

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie



**David Novák**

## **Ekologie zástupců rodu *Cadophora* (Helotiales)**

### **a jim podobných druhů**

Ecology of members of the genus *Cadophora* (Helotiales) and similar species

Bakalářská práce

Školitel: doc. Mgr. Ondřej Koukol, Ph.D.

Praha, 2020



## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze 28.7.2020

Podpis: .....

## **Poděkování:**

Nejvíce bych chtěl poděkovat mému školiteli doc. Mgr. Ondřeji Koukolovi PhD. za nesmírnou trpělivost při asistenci s mou prací a přátelský přístup navzdory mnohým chybám, které jsem dělal při psaní této práce. Dále chci poděkovat své rodině za podporu za každé situace i v těch nejtěžších chvílích.

## Abstrakt:

Rod *Cadophora* je malým rodem čítajícím 27 druhů s typovým druhem *Cadophora fastigiata*. Dnes je tento anamorfní rod řazen do čeledi *Ploettnerulaceae* řádu *Helotiales*. Jeho typickým znakem jsou hyalinní konidiofory fialidického typu s dlouhými límečky. Navzdory svému počtu jsou druhy rodu *Cadophora* rozšířeny po celém světě a mají jak ekologický, tak ekonomický význam. Nalézají se zde druhy saprotrofní, například *C. fastigiata*, dále druhy parazitické, jako *C. luteo-olivacea*, *C. melinii* či druhy endofytické. Někteří zástupci obsadili i velice neobvyklé niky například druh *C. antarctica*, která byla izolována z půdy znečištěné naftou. Další druhy, jmenovitě *C. margaritata* či *C. gregata*, jsou asociovány s různými bezobratlými živočichy. Na závěr se tato bakalářská práce zabývá vybranými druhy, které jsou s rodem *Cadophora* ekologicky, morfologicky či historicky spřízněné jako *Phialophora verrucosa* či *Phialocephala fortinii*.

**Klíčová slova:** modráni dřeva, měkká hniloba, Esca, Petriho nemoc, elefantióza, tmaví septování endofyté

## Abstract:

The genus *Cadophora* is a small genus containing 27 species with type species *Cadophora fastigiata*. Today is this anamorphic genus belongs in family *Ploettnerulaceae*, order *Helotiales*. The typical morphological characteristic of the genus are hyaline phialidic conidiophores with long hyaline collarets. Despite the low number of species in the genus, representatives of *Cadophora* can be found all around the world and they have both ecological and economical value. There are species saprotrophic, for example *C. fastigiata*, parasitic species, such as *C. luteo-olivacea* and *C. melinii*, or endophytic species. Some representatives of genus *Cadophora* occupy some unusual niches, for example *C. antarctica*, which has been isolated from soil, that was polluted by diesel. Following species, namely *C. margaritata* or *C. gregata*, are associated with various invertebrate animals. The final topic of this bachelors thesis are chosen species, that are connected with genus *Cadophora* ecologically, morphologically or historically. Species such as *Phialophora verrucosa* or *Phialocephala fortinii*.

**Key words:** blueing of wood pulp, soft rot, Esca and Petri disease, elephantiosis, dark septate endophytes

## Obsah:

<b>Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>Morfologie rodu <i>Cadophora</i></b> .....	<b>3</b>
Morfologie fialid.....	3
Morfologie konidií.....	3
Vyjímky v morfologii .....	4
<b>Fylogeneze rodu <i>Cadophora</i></b> .....	<b>4</b>
<b>Ekologie druhů rodu <i>Cadophora</i></b> .....	<b>5</b>
Modrání dřeva způsobené houbami rodu <i>Cadophora</i> .....	6
Extremofilní druhy a houby měkké hniloby rodu <i>Cadophora</i> v Antarktidě .....	6
Druhy rodu <i>Cadophora</i> v symbióze s bezobratlými živočichy .....	8
Fytopatogenní druhy rodu <i>Cadophora</i> .....	9
Endofytické druhy rodu <i>Cadophora</i> .....	11
<b>Druhy hub podobné rodu <i>Cadophora</i></b> .....	<b>13</b>
<i>Phialophora verrucosa</i> .....	13
<i>Hyaloscypha finlandica</i> .....	14
<i>Phialocephala fortinii</i> .....	15
<i>Pleurostoma richardsiae</i> .....	16
<b>Závěr</b> .....	<b>18</b>
<b>Použitá literatura</b> .....	<b>19</b>

## Úvod

Houby rodu *Cadophora* Lagerberg & Melin jsou mikroskopické anamorfní ascomycety s fialidickými konidiogenními buňkami. Jedná se o rod o 27 druzích ([www.indexfungorum.org](http://www.indexfungorum.org)). Typovým druhem je *Cadophora fastigiata* Lagerberg & Melin, který Lagerberg et al. (1927) popsali při výzkumu hub, způsobujících modráni dřeva. Nově objevený druh byl definován na základě produkce „endogenních konidií z thécii s límečkem“, tedy hyalinních fialid s dlouhými límečky. Lagerberg et al. (1927) na základě morfologie fialid a podobnosti *C. fastigiata* s druhy řazenými do čeledi *Dematiaceae*, zařadili rod *Cadophora* do řádu *Chalarae*, čeleď *Dematiaceae*. Melin & Nanfeldt (1934) rod rozšířili popsáním dalších pěti druhů: *C. americana* Nannf., *C. obscura* Nannf., *C. lagerbergii* Melin & Nanfeldt, *C. melinii* Nannf. a *C. richardsiae* Nannf. a následně i Davidson (1935), jež popsal nový druh *C. brunnescens* R.W. Davidson. V následujících letech ale Conant (1937) porovnal rod *Cadophora* s rodem *Phialophora* Medlar, jehož typovým druhem je patogenní druh *Phialophora verrucosa* Medlar, který popsal Medlar (1915). Rod *Cadophora* a *Phialophora* mají podobné morfologické struktury, tedy fialidické konidiogenní buňky a límečky. I rod *Phialophora* byl v té době zařazen do řádu *Chalareae*. Conant (1937) z důvodu morfologické podobnosti synonymizoval rod *Cadophora* s rodem *Phialophora*. V tomto období byly popsány druhy jako *P. luteo-olivacea* J.F.H. Beyma či *P. finlandica* Wang & Wilcox.

Rod *Cadophora* byl synonymem rodu *Phialophora* až do roku 2000, kdy Gams (2000) provedl revizi rodu *Phialophora* a jim podobných („phialophora-like“) rodů. Ve své revizi také definoval morfologické znaky, kterými se odlišují skupiny jím revidovaných hub. Rod *Cadophora* charakterizoval jako houby s tmavou pigmentací starých hyf se středně pigmentovanými konidiofory, fialidami a hyalinním límečkem, zatímco zástupci rodu *Phialophora* v užším pojetí („sensu stricto“) mají všechny struktury tmavě pigmentované (Gams 2000). Ve své práci se také zmiňuje o tom, že byla z druhu *Mollisia dextrinophila* Korf izolována anamorfa, velmi podobná druhu *Cadophora fastigiata* Lagerb. & Melin (v té době *Phialophora fastigiata* (Lagerb. & Melin) Conant (Greenleaf and Korf 1980, Gams 2000)). *Mollisia dextrinophila* je teleomorfa, řazena do řádu *Helotiales*. Z tohoto důvodu Gams (2000) propojil rod *Cadophora* s teleomorfami v čeledi *Dermateaceae* v řádu *Helotiales*. Dále Gams (2000) navrhl opět používat název *Cadophora* pro druhy: *C. fastigiata*, *C. melinii*, *C. repens* R. W. Davidson a *C. malorum* (Kidd & Beaumont) W. Gams.

Harrington & McNew (2003) následně analýzou ITS a 28S rDNA potvrdili příbuznost anamorfof rodu *Cadophora* s teleomorfami z řádu *Helotiales*. Vyjímkou ovšem byl druh *C. repens*, u kterého byla zjištěna příbuznost se *Sordariomycetes*. Zároveň potvrdili závěry, ke kterým došel Gams (2000), tedy, že rod *Cadophora* není příbuzný rodu *Phialophora*, i přes jejich morfologickou podobu (Harrington and McNew 2003). V následujících letech byly popsány druhy jako *C. antarctica* Cormack, *C. viticola* Gramaje, L. Mostert & Armengol, *C. meredithiae* E. Walsh & N Zang či *C. novi-eboraci* Travadon, D. P. Lawr., Roon.-Lath., Gubler, W. F. Wilcox, Rolsh. & K. Baumgartner.

I dnes se jedná o velmi studovaný rod. Mezi nejnověji popsané druhy patří *Cadophora ramosa* Damm & S. Bien, *Cadophora africana* Damm & S. Bien, *Cadophora prunicola* Damm & S. Bien (Bien and Damm 2020). Recentní fylogenetické studie potvrzují, že druhy rodu *Cadophora* jsou anamorfy hub z řádu *Helotiales*, nicméně čeledi *Ploettnerulaceae* (Ekanayaka et al. 2019).

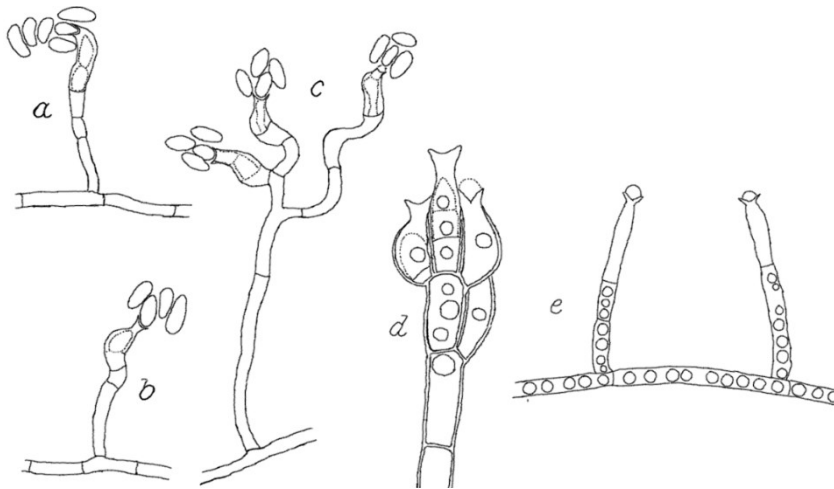
Cílem této literární rešerše je představení druhů rodu *Cadophora* a přiblížení jejich ekologie. Dále je cílem shrnutí dosavadních poznatků o efektech zástupců tohoto rodu na substrát, v závislosti na jejich životní strategii. Přednostně bude kladen důraz na druhy významné z biologického hlediska, jako například druhy s neobvyklými nikami, nebo druhy ekonomicky významné, například parazité hospodářských rostlin. Závěrečným cílem je výběr a představení druhů, které jsou morfologicky podobné rodovému konceptu rodu *Cadophora*, či jsou s rodem *Cadophora* propojené historicky.



# Morfologie rodu *Cadophora*

## Morfologie fialid

Fialidické konidiogenní buňky jsou sdílenou strukturou většiny druhů rodu *Cadophora*. Základní struktury, ze kterých se fialida skládá, jsou břicho a límeček. Většina druhů rodu *Cadophora* má konidiofory podobné typovému druhu *Cadophora fastigiata*, tedy tvoří samostatně postavené fialidy (Obr. 1 a,b,e), nebo za určitých podmínek i shluky (Obr. 1 d)(Lagerberg et al. 1927). Výrazným znakem je také rozevlátý límeček na ústí fialid, které



Obr. 1: *Cadophora fastigiata* - a,b,c) Zkroutěný typ konidioforů d) Shluk konidioforů vyrůstající z hyfových svazků e) Typ konidioforů na dlouhé stopce Převzato z Lagerberg et al. (1928)

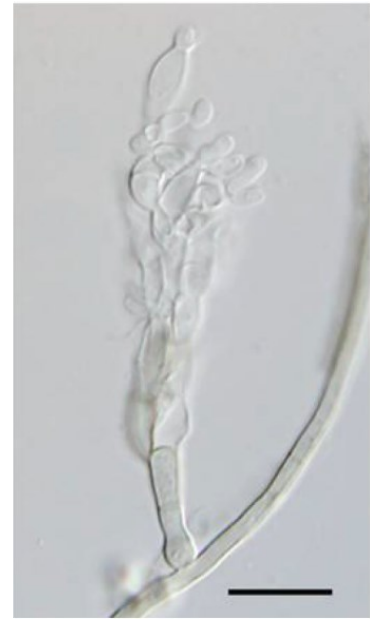
jsou u většiny druhů rodu *Cadophora* hyalinní (Gams 2000). Nové druhy byly dříve do rodu přiřazovány především na základě podobnosti konidioforů, například *C. americana* (dnes synonymum *Phialophora verrucosa*) nebo *C. lagerbergii* (dnes *Phialocephala lagerbergii* (Melin & Nannf.) Grünig & T.N Sieber), nicméně dnes díky molekulárním metodám jsou v rodu řazeny i druhy, které se morfologicky liší od zmíněného rodového konceptu (viz dále).

## Morfologie konidií

Druhy rodu *Cadophora* tvoří převážně jednobuněčné fialokonidie a jsou tvořeny u většiny druhů enteroblasticky. Barvu mají světle hnědou anebo jsou hyalinní. Konidie mohou být kulovité, například u druhů *C. fastigiata*, *C. brunescens*, *C. africana*. Dále můžeme nalézt i konidie válcovité u druhů *C. bubakii* (Laxa) Damm & Bien, *C. luteo-olivacea* (J.F.H. Beyma) T.C. Harr. & McNew, *C. novi-eboraci* (Bien and Damm 2020). Z fialid se konidie u většiny druhů uvolňují samostatně. U některých druhů se ovšem mohou tvořit i shluky samostatných konidií (*C. fastigiata*, *C. novi-eboraci*, *C. africana*).

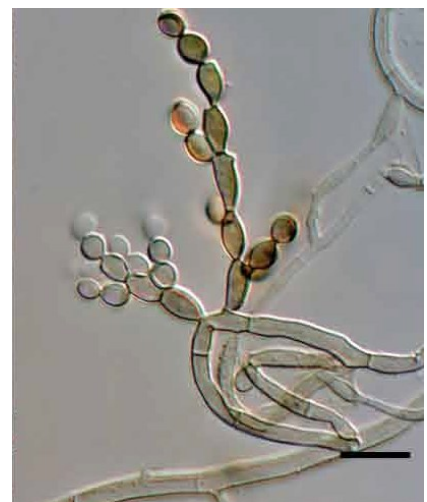
## Vyjímky v morfologii

Některé druhy rodu *Cadophora* se vymykají původnímu morfologickému konceptu. Jedním z takových případů je *Cadophora orchidicola* (Sigler & Currah) M.J. Day & Currah (původně *Leptodontidium orchidicola* Sigler & Currah). Její konidiogenní buňky jsou málo diferencované, tvořící shluky po stranách hyf (Obr. 2) (Currah et al. 1987). Navíc kulovité až kapkovité konidie jednotlivě (Day et al. 2012).



Obr. 2: *Cadophora orchidicola*-konidiogenní buňky Převzato z Macia-Vicente et al. (2020)

Dalším druhem, který se vymyká rodovému konceptu, je druh *C. antarctica*, který vytváří velmi redukované konidiofory (Obr. 3) (Cormack 2017). Plně vyvinuté konidiofory se na *C. antarctica* nacházejí také, ale velmi vzácně. Dalším jedinečným znakem, odlišujícím se od rodového konceptu *Cadophora*, je tvorba tmavě zbarvených řetízků ramokonidií (Obr. 3). Tento fenotyp byl později objeven i u dalších druhů rodu *Cadophora* jako *Cadophora fascicularis* Koukol & Maciá-Vicente, *Cadophora variabilis* Koukol & Maciá-Vicente, které také tvoří řetízky ramokonidií (Macia-vicente et al. 2020).



Obr. 3: *Cadophora antarctica* – Redukované konidiofory s řetízkovými konidii Převzato z Cormack (2017)

*Cadophora gamsii* Koukol & Maciá-Vicente a *Cadophora echinata* Koukol & Maciá-Vicente jsou nově popsány druhy, jež se vyznačují tvorbou řetízků konidií. Řetízky konidií se poté mohou shlukovat a tvořit struktury podobné sklerociím (Maciá-Vicente et al. 2020).

## Fylogeneze rodu *Cadophora*

Rod *Cadophora* je polyfyletickým rodem, na základě nejnovější studie bylo zjištěno, že všechny druhy rodu *Cadophora* sdílí společného předka ještě ještě se zástupci dalších rodů, například *Mycochaetophora* Hara & Ogawa nebo *Rhynchosporium* Heinsen ex A.B. Frank (Maciá-Vicente et al. 2020). Je dělen do čtyř příbuzenských větví (Obr 4). Typový druh *C. fastigiata* se nachází ve větvi, která je bazální všem ostatním (Obr 4 : uzel 5), tedy *Cadophora sensu stricto*. Všechny druhy z této větve se vyznačují fialidickou konidiogenezi. Další větve se vyznačují konidiogenezi holoblastickou nebo fialidickou (Obr. 4 : uzel 3). To svědčí o tom, že jejich předek pravděpodobně měl holoblastický typ konidiogeneze. Dále pak fialidickou



Obr. 4: Fylogenetický strom, založený na čtyřech úsecích DNA – typ konidiogeneze druhů  
Převzato z Maciá-Vincente et al. (2020)

konidiogenezi lze ovšem pozorovat i ve větvi, kde se nacházejí druhy jako *C. luteo-olivacea*, *C. malorum* či *C. gregata* (Allington & D.W. Chamb.) T.C. Harr. & McNew (Obr 4 : uzel 6). Proto se předpokládá, že fialidická konidiogeneze vznikla v evoluci několikrát, a to nezávisle na sobě (Maciá-Vincente et al. 2020). Je také pravděpodobné, že uspořádání fialid, typické pro rod *Cadophora* sensu stricto, vzniklo redukcí složitějšího uspořádání na jednoduché (Day et al. 2012).

## Ekologie druhů rodu *Cadophora*

Jednotlivé druhy rodu *Cadophora* se mezi sebou svojí ekologií i rozšířením výrazně liší. Zástupci tohoto rodu mohou být rozšířeni téměř po celém světě, jako například *C. luteo-olivacea*, která se vyskytuje ve všech oblastech, kde se pěstuje dřevina *Vitis vinifera* (Travadon et al. 2015). Je zde ale i podezření na endemický druh *C. antarctica* (Cormack 2017). Mezi houbami rodu *Cadophora* jsou druhy saprotrofní (*C. fastigiata*) nebo i parazitické (*C. luteo-olivacea*, *C. melinii*, *C. novi-eboraci*). Součástí rodu jsou také druhy endofytické (*C. orchidicola*, *C. luteo-olivacea*) (Halleen et al. 2007).

## Modrání dřeva způsobené houbami rodu *Cadophora*

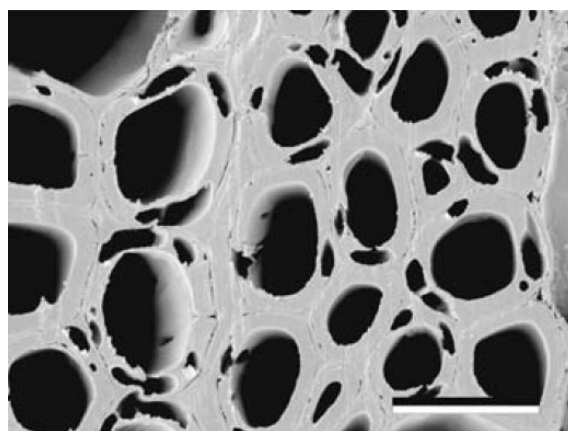
Modrání dřeva je fenomén, zapříčiněn například druhem *Cadophora fastigiata* (Lagerberg et al. 1927). Dochází ke vzniku tmavých míst na řezných plochách dřeva, kdy intenzita barvy je ovlivněna vlhkostí substrátu, ale také zbarvením mycelia houby. Toto dřevo ovšem není výrazně strukturně poškozeno a nepodléhá tak hnilobě.

V případě modrání, způsobeného druhem *C. fastigiata*, hraje roli v míře zbarvení dřeva i stáří houby, protože její hyfy tmavnou s věkem (Gams 2000). Dochází k němu na borovém, smrkovém, březovém, jedlovém, modřínovém, či topolovém dřevě (Cole and Kendrick 1973). V přirozených podmínkách houba sporuluje velmi vzácně, proto se Lagerberg et al. (1927) domnívali, že se rozšiřuje pouze vegetativně.

*Cadophora fastigiata* byla jedním z druhů studovaných hub, jež způsobovali modrání dřeva ve švédských továrnách na zpracování buničiny (Melin and Nannfeldt 1934). Zjistili, že pro *C. fastigiata* je v tomto ohledu nejdůležitějším faktorem přítomnost jiných mikroorganismů, jmenovitě kvasinky *Geotrichum candidum* Link. Ta vznik modrání inhibuje. Na buničině v továrnách je *C. fastigiata* schopna sporulovat, a proto se zde nejčastěji šíří konidiami, vzduchem. Melin & Nannfeldt (1934) ovšem zjistili, že za pomoci konidií je schopná tak činit i vodou. Ve studii o rozšíření *C. fastigiata* v továrnách na zpracování buničiny hrály v rozptýlení konidií důležitou roli bělírenské vody (Melin and Nannfeldt 1934). Na nich se tvořily nánosy obsahující konidie, které se do vody dostaly vzduchem. Z nánosů byla následně infikována buničina.

## Extremofilní druhy a houby měkké hniloby rodu *Cadophora* v Antarktidě

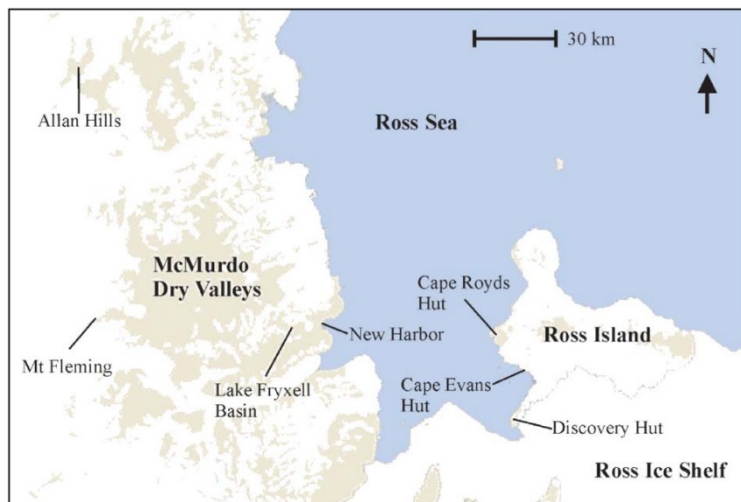
Oproti modrání dřeva, které neovlivňuje jeho strukturu, některé druhy rodu *Cadophora* jsou schopny způsobovat měkkou hnilobu. Houby měkké hniloby dokáží rozkládat celulózy, hemicelulózy i lignin a v buněčných stěnách napadeného dřeva tvoří dutiny, pozorovatelné pod elektronovým mikroskopem (Obr. 5) (Gabriel 2013). Dřevo následně měkne. Existuje ale i druhý typ měkké hniloby, který dutiny netvoří (Blanchette et al. 2004).



Obr. 5: Buněčná stěna pabuku (*Nothofagus*) s dutinami způsobené *Cadophora fastigiata*  
Převzato z Held et al. (2006)

Mezi významné původce měkké hniloby patří například druhy *C. fastigiata*, *C. luteo-olivacea* a *C. malorum*. Ty byly izolovány na Antarktickém poloostrově, ze dřeva historických chat (Arenz and Blanchette 2009) či v oblasti Rossova moře (Blanchette et al. 2004, Arenz et al. 2006, 2011, Arenz and Blanchette 2009). Blanchette et al. (2004) zkoumali hnilobu dřeva na chatách, postavených na Rossově ostrově, na mysech Cape Royds a Cape Evans. Z odebraných vzorků byly nejčastěji izolováni právě zmínění zástupci rodu *Cadophora*. Za zajímavost lze považovat i to, že při hledání vhodných vzorků nebyla nikde nalezena žádná hnědá ani bílá hniloba. V Antarktidě je velmi suché podnebí a dostatečná vlhkost pro růst hub je pouze po krátkou dobu během léta na jižní polokouli, kdy roztaje sníh. Druhy tvořící hnědé a bílé hniloby pravděpodobně nejsou schopny přechodné období přežít. Nalezení zástupci rodu *Cadophora*, tvořící měkkou hnilobu, zde pak rostou pouze několik týdnů v roce, což má ovšem za následek jejich velmi pomalý růst. Samotná hniloba se proto projeví až po mnoha letech. Druhy rodu *Cadophora* byly v Antarktidě nalezeny i mimo Rossův ostrov, a to na dřevěném přístřešku v oblasti zálivu New Harbor (Held et al. 2006). Tato kabinka byla zbudována J.D McGraw a G.C. Claridge pomocí krabic vyrobených z borovicového a pabukového dřeva v roce 1959. Stavba se nachází poblíž vodního toku, a tak je zde dostatečná vlhkost k růstu hub. Voda je ale slaná, takže dřevo, společně s houbami na něm rostoucími, je vystaveno vysoké salinitě. Na místech, kde se stavba dotýkala vlhké země, Held et al. (2006) pozorovali na dřevě vybledlé plochy. Z odebraných vzorků byly i zde nejčastěji izolovány druhy rodu *Cadophora*. Held et al. (2006) pomocí sekvenace rDNA určili izolované zástupce rodu *Cadophora* jako *C. malorum*, *C. luteo-olivacea*, *C. fastigiata* a jeden blíže nespecifikovaný druh. Za pomoci skenovacího elektronového mikroskopu (SEM), byla na vzorcích, odebraných z vybledlých částí stavby, následně pozorována měkká hniloba (Obr. 5). V laboratoři ověřili Held et al. (2006) schopnost *C. fastigiata* tvořit hnilobu březového a borovicového dřeva. *Cadophora fastigiata* hnilobu březového dřeva tvořila a způsobila až 20% úbytek váhy, kdežto maximální úbytek váhy borového byl méně než 5 % a nebyly pozorovány žádné stopy po hnilobě.

Díky doloženému širokému výskytu zástupců rodu *Cadophora* bylo spekulováno i o možnosti, že v Antarktidě je rodem původním (Arenz et al. 2006). Jejich hypotézu založili jak na datech ze známých studií (Blanchette et al. 2004), tak na datech vlastních. Arenz et al. (2006) houby izolovali ze vzorků půdy a dřeva chat vybudovaných na místech na Rossově ostrově (Obr. 6). I zde byly druhy rodu *Cadophora* ve většině případů jedním z nejčastěji nalézaných rodů. Zajímavé ale je, že na odlehlých stanovištích, v Transatlantických horách a u Lake Fryxell Basin, se rod vyskytoval jen zřídka.

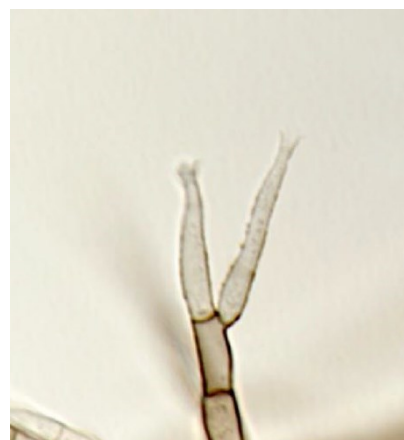


Obr. 6: Mapa oblasti Rossova moře s vyznačenými místy odběru vzorků pro studii Arenz et al. (2006) Převzato z Arenz et al. (2006)

V rámci své studie Arenz et al. (2006) izolovali zástupce rodu *Cadophora* také z Antarktické půdy, znečištěné petrolejem či naftou. Zjevně saprotrofní druhy tohoto rodu dokáží růst i na kontaminovaném substrátu. V souvislosti s houbami, izolovanými z naftou znečištěné půdy na ostrově Krále Jiřího, byl nově popsán druh *Cadophora antarctica* (Cormack 2017). Cormack (2017) uvedl, že houba má optimum růstu při 15° C, ale není schopna růst při teplotách vyšších než 25° C. Z tohoto důvodu je zmíněný druh považován za psychrotrofní. *Cadophora antarctica* je podle ITS nejvíce příbuzný *C. luteo-olivacea*.

## Druhy rodu *Cadophora* v symbióze s bezobratlými živočichy

Některé druhy rodu *Cadophora* využívají symbiózu s živočichy. Druh *Cadophora margaritata* R. Linnakoski, I. Lasarov & A.O. Oghenekaro byl poprvé izolován ze dřeva (*Populus tremula*) napadeného larvami brouků *Saperda carcharias* a *Anoplophora glabripennis* (Linnakoski et al. 2018). Předpokládá se, že svým růstem rozkládají dřevo v okolí larev a pomáhají tak s jejich výživou. Následně jsou konidie těchto hub roznášeny dospělci zmíněných brouků. Dospělci druhů *S. carcharias* a *A. glabripennis* se dřevem již neživí, proto je zřejmé, že konidie jsou do dřeva přenášeny na jejich kladélkách. Morfologie *C. margaritata* odpovídá rodovému konceptu rodu



Obr. 7: *Cadophora margaritata* – Hyalinní fialidy s dlouhými límečky Převzato z Linnakoski et al. (2018)



*Cadophora*, tedy tvoří fialidy s dlouhými rozevlátými hyalinními límečky (Obr. 7). Konidie má jednobuněčné hyalinní, které se často shlukují. Jeho zařazení do rodu bylo potvrzeno i sekvenací ITS.

Dalším druhem, který je asociován s bezobratlými živočichy, je *Cadophora gregata*, tentokrát s nematody *Heterodera glycines* kteří parazitují na kořenech rostlin rodu *Glycine* (Carris and Glawe 1986, Sugawara et al. 1997). Jedná se o patogenního zástupce rodu *Cadophora*, který byl, mimo jiné, izolován z povrchu cyst, vytvořených těmito hlísticemi (Carris and Glawe 1986). *Heterodera glycines* po vylíhnutí z cyst narušují rhizodermis a pomáhají druhu *C. gregata* rostlinu napadnout, pokud se nachází v blízkosti poškozeného kořene (Sugawara et al. 1997).

*Cadophora gregata* je původcem hnědé hniloby stonku (Kobayashi et al. 1991). Ta se projevuje celkovým vadnutím rostliny a červenohnědým zbarvením vodivých pletiv stonku (Higley et al. 1995). Dalšími symptomy jsou tvorba chlorózy na listech a vznik nekrotických oblastí na pletivech (Obr. 8). Ukázalo se, že přítomnost *H. glycines* má na vznik hnědé hniloby stonku pozitivní efekt a zvyšuje tak i její účinek (Sugawara et al. 1997).



Obr. 8: Nekróza vodivých elementů sóji způsobená druhem *Cadophora gregata*. Převzato z <https://alchetron.com/Phialophora-gregata>

## Fytopatogenní druhy rodu *Cadophora*

Kromě již zmíněného druhu *C. gregata* patří mezi fytopatogenní druhy rodu *Cadophora* například *Cadophora luteo-olivacea*, *Cadophora melinii* a *Capophora malorum*. Uvedené druhy byly studovány v souvislosti s napadáním hospodářsky významných dřevin, jako například *Vitis vinifera* nebo *Actinidia delicosa* (Prodi et al. 2008, Gramaje et al. 2011, Travadon et al. 2015). Jsou schopny napadat různé části rostliny včetně plodů, například jablka, hrušky či plody kiwi (Spadaro et



Obr. 9: Petriho nemoc - černání xylému. Převzato z Moyo et al. (2014)

al. 2011). Vyskytují se zejména v mediteránních a jiných teplých oblastech, například v Kalifornii, Jižní Africe, Španělsku a Uruguayi (Travadon et al. 2015). Uvedené houby se šíří primárně nepohlavně konidiami, jež se do rostlin mohou dostat skrze mechanicky poškozená pletiva, kupříkladu po jejich zastřihávání (Halleen et al. 2007). *Cadophora luteo-olivacea* a *C. malorum* si jsou velmi podobné jak morfologickými znaky, tak i svým fytopatologickým projevem. Pro zjednodušení určování těchto druhů vyvinuli Sparado et al. (2011) molekulární identifikační test. Sekvenací ITS obou druhů objevili, že se *C. luteo-olivacea* od *C. malorum* liší sekvencí 22 nukleotidů. Za použití speciálních primerových párů pro PCR je tak možné druhy rychle určit.

*Cadophora luteo-olivacea* je jedním z druhů, způsobující Esca a Petriho nemoci. Ty se projevují lézemi na dřevě a černáním xylému dřevin (Obr. 9). Halleen et al. (2003) izolovali *C. luteo-olivacea* z kořenů zdravých rostlin *V. vinifera*. Izoláty byly využity v testech patogenicity pro jejich následující studii (Halleen et al. 2007). Při inokulaci řezných ran na kmenech, pozorovali Petriho nemoc na *V. vinifera*, prokazatelně vyvolanou druhem *C. luteo-olivacea*. Podobné výsledky získali ve svém testu patogenicity i Gramaje et al. (2011), kde pozorovali léze na xylému. Izoláty, které Gramaje et al. (2011) zkoumali, pocházely ze španělských vinic. Izolovány byly jak ze zdravých dřevin *V. vinifera*, tak z rostlin, vykazující příznaky Petriho nemoci. Vzorky byly určeny na základě sekvenace ITS jako *C. luteo-olivacea* a *C. melinii*. Jednotlivé izoláty *C. luteo-olivacea* měly malou genetickou variaci. To samé platilo i pro *C. melinii*, což potvrzuje, že se zmíněné druhy šíří nepohlavně konidiami.

Travadon et al. (2015) popsali v severní Americe tři nové druhy spojené s fytopatogenicitou na *V. vinifera*, a to *C. novieboraci*, *C. spadicis* a *C. orientoamericana*. Všechny tyto, společně s druhy *C. luteo-olivacea* a *C. melinii*, utvořily při testu patogenicity na rostlinách vinné révy černání xylému (Travadon et al. 2015). Popsání druhu *C. spadicis* ovšem zpochybnili Bien & Damm (2020). Podle nich Travadon et al. (2015) zaměnili *Cadophora melinii* za *Cadophora spadicis*. Dále Bien & Damm (2020) kritizovali neuvedení holotypu pro *Cadophora spadicis*. Namísto toho byl pouze uveden neotyp, a to navzdory tomu, že originální materiál byl k dispozici. Z těchto



Obr. 10: Řez kmenem *Actinidia delicosa* s příznaky elefantiózy, způsobené *C. luteo-olivacea*  
Převzato z Prodi et al. (2008)



důvodů považovali Bien & Damm (2020) název *Cadophora spadicis* za nesprávný. Popsali proto druh znovu jako *Cadophora ramosa* Damm & S. Bien.

Další nemocí způsobenou zástupcem rodu *Cadophora* je elefantióza, která byla pozorována také na *Actinidia delicosa* (Prodi et al. 2008). Hlavními příznaky elefantiózy jsou zhoršená struktura dřeva a výrazné zmenšení plodů, které nedozrávají. Na dřevě rostliny se tvoří hnědě zbarvené odumřelé buňky obklopené vybledlými místy. Zároveň dochází k zvětšení průměru kmene až o 60 % oproti zdravé rostlině. (Obr. 10). Prodi et al. (2008) jako první izolovali druh *C. melinii* z kmene *A. delicosa*. Schopnost kolonizace *A. delicosa* druhu rodu *Cadophora* potvrdili i testy patogenicity, kde kromě *C. melinii*, byla schopna kiwi kolonizovat i *C. luteo-olivacea*.

Fytopatogenní houby rodu *Cadophora* ovšem mohou být využity i pro biologický boj. Dagno et al. (2011) při jejich výzkumu zjistili, že *C. malorum* je patogenem rostlin druhu *Eichhornia crassipes* a potenciálně by mohla být využita v rámci biologického boje proti této invazní rostlině. Vodní hyacint zarůstá zavlažovací systémy na rýžových polích. Dagno et al. (2011) izolovali z vodního hyacinthu nalezeného na Mali dva houbové patogeny. Jedním z nich byla právě *C. malorum*. Zkoumané houby tvořily nekrózu na rostlině v některých případech již po jednom dni od naočkování. Při pokusech použití těchto fytopatogenů mimo laboratoř byl účinek hub nižší. Dagno et al. (2011) se domnívají, že na výsledek měl vliv jednak sluneční svit, který byl na poli intenzivnější než v laboratoři a dále velké rozdíly teplot mezi dnem a nocí. Pro zvýšení efektivity fytopatogenů autoři doporučili nasazovat *C. malorum* na podzim. V případě masového využití *C. malorum*, v souvislosti s biologickým bojem proti vodnímu hyacintu, by byl nejvhodnějším substrátem pro růst houby samotný hyacint. Dagno et al. (2011) návrh zdůvodnili snadnou dostupností hyacinthu a díky tomu, i jeho nízké ceně. Navíc v rámci testování sporulace *C. malorum* na různých substrátech (vodní hyacint, neloupaná rýže a krupice), sporulovala houba na hyacintu výrazně nejlépe.

## **Endofytické druhy rodu *Cadophora***

Endofyty jsou organismy, kolonizující různé části rostlin. Mohou mít s rostlinou různé symbiotické vztahy jako například mutualismus, fakultativně saprobní či parazitický (Schulz and Boyle 2005). V mykologii se často za endofyta považuje takový druh, který své hostitelské rostlině nezpůsobuje žádné pozorovatelné symptomy.

Nejvýznamějším endofytickým druhem rodu *Cadophora* je *C. orchidicola* (původně *Leptodontidium orchidicola*), jež poprvé izolovali Currah et al. (1987) z kořenů čtyř různých

druhů orchidejí (*Coeloglossum viride*, *Corallorhiza maculata*, *Platanthera hyperborea*, *Calypso bulbosa*). Mycelium na agarovém médiu má světle až tmavošedou či šedohnědou barvu (Berthelot et al. 2016).

*Cadophora orchidicola* patří do skupiny tmavých septovaných endofytů neboli DSE. Jedná se o polyfyletickou skupinu složenou z endofytických hub s podobnými morfologickými znaky. Houby ze skupiny DSE nejčastěji kolonizují kořeny rostlin. Z tohoto důvodu jsou převážně terestrické. Zmíněná skupina hub byla studována v souvislosti s jejím výskytem v půdě znečištěné těžkými kovy (Berthelot et al. 2016). V případě *C. orchidicola* byly vzorky izolovány z australských a belgických půd, kontaminovaných zinkem a kadmíem. Berthelot et al. (2016) zjistili, že koncentrace kovů v půdě pravděpodobně nesouvisí se schopností hub těžké kovy tolerovat. Tato vlastnost je nejspíše ovlivněna množstvím melaninu v buněčných stěnách hub. Díky přítomnosti karboxylových, fenolových, hydroxylových a aminových skupin v melaninu poskytují pro kovové ionty vazebná místa a tím snižují jejich toxicitu.

Dále Berthelot et al. (2016) našli mikrosklerocia na kořenech rostlin kolonizovaných *C. orchidicola*. U těchto rostlin zaznamenali zrychlení růstu. Pozitivní efekt způsobený přítomností endofytických hub byl pozorován i na rostlině rajčete (*Solanum lycopersicum*) (Andrade-Linares et al. 2011). *Cadophora orchidicola* ovšem působila na mladé rostliny pozitivně pouze do doby, než došlo k jejich rozkvětu. U jedinců s naočkovanou *C. orchidicola*, Andrade-Linares et al. (2011), zaznamenali zvýšení počtu vyprodukovaných plodů, které navíc obsahovaly více glukózy než plody rostlin, jež nebyly kolonizovány. Vyšší hladinu glukózy v plodech Andrade-Linares et al. (2011) zdůvodnili právě přítomností *C. orchidicola*. Endofytické houby produkují hormony podobné auxinu a mohou tak hormonálně stimulovat růst rostliny. Kolonizace *C. orchidicola* ale nemusí mít pro rostliny pouze pozitivní efekt. V minulosti byla například pozorována nekróza cévních svazků vrby (*Salix glauca*), vyvolaná druhem *C. orchidicola* (Fernando and Currah 1996). Kořeny vrby byly houbou osídleny jak intra, tak extracelulárně. Nicméně, ve studiích Berthelot et al. (2016) ani a Andrade-Linares et al. (2011) žádná nekróza zaznamenána nebyla. *Cadophora orchidicola* tedy dokáže na rostliny působit jak mutualisticky, tak paraziticky. Fernando & Currah (1996) se domnívali, že chování houby závisí hlavně na kmenu houby a druhu rostliny.

Při nepřítomnosti vhodné hostitelské rostliny je druh *C. orchidicola* schopna obsadit i odlišné niky jako saprotrof (Day and Currah 2011). Ten byl naočkovan na testovaném substrátu, *Hylocomium splendens*, sterilizovaném v autoklávu. *Hylocomium splendens* byl

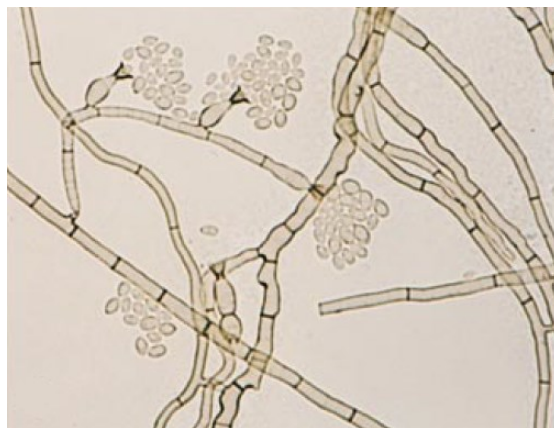
vybrán záměrně i přes to, že pro růst DSE není ideální. Jedná se o rozšířený druh mechu, jež je na zkoumaných místech pozorován i před tím, než se zde objeví i cévnaté rostliny, které jsou dobrými hostiteli DSE. *Cadophora orchidicola* na substrátu vytvořila rozsáhlé mycelium, a dokonce i sporulovala. Byla zde také pozorována penetrace buněčných stěn, ve kterých druh *C. orchidicola* tvořila mikrosklerocia. Tím bylo dokázáno, že *C. orchidicola* dokáže růst i na obtížně rozložitelném substrátu.

Navzdory faktu, že houby ze skupiny DSE jsou primárně terestrické, byla *C. orchidicola* izolována i z kořenů vodních rostlin (Kohout et al. 2012). Izolovali ji z *Littorella uniflora* pocházející z oligotrofních jezer v Norsku.

## Druhy hub podobné rodu *Cadophora*

### *Phialophora verrucosa*

Rod *Phialophora* popsal Medlar (1915) s typovým druhem *Phialophora verrucosa* (Obr. 11). Poté co Conant (1937) synonymizoval s tímto rodem 7 druhů rodu *Cadophora*, následně Gams (2000) rody rozlišil (viz Úvod). Dnes je tento rod řazen do řádu *Chaetothyriales*. Druh *P. verrucosa* vyniká fialidickými konidiogenními buňkami



Obr. 11: *Phialophora verrucosa* – fialidové konidiogenní buňky a konidie Převezto z Kimura et al. (2003)

s límečky a septovanými hyfami (Obr. 11). *Phialophora verrucosa* je schopna žít saprotroficky, ale i paraziticky jako patogenní druh, který způsobuje chromoblastomykózu. Ta se projevuje lézemi na pokožce nakaženého člověka. Na povrchu zkoumaného vzorku kůže, pacienta napadeného *P. verrucosa*, Medlar (1915) pozoroval modrošedé zbarvení. Ve tkáni se vyskytovaly zvětšené kulovité buňky, jež byly nazvány sklerotické, též známé jako Medlar bodies. Velikost těchto buněk se v některých případech výrazně lišila. Medlar (1915) také pozoroval, že se konidie uvolňují z neseptovaných sklerotických buněk, anebo sklerocií.

Později došlo k synonymizaci druhu *P. verrucosa* s druhem *P. americana*, který byl izolován z dřevní buničiny břízy, borovice či topolu v severní Americe. Ačkoliv pocházely z jiných substrátů a na nich se lišily, po kultivaci obou druhů na dvou kouscích borovicového dřeva, Cole & Kendrick (1973) při prozkoumání obou vzorků zjistili, že oba druhy jsou morfologicky totožné. Nicméně ani v jednom případě nebyly pozorovány žádné zvětšené

kulovité buňky, jaké uváděl Medlar (1915). Cole & Kendrick (1973) tyto polymorfizmy přisuzovali stresu ve tkáních.

### ***Hyaloscypha finlandica***

Původně byl druh *Hyaloscypha finlandica* (C.J.K. Wang & H.E. Wilcox) Vohník, Fehrer & Réblová popsán jako *Phialophora finlandica* C.J.K. Wang & H.E. Wilcox. Harrington & McNew (2003) ji na základě dat získaných sekvenací ITS zařadili do rodu *Cadophora* pod jménem *Cadophora finlandica*. V současné době je ovšem na základě molekulárních dat spojována s rodem *Hyaloscypha*, který je součástí řádu *Helotiales*, čeledi *Hyaloscyphae* (Fehrer et al. 2019).

*Hyaloscypha finlandica* produkuje na agaru černošedé mycelium (Wang and Wilcox 1985). Její hyfy jsou septované, mají světle hnědou barvu a příležitostně tvoří smyčky. Vytváří shluky fialidických konidiogenních buněk s výraznými límečky. Konidie mají kulovitý tvar bez septování a světle hnědou barvu.

*Hyaloscypha finlandica* patří mezi mykorhizní druhy hub. Je schopna tvořit endomykorhizu i erikoidní mykorhizu. Houba byla studována pro svoji odolnost vůči přítomnosti těžkých kovů (Dos Santos Utmazian et al. 2007, De Maria et al. 2011). Zmíněná vlastnost je zajímavá díky potencionální možnosti houby využívat při fytoextrakci. Jedná se o proces čištění půdy, zamořené kupříkladu těžkými kovy, za pomoci rostlin. Schopnost absorpce kovů rostlinou může být ovlivněno přítomností mykorhizních hub. Tento efekt byl studován na mykorhize vytvořené mezi *H. finlandica* s dřevinami *Salix caprea* a *S. smithiana* na substrátu obsahujícím těžké kovy (Dos Santos Utmazian et al. 2007). Výsledky studie ale nepotvrdily žádný vztah mezi přítomností mykorhizy a obsahem kovů v rostlinách. V následující práci se De Maria et al. (2011) pokusili na vrby (*Salix* spp.) kromě druhu *H. finlandica* naočkovat i další mikroorganismy (jako například bakterie *Agromyces* a *Streptomyces*). Substrát zvolený pro tento test obsahoval kadmium, zinek a železo. Ukázalo se, že kořeny a listy rostlin, které byly naočkovány druhem *H. finlandica* společně s bakteriemi rodu *Agromyces*, obsahovaly zvýšené množství kadmia a zinku. Studie tedy dokazuje možnost využití *H. finlandica* v kombinaci s bakteriemi rodu *Agromyces* při snahách o čištění půdy za pomoci fytoextrakce.

## *Phialocephala fortinii*

Rod *Phialocephala* byl původně vytvořen pro dva druhy hub (*P. dimorphospora* Kendrick a *P. bactrospora* Kendrick) rodu *Leptographium*, které tvoří fialidické konidiogenní buňky (Kendrick 1961, Jacobs et al. 2003). V současné době je rod spojován s řádem *Helotiales*, čeledí *Mollisiaceae*.

*Phialocephala fortinii* C.J.K. Wang & H.E.

Wilcox byla popsána jako rychle rostoucí houba, s tmavě zelenými až hnědě černými hyfami a světle hnědými

fialidami s límečky (Wang and Wilcox 1985). Pro tento druh jsou typické shluky fialid (Obr. 12) a tvorba sklerocií na kořenech jí kolonizovaných rostlin (Jumpponen et al. 1998).

*Phialocephala fortinii* je, stejně jako například s *C. orchidicola*, jedním z hlavních představitelů tmavých septovaných endofytů. *Phialocephala fortinii* není příliš hostitelsky specifická. Vyskytuje se v kořenech dřevin jako *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Pinus sylvestris* či *Picea abies* (Ahlich and Sieber 1996). Dále byla například izolována i z kořenů orchidejí (*Calypso bulbosa*) a rostlin čeledi *Ericaceae* (*Casiope mertensiana*, *Luetkea ectinata*) (Currah et al. 1988, Stoyke and Currah 1991).

*Phialocephala fortinii* vytváří s rostlinami čeledi *Ericaceae*, v oblastech Alp, struktury podobné erikoidní mykorhize (Stoyke and Currah 1991). Byly zde pozorovány provazcovité struktury ze sterilních hyf, které prorůstají do středního válce kořenu hostitelské rostliny. V kořenových buňkách *P. fortinii* tvořila struktury podobné sklerociím (Stoyke and Currah 1993). Její efekt na tyto rostliny z čeledi *Ericaceae* ovšem není znám (Stoyke and Currah 1993).

Endofytické houby jsou také častým tématem studií zaměřených na boj s fytopatologickými druhy (Narisawa et al. 2002, Khastini et al. 2012, Surono and Narisawa 2018). Úspěšně byl endofytický druh *Cladophialophora chaetospira* (Grove) Crous & Aranlou využit při inhibici fytopatogenního druhu *Verticillium dahliae* Kleb v čínské kapustě (Narisawa et al. 2000). Na svojí studii navázali výzkumem inhibice růstu *V. dahliae*, jež způsobuje takzvané verticiliové vadnutí v rostlinách lilku za využití *P. fortinii* (Narisawa et al. 2002). Jejich cílem bylo ověřit hypotézu z minulé práce, a to, že běžně se vyskytující houboví kořenoví endofyté, mají potenciál potlačovat nemoci jimi kolonizovaných rostlin. Sazenice



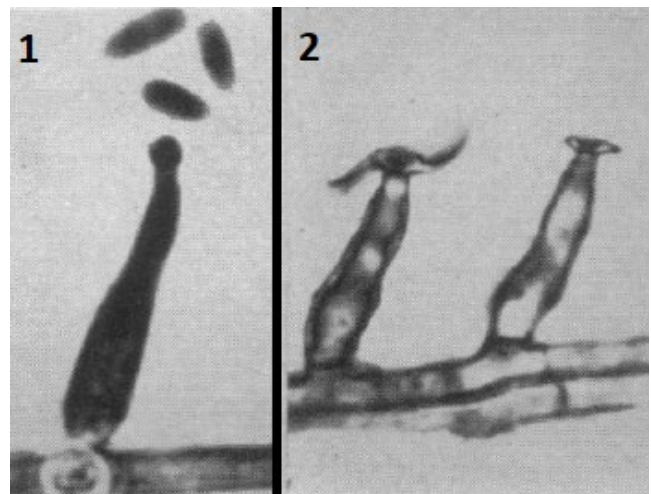
Obr. 12: *Phialocephala fortinii* – konidiogenní buňky (shluky fialid)  
Převzato z fotestpathology.ethz.ch (DSE)

lilku byly pěstovány po dobu dvou měsíců. Následně byl přidán substrát obsahující *P. fortinii*, aby došlo ke kolonizaci rostlin. Poté byla na agar dodána i *V. dahliae*. *Phialocephala fortinii* úspěšně inhibovala *V. dahliae* v lilku. Pozoruhodné je, že nejlépe inhibovaly růst patogenní houby ty izoláty *P. fortinii*, které byly izolovány z volně rostoucího lilku. Schopnost *P. fortinii* inhibovat fytopatogenní druhy hub byla potvrzena i na druhu *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagii* S.I. Cohen, který způsobuje hnilobu *Asparagus officinalis* (Suroño and Narisawa 2018). Při párových testech *P. fortinii* inhibovala růst *F. oxysporum* v pěti případech z osmi. Následně byla *P. fortinii* naočkována přímo na rostliny *A. officinalis*. Některé kmeny *P. fortinii* úspěšně potlačily *F. oxysporum* tak, že se na rostlinách neprojevovaly žádné příznaky nemoci. V případě kmenů *P. fortinii*, které nebyly schopny *F. oxysporum* inhibovat, bylo pozorováno zrychlení růstu *A. officinalis*. Biomasa nadzemních částí všech kolonizovaných rostlin, byla totiž větší (jak na agaru, tak v substrátu), než u kontrolních sterilních rostlin. Očkování chřestů lékařského houbou *P. fortinii* se tímto prokázalo být potenciaálně dobrým nástrojem při biologickém boji s fusariovou infekcí.

### ***Pleurostoma richardsiae***

Druh *Pleurostoma richardsiae* (Nannf.) Réblová & Jaklitsch byl poprvé izolován z dřevní buničiny a popsán jako *Cadophora richardsiae* (Melin and Nannfeldt 1934). Dnes je spojován s čeledí *Pleurostomataceae* řádu *Calosphaeriales* (Réblová et al. 2004, 2015).

Na sladinném agaru tvoří kolonie světlé hnědé mycelium (Cole and Kendrick 1973). Typickým znakem *P. richardsiae* je tvorba dvou různých typů fialid v závislosti na stáří hyf (Obr. 13). Primární fialidy vyrůstají z mladých hyf. Jsou válcovité, mají světle hnědé zbarvení a tenkou stěnu. Tvoří oválné, hyalinní konidie. Sekundární fialidy vyrůstají ze starších hyf. Mají také světle hnědé zbarvení, ale mají hruškovitý tvar a dlouhý límeček. Konidie z těchto fialid jsou světle hnědé, kulovité s plochou bazální jizvou.



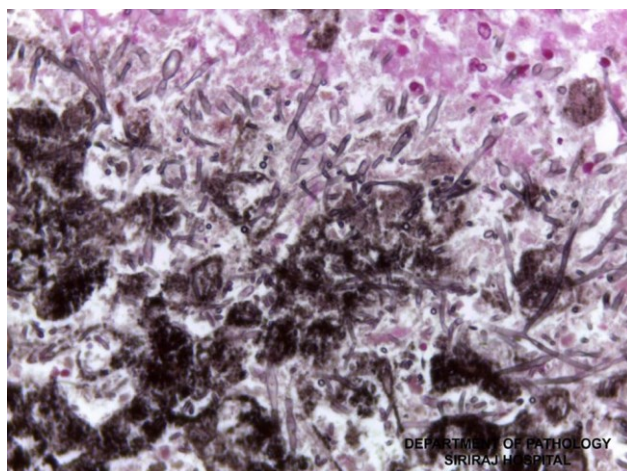
Obr. 13: *Pleurostoma richardsiae* – 1) Fialida primární 2) Fialidy sekundární Převzato z Cole & Kendrick (1973)

*Pleurostoma richardsiae* je patogenním druhem, který napadá primárně rostliny. Mezi nejvýznamnější nemoci, které *P. richardsiae* způsobuje, patří Esca a Petriho choroby na vinné



révě (Halleen et al. 2007, Rolshausen et al. 2010). Schopnost *P. richardsiae* vyvolávat příznaky těchto nemocí, byla poprvé pozorována při testech patogenicity v rámci studie nemocí kmenů vinné révy v Jižní Africe (Halleen et al. 2007). Rolshausen et al. (2010) následně oficiálně propojili *P. richardsiae* s Esca a Petriho nemocemi. Stejně jako v případě druhu *C. luteo-olivacea*, houba napadá vodivá pletiva rostliny, způsobuje na kmenech léze a hnědnutí částí dřeva. Druh *P. richardsiae* byl pozorován i jako patogen mandlovníku (Olmo et al. 2015). V testech patogenicity se na dřevě mandlovníků objevily stejné příznaky jako v případě Petriho nemoci na vinné révě. Olmo et al. (2015) proto navrhli, aby tato houba byla oficiálně považována za patogenní druh mandlovníků. Další nikou druhu *P. richardsiae* jsou olivovníky (Carlucci et al. 2013, Canale et al. 2019). Carlucci et al. (2013) provedli testy patogenicity inokulací *P. richardsiae* do ran v internodiích stromů rodu *Olea*. Dokázali tak, že *P. richardsiae* je jejich silným patogenem. V porovnání s ostatními jimi testovanými houbami, byl *P. richardsiae* shledán nejagresivnější, protože způsoboval na dřevě nejrozsáhlejší hnědé skvrny. Dále byl *P. richardsiae* zodpovědný za vadnutí apikálních listů. Carlucci et al. (2013) také poznamenali, že nejvíce fytopatogenních hub izolovali ze starých stromů rodu *Olea*, ale *P. richardsiae* byl jako jediný z testovaných hub izolován i z mladých stromů (18-22 let). Navíc všechny rostliny, ze kterých byl izolován, měly na sobě patrné symptomy nemoci.

Ve vzácných situacích může *P. richardsiae* být i patogenem člověka, a to zejména u imunopresovaných jedinců, jako například pacientů s nemocí HIV (Uberti-Foppa et al. 1995). Jedním z dalších způsobů, kterým může *P. richardsiae* infikovat svého hostitele, je napadnout dárcovský orgán během transplantace. Sribenjalux et al. (2019) uvádí případ 57-ti letého muže, kterému měla být transplantována játra. Právě dárcovská játra byla infikována *P. richardsiae* a po několika měsících začala selhávat. Pacient tedy musel podstoupit druhou operaci, která již byla úspěšná. Při zkoumání jater z první operace byla nalezena rozsáhlá nekróza a velké množství septovaných hyf (Obr. 14).



Obr. 14: Pleurostoma richardsiae –Hystologický řez játry s rostoucími hyfami Převzato z Sribenjalux et al. (2019)

*Pleurostoma richardsiae* v játrech tvořila oba typy konidií (primární i sekundární). Houba byla izolována i ze vzorku krve, ale to bylo předtím považováno pouze za znečištěný vzorek.

## **Závěr**

Rod *Cadophora* je malým a stále velmi aktivně zkoumaným anamorfním rodem vřeckovýtrusných hub. Nachází se zde na jednu stranu druhy relativně často zkoumané, které byly předmětem mnoha studií jako například *C. luteo-olivacea*, *C. orchidicola* a *C. fastigiata* a na druhou stranu druhy prakticky neznámé jako *C. antarctica*, *C. margaritata* či jiné nedávno popsané druhy. Je zde proto prostor pro témata nových prací zabývajících se zástupci rodu *Cadophora*. Navíc se jedná o polyfyletický rod, z něhož většina zástupců nebyla propojena s žádnou teleomorfoú, což může také být tématem budoucích prací věnujících se tomuto rodu.



## Použitá literatura

- Ahlich K, Sieber TN. 1996. The profusion of dark septate endophytic fungi in non-ectomycorrhizal fine roots of forest trees and shrubs. *New Phytol.* 132:259–270, doi:10.1111/j.1469-8137.1996.tb01845.x.
- Andrade-Linares DR, Grosch R, Restrepo S, Krumbein A, Franken P. 2011. Effects of dark septate endophytes on tomato plant performance. *Mycorrhiza.* 21:413–422, doi:10.1007/s00572-010-0351-1.
- Arenz BE, Blanchette RA. 2009. Investigations of fungal diversity in wooden structures and soils at historic sites on the Antarctic Peninsula. *Can J Microbiol.* 55:46–56, doi:10.1139/W08-120.
- Arenz BE, Held BW, Jurgens JA, Farrell RL, Blanchette RA. 2006. Fungal diversity in soils and historic wood from the Ross Sea Region of Antarctica. *Soil Biol Biochem.* 38:3057–3064, doi:10.1016/j.soilbio.2006.01.016.
- Berthelot C, Leyval C, Foulon J, Chalot M, Blaudez D. 2016. Plant growth promotion, metabolite production and metal tolerance of dark septate endophytes isolated from metal-polluted poplar phytomanagement sites. *FEMS Microbiol Ecol.* 92:1–14, doi:10.1093/femsec/fiw144.
- Bien S, Damm U. 2020. *Arboricolonus simplex* gen. et sp. nov. and novelties in *Cadophora*, *Minutiella* and *Proliferodiscus* from *Prunus* wood in Germany. *MycKeys.* 63:119–161, doi:10.3897/mycokeys.63.46836.
- Blanchette RA, Held BW, Jurgens JA, Mcnew DL, Harrington TC, Duncan SM, Farrell RL. 2003. Wood-Destroying Soft Rot Fungi in the Historic Expedition Huts of Antarctica. *70:1328–1335*, doi:10.1128/AEM.70.3.1328.
- Canale MC, Nesi CN, Ramos B, Arthur C, Da H, Cesar E. 2019. *Pleurostomophora richardsiae* associated with olive tree and grapevine decline in Southern Brazil. *2014:201–205*, doi:10.14601/Phytopathol.
- Carlucci A, Raimondo ML, Cibelli F, J.L. Phillips A, Lops F. 2013. *Pleurostomophora richardsiae*, *Neofusicoccum parvum* and *Phaeoacremonium aleophilum* associated with a decline of olives in southern Italy. *517–527*.
- Carris LM, Glawe DA. 1986. Isolation of the Soybean Pathogens *Corynespora cassiicola* and *Phialophora gregata* from Cysts of *Heterodera glycines* in Illinois Author ( s ): L . M . Carris , D . A . Glawe and L . E . Gray. *78:503–506*.
- Cole GT, Kendrick B. 1973. Taxonomic Studies of *Phialophora*. *Mycologia.* 65:661–688.
- Conant NF. 1937. The occurrence of a human pathogenic fungus as a saprophyte in nature. *Mycologia.* 597–598.
- Cormack M. 2017. *Cadophora antarctica*. *39:286–287*.
- Currah ARS, Hambleton S, Smreciu A, American S, May N, Currah RS, Hambleton S, Smreciu A. 1988. *Mycorrhizae and Mycorrhizal Fungi of Calypso bulbosa*. *75:739–752*.
- Currah RS, Sigler L, Hambleton S. 1987. New records and new taxa of fungi from the mycorrhizae of terrestrial orchids of Alberta. *Can J Bot.* 65:2473–2482, doi:10.1139/b87-336.
- Dagno K, Lahlali R, Diourteacute M, M Jijakli H ssam. 2011. Production and oil-emulsion formulation of *Cadophora malorum* and *Alternaria jacinthicola*, two biocontrol agents against Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *African J Microbiol Res.* 5:924–929, doi:10.5897/ajmr10.882.
- Davidson EW. 1935. Fungi causing stain in logs and lumber in the southern States, including five new

species. *J Agric Res.* 50:789-807 pp.

Day MJ, Currah RS. 2011. Role of selected dark septate endophyte species and other hyphomycetes as saprobes on moss gametophytes. *Botany.* 89:349–359, doi:10.1139/b11-023.

Day MJ, Hall JC, Currah RS. 2012. Phialide arrangement and character evolution in the helotialean anamorph genera *Cadophora* and *Phialocephala*. *Mycologia.* 104:371–381, doi:10.3852/11-059.

Ekanayaka AH, Hyde KD, Gentekaki E, McKenzie EHC, Zhao Q, Bulgakov TS, Camporesi E. 2019. Preliminary classification of Leotiomycetes. *Mycosphere.* 10:310–489, doi:10.5943/mycosphere/10/1/7.

Fehrer J, Réblová M, Bambasová V, Vohník M. 2019. The root-symbiotic *Rhizoscyphus ericae* aggregate and *Hyaloscypha* (Leotiomycetes) are congeneric: Phylogenetic and experimental evidence. *Stud Mycol.* 92:195–225, doi:10.1016/j.simyco.2018.10.004.

Fernando AA, Currah RS. 1996. A comparative study of the effects of the root endophytes *Leptodontidium orchidicola* and *Phialocephala fortinii* (Fungi Imperfecti) on the growth of some subalpine plants in culture. *Can J Bot.* 74:1071–1078, doi:10.1139/b96-131.

Gabriel J. 2013. Dřevokazné houby v interiérech. *Živa.* 2:54–57.

Gams W. 2000. *Phialophora* and some similar morphology little-differentiated anamorphs of divergent ascomycetes. 13.

Gramaje D, Mostert L, Armengol J. 2011. Characterization of *Cadophora luteo-olivacea* and *C. melinii* isolates obtained from grapevines and environmental samples from grapevine nurseries in Spain. *Phytopathol Mediterr.* 50:112–126, doi:10.14601/Phytopathol\_Mediterr-8723.

Greenleaf M, Korf R. 1980. *Mollisia* in Macronesia: An exercise in frustration. *Mycotaxon.* 10:459–472.

Halleen F, Crous PW, Petrini O. 2003. Fungi associated with healthy grapevine cuttings in nurseries, with special reference to pathogens involved in the decline of young vines. *Australas Plant Pathol.* 32:47–52, doi:10.1071/AP02062.

Halleen F, Mostert L, Crous PW. 2007. Pathogenicity testing of lesser-known vascular fungi of grapevines. *Australas Plant Pathol.* 36:277–285, doi:10.1071/AP07019.

Harrington TC, McNew DL. 2003. Phylogenetic analysis places the phialophora-like anamorph genus *Cadophora* in the Helotiales.

Held BW, Jurgens JA, Duncan SM, Farrell RL, Blanchette RA. 2006. Assessment of fungal diversity and deterioration in a wooden structure at New Harbor, Antarctica. *Polar Biol.* 29:526–531, doi:10.1007/s00300-005-0084-3.

Higley PM, Martinson CA, Tachibana H. 1995. Effect of Brown Stem Rot on Water Relations of Soybean. *J Phytopathol.* 143:121–124, doi:10.1111/j.1439-0434.1995.tb00243.x.

Jacobs A, Coetzee MPA, Wingfield BD, Jacobs K, Wingfield MJ, Jacobs A, Coetzee MPA, Wingfield BD, Jacobs K, Wingfield BD, Jacobs K, Wingfield MJ. 2003. Phylogenetic relationships among *Phialocephala* species and other ascomycetes. 5514, doi:10.1080/15572536.2004.11833068.

Jumpponen A, Mattson KG, Trappe JM. 1998. Mycorrhizal functioning of *Phialocephala fortinii* with *Pinus contorta* on glacier forefront soil: Interactions with soil nitrogen and organic matter. *Mycorrhiza.* 7:261–265, doi:10.1007/s005720050190.

Kendrick WB. 1961. the *Leptographium* Complex. *Phialocephala* Gen. Nov. *Can J Bot.* 39:1079–1085.

- Khastini RO, Ohta H, Narisawa K. 2012. The Role of a Dark Septate Endophytic Fungus , *Veronaeopsis simplex* Y34 , in Fusarium Disease Suppression in Chinese Cabbage. 50:618–624, doi:10.1007/s12275-012-2105-6.
- Kimura M, Goto A, Furuta T, Satou T, Hashimoto S, Nishimura K. 2003. Multifocal subcutaneous phaeohyphomycosis caused by *Phialophora verrucosa*. Arch Pathol Lab Med. 127:91–93.
- Kobayashi K, Yamamoto H, Negishi H, Ogoshi A. 1991. Formae Speciales Differentiation of *Phialophora gregata* Isolates from Adzuki Bean and Soybean in Japan. 231:225–231.
- Kohout P, Sýkorová Z, Čtvrtlíková M, Rydlová J, Suda J, Vohník M, Sudová R. 2012. Surprising spectra of root-associated fungi in submerged aquatic plants. FEMS Microbiol Ecol. 80:216–235, doi:10.1111/j.1574-6941.2011.01291.x.
- Lagerberg T, Lundberg G, Melin E. 1927. Biological and Practical researches into blueing in pine and spruce.
- Linnakoski R, Kasanen R, Lasarov I, Marttinen T, Oghenekaro AO, Sun H, Asiegbu FO, Wingfield MJ, Hantula J, Heliövaara K. 2018. *Cadophora margaritata* sp. nov. and other fungi associated with the longhorn beetles *Anoplophora glabripennis* and *Saperda carcharias* in Finland. Antonie van Leeuwenhoek, Int J Gen Mol Microbiol. 111:2195–2211, doi:10.1007/s10482-018-1112-y.
- Maciá-Vincente JG, Pipenbring M, Koukol O. 2020. Brassicaceous roots as an unexpected diversity hot-spot of helotialean endophytes. IMA Fungus. doi:https://doi.org/10.1186/s43008-020-00036-w.
- Maria S De, Rivelli AR, Kuffner M, Sessitsch A, Wenzel WW, Gorfer M, Strauss J, Puschenreiter M. 2011. Interactions between accumulation of trace elements and macronutrients in *Salix caprea* after inoculation with rhizosphere microorganisms. Chemosphere. 84:1256–1261, doi:10.1016/j.chemosphere.2011.05.002.
- Medlar EM. 1915. A cutaneous Infection caused by a new Fungus, *Phialophora Verrucosa*, with a Study of the Fungus. J Med Res. 32:507-522.9.
- Melin E, Nannfeldt JA. 1934. Researches into the blueing of ground wood-pulp. Sven Skogwardsforen Tidskr, 1934. 397-616 pp.
- Moyo P, Allsopp E, Roets F, Mostert L, Halleen F. 2014. The role of millipedes, ants and other arthropods in the dispersal of fungal pathogens associated with Petri disease and esca. Winel Mag. December 2.
- Narisawa K, Kawamata H, Currah RS, Hashiba T. 2002. Suppression of *Verticillium* wilt in eggplant by some fungal root endophytes. Eur J Plant Pathol. 108:103–109, doi:10.1023/A:1015080311041.
- Narisawa K, Ohki KT, Hashiba T. 2000. Suppression of clubroot and *Verticillium* yellows in Chinese cabbage in the field by the root endophytic fungus, *Heteroconium chaetospora*. Plant Pathol. 49:141–146, doi:10.1046/j.1365-3059.2000.00425.x.
- Olmo D, Armengol J, León M, Gramaje D. 2015. Pathogenicity testing of lesser-known fungal trunk pathogens associated with wood decay of almond trees. 607–611, doi:10.1007/s10658-015-0699-3.
- Prodi A, Sandalo S, Tonti S, Nipoti P, Pisi A. 2008. *Phialophora*-like fungi associated with kiwifruit elephantiasis. J Plant Pathol. 90:487–494, doi:10.4454/jpp.v90i3.692.
- Réblová M, Jaklitsch WM, Réblová K, Štěpánek V. 2015. Phylogenetic reconstruction of the calosphaeriales and togniniales using five genes and predicted RNA secondary structures of ITS, and *Flabellascus tenuirostris* gen. et sp. nov. PLoS One. 10, doi:10.1371/journal.pone.0144616.
- Réblová M, Mostert L, Gams W, Crous PW. 2004. New genera in the Calosphaeriales: *Togniniella* and

its anamorph *Phaeocrella*, and *Calosphaeriophora* as anamorph of *Calosphaeria*. *Stud Mycol.* 50:533–550.

Rolshausen PE, Úrbez-Torres JR, Rooney-Latham S, Eskalen A, Smith RJ, Gubler WD. 2010. Evaluation of pruning wound susceptibility and protection against fungi associated with grapevine trunk diseases. *Am J Enol Vitic.* 61:113–119.

Santos Utmazian MN Dos, Schweiger P, Sommer P, Gorfer M, Strauss J, Wenzel WW. 2007. Influence of *Cadophora finlandica* and other microbial treatments on cadmium and zinc uptake in willows grown on polluted soil. *Plant, Soil Environ.* 53:158–166, doi:10.17221/2310-pse.

Schulz B, Boyle C. 2005. The endophytic continuum. *Mycol Res.* 109:661–686, doi:10.1017/S095375620500273X.

Spadaro D, Pellegrino C, Garibaldi A, Gullino ML. 2011. Development of SCAR primers for the detection of *Cadophora luteo-olivacea* on kiwifruit and pome fruit and of *Cadophora malorum* on pome fruit. *Phytopathol Mediterr.* 50:430–441, doi:10.14601/Phytopathol\_Mediterr-9457.

Sribenjalux W. 2019. Disseminated phaeohyphomycosis with hepatic artery and portal vein thrombosis caused by *Pleurostomophora richardsiae* in a liver transplant recipient : A case report. 1–4, doi:10.1111/tid.13075.

Stoyke G, Currah RS. 1991. Endophytic fungi from the mycorrhizae of alpine ericoid plants. *Can J Bot.* 69:347–352, doi:10.1139/b91-047.

Stoyke G, Currah RS. 1993. Resynthesis in pure culture of a common subalpine fungus-root association using *Phialocephala fortinii* and *Menziesia ferruginea* (Ericaceae). *Arct Alp Res.* 25:189–193, doi:10.2307/1551812.

Sugawara K, Kobayashi K, Ogoshi A. 1997. Influence of the soybean cyst nematode (Heterodera Glycines) on the incidence of brown stem rot in soybean and adzuki bean. 29:1491–1498.

Surono, Narisawa K. 2018. The inhibitory role of dark septate endophytic fungus *Phialocephala fortinii* against *Fusarium* disease on the *Asparagus officinalis* growth in organic source conditions. *Biol Control.* 121:159–167, doi:10.1016/j.biocontrol.2018.02.017.

Travadon R, Lawrence DP, Rooney-Latham S, Gubler WD, Wilcox WF, Rolshausen PE, Baumgartner K. 2015. *Cadophora* species associated with wood-decay of grapevine in North America. *Fungal Biol.* 119:53–66, doi:10.1016/j.funbio.2014.11.002.

Uberti-Foppa C, Fumagalli L, Gianotti N, Viviani AM, Vaiani R, Gueho E. 1995. First case of osteomyelitis due to *Phialophora richardsiae* in a patient with HIV infection.

Wang CJK, Wilcox HE. 1985. New Species of Ectendomycorrhizal and Pseudomycorrhizal Fungi : *Phialophora finlandia* , *Chloridium paucisporum* , and *Phialocephala fortinii*. *Mycologia.* 77:951–958.