, že **fumigace** (přípravek Bazamid s účinnou látkou dazometem) prakticky na nulu redukuje množství inokula oomycetů v půdě, což bylo potvrzeno i v ČR v testu půd spontánně osídlených *P. plurivora* a dalšími druhy ($P < 0,05$; Černý a kol. 2020). Nedoporuču- je se ale vzhledem k zásadnímu environmentálnímu impaktu (např. Sutton a kol. 2014), navíc není možné použít ji v integrované produkci. V sadech ji nelze prakticky doporučit, snad s výjimkou potenciální lik- vidace karanténního organismu. Obecně je k fumigaci vždy vhodnější alternativou integrovaný přístup (použití přípravků na ochranu rostlin spolu s dalšími opatřeními, případně vyloučení plochy z pěstování).
- **Dlouhodobá kontrola výskytu choroby v sadu.** Stav vývoje choroby v sadu je zapotřebí dlouhodobě sledovat a případně přijímat další lokál- ní, případně plošná opatření, samozřejmě po zhodnocení jejich ekono- mického efektu.
- **Likvidace sadu.** K plošnému a rychlému napadení sadů oomycety do- chází prozatím poměrně zřídka, přesto několik těchto případů bylo v ČR

zdokumentováno. Prakticky vždy se jednalo o výsadbu sadů v nevhodných podmínkách (např. na pseudoglejích; zde se ovšem jednalo o chybu ve výběru plochy pro sad). V některých případech bylo rovněž zjištěno silné zanedbání rozvoje choroby. V takovýchto případech by jako kurativní opatření připadalo v úvahu pouze opakované plošné ošetření přípravky na ochranu rostlin, které je rovněž teoreticky možné (Aliette

80 WG), zrušení závlahy a převedení sadu do integrované či konvenční produkce. Přesto lze v těchto případech i při provedení radikálních opatření očekávat výrazné snížené výnosy, opakovaný vznik lokálních ohnisek a možnou předčasnou likvidaci sadu. Významně zamóřené plochy je pak nutné na delší dobu vyloučit z pěstování ovoce a dalších citlivých plodin a převést je např. na travní kultury.

2.4.4. Podnože

- Při výrobě (a výsadbě) se zaměřit pokud možno nejen na podnože odpovídající daným pěstitelským cílům, ale i plánovaným půdním podmínkám (sucho, asfyxie, aj.), které souvisejí s aktivitou půdních oomycetů a samozřejmě dalším požadavkům, ale i **s co nejvyšší mírou odolnosti vůči patogenům z r. *Phytophthora***. Pokusů hodnotících citlivost jednotlivých podnoží vůči patogenům r. *Phytophthora* byla provedena celá řada, nicméně často se jednalo o studie, kdy bylo hodnoceno jen několik podnoží, nebo výsledky byly nejednoznačné či dokonce protichůdné. Často se také používané testovací metody lišily, stejně jako fyziologický stav testovaného materiálu i druhy a kmeny patogenů. Často je potvrzovaná selektivní rezistence či virulence a výrazný vliv testovacích podmínek (za všechny např. Browne a Mircetich 1993, Browne 2017, Elena a Tsipouridis 2020, výsledky ČR). Obecně, zdá se platit, že za variabilitu ve výsledcích testů je zodpovědná podnož, izolát i jejich interakce (Carisse a Khanizadeh 2006). Citlivost různých podnoží se mění i v čase (Wertheim 1998). Některé podnože jsou citlivé v některých oblastech světa, jinde naopak rezistentní (Utkhede 1986) – někdy to odpovídá širším geografickým areálům (a tedy zjevně přítomným kmenům patogenů), jindy to tak zjevně není – např. M.7 byla zjištěna jako citlivá v Britské Kolumbii, Jižní Karolíně a Polsku, ale nikoliv v Michiganu, podobně Harris (1990) a jiní. Je tedy nejen velmi obtížné shrnout a zřehlednit dostupné údaje tak, aby poskytly požadovanou informaci, ale zaručit i její přenositelnost do našich podmínek.
- Obecně platí, že **podnože peckovin jsou častěji odolnější, než podnože jádrovin**, což bylo potvrzeno i pro ČR – méně u nás byly napadány podnože meruněk, broskvoní a slivoní. (Naplatí to samozřejmě absolutně – některé podnože peckovin jsou naopak citlivější než některé podnože jádrovin). Co se týče jádrovin, **hrušňové podnože bývají obvykle odolnější než jablonožové** (Sutton a kol. 2014), což bylo opět potvrzeno i pro ČR. Hrušně jsou z tohoto důvodu častěji sázeny na vlhčí místa, mohou být tak ovšem častěji napadeny (Sutton a kol. 2014). Na základě výsledků z ČR se ukazuje, že relativně více jsou poškozovány mladé stromy, zákrsky a obecně nižší tvary. Lze předpokládat, že v sadech s menším sponem se bude patogen i snadněji šířit.
- Z literatury i vlastních sledování pro **podnože jabloní** vyplývá, že za odolnější (nikoliv však plně rezistentní) lze považovat např. podnože B.9, B.118 a většinu podnoží série G (např. G 41, G 65 aj.). Běžné podnože série M jsou většinou poměrně citlivé (M.9, M.26), některé jsou však obvykle odolnější (M.4, M.44), naopak za velmi citlivé lze považovat podnože série MM (např. MM 104, MM 106, MM 111). U většiny podnoží však byla

zjištěna značná variabilita (např. v některých případech i vysoká odolnost MM 106), což ukazuje na velký význam interakce hostitel-patogen a podnož-odrůda, proto je třeba k tomuto problému přistupovat individuálně a na základě lokálních zkušeností. Obecně však lze říci, že většina dostupného materiálu je velmi citlivá a jen malá část je vysoce odolná – např. z 516 položek uchovaných v USDA World Apple Germplasm Collection byla rezistence zjištěna u 82 odrůd a pouze u 16 z nich byla potvrzena vysoká rezistence (Wertheim 1998). Na základě širšího souboru literatury a výsledků vlastního testování byla zhodnocena citlivost resp. odolnost podnoží vůči patogenům r. *Phytophthora*, výsledek je uveden v tabulce 1. Tabulka slouží spíše pro orientační odhad citlivosti/odolnosti podnoží a výsledky v konkrétní praxi se mohou i výrazněji lišit.

- **U peckovin** lze za odolnější pokládat podnože myrobalán, Mariana 2624, série Krymsk a jiné, naopak za obecně citlivé lze označit mahalebku a meruňkový a švestkový semenáč. U většiny podnoží jsou výsledky proměnlivé, případně lze označit jako středně citlivé – např. ptáčnici, Myrandier, Nemaguard, Weigi, St. Julien, GiSela 6 či WaVit (tab. 1).
- **Štěpovaná odrůda.** Důležitá je i odolnost štěpovaných odrůd (roubů) vůči patogenům, protože pokud se infekce dostane z podnože na roub, může, pokud je roub dostatečně citlivý, rychle obkroužit celý kmen a způsobit odumření celé nadzemní části. Opět obecně, nikoliv však absolutně, platí, že peckoviny jsou odolnější než jádroviny (opět platí i pro ČR) a samozřejmě i zde existují výjimky. Obecně mezi citlivé odrůdy lze zařadit např. Coxovu renetu, Grimesovo zlatožluté, Golden Delicious, Star Crimson (Boughalleb a kol. 2006, Sutton a kol. 2014), případně další. Výsledky z ČR ukazují, že citlivější jsou rovněž odrůdy Topaz, Idared, Red Jonaprince a pravděpodobně Melodie. V případě Golden Delicious bylo v ČR zjištěno napadení poněkud menší a výsledky ne zcela souhlasí s pracemi Boughalleba a kol. (2006) a Suttona a kol. (2014), nadto je v tuzemské praxi využívána jako mezikmen a sledována jako poměrně odolnější než některé jiné odrůdy. Relativně nižší napadení bylo v ČR zjištěno u odrůd Šampion, James Grieve, Bohemia a Rubinola, nižší citlivost je udávána i u Red Delicious a Richared (Boughalleb a kol. 2006). Rovněž je známo, že roub ovlivňuje citlivost podnože – např. Gloster a Idared zvyšovaly citlivost podnoží P 1 a MM 106 oproti odrůdám Melrose a Jonagold, ale jednoznačný trend, kdy by např. konkrétní roub jednoznačně snižoval napadení všech sledovaných podnoží, odhalen nebyl (Bielenin 1995). Lze tedy předpokládat, že i v případě sadů v ČR může docházet k ovlivnění úrovně citlivosti či rezistence, doloženo to však zatím nebylo.

Tab. 1. Odolnost jabloňových podnoží vůči *Phytophthora* spp.
 Tab. 1. The resistance of apple rootstock toward *Phytophthora* spp.

zdroj	Bielenin 1995	AHDB (DEFRA)	Lindner 2009	vlastní zjištění			Nečas a kol. 2019	Vachůn 1999	Biggs a kol. 2019
lokalita	PL	UK	AT	CZ			CZ	CZ	USA
metoda	sady hodnocení	rešerše	sady hodnocení	<i>in vitro</i>		sady hodnocení			rešerše
druh patogenu	<i>P. cactorum</i>	<i>P. cactorum</i> , <i>P. syringae</i>	<i>P. cactorum</i>	<i>P. plurivora</i>	<i>P. cactorum</i>	<i>P. spp.</i> (<i>P. cactorum</i>)	<i>P. spp.</i>	<i>P. spp.</i>	<i>P. spp.</i>
velmi citlivá	MM 106, P 1	M.26, MM 104, MM 106	M.26, MM 104, MM 106	x	G 11, MM 106, MM 111, Pyrus communis semenáč	MM 106, Malus domestica semenáč	MM 106	MM 106	M.26, MM 104, MM 106,,
citlivá		M.9, MM 111							
středně citlivá/ odolná	M.26 (variabilní)	MAC 9	x	P 14	M.26	Fox 11	G 30	M.9, M.26	G 11, G 16, M.2, M.4, M.9, M.27, MAC 9
mírně odolná	P 22	B.9, G 11, G 16, G 30, G 65, G 210, J9, JM 1, 2, 5, 7 a 8, M.4, M.7, MI 793, O.3, P 2, P 16, P 22							
odolná		M.116 (AR86-1-25)							

Do tabulky bylo soustředěno velké množství dat získaných různými cestami, v různých oblastech a interpretovaných odlišnými způsoby na různých škálách. Proto bylo na jednu stranu nutné do jisté míry publikované údaje zjednodušit a převést do jedné škály a na druhou stranu ponechat všechny klíčové informace popisující okolnosti sběru dat, které jsou důležité pro vytváření závěrů. V záhlaví jsou uvedeny literární zdroje, dále oblast (stát) výzkumu, hodnotící metoda (rešerše, hodnocení v sadech, pokusy in planta, pokusy in vitro). V řádcích je hodnocena citlivost/odolnost v pěti stupních. Pokud dotyčná práce používala škálu jednodušší (dvou-, tří- nebo čtyřstupňovou, je to adekvátním způsobem znázorněno). Při hodnocení publikovaných dat je v první řadě potřeba brát v úvahu způsob získání výsledku (např. polní sledování nebo laboratorní pokus in vitro), oblast, kde byl vytvořen a druh patogenu. Při hodnocení citlivosti/odolnosti jednotlivých podnoží je třeba spíše vnímat celkové trendy, protože řada výsledků není zcela souměřitelných a některé výsledky jsou i protichůdné. Je třeba vzít na vědomí, že žádná podnož není zcela rezistentní a nemůže sama o sobě zajistit bezproblémové pěstování a minimalizaci škod

Browne, Mircetich 1993			DuPont a kol. 2019	Ellis 2008	Sutton a kol. 2014	Wertheim 1998	Carisse a Khanizadeh 2006	Utkhede 1986	Utkhede a Quamme 1988
USA			USA	USA	USA	USA	CA	CA	CA
<i>in planta</i>			převzato z Robinson a kol. 2006), nejasné	rešerše	rešerše	rešerše (šlechtění, hodnocení sadů)	<i>in vitro</i>	<i>in vitro</i>	<i>in vitro</i>
<i>P. cactorum</i>	<i>P. cambivora</i>	<i>P. cryptogeta</i>	<i>P. spp.</i>	<i>P. spp.</i>	<i>P. spp.</i>	<i>P. cactorum</i>	<i>P. cactorum</i>	<i>P. cactorum</i>	<i>P. cactorum</i>
Ant 313, MM 106, Malus domestica semenáč	Ant 313, B.418, M.4, M.9, M.26, MM 106, Malus domestica semenáč	x	MM 104, MM 106	MM 104	série MM, SJM, SJP84	A 2, B.57.490, MM 104, MM 106, MM 111	SJM15, SJP84-5162	MM 104, MM 106 (variabilní)“	B.54-118, B.57-233, M.25, M.27, Robusta 5
						M.2, M.25, M.26, M.27	MM 106, MM 111, SJM127, SJM188, SJP84-5217, SJP84-5218		B.9, M.7, MM 106, MM 111, Morden 56-3, Morden 56-4, T.I-48-41
B.419, M.4, M.7, M.26, P 18	B.9, M.7, P 18	Ant 313, M.4, MM 111, P 18	M.9, M.26	M.26, MM 106	M.26, MM 111 (variabilní)	M.4	M.26, SJM150, SJP84- 5231	M.27, O.11	Az, Ant., B.57.490, P 18, TV-5-38
									B.9, G 11
B.9, B.118, M.9, MAC 9	MAC 9	B.9, B.118, B.419, M.7, M.26, MAC 9, MM 106, Malus domestica semenáč	G 16, G 41, G 202, G 935	M.2, M.4, M.9, O.3, Malus domestica semenáč	B.9, M.9, M.27, G 11, G 16, G 30, G 41, G 65, G 202, G 935	G 11, G 16, G 30, G 65, G 210, JM 1, 2, 5, 7 a 9, M.7 (variabilní), M.9, MAC 9, Marubakaido	SJM189	M.4, M.9, M.26	J9, P 16

The table concentrates a large amount of data obtained through different paths, in different regions, and interpreted in different ways on different scales. Therefore, on the one hand, it was necessary to simplify and convert the published data to one scale at least to some extent and, on the other hand, to keep all the key information from cited investigations important for the draw of conclusions. The heading lists literary sources, country of origin, evaluation method (research, evaluation in orchards, in planta or in vitro experiments). Susceptibility/resistance in five degrees is evaluated in rows. If the cited work used a simpler scale (two-, three- or four-stage) this is adequately illustrated. When evaluating data published in the table, it is first necessary to take into account the method of their obtaining (e.g. field monitoring or laboratory in vitro experiment), the area of origin and pathogen species. When assessing the susceptibility/resistance of rootstocks, it is rather necessary to perceive the overall trends, since many results are not completely commensurable and some results are also contradictory. It should be noted that no rootstock is completely resistant and cannot in itself ensure trouble-free cultivation and minimisation of losses

2.4.5. Přípravky na ochranu rostlin

Použitelné spektrum fungicidů závisí na typu provozu (školka, sad) a produkce (konvenční, integrovaná, ekologická). Z rozsáhlých *in vitro* testů fungicidů registrovaných pro použití v ovocnářských provozech a ve školkách a dále vybraných přípravků s účinností proti oomycetům vyplývá, že nejúčinnější se ukázal jednoznačně přípravek Ridomil Gold MZ Pepite (tab. 2, tab. 3) s hodnotou relativní inhibice přes 99 % a nejnižšími hodnotami efektivních koncentrací EC₅₀, EC₉₀ a minimální inhibiční koncentrace MIC. Následovalely přípravky Acrobat MZ WG, Proplant a Criterium s hodnotou relativní inhibice přes 80 %. Nejúčinnější přípravky povolené v ovocnářství k r. 2020 byly Previcur Energy, Dithane DG Neotec, Delan 700 WDG s hodnotami relativní inhibice mezi 60 a 80 %. Nejnižší účinnost měly fungicidy Moon Privilege a Topsin). Většinu registrovaných přípravků nelze v praxi k omezení oomycetů doporučit, jelikož mají nízkou účinnost či nevhodný typ účinku.

2.4.5.1. Školkařství

Situace ve školkařství je poněkud příznivější, spektrum registrovaných přípravků je zde širší a v případě potřeby je nutno je plně a v maximální šíři využívat vzhledem k potenciálním vysokým rizikům (i jen malé procento kontaminovaných sazenic může být příčinou dlouhodobé kontaminace sadu a okolního prostředí). Vhodné fungicidní přípravky se specifickým účinkem proti oomycetům lze používat od nástupu vegetace v cca dvou- až třítydenních intervalech do konce léta. Jako základní přípravek je vhodné používat Ridomil a doplňovat jeho použití o přípravky další, zejména pří-

pravky s obsahem fosfonátů (Aliette 80 WG aj.), dimetomorphu (Acrobat), či dalších (např. přípravky s účinnou látkou mancozeb v testech rovněž jevíly dílčí účinnost (obr. 4) a průkazně snižovaly rozsah poškození v polním pokusu) pro zabránění vzniku rezistence. Na náchylných plochách a před očekávanými dešťovými periodami je možné využít ošetření i mimo plánovaný rozvrh vhodným přípravkem. Samozřejmostí by mělo být máčení kořenových systémů sazenic při každé manipulaci s nimi, tj. před výsadbou ve školce, před zakládáním či expedicí (Ridomil, Aliette 80 WG).

Tab. 2. Účinnost fungicidů *in vitro*. EC₅₀: koncentrace přípravku (účinné látky) pro snížení růstu mycelia o 50 % (adekvátně EC₉₀), MIC: minimální inhibiční koncentrace (nejnižší koncentrace, která inhibuje růst mycelia patogenu)

Tab. 2. *In vitro* efficacy of fungicides. EC₅₀: product concentration (or active substance) to reduce mycelial growth by 50% (adequately EC₉₀), MIC: minimum inhibitory concentration (lowest concentration that inhibits the growth of mycelium)

Fungicid	<i>P. plurivora</i> 789			<i>P. cactorum</i> 795			<i>P. cambivora</i> 815		
	EC ₅₀	EC ₉₀	MIC	EC ₅₀	EC ₉₀	MIC	EC ₅₀	EC ₉₀	MIC
Acrobat	3.45E-05	0.000345	0.000614	3.45E-05	0.000341	0.000604	1.47E-05	0.0002	0.000384
Antre	0.051488	1	1	0.000457	0.504152	1	7.21E-05	0.194132	1
Criterium	0.000216	0.010217	0.026799	6.62E-05	0.002229	0.00537	2.20E-05	0.001868	0.005672
Delan	0.002601	0.231218	0.709953	0.001477	1	1	3.53E-05	1	1
Dimetomorph	0.000146	0.003524	0.007807	2.11E-05	0.001906	0.005872	2.69E-05	0.001238	0.003225
Dithane	0.004975	0.112367	0.244967	0.001421	0.025071	0.051381	0.001782	0.026965	0.053184
Folpan	0.02213	0.15391	0.249943	0.012364	0.083899	0.135411	0.017309	0.199802	0.368283
Fosfit	0.003554	0.074893	0.160458	0.0043	0.109733	0.246638	0.004489	0.150262	0.361419
Kuprikol	0.011492	0.065228	0.100681	0.01333	0.079048	0.123353	0.015069	0.072642	0.107637
Metaxyl	0.000267	0.019366	0.056497	1.28E-05	0.003378	0.013622	2.57E-06	0.002273	0.012394
Previcur	0.275078	1	1	0.000832	1	1	3.40E-05	1	1
Proplant	0.002206	1	1	4.12E-06	1	1	1.34E-11	0.072617	1
Ridomil	4.87E-06	8.66E-05	0.000178	1.68E-06	3.89E-05	8.53E-05	3.65E-07	1.23E-05	2.96E-05

2.4.5.2. Sady

Drtivá většina přípravků registrovaných do sadů v ČR je pro omezení oomycetů zcela nevhodná. V sadech je z dostatečně účinných přípravků registrován pouze přípravek Aliette 80 WG (nadto proti spále růžovitých), jehož registrace končí v r. 2021. V EU je pro použití pro ovocné dřeviny schválen větší počet účinných přípravků ať už na bázi draselných fosfonátů nebo jiných látek (např. metalaxyl aj.). Vzhledem k současné situaci by bylo vhodné, kdyby byla registrace přípravku Aliette 80 WG prodloužena a použití jasně určeno proti oomycetům, nebo aby byly do sadů registrovány přípravky jiné s obsahem fosfonátů, jejichž škodlivost je v porovnání s jinými přípravky malá a jejich účinek dlouhodobý – např. velmi účinný Phosphite (případně Soriale či LBG-01F34, které jsou v ČR již registrovány) anebo látky další (metalaxyl). I když obecně se fosfonáty používají jako postřik, velmi žádoucí by bylo doplnění jejich aplikace formou injektáže. Byla by vhodnější registrace přípravků dalších, jejichž příjem rostlinami je oproti Aliette 80 WG podstatně rychlejší (např. Phosphite). V případě

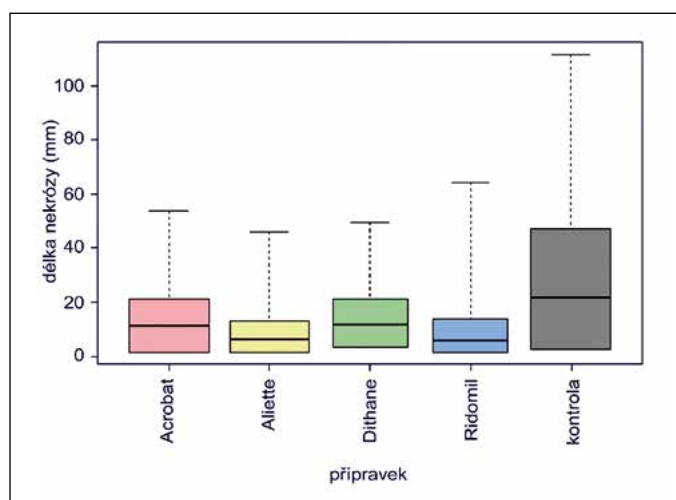
registrace metalaxylu, který je v sadech ve světě doporučován a používán (viz např. Ogawa a kol. 2004), je vhodná aplikace závlivkou k bázím kmenů a do kořenových zón. Aliette 80 WG lze preventivně použít např. na méně vhodných půdách či v létech s výraznými srážkami. Ošetření přípravky by mělo být omezeno např. na nejvíce citlivé pasáže sadů či v okolí rozvíjejících se ohnisek choroby apod.

V provozních podmínkách v sadech se v případě výrazně pokročilé choroby (četná ohniska s mrtvými stromy, napadené dosud přežívající stromy s pokročilou chlorotizací, sníženou plodností a napadením krčku výrazněji nad 50 %) nepodařilo v ČR ověřit významný a smysluplný dlouhodobější účinek ani jednoho z přípravků. Takto zásadní poškození je nutno v první řadě řešit jiným způsobem, použití fungicidů zde může být pouze doplňkové a poslouží v další fázi ke stabilizaci stavu zbylých stromů s menším poškozením a zejména k zamezení šíření patogenu do okolí ohniska. I v tomto případě pak lze doporučit opakované ošetření alespoň části stromů.

Tab. 3. Průměrná inhibice růstu mycelia izolátů *P. plurivora* 789, *P. cactorum* 795 a *P. cambivora* 815 vybranými přípravky na ochranu rostlin a fungicidy při doporučených koncentracích

Tab. 3. Mean inhibition of mycelial growth of isolates *P. plurivora* 789, *P. cactorum* 795 and *P. cambivora* 815 by selected plant protection products and fungicides at recommended concentrations

Přípravek /fungicid	relativní inhibice (%)	homogenní skupiny (P<0,05)
Topsin M500 SC	17,3	I
Moon Privilege	18,5	I
Phosphite	33,9	I
Kuprikol 50	52,7	I I
Folpan 80 WG	55,8	I
Delan 700WDG	66,7	I
Dithane DG Neotec	73,4	I
Previcur Energy	76,4	I
Antre 70 WG	77,8	I
Criterion	82,3	I
Dimetomorph	83,9	I
Metalaxyl	84,3	I
Acrobat MZ WG	87,1	I
Proplant	91,6	I
Ridomil Gold MZ Pepite	99,4	I



Obr. 4. Délka nekrózy způsobené kmenem *P. cactorum* (kmen 824) v záhonovém pokusu na podnožích M.9 a MM 106 provedeném v červnu až září 2019 (zobrazen průměr, směrodatná odchylka a rozsah neodlehých hodnot)
Fig. 4. Length of necrosis caused by *P. cactorum* (strain 824) in a bed experiment on M.9 and MM 106 rootstocks carried out in June-September 2019 (average, standard deviation and range of non-outlying values are shown)

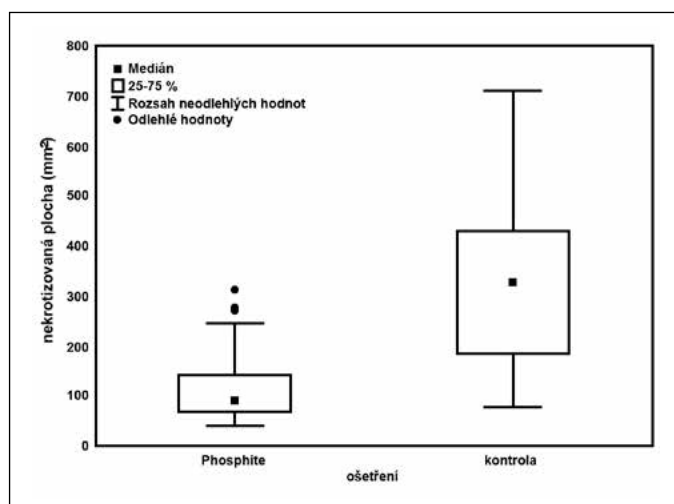
2.4.5.3. Fosfonáty a injektáž

Speciální pozornost si zaslouží přípravky obsahující fosfonáty – Aliette 80 WG a další (Phosphite, Soriale, LBG-01F34 aj.) pro jejich malou škodlivost a značný efekt. Tyto přípravky lze na základě vlastních testů i řady literárních zdrojů (např. souhrnně Ogawa a kol. 2004, Sutton a kol. 2014) označit jako velmi účinné. Jejich aplikace injektáží či vůbec použití některých z nich v sadech však musí být teprve schváleno.

Při testech přípravků Aliette 80 WG a Phosphite® formou injektáže do báze kmene (Aliette: injektáž 1×20 ml, 4 g ú. l./strom; Phosphite (ředění 1:5,5), injektáž 1× případně 2×20 ml v závislosti na tloušťce kmene, 1–2 ml účinné látky na strom) v testech s umělou inokulací hostitele (Jonagold+M.9, James-Grieve+M.9, Topaz+M.9) patogenem se potvrdila jejich účinnost v omezení rozvoje nekrotických způsobených *P. cactorum* ($P < 0,001$; obr. 5, 6). Velká část ošetřených stromů poškození izolovala kalusem. Přijímání přípravku Phosphite stromy probíhalo v řádu minut, v případě Aliette byl příjem pomalejší a v některých případech trval přes hodinu, což je zjevně dáno rozdílnou formulací přípravku (SL vs. WG). Pozitivní efekt byl potvrzen i v provozním testu přípravku Phosphite na spontánně napadených stromech druhem *P. cactorum*, kdy byla provedena aplikace postřikem (Phosphite: 6,6 ml/l; Idared+MM 106) a injektáží (viz níže). Ochranný efekt na stromech s rozsahem nekrotiky na krčku do cca 50 % a s pouze mírnými projevy chlorotizace byl dlouhodobý (v případě aplikace Phosphite injektáží po dvou letech od jediné aplikace byl účinek stále průkazný; $P < 0,05$) a zdravotní stav napadených stromů se podařilo stabilizovat či dokonce zlepšit. Na více poškozených stromech (poškození krčku nad 50 %) přípravek rovněž účinkoval, došlo zde ovšem obvykle jen ke zpomalení postupu onemocnění v porovnání s kontrolou. Ošetřování více napadených stromů



Obr. 6. Použití přípravku Phosphite výrazně omezuje vývoj patogenu v pletivech hostitele (polní pokus viz obr. 5)
Fig. 6. The use of Phosphite significantly reduces the pathogen development in the host tissues (see Fig. 5 for a field trial)



Obr. 5. Výsledky testu použití přípravku Phosphite (polní pokus proběhl od července 2018 do ledna 2019, inokulován byl kmen *P. plurivora* 946 na odrůdě James Grieve s podnoží M.9)

Fig. 5. Results of Phosphite efficacy experiment (field trial carried out with *P. plurivora* strain 946 on the James Grieve grafted on M.9 rootstock from July 2018 to January 2019)

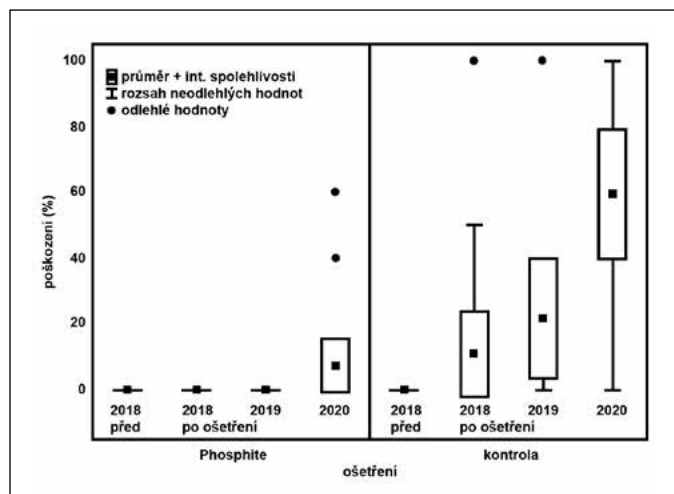
nedává tedy z hlediska ochrany stromů valný smysl; lze však předpokládat, že tyto stromy představovaly pro své okolí nižší riziko jako zdroje infekce. Tyto stromy však obvykle z hlediska produkce nemají perspektivu a mohou být ze sadu odstraněny.



V dalším testu (Topaz+M.9, Phosphite, injektáž, koncentrace viz výše), kdy byly preventivně ošetřeny stromy zdravé rostoucí však v sousedství stromů spontánně napadených s typickými projevy choroby (poškození krčku, chlorotizace). V tomto pokusu bylo přípravkem Phosphite ošetřeno 23 stromů v létě 2018, hodnocení napadení pak probíhalo vždy na podzim v letech 2018–2020. Identický počet zdravých stromů rostoucích v sousedství napadených byl ošetřen sterilní vodou. Z výsledků jednoznačně vyplývá, že se podařilo zastavit postup choroby z okraje ohniska dále do sadu (po více než dvou letech byly v ošetřené variantě napadeny pouze 4 stromy, v kontrolní pak stromů 15; byl tak potvrzen velmi dobrý preventivní ochranný účinek s účinností ošetření více než 80 % (obr. 7).

V případě potřeby (v závislosti na stabilizaci nebo pokračování šíření choroby) je ošetření možné aplikovat lokálně v několika letech po sobě. V testech se potvrdilo, že oproti postřiku je účinnější metoda injektáže. Nevýhodou metody je cena práce (jeden pracovník za směnu ošetří cca 100–250 stromů), naopak výhodou je cílená aplikace na vybrané stromy bez jakéhokoliv ovlivnění okolí. Pro daný účel je tak metodou nevhodnější a v případě schválení ÚKZÚZ by představovala optimální metodu ošetření v provozech, kde není plošné používání přípravků na ochranu rostlin možné či žádoucí.

Problémem svázaným s použitím fosfonátů mohou být koncentrace reziduí iontů kyseliny fosforité v ovoci. V rámci sledování bylo zjištěno, že cca dva měsíce po ošetření přípravkem Phosphite injektáží byla v ovoci koncentrace 40 mg/kg a v další sklizni 22 mg/kg, ve třetím roce pak 0,5 mg/kg. Ve variantě ošetřené postřikem byla zjištěna první rok koncentrace 96 mg/kg, druhým rokem 9,4 mg/kg a ve třetím 0,2 mg/kg. Povolena



Obr. 7. Dlouhodobý vliv ošetření přípravkem Phosphite na rozvoj a rozsah poškození krčku jabloně patogenem *P. cactorum*

Fig. 7. Long-term effect of Phosphite treatment on *P. cactorum* development and extent of damage on the apple tree collar

koncentrace v jádrovinách v integrované produkci je 150 mg/kg, tudíž lze předpokládat, že ošetření přípravky obsahující fosfonáty bude v rámci integrované produkce bezproblémové. Ošetřené stromy ovšem musí být vyloučeny z ekologické produkce a použití plodů do dětské výživy. Vyloučení může trvat cca 3–4 roky.

2.5. Souhrn

Invasní druhy z rodu *Phytophthora* patří k nejvýznamnějším patogenům rostlin a každoročně jsou příčinou mnohamiliardových ztrát v zemědělské produkci. Významné škody způsobují rovněž v ovocnářství, kde byla přítomnost těchto patogenů a značné škody jimi způsobené, identifikovány ve všech významných ovocnářských oblastech světa včetně Evropy. V Evropě se významné škody začaly objevovat od 50. let minulého století, v ČR ovšem pozorovány po dlouhou dobu nebyly. Poslední dobou, zejména pak po r. 2000 byla ovšem na mnoha místech státu zjišťována významná poškození sadů, která byla charakteristická přítomností symptomů typických pro napadení oomycety. Cílem projektu TH02030521 „Identifikace a rozšíření patogenů rodu *Phytophthora* v ovocných výsadbách a vývoj metody integrované ochrany“ se pak stalo ověřit výskyt těchto organismů v sadech a potvrdit je jako příčinu rozvíjejících se chorob, ověřit symptomatologii chorob a na základě vlastních hodnocení, experimentů a rešerše literatury vytvořit metodiku integrované ochrany ovocných dřevin před oomycety.

Na základě plošných odběrů po celém území ČR se podařilo potvrdit, že hlavní příčinou těchto poškození jsou skutečně oomycety; ze sadů ČR se jich podařilo izolovat celkem 30 druhů, z nichž celá řada patří mezi nepůvodní invazní organismy způsobující závažná poškození dřevin. Mezi nimi pak dominoval druh *Phytophthora cactorum* (plíseň kaktusová), který je obecně rozšířen a znám jako významný patogen ovocných dřevin. Dále byla identifikována celá řada dalších nebezpečných oomycetů (např. *P. plurivora*, *P. cambivora*, *P. chlamydospora* × *amnicola*) a houbových patogenů. Pro druhy r. *Phytophthora* je typické zavlékání spolu se školkařským materiálem a spontánní šíření závlahovou vodou, v rámci jednotlivých lokalit se pak šíří drenážemi i splachy, mechanizací, napadenými nadzemními částmi (plody) a dalším způsoby. V sadech pak tyto patogeny způsobují hniloby kořenů, kořenových korun a krčků ovocných dřevin, napadat však mohou kterákoliv živá pletiva hostitelů.

Vzhledem k rozšíření, potenciálnímu významu, skrytému způsobu života a obtížné eliminaci patogenů z r. *Phytophthora*, je nutno tyto organismy považovat za jednu z nejvýznamnějších hrozeb, v jejichž důsledku může dojít nejen ke značným ztrátám na produkci, ale rovněž k dlouhodobému zamoření sadů a případně až k jejich vynucené částečné či úplné likvidaci. Omezení či eliminace těchto patogenů z pěstebních ploch jsou vzhledem k jejich biologii, skrytému způsobu života a omezeným možnostem efektivních zásahů velmi obtížné a vyžadují integrovaný přístup. Opatření, s jejichž pomocí lze omezit význam oomycetů v sadech, lze rozdělit na preventivní a kurativní. V České republice bylo zjištěno, že dominantním (ne však jediným) způsobem zavlékání nebezpečných nepůvodních druhů z r. *Phytophthora* je výsadbový materiál (v průměru je v ČR oomycety kontaminováno přes 70 % zásilek (balíků) sazenic). Závlahová voda představuje obvykle méně závažný zdroj těchto patogenů. Podstatný je rozdíl ve zdroji závlahové vody – voda z rybníků, vodních toků a velmi pravděpodobně recyklovaná voda z retenčních nádrží představuje poměrně významný zdroj oomycetů. Pro omezení zavlékání patogenů s výsadbovým materiálem je velmi významné zavádět adekvátní opatření ve školkařských provozech. Mezi nejdůležitější body patří výběr vhodného (odolného) materiálu, vhodných pěstebních ploch (nejlépe panenské půdy v černozemních oblastech s menším množstvím srážek s provzdušněnými, lehkými a pokud možno bohatými půdami s intenzivním mikrobiálním životem), rotace plodin, minimalizace přemokření a nadbytečné závlivky. Samozřejmě je adekvátní péče, vhodný způsob a místo zakládání a uchování materiálu, kontrola jeho zdravotního stavu a důsledné používání vhodných přípravků na ochranu rostlin (včetně máčení kořenů před uložením rostlin do boxů či transportem) a jeho správné načasování.

Z hlediska odolnosti podnoží vůči patogenům z r. *Phytophthora* platí (nikoliv však absolutně), že podnože peckovin jsou častěji odolnější než podnože jádrovin. U jádrovin, bývají hrušňové podnože obvykle odolnější než

jabloňové. Relativně více jsou poškozovány mladé stromy, zákrsky a obecně nižší tvary vysazované v hustším sponu. Za odolnější (nikoliv však plně rezistentní) lze považovat např. podnože B.9, B.118 a většinu podnoží série G (např. G.41, G.65 aj.). Běžné podnože série M jsou většinou poměrně citlivé (M.9, M.26), některé jsou však obvykle odolnější (M.4, M.44). Za velmi citlivé lze považovat podnože série MM (např. MM.104, MM.106, MM.111). U většiny podnoží však byla zjištěna značná variabilita, proto je třeba k výběru podnože přistupovat individuálně a na základě lokálních zkušeností. U peckovin lze za odolnější pokládat podnože myrobalán, Mariana 2624, sériei Krymsk a jiné, naopak za obecně citlivé lze označit mahalebku a meruňkový a švestkový semenáč. U většiny podnoží jsou výsledky proměnlivé, případně je lze označit jako středně citlivé – např. ptáčnici, Myrandier, Nemaguard, Weigi, St. Julien, CiSelA 6 či WaVit. Význam v tomto směru má i odolnost štěpovaných odrůd (roubů). Obecně mezi citlivé či více napadané odrůdy lze zařadit např. Coxovu renetu, Grimesovo zlatožluté, Topaz, Idared, Red Jonaprince a další. Vzhledem ke známému vzájemnému ovlivňování podnoží a roubů lze předpokládat, že i může docházet k ovlivnění úrovně citlivosti či rezistence, výsledek ovšem závisí na lokálních zkušenostech.

Opatření v sadech jsou poměrně komplikovaná, významně se liší podle typu produkce (konvenční, integrovaná, ekologická), nemusí být vždy dostatečně účinná a významnou roli v nich hrají preventivní opatření. Vedle pravidelné kontroly výskytu symptomů patří nejdůležitější role v ochraně sadů preventivním opatřením. Jejich cílem je zabránit rozšíření oomycetů do sadů a upravit prostředí a pravidla provozu a péče v sadech, tak, aby se minimalizovala možnost šíření patogenů. Klíčovými faktory v boji proti oomycetům jsou zejména zdroj materiálu a jeho citlivost, zakládání sadů na panenských půdách v pedologicky a klimaticky optimálních oblastech, na svažitých či vyvýšených pozemcích s optimální vodními a půdními poměry (vhodné půdní vlastnosti a jejich udržování – aerace, propustnost, závlaha, mikrobiální aktivita apod., bránění utužení půdy apod.). Také používání vhodných odolnějších podnoží i odrůd, zvýšení sponu, adekvátní péče o stromy i sady, minimalizace poškození (např. při podřezávání) a dalších rizikových operací (např. pojezdy mechanizace v rizikových obdobích v napadených částech sadů), udržování travnatých příkmenových pásů i meziřadí, dostatečná hygiena (např. hrozí infekce spadaneého ovoce a nechtěné šíření spolu s ním), kontrola zdravotního stavu a včasné adekvátní zásahy v případě zjištění rozvoje infekce.

V případě podezření či potvrzení choroby je zapotřebí, aby opatření byla přijímána co nejdříve. Kurativních opatření je relativně málo a vždy je třeba využívat celé škály zásahů. Možná opatření závisí na rozsahu infekce, perspektivě pěstování sadu, jeho stáří, citlivosti podnoží a odrůd, půdních a vodních poměrech a péči. V některých případech (vyšší stáří sadu, vhodné půdní a vodní poměry, odolné podnože aj.) se vyplatí jen odstranění napadených stromů, v jiných naopak mohou být opatření výraznější, omezující šíření a dopad patogenu, spojená s případnou dílčí obnovou sadu. Odumřelé a silně napadené stromy je nutné odstranit (provádí se v době vegetačního klidu, nejlépe za mrazu). Plochy po odstraněných stromech pokud možno nedosazovat (hrozí tzv. „apple replant disease“). V opačném případě je vhodné několik let počkat a používat co nejvíce odolné podnože štěpované pokud možno výše nebo s mezikmenem. Technika se v provozu pohybuje nejprve ve zdravých sadech a nenapadených částech sadů kontaminovaných. V napadených částech se omezí rizikové operace ovlivňující šíření patogenu (např. podřezávání, nevhodná závlaha, nadměrné pojezdy technikou v rizikovém období aj.), naopak vhodné je zelené hnojení, mulčování, zlepšení travního porostu apod.

Z hlediska přípravků na ochranu rostlin je nutno konstatovat, že téměř všechny, které jsou registrovány do sadů, jsou pro omezení oomycetů nevhodné. Nadto registrace jediného dostatečně účinného přípravku Aliette

80 WG končí v r. 2021. Vzhledem k současné situaci je zapotřebí, aby byla jeho registrace prodloužena a použití jasně určeno proti oomycetům, nebo aby byly do sadů registrovány přípravky jiné s obsahem fosfonátů (např. velmi účinný Phosphite nebo Soriale či LBG-01F34, které jsou v ČR již registrovány), případně látky další (metalaxyl). Fosfonáty jsou účinné zejména v případě aplikace na stromy v počáteční fázi poškození a v prevenci šíření choroby do okolí z rozvíjejícího se ohniska choroby. V testech se potvrdilo, že oproti postřiku je účinnější metoda injektáže, jejíž další výhodou je možnost cílené aplikace na vybrané stromy bez jakéhokoliv ovlivnění okolí. V případě schválení by představovala optimální metodu ošetření v provozech, kde není plošné používání přípravků na ochranu rostlin možné či žádoucí.

K plošnému a rychlému napadení sadů oomycety dochází v ČR prozatím poměrně zřídka a vždy se jedná o výsadbu sadů v nevhodných podmínkách (např. na pseudoglejích) nebo došlo k zanedbání rozvoje choroby. V takovýchto případech jako kurativní opatření obvykle připadá v úvahu pouze odstranění mrtvých a více napadených stromů, opakované plošné ošetření přípravky na ochranu rostlin, které je rovněž teoreticky možné (Aliette 80 WG), zrušení závlahy a případné převedení sadu do integrované či konvenční produkce. Přesto lze v těchto případech i při provedení radikálních opatření očekávat chronické poškození, výrazně snížené výnosy, opakovaný vznik lokálních ohnisek a možnou předčasnou likvidaci sadu. Významně zamořené plochy je pak vhodné na delší dobu vyloučit z pěstování ovoce a dalších citlivých plodin a převést je např. na travní kultury.

2.6. Summary

Invasive species from the genus *Phytophthora* belong among the most important plant pathogens and each year they cause multibillion-dollar losses in agriculture. Significant losses are also caused in fruit growing, where their presence and the considerable damage have been identified in all major fruit production regions of the world, including Europe. Significant damage began to appear in Europe from the 1950s, but it was not observed in the Czech Republic for a long time. Recently, especially after 2000, however, significant damage to orchards was detected in many parts of the country, which was characterized by the presence of symptoms typical of *Phytophthora* disease. The aim of research project TH02030521 „Identification and distribution of *Phytophthora* pathogens in fruit orchards and development of the integrated protection method“ granted by Technology Agency of the Czech Republic then was to verify the presence of these organisms in orchards and confirm them as the cause of diseases, to verify disease symptomatology and to develop a methodology of integrated protection of fruit trees from oomycetes on the basis of own evaluations and experiments as well as literature research.

On the basis of area sampling throughout the Czech Republic, it was confirmed that the main cause of these damages are Oomycetes; a total of 30 species have been isolated from the orchards of the Czech Republic. Many of which are non-native invasive organisms causing serious damage to trees. Among them *Phytophthora cactorum* is the most important species, which has been identified as the most common and very pathogenic. In addition, a number of other dangerous oomycetes (e.g. *P. plurivora*, *P. cambivora*, *P. chlamydospora* × *amnicola* and others) and fungal pathogens have been identified. For oomycetes is very characteristic introduction together with nursery material and spontaneous irrigation water. Local dissemination then occurs together with drainage and surface flushing, movement of mechanization, attacked above ground parts (fruits) and other ways. In orchards, these pathogens cause mainly rot of roots, root crowns and collars of infested trees, but they can attack any living tissues of hosts.

Due to the general distribution, potential significance, hidden way of life and difficult elimination of pathogens from the genus *Phytophthora*, these organisms must be considered as one of the most significant threats, which can result not only in significant production losses, but also in long-term infestation of orchards and possibly forced partial or complete destruction of highly affected orchards. Limiting or eliminating these pathogens from growing areas is very difficult due to their biology, hidden way of life and limited possibilities of effective interventions and require an integrated approach. The measures in orchards can be divided into preventive and curative. In the Czech Republic, it was found that the dominant (but not the only) method of introduction dangerous non-native *Phytophthora* species is planting material (on average, more than 70% of consignments (packages) of seedlings are contaminated here). Irrigation water is usually a less serious source of these pathogens. The difference in the source of irrigation water is significant – water from ponds, watercourses and very probably recycled water from retention reservoirs is a relatively important source of oomycetes. To reduce the introduction of pathogens with planting material, it is very important to introduce adequate measures in nursery operations. The most important points are the selection of suitable (more resistant) plant material, suitable growing areas (preferably virgin soils in chernozem areas with less precipitation with aerated, light and preferably rich soils with intensive microbial life), crop rotation, minimization of period of full saturation of soil by water and excess watering. Of course, adequate care, appropriate method and place of storage of the material, control of its health state and consistent use of suitable narrow-spectrum plant protection products targeted against oomycetes (including dipping the roots before placing plants in boxes or transport) and its correct timing.

In terms of resistance of rootstocks to *Phytophthora* pathogens applies (but not absolutely) that pome fruit rootstocks are more often resistant than stone fruit rootstocks. For pome fruits, pear rootstocks tend to be more resistant than apple ones. Relatively more endangered are also young trees, dwarf and generally lower trees and trees planted in a higher density. For example, rootstock B.9, B.118 and most rootstocks of the G series (e.g. G 41, G 65, etc.) can be considered more resistant (but not fully resistant). Common M series rootstocks are mostly quite sensitive (M.9, M.26), but some are usually more resistant (M.4, M.44). The MM series (e.g. MM 104, MM 106, MM 111) can be considered very sensitive. However, for most rootstocks, considerable variability has been identified therefore the selection of the rootstock should be approached individually and on the basis of local experience. For stone fruits, the rootstocks myrobalan, Mariana 2624, Krymsk series and others can be considered more resistant, whereas mahaleb and seedlings of apricot and plum can be described as generally sensitive. For most rootstocks, the results are variable or can be described as moderately sensitive – e.g. wild cherry, Myrandier, Nema-guard, Weigi, St. Julien, GiSelA 6 or WaVit. The resistance of scion is also important in this respect. In general, sensitive or more attacked varieties include, for example, Cox's Orange Pippin, Grimes's Golden Yellow, Topaz, Idared, Red Jonaprince and others. Due to the known interaction of rootstocks and scions, it can be assumed that the level of sensitivity or resistance may also be affected, but the result depends on local experience.

The measures in orchards are quite complicated, differs significantly according to the type of production (conventional, integrated, ecological) and they all may not always be sufficiently effective. In addition to regular inspection of the appearance of symptoms, the most important role in the protection of orchards belongs to preventive measures. Their aim is to prevent the introduction of oomycetes into orchards and to modify the environment, rules of operation and care in orchards in such a way to minimize the possibility of spreading pathogens. Key factors in the fight against oomycetes are, in particular, the source of the material and its susceptibility, the establishment of orchards on virgin soils in pedologically and climatically optimal areas, on sloping or elevated plots with optimal water and soil conditions (suitable soil properties and their maintenance – aeration, permeability, irrigation, microbial activity, preventing soil compaction, etc.). Also the use of suitable more resistant rootstocks and scions, decrease of tree density in orchard, adequate care of trees and orchards, minimization of their damage (e.g., root undercutting) and other risk operations (e.g. mechanization travels) in risky periods (pathogen activity, long-term soil saturation) in the infected parts of orchards, maintenance of grass strips in tree-rows and inter-rows, adequate hygiene (e.g. risk of infection of fallen fruit and unwanted spread with it), more frequent inspection of disease symptoms in susceptible parts of orchards and timely adequate interventions in case of detection of infection.

In case of suspicion or confirmation of the disease presence, measures should be implemented as soon as possible. Curative measures are relatively few and a wide range of interventions should always be used. Possible measures depend on the extent of infection, the prospect of growing the orchard, its age, the susceptibility of rootstocks and scions, soil and water conditions and care. In some cases (higher age orchard, suitable soil and water conditions, resistant rootstocks, etc.) it can pay only to remove highly infected trees, in others, measures may be more pronounced, limiting the spread and impact of the pathogen and associated with possible partial restoration of the orchard. Dead and heavily infested trees need to be removed (preferably in winter and in freezing temperatures). Areas after the removed trees cannot be replanted if possible (there is a risk of so-called „apple replant disease“). Otherwise, it is advisable to wait several years and use as resistant rootstocks grafted as high as possible or with an

interstem. The operation technique moves in first in healthy orchards and uninfected parts of the others. In the infected parts, risk operations affecting the spread of the pathogen (e.g. undercutting, inappropriate irrigation, excessive travel of technique during the risk period, etc.) are reduced, on the contrary, green fertilization, mulching, improvement of grass cover, etc., are appropriate.

From the point of view of plant protection products, it should be noted that almost all those registered in orchards in the country are unsuitable for limiting oomycetes. In addition, the registration of the only effective Aliette 80 WG expires in 2021. In view of the current situation, its registration needs to be extended and the use clearly determined against oomycetes, or other phosphonate-containing products (e.g. very effective Phosphite or Soriale or LBG-01F34 which are already registered in the Czech Republic) or other substances (metalaxyl) should be registered in the orchards. Phosphonates are especially effective in the case of application at the initial stage of damage and in preventing the spread of the disease to the surrounding area from outbreaks of the disease in orchards. The tests confirmed that there is a more effective method of injection compared

to spraying, the further advantage of which is the possibility of targeted application to selected trees without any influence on the surroundings. If approved, it would be the optimal method of treatment in trees where the widespread use of plant protection products is not possible or desirable.

The large-scale and rapid infestation of orchards by oomycetes has been relatively rare in the Czech Republic so far and always related to the planting of orchards in unsuitable conditions (e.g. on pseudogley) or there has been neglected the development of the disease. In such cases, as a curative measure, only the removal of dead and more infected trees, repeated blanket treatment with plant protection products (Aliette 80 WG), the restriction of irrigation and the possible conversion of the orchard into integrated or conventional production, can be usually considered. Nevertheless, in these cases, even with the implementation of radical measures, chronic disease, significantly reduced yields, repeated occurrence of local outbreaks and possible forced liquidation of the orchard can be expected. It is then appropriate to exclude significantly contaminated areas from the cultivation of fruit and other sensitive crops for a longer period of time and to convert them, for example, into grass crops.

3. Srovnání novosti postupů

Invasní druhy z rodu *Phytophthora* patří k nejvýznamnějším patogenům rostlin a po celém světě způsobují závažné škody v ovocnářství. Výjimkou není ani Česká republika, kde škody způsobené oomycetami razantně narůstají zejména v posledních desetiletích. Cílem předložené metodiky je 1) vytvořit jednoznačný popis symptomů chorob způsobovaných oomycetami v sadech, který povede ke včasné identifikaci chorob způsobovaných oomycetami a 2) vypracovat soubor integrovaných opatření, jejichž aplikací dojde k omezení dalšího šíření oomycetů v sadech a k potlačení jejich významu a škod, které způsobují.

Vzhledem k tomu, že poškození oomycetami nebylo v sadech v ČR v minulosti nijak zásadní, neexistují ani postupy jak choroby rozpoznat a jak šíření patogenů a jejich význam minimalizovat. Metodika vznikla jako

4. Popis uplatnění metodiky

Předložená metodika vznikla na základě výzkumů a sledování v ovocnářských a školkařských provozech a je cíleně pro použití v těchto provozech určena. Na základě našich výzkumů lze jednoznačně říci, že v současné době je šíření invazních oomycetů v ovocnářství natolik rozšířené a plošný problém, že mu jsou vystaveny všechny typy provozů od výzkumných a šlechtitelských, přes školkařské až po ovocnářské podniky nejrůznější velikosti, zaměření a produkce i drobní pěstitelé po celém území republiky. Vybrané aspekty metodiky mohou být velmi dobře uplatněny i v provozech dalších včetně okrasného a lesního školkařství, pěstování

5. Ekonomické aspekty

Výzkum provedený v rámci projektu TH02030521 prokázal, že patogeni oomycety, zejména druhy r. *Phytophthora*, jsou jak ve školkařských provozech, tak v ovocných sadech v ČR plošně rozšířeny. Jednotlivé provozy se pouze liší mírou nakažení materiálu a impaktem patogenů. V rámci školkařských provozů bylo potvrzeno, že většina zásilek resp. balíků sazenic (konkrétně 64 %) je těmito patogeny kontaminována. I při velmi konzervativním odhadu, že je napadeno jen 5 % produkce školkařského o materiálu (reálné číslo je však velmi pravděpodobně vyšší, alespoň v některých provozech; hodnota vychází z pozitivních výsledků plošného testování školkařského materiálu v rámci projektu v letech 2017 a 2018) lze říci, že při roční produkci cca 2 mil. sazenic zájmových ovocných dřevin (viz Buchtová a kol. 2019) může být napadeno minimálně 100 tisíc výpěstků. Při odhadované průměrné ceně představují potenciální roční škody způsobené patogeny minimálně 20 mil. Kč (nepočítaje v to výpěstky vyřazené před distribucí). Produkce podnoží v r. 2018 byla velmi podobná, přičemž riziko napadení je zhruba stejné (pokud se nejedná o produkci *in vitro*).

Co je ovšem mnohem podstatnější, při takovýchto podílech a objemech napadených (kontaminovaných) sazenic je prakticky jisté, že všechny nově zakládáné či dosazované sady jsou zavléčením oomycetů reálně ohroženy. Vzhledem k tomu, že k masivnímu zavlékání patogenů dochází hlavně v posledních desetiletích (zejména v souvislosti s globalizací obchodu s rostlinným materiálem), lze pro představu potenciálního rozsahu problému uvést, že jen za posledních 25 let bylo v ČR nově vysázeno celkem 15 tis. ha produkčních ovocných sadů, z toho samozřejmě většina s finanční podporou státu (jen v roce 2018 to bylo celkem cca 300 ha; Buchtová a kol. 2019), což může mít při rozvoji oomycetů další nežádoucí konsekvence.

V sadech lze nalézt jak výsadby pouze s ojedinělým výskytem patogenů, tak i výsadby, kde se podíly poškozených dřevin pohybují v desítkách procent a v některých případech i výrazně více (až 50–70 %). Zejména sady zakládáné v současnosti či v nedávné době na méně vhodných půdách a v nevhodných podmínkách (častým stimulem bylo udělení dotace) a sady, kde dojde k zanedbání péče, mohou být velmi rychle značně poškozeny. V případě udělení dotací musí žadatel dlouhodobě splňovat požada-

výsledek čtyřletého vlastního terénního i laboratorního výzkumu problematiky v rámci projektu TH02030521 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 i postupy, které v ČR dosud aplikovány či navrhovány nebyly a to ani v jiných příbuzných rostlinolékařských oborech.

Předložená metodika představuje komplexní, široce použitelný a vysoce aktuální soubor integrovaných opatření využitelných v nejširších aspektech pěstování ovocných dřevin. Velkou výhodou metodiky je i důraz kladený na preventivní opatření, která mají zásadní význam v zavlékání patogenů do provozů a jejich dalšímu rozvoji.

okrasných dřevin, péče a údržby urbánní zeleně a v dalších oblastech. 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.

Metodika je vydána jak v tištěné, tak v elektronické podobě a je k dispozici všem zájemcům o danou problematiku na volně dostupných internetových stránkách VÚKOZ v.v.i. a VŠÚO Holovousy s.r.o.

vek na minimální počet životaschopných stromů v sadu, přičemž v mnoha případech právě tuto povinnost značně komplikuje „apple replant disease“ v důsledku rozvoje oomycetů.

Plocha produkčních sadů (klíčových z hlediska konzumního ovoce) zájmových dřevin dosahovala v r. 2018 v ČR necelých 13 tis. ha, z toho sady jabloní dosahovaly necelých 7 tis. ha s produkcí necelých 150 tis. tun úrody v ceně cca 1 mld. Kč (Buchtová a kol. 2019). I při velmi konzervativním odhadu napadení a ztrát v řádu procent, se jedná každoročně o ztráty desítek milionů Kč. Samozřejmě, že ve srovnání se škodami způsobenými občasnými klimatickými extrémy je tato částka relativně nízká, problémem však je, že se jedná o ztráty každoroční a pravidelné, které postupně narůstají o náklady na (vynucené) dosadby stromů. Bohužel v případě postupného narůstajícího poškození se provoz více kontaminovaných sadů přestává postupně vyplácet a nakonec dojde k jejich vykloučení. Obnova těchto sadů je pak problematická a bude se potýkat s řadou komplikací.

Jiný pohled na význam rozvoje patogenů v sadech v ČR nabízí fakt, že v ČR se pěstuje celkem cca 25 mil. stromů zájmových druhů (v extenzivních a produkčních sadech; Buchtová a kol. 2019). Kvalifikovaně lze pak odhadnout, že chorobou jsou v současné době poškozeny či potenciálně ohroženy stovky tisíc stromů, z toho samozřejmě dominantní část jabloní.

Nárůstem škod způsobených patogeny z r. *Phytophthora* se potýkali a potýkají pěstitelé ve všech hlavních oblastech pěstování v celém světě. Reakcí na nárůst škod pak bývá nejen šlechtění a výběr podnoží na odolnost, ale i vývoj a úprava pravidel hospodaření v sadech, samozřejmě s důrazem na prevenci. Tato pravidla pak při aplikaci vedou k dlouhodobého hlediska k dostatečné eliminaci vlivu oomycetů a k významnému omezení škod (např. Sutton a kol. 2014). Lze tedy očekávat, že při aplikaci předložené metodiky spolu s výběrem a rozšiřováním podnoží odolných vůči zdomácněným kmenům *P. cactorum* a dalších oomycetů povede rovněž ke stabilizaci stavu, jeho postupnému zlepšení a snížení škod. Významným cílem předložené metodiky je pak zabránění dlouhodobé plošné kontaminaci sadů, což je z hlediska udržitelné ovocnářské produkce její fundamentální přínos.

6. Seznam použité související literatury

- AHDB (2020): Apple Best Practice Guide. WWW: <https://apples.ahdb.org.uk/>, 19.11.2020.
- 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): Registr přípravků na ochranu rostlin. WWW: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/>, 19.11.2020.
- Bielenin A. (1995): Phytophthora crown rot of apple trees: influence of the scion cultivar on rootstock susceptibility. J. Fruit Ornament. Plant Res. 3: 53–60.
- Biggs A.R., Hickey K.D., Yoder K.S. (2019): Table of Apple Rootstock Susceptibility to *Phytophthora* spp. WWW: <http://articles.extension.org/pages/60608/table-of-apple-rootstock-susceptibility-to-phytophthora-spp.>, 19.11.2020.
- Boughalleb N., Moulahi A., El Mahjoub M. (2006): Variability in pathogenicity among Tunisian isolates of *Phytophthora cactorum* as measured by their ability to cause crown rot on four apple cultivars and MM106 rootstock. J. Agron. 5: 321–325.
- 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 Organisations (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.
- Braun H. (1952): Rinden- oder Kragefäule der Äpfel. Rhein. Mschr. Gemüse-, Obst- u. Gartenbau 40: 29.
- Braun H., Schwinn F.J. (1963): Forthefuehrte Untersuchungen ueber den Erreger der Kragefaeule des Apfelsbaumes (*Phytophthora cactorum*) II. Phytopathol. Z. 47: 327–370.
- Browne G.T. (2017): Resistance to *Phytophthora* species among rootstocks for cultivated Prunus species. Hort. Sci. 52: 1471–1476.
- Browne G.T., Mircetich S.M. (1993): Relative resistance of thirteen apple rootstocks to three species of *Phytophthora*. Phytopathology 83: 744–749.
- Browne G.T., Viveros M.A., Ferguson L., Kester D. (1998): Diverse symptoms and tree losses caused by *Phytophthora* spp. in California almonds. Proceedings of the second international symposium on pistachios and almonds, Davis, CA, 470: 570–575.
- Browne G.T., Viveros M.A. (1999): Lethal cankers caused by *Phytophthora* spp. in almond scions: Specific etiology and potential inoculum sources. Plant Dis. 83: 739–745.
- Bubák F. (1910): Die Phytophthorafaule der Birnen in Bohmen. Zeitschr. f. Pflanzenkr. 20: 257–261.
- Buddenhagen I.W. (1955): Various aspects of *Phytophthora cactorum* collar-rot of apple trees in the Netherlands. Tijdschr. Plantenziekten 61: 122–129.
- Buchtová I. a kol. (2019): Ovoce. Situační a výhledová zpráva. MZe ČR, Praha, 88 s.
- Bumbieris M., Wicks T.J., Windle B. (2011): *Phytophthora* species in apple and cherry orchards in South Australia. Austral. Pl. Pathol. 11: 28–29.
- Carisse O., Khanizadeh S. (2006): Relative resistance of newly released apple rootstocks to *Phytophthora cactorum*. Can. J. Plant Sci. 86: 199–204.
- Carlile M.J. (1983): Motility, taxis, and tropism in *Phytophthora*. In: Erwin D.C., Barticki-Garcia S., Tsao P.H., eds. *Phytophthora: its Biology, Ecology, and Pathology*. APS, St. Paul, MN, USA, 95–107.
- Czech Collection of Phytopathogenic Oomycetes (2020): WWW: <https://www.vukoz.cz/index.php/en?catid=0&id=59>, 19.11.2020.
- Černý K., Mrázková M., Hrabětová M. (2017): Význam patogenů z r. *Phytophthora* ve školkařství a možnosti ochrany II. Díl. 16: 38–41.
- Černý K. a kol. (2020): Integrovaná ochrana sazenic v lesních školkách před patogeny z r. *Phytophthora*. VÚKOZ, Průhonice, 978-80-87674-37-6.
- DuPont S.T., Hewavitharana S., Mazzola M. (2019): Phytophthora crown, collar, and root of apple and cherry wsu tree fruit IPM strategies. WSU Extensions, Washington State University, 6 s.
- Elena K., Tsiouridis K. (2000): Evaluation of resistance of stone fruit rootstocks to *Phytophthora* crown rot. J. Phytopathol. 148: 365–369.
- Ellis M.A. (2008): *Phytophthora* root and crown rot of fruit trees. WWW: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/plpath-fru-06>, 19.11.2020.
- 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.
- Grigel J., Černý K., Mrázková M., Havrdová L., Zahradník D., Jílková., Hrabětová M. (2019): Recent outbreak of *Phytophthora* root and collar rot in fruit orchards in the Czech Republic. Phytopatol. Mediterr. 58: 261–275.
- Gupta V.K. (1999): *Phytophthora cactorum* – A threatening pathogen of apple. Indian Phytopath. 52: 105–113.
- Harris D.C. (1989): The significance of apple tree tissues for regeneration of *Phytophthora cactorum* in apple orchards. J. Hort. Sci. 64: 389–393.
- Harris D.C. (1990): Crown rot (*Phytophthora cactorum*) in Britain: Observations on natural outbreaks, and experiments on artificially inducing the disease in the field. J. Hort. Sci. 65: 627–637.
- Harris D.C. (1991): The *Phytophthora* diseases of apple. J. Hort. Sci. 66: 513–544.
- Horner I.J., Wilcox W.F. (1996): Spatial distribution of *Phytophthora cactorum* in New York apple orchards. Phytopathology 86: 1122–1132.
- Jeffers S.N., Aldwinckle H.S. (1986): Seasonal variation in extent of colonization of two *Phytophthora* isolates. Plant Dis. 70: 941–945.
- Latorre B.A., Rioja M.E., Wilcox W.F. (2001): *Phytophthora* species associated with crown and root rot of apple in Chile. Plant Dis. 85: 603–606.
- Laviola C., Somma V., Evola C. (1990): Present status of *Phytophthora* species in the Mediterranean area, especially in relation to citrus. OEPP/EPPO Bulletin 20: 1–9.
- Lebert H., Cohn F. (1870): Über die Faule der Cactusstämme. Beitr. Biol. Pflanz. 51–57.
- Lindner L. (2009): *Phytophthora cactorum* als Verursacher von Rinden- und Fruchtschäden am Apfel. Obstbau und Weinbau 9: 312–319.
- Marchal E. (1908): Sur une maladie nouvelle du. Bul. Soc. Roy. Bot. Belg. 45: 343–344.
- McIntosh D.L. (1963): The collar rot problem in our orchards. Proc. Wash. State Hortic. Assoc. 59: 131–136.
- McIntosh D.L. (1975): Proceeding of the 1974 APDW workshop on crown rot of apple trees. Can. Pl. Dis. Survey 55: 109–116.
- Nakova M. (2010): Monitoring of *Phytophthora* species on fruit trees in Bulgaria. Eur. J. Plant Pathol. 128: 517–525.
- Nečas T., Göttingerová M., Ondrášek I., Náměstek J., Wolf J., Kiss T., Laňar L., Mészáros M., Nečasová J., Letocha T. (2019): Inovace ovocnického školkařství. Moderní postupy rozmnožování a dopěstování. ZF Mendelu, Brno, 153 s.
- Ogawa J.M., Zehr E.I., Bird G.W., Ritchie D.F., Uriu K., Uyemoto J.K. (2004): Compendium of stone fruit diseases. APS, St. Paul, MN, 98 s.
- Osterwalder A. (1912): Das Absterben von Veredlungen: verursacht durch *Phytophthora omnivora* DeBary. Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz 26: 321–322.
- Pane A., Cacciola S.O., Scibetta S., Bentivenga G., Magnano di San Lio G. (2009): Four *Phytophthora* species causing foot and root rot of apricot in Italy. Plant Dis. 93: 844.

- Rumberger A., Merwin I.A., Thies J.E. (2007): Microbial community development in the rhizosphere of apple trees at a replant disease site. *Soil Biol. Bioch.* 39: 1645–1654.
- Sáráandi-Kovács J., Nagy L., Lakatos F., Sipos G. (2016): Sudden Phytophthora dieback of wild cherry trees in Northwest Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.* 12: 117–124.
- Sewell G.W.F., Wilson J.F., Dakwa J.T. (1974): *P. syringae* and *P. citricola* in relation to collar rot disease of apple. *Annals Appl. Biol.* 76: 179–186.
- Sharma I.M., Gupta V.K. (1989): Screening of apple germplasm for susceptibility to *Pythium ultimum* Trow during different seasons. *Sci. Hort.* 40: 60–69.
- Smith H.C. (1950): Collar rot of apples and gooseberries. *The Orchardist of New Zealand* 23: 11–12.
- Smith H.C. (1953): Collar rot of apple trees in Essex. *Plant Pathol.* 2: 85–86.
- Smith R.E., Smith E.H. (1925): Further studies on *Pythiaceae* infection of deciduous fruit trees in California. *Phytopathology* 15: 389–404.
- Sneh B., McIntosh D.L. (1974): Studies of the behaviour and survival of *Phytophthora cactorum* in soil. *Can. J. Bot.* 52: 795–802.
- Spornberger A., Schueller E., Videki E., Vegtvari G. (2018): Results from a long term rootstock trial with the apple cultivar Topaz according to organic production conditions in Eastern Austria. 18th International Conference on Organic Fruit-Growing: Proceedings, Hohenheim, Germany, s. 29–35.
- 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.
- Ten Houten J.G. (1953): Een Stambasisrot, verorzaakt door *Phytophthora cactorum*. *Tijdschr. Plantenziekten* 64: 422–431.
- Tewoldemedhin Y.T., Mazzola M., Botha W.J., Spies C., Mcleod A. (2011): Characterization of fungi (*Fusarium* and *Rhizoctonia*) and oomycetes (*Phytophthora* and *Pythium*) associated with apple orchards in South Africa. *Eur. J. Plant Pathol.* 130: 215–229.
- Thomidis T. (2003): Influence of temperature and bark injuries on the development of *Phytophthora cactorum* and *P. citrophthora* on peach trees. *Sci. Hort.* 98: 347–355.
- Tidball C.J., Linderman R.G. (1990): Phytophthora root and stem rot of apple rootstocks from stool beds. *Plant Dis.* 74: 141–146.
- Upston M.E. (1978): *Phytophthora syringae* fruit rot of apples. *Plant Pathol.* 27: 124–130.
- Utkhede R.S. (1986): In vitro screening of the world apple germplasm collection for resistance to *Phytophthora cactorum* crown rot. *Sci. Hort.* 29: 205–210.
- Utkhede R.S. (1999): Influence of drip, microjet and sprinkler irrigation systems on the severity of crown and root rot of M.26 apple rootstock trees in clay soil. *Australasian Plant Pathol.* 28: 254–259.
- Utkhede R.S., Quamme H.A. (1988): Use of the excised shoot assay to evaluate resistance to *Phytophthora cactorum* of apple rootstock cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 68: 851–857.
- Vachůn Z. (1999): Ovocnictví – podnože ovocných dřevin. MENDELU, Lednice, 65 s.
- Wertheim S.J. (1998): Rootstock guide: Apple, pear, cherry, European plum. *Fruit Res. St. Wilhelminadorp, The Netherlands*, 144 s.

7. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Grigel J., Černý K., Mrázková M., Havrdová L., Zahradník D., Jílková B., Hrabětová M. (2019): Recent outbreak of *Phytophthora* root and collar rot in fruit orchards in the Czech Republic. *Phytopatol. Mediter.* 58: 261–275.
- Grigel J., Černý K., Mrázková M., Havrdová L., Zahradník D., Jílková B., Hrabětová M. (2018): *Phytophthora* spp. v ovocných sadech ČR. *Micromyco* 2018, 11. 9. 2018, MBU AV ČR, Praha. *Mykol. Listy* 141: 50–52.
- Grigel J., Mrázková M., Černý K., Havrdová L., Hrabětová M. (2018): Riziko poškození sadů ovocných dřevin plísněmi rodu *Phytophthora*. *Vinař Sa-dař* 2018/5: 72–73.
- Jílková B., Černý K., Mrázková M., Havrdová L., Zahradník D., Grigel 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., Grigel 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., 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.
- 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 TH02030721 „Identifikace a rozšíření patogenů rodu *Phytophthora* v ovocných výsadbách a vývoj metody integrované ochrany“.

Velké díky patří Liliye Fedusiv, Šárce Gabrielové a Barboře Jílkové za cennou laboratorní podporu i širokému kolektivu technických pracovníků VŠÚO Holovousy, kteří se podíleli na provádění a hodnocení souvisejících pokusů.

Velké díky patří Petru Karešovi, Ing. Michalu Schovánkovi (Kobylí a.s.), Ing. Václavu Sorádovi a Ing. Jiřímu Fišerovi (ZD Dolany), Ing. Antonínu Krobotovi (Malus s.ro.), Janu Fejfarovi a desítkám dalších majitelů a zaměstnanců spolupracujících ovocnářských a školkařských firem za ochotu a cennou spolupráci při zajišťování polních pokusů, sledování a odběru vzorků.

Za laskavé přečtení a cenné připomínky a návrhy patří velký dík i RNDr. Jaroslavě Markové CSc. (PřF UK Praha), RNDr. Janu Jurochovi a Ing. Pavlu Minářovi, Ph.D. (ÚKZÚZ).

STUDIO  **PRESS**

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

