

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Přírodovědecká fakulta



Bakalářská práce

**DRUHOVÁ A SEZÓNŇNÍ VARIABILITA  
EKTOMYKORHIZNÍCH HUB V BUKOVÝCH  
POROSTECH**



Petra Zlesáková  
2009

Vedoucí práce: Ing. Miloslava Kavková, PhD

Zlesáková, P. 2009. Druhová a sezónní variabilita ektomykorhizních hub v bukových porostech [The seasonal variability and species diversity of ectomycorrhizal fungi in beech forest, BSc. Thesis, in Czech] The University of South Bohemia, Faculty of Science, České Budějovice. 37 pp.

## **ANNOTATION**

The objectives of this work described here was to evaluate the species diversity of the ectomycorrhizal fungi and their seasonal variability in two beech forests at the age of 40 years subjected to naturally regenerating beech forest in Blanský les and to the beech forest affected by anthropogenic factors in Rudolfovo during two growing season (2008 and 2007).

The ectomycorrhizal morphotypes were evaluated according to morphological characteristics under stereomicroscope. The number of concerned morphotypes, the frequency of ECM root tips per defined root length and the dominance of ECM morphotype in samples were assessed.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Českých Budějovicích, 30.4. 2009

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

.....

Petra Zlesáková

## **Poděkování**

Především bych chtěla poděkovat své školitelce Míle Kavkové za trpělivost a veškerou pomoc při psaní této práce a pomoc při sběru. Lucii děkuji za rady ohledně statistického vyhodnocení dat. Dále děkuji Martinovi, který mě vozil na lokality a pomáhal mi sbírat vzorky. V neposlední řadě děkuji mé rodině a přátelům za podporu a trpělivost.

# OBSAH

1. Úvod .....	1
2. Literární přehled.....	3
2.1. Mykorhizní symbióza.....	3
2.1.1. Termín mykorhiza .....	3
2.1.2. Ekologie mykorhizní symbiózy .....	3
2.2. Ektomykorhizní symbióza .....	4
2.2.1. Ekologie ektomykorhizní symbiózy .....	4
2.2.2. Vznik ektomykorhizy.....	4
2.2.3. Mimokořenové mycelium.....	5
2.2.4. Druhové spektrum .....	5
2.2.5. Druhová diverzita .....	6
2.2.6. Ektomykorhizní status buku.....	7
2.2.7. Vliv bučin na přestavbu smrkových monokultur.....	8
3. Materiál a metody .....	9
3.1. Lokality .....	9
3.2. Terénní práce .....	9
3.2.2. Sběr vzorků .....	9
3.3. Laboratorní práce .....	11
3.3.1. Morfologický popis a determinace .....	11
3.4. Statistické a zobrazovací metody .....	11
4. Výsledky .....	13
4.1. Nalezené ektomykorhizy .....	13
4.2. Výsledky mnohorozměrných metod pro četnosti špiček .....	18
4.3. Výsledky mnohorozměrných metod pro dominanci (procentuální zastoupení druhů ve vzorku) .....	20
5. Diskuze .....	24
5.1. Nalezené druhy .....	24

<b>5.2. Popisované znaky morfotypů .....</b>	<b>24</b>
<b>5.3. Statistická analýza .....</b>	<b>24</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>25</b>
<b>7. Literatura .....</b>	<b>26</b>
<b>Příloha 1 (Obrazové přílohy) .....</b>	<b>31</b>
<b>Příloha 2 (Popisy mykorhiz jednotlivých druhů) .....</b>	<b>32</b>
<b>Příloha 3 (Tabulky) .....</b>	<b>35</b>

# 1. Úvod

Ektomykorhizní symbióza (= ektomykorhiza) je symbiotické soužití mezi houbou a kořeny rostlin. Z hlediska taxonomie i geografie nejpopulárnějším a nejčastěji studovaným typem mykorhizní symbiózy v zahraničí i v České Republice. V našich podmínkách převládá u lesních dřevin (Smith et Read 1997).

Od 50. let 20. století se začaly objevovat studie, které popisovaly ektomykorhizy na dřevinách, a které se později staly základem anatomicko-morfologických vlastností ektomykorhiz. Studie ukázaly, že řadu ektomykorhizních morfotypů (tvarů mykorhiz) nebylo možné přiřadit k plodnicím hub, které rostly v jejich blízkosti, ale až za pomoci molekulárních metod bylo umožněno determinovat ektomykorhizní morfotypy. Přestože jsou molekulární techniky vhodné k determinaci ektomykorhiz, morfologické a anatomické vlastnosti jsou stále výchozím zdrojem informací pro lepší porozumění houbových symbiontů.

Již od 14. století stav lesních ekosystémů včetně jejich rozlohy druhové skladby výrazně ovlivňuje člověk. I problémy současnosti jsou spojeny s antropogenními faktory, s imisní zátěží, s turistickým ruchem. Opakovaně dochází k hynutí porostů vlivem houbových chorob. V důsledku pěstování smrkových monokultur a holosečného hospodaření dochází k degradaci lesní půdy, odplavování živin, ke změně její struktury. Základním opatřením by měla být změna dřevinné skladby, nahrazování smrkových monokultur listnatými dřevinami a přetvářet lesní ekosystémy tak, aby měly co nejvíce adaptačních schopností na globální změny.

Současná studie je zaměřená na zjištění druhového spektra a sezónní variability ektomykorhizních hub v daných bukových porostech a na morfologickém charakterizování daných morfotypů ektomykorhiz.

**Cíle práce:**

- 1) Zaměřit a vytyčit lokality
- 2) Sběr a identifikace plodnic
- 3) Rozbor půdních sond a následná identifikace ektomykorhiz
- 4) Fotodokumentace
- 5) Statistické vyhodnocení
- 6) Literární rešerše k dané problematice

## 2. Literární přehled

### 2.1. Mykorhizní symbióza

#### 2.1.1. Termín mykorhiza

Termín mykorhiza vznikl spojením řeckých slov *mykés*, *mykétas* (houba) a *rhíza*, *ríza* (kořen) a doslova znamená „houbokořen“ (Frank 1885). Je označována jako vzájemné soužití mezi kořeny rostlin a specifickou skupinou půdních hub. Toto soužití, při němž jsou si zpravidla oba partneři (houba a rostlina) nějakým způsobem vzájemně prospěšný, se nazývá symbiózou mykorhizní. Houba poskytuje rostlině lepší přísun živin a vody do kořene, zatímco rostlina poskytuje houbě některé produkty fotosyntézy.

Jiným způsobem formuloval mykorhizní symbiózu Michael F. Allen (1991), který napsal, že tato symbióza je vzájemné soužití mezi rostlinou a houbovým symbiontem lokalizovaným na kořeni, ve kterém tok uhlíkatých sloučenin nejdříve přechází z rostliny do houby a anorganické živiny naopak, tedy z houby do rostliny.

#### 2.1.2. Ekologie mykorhizní symbiózy

Mykorhizní symbiózy vznikly v průběhu fylogeneze zúčastněných organismů. První mykorhizy byly nalezeny již u paleontologických nálezů z období devonu u Tracheophyt (Pyrozynski et Malloch 1975). Důkaz z fosilních záznamů znázorňuje časně objevení mykorhizních hub v kořínkách (Stubblefield et al. 1987). Výzkum mykorhizy pokračuje více než sto let a počty publikovaných článků se zvyšuje exponenciálním růstem. Ačkoliv termín mykorhiza vytvořil a popsal německý botanik (Frank 1885), strukturní a ekologické vlastnosti byly rozpoznány dříve (Allen Michael F. 1991).

Mykorhizní houby jsou součástí všech ekosystémů a mohou velmi dobře představovat druhou největší součást biomasy v mnoha ekosystémech (Michael F. Allen 1991). Například v semi-aridních oblastech se vyskytuje až 96% mykorhizních rostlin, kteří tvoří dominantu vegetace (Davidson et Christensen 1977).

Je známo, že kolem 5000 druhů hub kolonizuje asi 2000 dřevin (K. G. Mukerji et al. 2002).



## **2.2. Ektomykorhizní symbióza**

### **2.2.1. Ekologie ektomykorhizní symbiózy**

Kolonizace kořenů ektomykorhizního typu je známa od roku 1841 (Tulasne et Tulasne 1841), ale nejprve byla považována za parazitismus. Význam této symbiózy byl správně zhodnocen a symbióza byla nazvána mykorhizní symbiózou v roce 1885 A. B. Frankem (Frank 1885).

Je zřejmé, že ektomykorhizní druhy hub vykazují určitou míru specializace k soužití s určitým hostitelem. (Trappe 1962) to prokazoval podle výskytu plodnic pod určitými dřevinami. Pak následovaly inokulační pokusy izolátů ektomykorhizních druhů hub na kořeny dřevin a popis vzniklých ektomykorhiz (Molina et Trappe 1982). Velký pokrok do poznání specifiky ektomykorhizních hub vůči hostiteli vnesly molekulární metody (Gardes et Bruns, 1996). V čisté kultuře se poprvé podařilo vytvořit ektomykorhizu v roce 1922 Melinovi (Melin 1922).

### **2.2.2. Vznik ektomykorhizy**

Ektomykorhiza se formuje na laterálních kořínkách dřevin. Klíčení spor hub a jejich směrovaný růst ke kořeni hostitele stimuluje kořenové exudáty, např. kyselina abietová nebo flavonol rutin. Na rozdíl od jiných typů mykorhizních symbióz, ektomykorhizní houby nepronikají do buněk hostitele, ale tvoří síť hyf v mezibuněčných prostorech, tzv. Hartigovu síť a hyfový plášť, který obaluje povrch kořene rostliny, který změni morfologii a způsob růstu kolonizovaného kořínku (Wilson et Harley 1983). Hartigova síť je místem, kde jsou z půdy přijaté minerální živiny symbioticky vyměňovány za uhlíkaté látky asimilované rostlinou v procesu fotosyntézy (Schmith et Read 1997). Další charakteristickou strukturou je mimokořenové mycelium zajišťující transport živin a vody v půdě.

Ektomykorhizy jsou s půdním prostředím propojeny prostřednictvím jednotlivých hyf nebo prostřednictvím celých hyfových svazků, silných rhizomorfových provazců či rhizomorf (Agerer 2001). Nejvíce hyf se nachází ve svrchním horizontu půdy, mohou zasahovat do půdy až do vzdálenosti několika desítek centimetrů od mykorhiz, který je bohatý na organický materiál, a kde probíhá intenzivně koloběh živin.

### 2.2.3. Mimokořenové mycelium

Mimokořenové mycelium zajišťuje transport živin a vody v půdě. Je schopno se shlukovat do rhizomorf viditelných pouhým okem. To, že mycelium má transportní funkci zdokumentoval Schmidt and Read (Schmidt et Read 1997).

U lesních dřevin se nachází ve svrchním horizontu půdy, kde je nejvíce organického materiálu, a kde intenzivně probíhá koloběh živin. Podle posledních výzkumů je patrné, že ektomykorrhizní mycelium se neomezuje svým výskytem pouze na nejvrchnější část půdního profilu - vrstvu opadu - ale bylo prokázáno i v minerálním horizontu půdy, který se nachází bezprostředně nad horninovým podložím (Lepšová 2008).

Mycelium ektomykorhizních hub může v půdě představovat až 80% houbové biomasy a 30% mikrobiální biomasy (Wallander et al. 2001). Podle Wallandera et al. (2001) se v lesní půdě se na 1 hektaru plochy nachází asi 800 kg mycelia. Myceliální síť je schopna obohacovat půdní prostředí organickými látkami získanými při fotosyntéze hostitelskou rostlinou. Do půdy přivádí dusík a uhlík (Read 1992).

### 2.2.4. Druhovému spektrum

#### 2.2.4.1 Ektomykorhizní fytoobiont

V ektomykorhizní symbióze žije zhruba 2000 rostlinných druhů, většinou stromů a keřů, zejména v lesích mírného pásu a v severských (boreálních) ekosystémech (Smith et Read 1997), kde tvoří jednu z hlavních složek mikrobiální biomasy (Hogberg et Hogberg 2002), ale i v tropických lesích (včetně lesů tvořených bobovitými rostlinami (Henkel et al. 2002). Mezi tyto druhy patří zástupci čeledí *Fagaceae* (rody *Fagus* a *Quercus*) a *Pinaceae* (zejména rody *Pinus* a *Picea*). Tyto rody jsou nejdůležitější složkou lesů mírného pásma. Rovněž rostliny vytvářející ektomykorhizy, patří do čeledí *Salicaceae*, *Betulaceae*, *Rosaceae*, *Leguminosaceae*, *Ericaceae*, a *Junglandaceae*.

#### 2.2.4.2. Ektomykorhizní mykobiont

Ektomykorhizu tvoří 5000-6000 druhů hub (Molina et al. 1992), které patří do oddělení Ascomycota a Basidiomycota (K. G. Mukerji et al. 2002), vzácně byly pozorovány i u Zygomycota (Smith et Read 1997). Z třídy Zygomycetes tvoří

ektomykorhizu pouze dva zástupci: *Endogone lactiflua* (Fassi et al. 1969) a *Endogone flammicorona* (Bonfante et al. 1977).

Většina z nich patří do oddělení Ascomycota, třídy Hymenomyces, řádů Boletales, Gomphales, Thelephorales a čeledí Amanitaceae, Cantharellaceae, Cortinariaceae, Russulaceae, Tricholomataceae. Menší podíl představuje oddělení Ascomycota, třída Ascomycetes a řád Pezizales (Agerer R. 2006).

V zachovalých lokalitách je možné objevit i 150 až 200 druhů plodnic ektomykorhizních hub. Na postižených stanovištích stěží 5-10 druhů. Existují houby, které jsou schopny kolonizovat více hostitelských rostlin, například (*Cenococcum graniforme*), nebo (*Pisolithus tinctorius* vytváří ektomykorhizu s dosud nejméně 46 známými druhy stromů osmi různých rodů, ale i houby, které jsou vázané pouze na jednoho hostitele (např. houba *Boletus betulicola* vytváří symbiózu výhradně se zástupci rodu *Betula*, *Entoloma sinuatum* se zástupci rodu *Salix*, či *Cortinarius bolaris* s *Fagus sylvatica*).

### **2.2.5. Druhov<sup>á</sup> diverzita**

Pokles druhové diverzity a četnost plodnic v Evropě byl zaznamenán v druhé polovině 20. století (Arnolds, 1991). Došlo k ochuzení ektomykorhizních společenstev a ke změnám v druhovém spektru. Dva velké faktory, které mají vliv na pokles populace, byly téměř vyhynulé přestárlé lesy a změny vyplývající atmosférických imisí (Ing 1996). Ztráta těchto hub v části Evropy se zdá být postupným ukazatelem odumírání lesů a je přisuzovaná z části zvýšené dostupnosti dusíku v půdě (Arnolds 1991). Klimatické změny by mohly vést ke ztrátě vegetačních typů a mykorhizních hub (Ing 1996).

Další studie nových zasažených stromů ukazovaly, že počáteční stadia druhů jsou nenahraditelná pozdními stádii během 12 roků. Podle (Newtona 1992) rozdělení ektomykorhizních hub v časném stádiu a v pozdním stádiu závisí na jejich umístění v atomovém sledu a jejich klasifikace je založena na schopnosti rozšiřovat a kolonizovat kořenový systém myceliární sítí a dalšími zdroji inokula.

### 2.2.5.1. Faktory ovlivňující biodiverzitu

Vysoká diverzita dřevin v lesním porostu obvykle znamená vyšší diverzitu ektomykorhizních druhů a během vegetační doby může být velmi proměnlivá. Kernaghan et al. (2003) prokázali, že druhová pestrost porostu ovlivňuje diverzitu ektomykorhizních hub z 38%.

Podle řady dokladů je druhové spektrum ektomykorhizních hub v kořenových systémech hostitelských dřevin ovlivněno zejména přítomností dusíku (Jany et al. 2002), zvýšenou koncentrací CO<sub>2</sub> v atmosféře zásluhou globálního oteplování (Franson et al. 2001), kontaminací těžkých kovů v půdě při průmyslových činnostech (těžba či zpracování rud a kovů) (Markkola et al. 2002), dále klimatickými a edafickými faktory včetně půdní vlhkosti (Walker et al. 2005) a půdním typem (Moser et al. 2005), ročním obdobím (Giachini et al. 2004), množstvím a kvalitou organického materiálu (Cullings et al. 2003), činností herbivorů a rostlinných parazitů (Brown et al. 2001), v neposlední řadě i ohněm (Smith et al. 2005). Některé studie také odhalily, že druhy ektomykorhizních hub se odlišují tím, jak jsou schopné využívat kořenovou výživu. Tato diverzita by mohla vysvětlit jejich rozšíření mezi různé ekologické niky (Bruns 1995).

### 2.2.6. Ektomykorhizní status buku

Kořenový systém u *Fagus sylvatica* L. byl popsán v roce 1905 Búsgenem (Búsgen 1905). Clowes (1951) popsal detailně jeho kořenovou strukturu a způsob růstu. První mykorhizy toho druhu byly zaznamenány Harleym (Harley 1948) Warrenem a Wilsonem (Warren and Wilson 1951). Studium ektomykorhizy se začalo velmi rozvíjet v posledních 40 letech. Jeho morfologická identifikace spolu s ekologickými, fyziologickými a genetickými studii jsou nyní dostupné v mnoha údajích (De Roman et al. 2005). Druhy ektomykorhiz v symbióze s *Fagus sylvatica* L. jsou uveeny v **Příloze 3** (viz Tab.4, str 35).

Optimální podmínky pro růst buku v Evropě je 8°C a více než 800 mm srážek v průměru za rok (Shi et al. 2002). Jeden z hlavních limitujících faktorů pro plodnost a životnost buku je dostupnost vody (Ebert 1996). Rostoucí průměrná teplota a klesající srážky ohrožují růst buků. V oblasti Mediteránu populace buků může být obzvláště

náchylná na změnu klimatu následkem suché oblasti (e.g. Scarascia-Mugnozza et al. 2000). (Jump et al 2006) uvádí rapidní pokles buků v jihovýchodním Španělsku jako přímý následek intenzivního sucha a tepla během posledního desetiletí.

### **2.2.7. Vliv bučin na přestavbu smrkových monokultur**

Bučiny se vyskytují na vápnatých i kyselých substrátech od nižších poloh až do hor. Velká část bučin byla lesním hospodařením přeměněna na smrkové monokultury. Původně bučiny zaujímaly 40 % území Česka, ale v současné době podíl buku lesního v druhové skladbě porostů tvoří jen necelých 13 %, zejména v chráněných krajinných oblastech. Podle dlouhodobého lesního plánování se má podíl této dřeviny postupně zvyšovat asi na trojnásobek současného stavu a nahrazovat spolu s jinými smíšenými porosty smrkové monokultury. S ohledem na omezenou plochu bukových porostů se buk bude v lesních porostech moci pěstovat převážně uměle, hlavně sadbou.

Podle Tesaře a Klíma (Tesař et Klíma 2004) přestavba smrkových monokultur nebude návratem k přirozené dřevinné skladbě, ale tvorbou smíšených, věkově a prostorově strukturovaných porostů s takovým zastoupením smrku, aby nebyla ohrožena produktivita stanoviště.

## 3. Materiál a metody

### 3.1. Lokality

Ektomykorhizy byly sbírané na dvou lokalitách v České Republice v průběhu sezón 2007 a 2008 vždy jednou měsíčně v době růstu plodnic. V roce 2007 v měsících září, říjen, listopad a v roce 2008 v měsících květen, červen, červenec, srpen, září, říjen, listopad.

Pokusné lokality leží v Jižních Čechách:

1) V Hejdlově v CHKO Blanském lese nedaleko Červeného dvora podél přírodní rezervace Hejdlovského potoka

2) v Rudolfově ležící cca 5km od Českých Budějovic podél Rudolfovského potoka  
Souřadnice pro středové body čtverců (průsečík z rohu do rohu) jsou uvedeny v

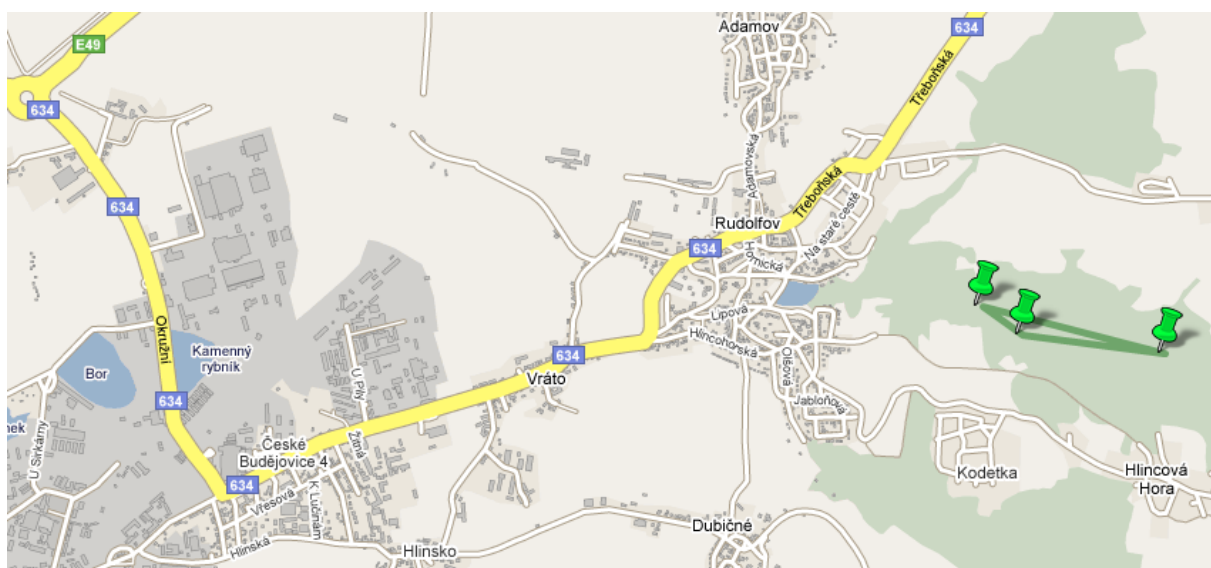
**Příloze 3** (Tab.5, str. 37) a obrázky z lokalit v **Příloze 1** (Obr.12-13, str.31)

Základním klíčem při výběru lokalit byla přítomnost bukového porostu (cca 40 let starého), zhruba stejná nadmořská výška a odlišnost lokalit. První lokalitu (Hejdlov) tvoří přirozený souvislý bukový pás a druhou lokalitu (Rudolfov) tvoří pásy bučin střídané s pásy smrčín nebo borovic se zásahem lidské činnosti, kde je velký sešlap půdy v důsledku turistického ruchu (cesta na rybník Mrhal).

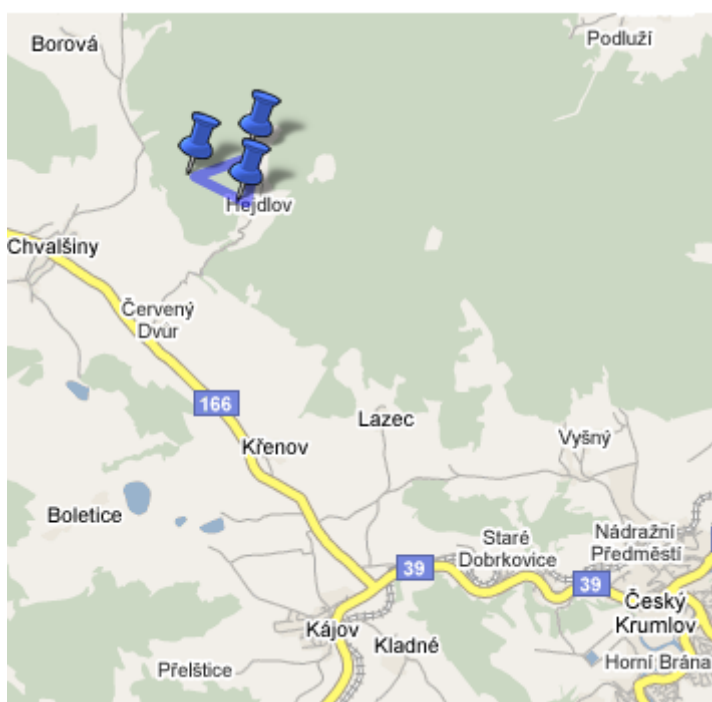
### 3.2. Terénní práce

#### 3.2.2. Sběr vzorků

Na každé lokalitě jsem vytyčila náhodně tři čtverce o velikosti 5×5 metrů cca 100 metru od sebe, označila pomocí provázků a zaznamenala souřadnice daných čtverců pomocí GPS. Z každého čtverce jsem náhodným výběrem odebírala lopatkou po pěti vzorkách svrchní profil půdy (do hloubky cca 20 cm) s kořeny buku, vložila do PE sáčku a označila jsem je datem a místem odběru. Ještě tentýž den jsem je uložila do chladicího zařízení. Objem odebraného vzorku tvořil zhruba 432 cm<sup>3</sup> půdy.



**Obr. 1** Poloha lokalit na Rudolfově. [www.maps.google.cz](http://www.maps.google.cz)



**Obr. 2** Poloha lokalit na Hejdlově. [www.maps.google.cz](http://www.maps.google.cz)

### **3.3. Laboratorní práce**

#### **3.3.1. Morfologický popis a determinace**

Vzorky z terénu včetně půdy jsem opatrně omyla pod tekoucí vodou přes sítko, aby se zachovalo co nejvíce ektomykorhizních kořínků určených pro morfologický popis. Pro extrakci jemným kořínků ze sítka jsem použila pinzetu. Propláchnuté ektomykorhizy jsem vložila do Petriho misky s vodou a prohlížela pod binokulární lupou Olympus SZH10 morfologické znaky. U některých mykorhiz jsem nejdříve musela odstranit zbytky nežádoucího substrátu pro lepší viditelnost ektomykorhiz. Nalezené morfotypy jsem určovala podle Characterization and Determination of Ectomycorrhizae (DEEMY) a vybranými znaky z Agerer (1987- 2002), kde jsem sledovala barvu, větvení, zakončení, morfologie pláště, délku, četnost špiček, rhizomorfy a emanační hyfy. Popisy nalezených ektomykorhiz a sledované znaky jsou uvedeny v **Příloze 2** (viz Tab.2, str.33). U vzorků s ektomykorhizou vyskytujících se nejčastěji při morfologickém popisu jsem pořídila fotografickou dokumentaci pomocí digitálního fotoaparátu (Olympus BX-41, Olympus C-5060, QuickPhotoCamera 2.1) , následně fixovala v glutaraldehydové fixáži. Obrázky některých vybraných druhů jsou uveeny v **Příloze 1** ( Obr.14-16, str. 32).

### **3.4. Statistické a zobrazovací metody**

Pro srovnání druhové bohatosti (vyjádřená jako počet druhů na čtverec) mezi jednotlivými lokalitami za rok 2007, 2008 jsem použila Repeated measurement ANOVU pomocí programu Statistica 6.0. a sloupcové grafy. Testovala jsem vliv lokality, doby odběru a interakce mezi těmito dvěma veličinami na druhovou bohatost. Sloupcové grafy a tabulky jsem vytvořila v programu MS Excel.

Ke statistickému zhodnocení získaných dat jsem použila mnohorozměrných metod v programu Canoco for Windows verze 4.5., jejich výsledky jsem vizualizovala v CanoDraw verze 4.5.. Pro zhodnocení celkové variability v datech z obou let (2007, 2008) jsem aplikovala analýzu PCA a CA. Pro testování průkaznosti vlivu lokality a doby sběru za rok 2008 jsem aplikovala analýzu RDA a CCA (Lepš et Šmilauer 2003).



Analýzu PCA a RDA jsem použila pro jednotlivé odběry v měsících na základě četnosti špiček na 1 cm<sup>2</sup> a analýzu CA a CCA na základě dominance (procentuálního zastoupení druhu ve vzorku). Touto metodou jsem sledovala procentuální zastoupení těch druhů, kteří se vyskytovaly z 25%, 50%, 75% nebo 100% ve vzorku. Mnohorozměrné metody jsem aplikovala na data získaná sloučením abundance všech (pěti) odběrů z jednoho čtverce pro daný měsíc. Pro omezené (*constrained*) analýzy jsem uplatnila *split-plot* design uspořádáním dat (čtverec na úrovni *whole-plot*, měsíc odběru na úrovni *split-plot*). Průkaznost modelu jsem testovala pomocí Monte-Carlo permutačních testů (4999 permutací).

## 4. Výsledky

### 4.1. Nalezené ektomykorhizy

Celkem jsem našla 26 druhů ektomykorhiz za oba dva roky na obou lokalitách, z toho 23 druhů za rok 2007 a 23 druhů za rok 2008, přičemž jeden druh patří do oddělení Ascomycota, 25 druhů do oddělení Basidiomycota a dva druhy jsou dosud nezařazené.

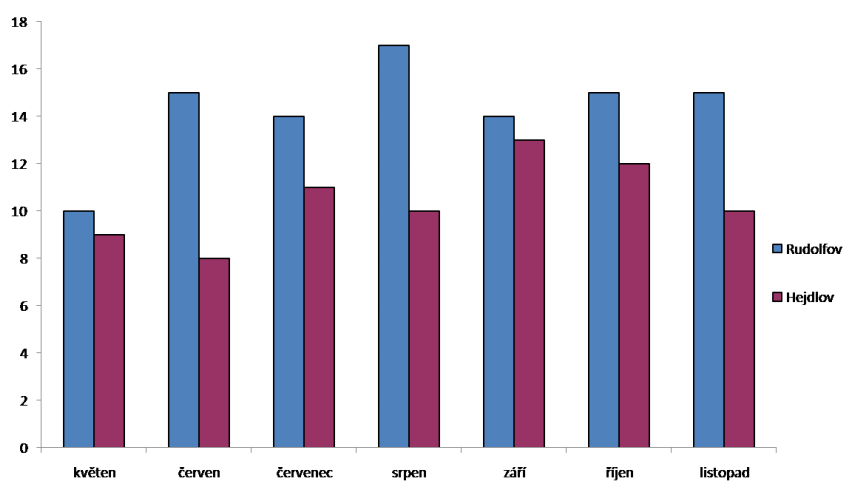
**Tab.1** Seznam nalezených druhů hub

Druhy	R	H	A	B	N	07 H	07 R	08 H	08 R
<i>Amanita like</i>	1	0	0	1	0		1		1
<i>Amanita sp.</i>	1	0	0	1	0		1		
<i>Amphinema byssoides</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Boletus erythropus</i>	1	0	0	1	0		1		1
<i>Byssocortici um atrovirens</i>	1	1	0	1	0	1		1	1
<i>Coenococcum geophilum.</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Elaphomyces sp.</i>	1	1	1	0	0	1		1	1
<i>Fagihiza sp.</i>	1	1	0	0	1	1		1	1

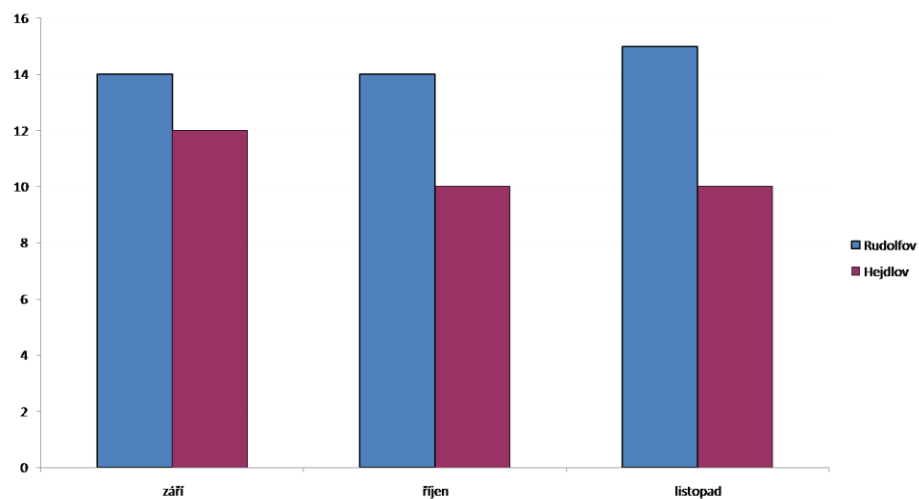
<i>Fagirhiza spinulosa</i>	1	1	0	0	1	1	1	1	1
<i>Inocybe sp.</i>	1	0	0	1	0				1
<i>Laccaria amethystea</i>	1	0	0	1	0		1		1
<i>Laccaria laccata</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Lactarius sp.</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Lactarius subdulcis</i>	0	1	0	1	0	1			
<i>Paxillus involutus</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	1
<i>Ramaria sp.</i>	1	1	0	1	0	1			1
<i>Russula cyanoxantha</i>	1	0	0	1	0		1		1
<i>Russula fellea, ochroleuca</i>	1	0	0	1	0		1		1
<i>Russula illota</i>	1	0	0	1	0				1
<i>Russula nigricans</i>	1	0	0	1	0		1		1
<i>Russula sp.</i>	1	1	0		0			1	
<i>Scleroderma citrinum</i>	1	0	0		0		1		1
<i>Tomentella feruginea</i>	1	0	0		0		1		

<i>Tomentella</i> <i>sp.</i>	1	1	0		0	1	1	1	1
<i>Tricholoma</i> <i>sp.</i>	1	1	0		0		1	1	
<i>Xerocomus</i> <i>chrysentero</i> <i>n</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	1

Vysvětlivky zkratk v tabulce: R - Rudolfov, H - Hejdlov, A - Ascomycota, B - Basidiomycota, 07 - rok 2007, 08 – rok 2008, 1 – vyskytující se, 0 – nevyskytující se

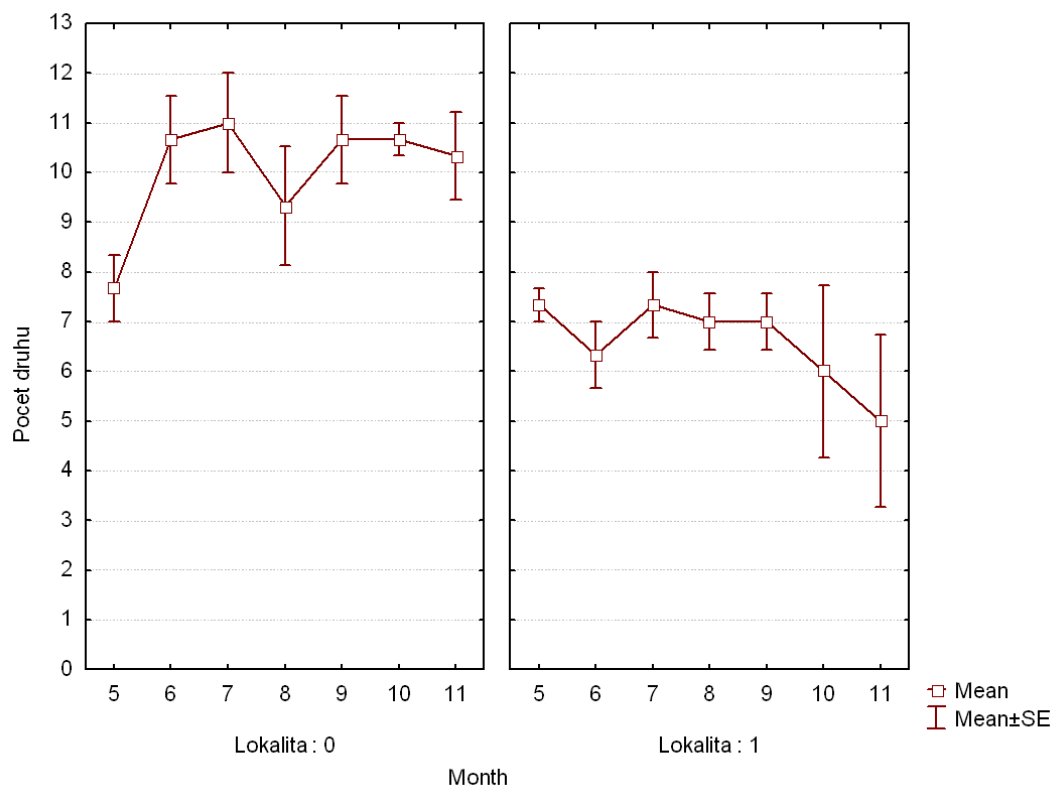


**Obr.3** Počet druhů nalezených v měsících květen – listopad z Rudolfova i z Hejdlova za rok 2008



**Obr.4** Počet nalezených druhů v měsících září – listopad z Rudolfova i z Hejdlova za rok 2007

Z obou grafů je patrné, že na Rudolfově se vyskytuje více druhů za oba dva roky. Počet druhů na Rudolfově za rok 2007 stoupá s měsícem, zatímco na Hejdlově je to naopak, tedy klesá.

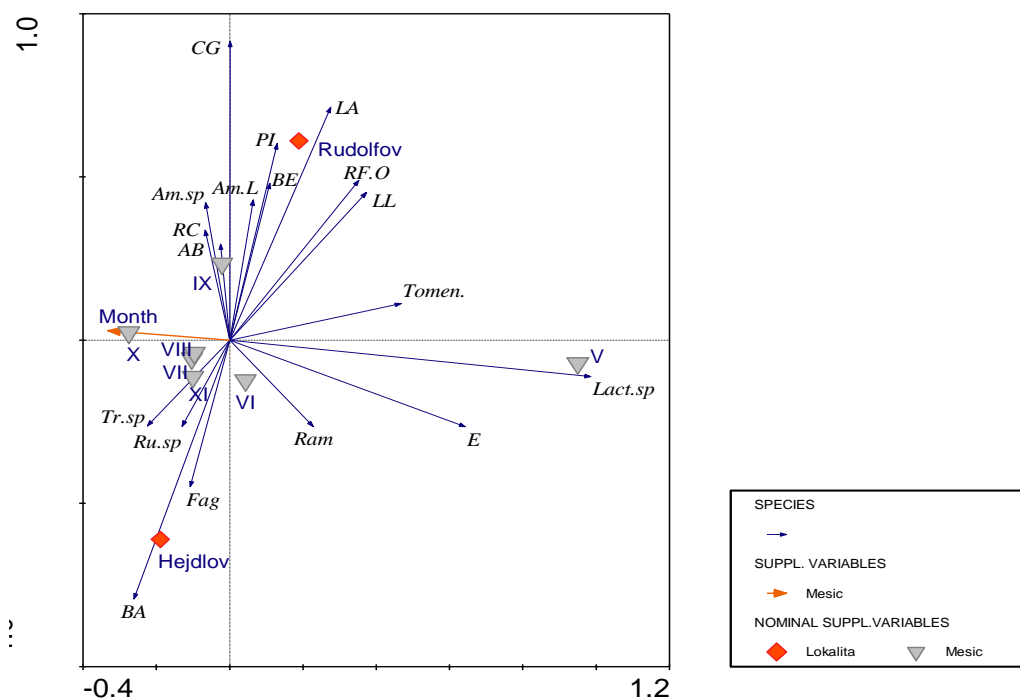


**Obr.5** Repeated measurement ANOVA znázorňující průběh počtu druhů během roku 2008

Vysvětlivky: Lokalita: 0 = Rudolfovo, 1 = Hejdlovo

Nevyšel průkazně rozdíl mezi lokalitami ( $F= 0.2449$ ,  $p= 0,6236$ ) a vliv doby odběru ( $F= 0.00260$ ,  $p=0.9596$ ). Průkazně vyšla jen interakce mezi oběma faktory ( $F=5.7535$ ,  $p=0.0221$ ), což znamená, že obě křivky mají různý sklon, křivky jsou proti sobě.

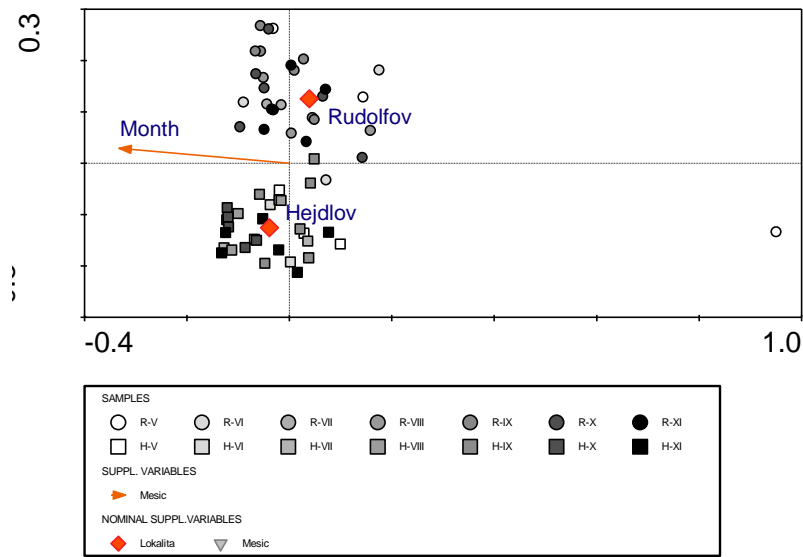
## 4.2. Výsledky mnohorozměrných metod pro četnosti špiček na 1cm<sup>2</sup> kořene



**Obr.6** PCA diagram pro četnosti mykorhiz. Data z let 2007 a 2008. Zkratky označující druhy morfotypů jsou uvedeny v **Příloze 3** (viz Tab.3, str.35). Znáznorněna korelace mezi druhy a dodatečně promítnutými charakteristikami prostředí.

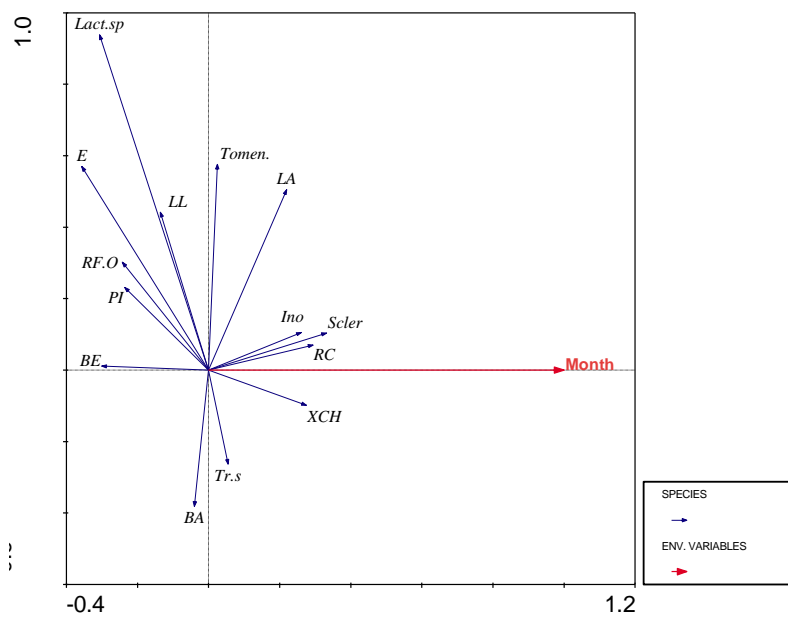
PCA výsledky:

Vlastní číslo pro první kanonické osy je (0.336, 0.227, 0.086). První a druhá osa vysvětlují dohromady 56,3% druhové variability. Vodorovná osa zhruba koreluje s gradientem doby odběru mykorhiz. Druhy *Tomentella sp.*, *Lactarius sp.*, *Ramaria sp.*, *Elaphomyces sp.* jsou negativně korelovány s časem, což znamená, že se nacházely v první fázi vegetační sezóny. Žádný druh nevykazuje silnou korelaci s časem. Podle svislé osy jsou rozděleny druhy, které se vyskytují na Rudolfově (*Paxillus involutus*, *Laccaria amethystea*, *Boletus erythropus*, *Russula fellea* nebo *ochroleuca*, *Laccaria laccata*, *Amanita like*), a které na Hejdlově (*Fagus sp.*, *Byssocorticium atrovirens*, *Russula sp.*, *Tricholoma sp.*)



**Obr.7** PCA diagram pro četnosti mykorhiz. Data z let 2007 a 2008. Pozice bodů označují jednotlivé odběry, intenzita šedi odpovídá době odběru, symbol odpovídá lokalitě.

Z druhého diagramu PCA je patrné, že obě lokality jsou poměrně dobře rozlišené, překryv odběru je malý, ale rozdíl v druhovém složení přesto není průkazný (viz. dále výsledky RDA).

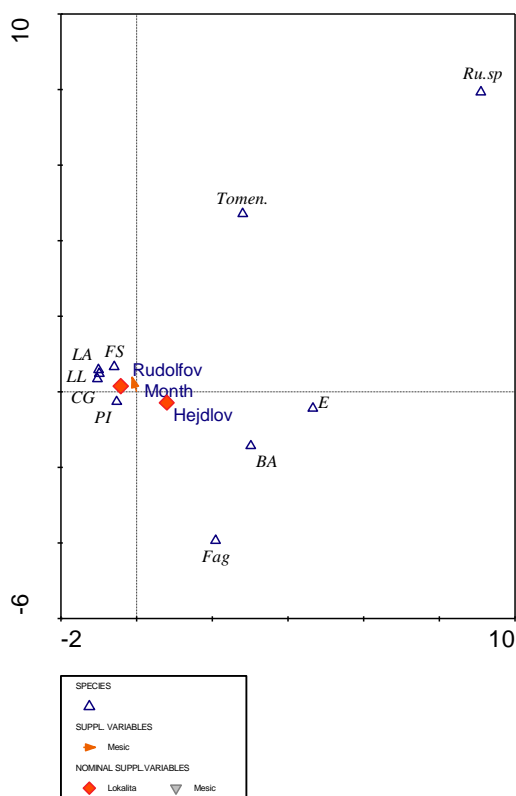




**Obr.8** RDA diagram znázorňující doby sběru za rok 2008

Pomocí RDA analýzy jsem testovala vliv dvou faktorů na četnost mykorhiz: měsíc odběru a lokalita. Zatímco vliv prvního faktoru (lokalita) nebyl průkazný ( $F = 7.57$ ,  $p = 0.098$ ), vliv druhého průkazný byl ( $F = 2.49$ ,  $p = 0.004$ ). Protože výsledky analýzy prvního faktoru nebyly průkazné, nejsou dále zobrazeny. Měsíc odběru tedy neměl vliv na četnost ECM na  $1\text{ cm}^2$  délky kořene. Výsledky druhé analýzy jsou znázorněny na Obr. 8. (vlastní čísla os: 0.059, 0.378, 0.194). Měsíc odběru vysvětluje 5.9% variability v druhových datech. Druhy *Scleroderma citrinum* (Scler), *Xerocomus chrysenteron* (Xch), *Russula cyanoxantha* (RC) a *Inocybe* sp. (Ino) jsou pozitivně korelovány s časem odběru, druh *Boletus erythropus* je korelovaný negativně, většina druhů je však na době odběru nezávislých. Zkratky zbylých druhů morfotypů jsou uvedeny v příloze 3 (viz. Tab.2).

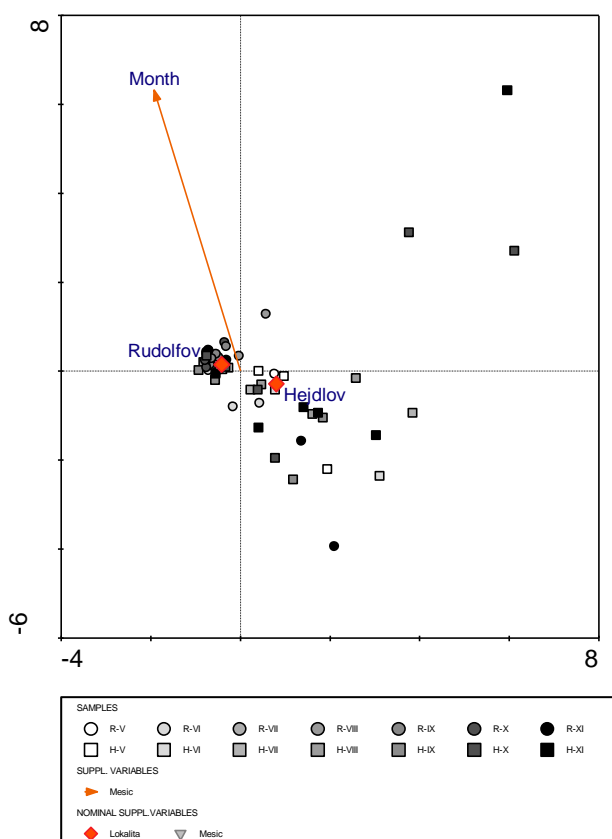
#### 4.3. Výsledky mnohorozměrných metod pro dominanci (procentuální zastoupení druhů ve vzorku)



**Obr.9** CA diagram pro dominanci mykorhiz. Data z let 2007, 2008. Znázorněna korelace mezi druhy a dodatečně promítnutými charakteristikami prostředí. Zkratky označující druhy morfotypů jsou uvedeny v **Příloze 3** ( Tab.3, str.35))

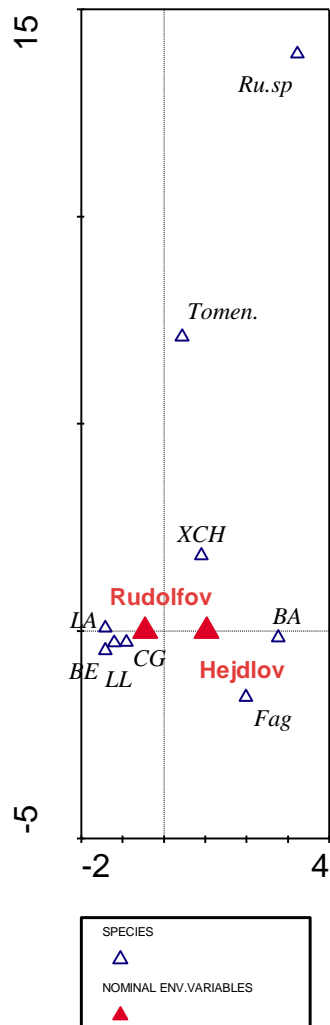
CA výsledky:

Vlastní čísla pro první dvě osy (0.602, 0.469, 0.395). Vodorovná osa zhruba koreluje s gradientem doby sběru mykorhiz. Druhy *Elaphomyces sp.*, *Byssocorticium atrovirens* a *Fagirhiza sp* jsou málo korelovány s časem odběru. Podle svislé osy jsou rozděleny druhy, které se vyskytují na Rudolfově ( *Laccaria laccata*, *Laccaria amethystea*, *Fagirhiza spinulosa*= FS), a které na Hejdlově ( *Elaphomyces*, *Byssocorticium atrovirens*, *Fagirhiza sp.*)



**Obr.10** CA diagram pro dominanci mykorhiz. Data z let 2007, 2008. Intenzita šedi odpovídá době odběru, pozice bodů odpovídají jednotlivé odběry ,symbol odpovídá lokalitě

Z druhého diagramu CA je patrné, že překryv odběru na lokalitách je velký. Lokality se neliší v četnosti druhového zastoupení ECM morfotypů a rozdíl v druhovém složení je průkazný (viz dále výsledky CCA diagram)



**Obr.11** CCA diagram znázorňující vliv lokality za rok 2008

Pomocí CCA analýzy jsem testovala vliv dvou faktorů na dominanci druhů na základě procentuální zastoupení zastoupení morfotypů: měsíc odběru a lokality. Zatímco vliv prvního faktoru (měsíc) nebyl průkazný ( $F= 1.38$ ,  $p= 0, 1454$ ). Vliv faktoru druhého (odběr) průkazný byl ( $F= 3.78$ ,  $p=0.0394$ ). Výsledky prvního faktoru nejsou zde zobrazeny, jelikož nebyly průkazné. Výsledky druhé analýzy jsou znázorněny na Obr.11 (vlastní čísla os: 0.320, 0.577, 0.410). Lokalita vysvětluje 8,6% variability

v datech. *Byssocorticium atrovirens* je korelovaný s výskytem odběru na Hejdlově a druhy *Laccaria amethystea*, *Coenococcum geophilum*, *Laccaria laccata*, *Boletus erythropus* na Rudolfově. Zkratky označující druhů morfotypů jsou uvedeny v **Příloze 3** ( viz. Tab.2).

## 5. Diskuze

### 5.1. Nalezené druhy

Ačkoliv byly mykorhizy sbírané v roce 2007 jen tři měsíce (září, říjen, listopad), počet nalezených druhů je stejný s počtem druhů za rok 2008, kdy sběr probíhal o čtyři měsíce déle (květen, červen, červen, srpen, září, říjen, listopad). Ale odlišnost mezi lokalitami (Rudolfov) pásem bučin s příměsí smrčín nebo borovic s velkým cestovním ruchem a mezi (Hejdlovem) souvislým přírodním bukovým pásem, se mi podařilo prokázat v různorodosti druhů. Celkově se na Rudolfově vyskytuje více druhů a jejich počet za rok 2007 stoupá s délkou vegetativního období, což může být způsobené mými chybami začátečníka v určování morfologických znaků. Na Hejdlově se společně vyskytovaly druhy *Lactarius subdulcis* a *Coenococcum geophilum*. V jiných studiích se tyto dva druhy vyskytovaly také společně, často ve velkém procentuálním zastoupení (někdy až nad 50%) (di Pietro et al. (2007).

### 5.2. Popisované znaky morfotypů

I když popisy byly vypracované na základě charakteristik uváděných v Agerer (1987- 2002), devět druhů se mi povedlo vymezit pouze do rodu. Pro detailnější určování do druhu je třeba určit anatomické vlastnosti daného morfotypu. Důležitým morfologickým znakem mykorhiz je jejich nápadná barva, která na první pohled snadno umožňuje jejich rozpoznání. K pozorování je potřeba také použít čerstvé mykorhizy, protože u některých druhů dochází při delším ponoření ve vodě ke změně barvy v důsledku vypuzení vzduchu vázaného v plášti ( Agerer 1987).

### 5.3. Statistická analýza

Z PCA diagramu (2007, 2008) (Obr.7) je patrné, že v jednom ze vzorku odebraném na lokalitě Rudolfov (květen 2007) se vyskytuje druh *Lactarius sp.* s vysokou četností špiček na 1cm<sup>2</sup>. Analýza CCA diagram pro procentuální zastoupení druhů ve vzorku v závislosti na měsíci odběru nevyšla průkazně na rozdíl od analýzy RDA diagramu. Důvodem by mohl být nepřesný procentuální odhad v zastoupení druhů. RDA diagram pro danou lokalitu je slabý pro použití split-plot design.

## 6. Závěr

Jelikož se jednotlivé morfotypy u druhů ektomykorhizních hub zcela liší jak morfologicky, tak anatomicky a mycelium jednotlivých druhů hub se vyskytuje v půdě nerovnoměrně, počet nalezených druhů k jejich determinaci závisí na množství odebraných mykorhiz z půdy. Ukázalo se, že na jednom kořínku se může vyskytovat více druhů hub zároveň (Erland et al. 1999). Ektomykorhizní morfotypy jsou pravděpodobně přítomné po celý rok. Jejich spektrum by mělo být širší než u hub, u kterých jsou odebírány plodnice, neboť tvorba plodnic závisí na rozsahu klimatických faktorů.

## 7. Literatura

Agerer R (1987-2002) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. Einhorn-Verlag, Schwabisch Gmund

Agerer R (2001) Exploration type of ectomycorrhizae. Mycorrhiza 11: 107-114

Agerer R (2006) Fungal relationships and structural identity of their ectomycorrhizae. Mycol Progress 5: 67-1007

Allen MF (1991) The Ecology Of Mycorrhizae. Cambridge University Press

Arnolds E (1991) Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. Agriculture, Ecosystems and Environment 35: 209-244

Brown JH, Whitham TG, Morgan ESK, Gehring CA (2001) Complex species interactions and the dynamics of ecological systems: long-term experiments. Science 293: 643-650

Bruns TD (1995) Thoughts on the processes that maintain local species diversity of ectomycorrhizal fungi. Plant Soil 170: 63-73

Büsgen M (1905) Studien Über die Wurzel systeme einiger dicotyler Holzpflanzen. Flora 95: 58 in Clowes FAL (1951): The structure of mycorrhizal roots of *Fagus sylvatica*. New Phytologist 50: 1-6

Clowes FAL (1951) The structure of mycorrhizal roots of *Fagus sylvatica*. New Phytologist 50: 1-16

Cullings KW, New MH, Makhija S, Parker VT (2003) Effect of litter addition on ectomycorrhizal associates of a lodgepole pine (*Pinus contorta*) stand in Yellowstone National Park. Appl Environ Microbiol 69:3772-3776

Davidson DE, Christensen M (1977) Root-microfungal associations in a shortgrass prairie. In: Marshall JK (Ed.) The belowground ecosystem: A Synthesis of Plant-associated processes, pp 279-287

- de Roma M, Claveria V, de Miguel AM (2005) A revision of the descriptions of ectomycorrhizas Publisher since 1961. *Mycol Res* 109:1063-1104
- di Pietro et al. (2007) Differential ability of ectomycorrhizas to survive drying. *Mycorrhiza* 17: 547-550
- Ebert HP (1996) Klimaänderung und Baumartenentwicklung. *Forst Holz* 51: 802-804
- Erland S, Jonsson T, Mahmood S, Finlay RD (1999) Below-ground ectomycorrhizal community structure in two *Picea abies* forests in southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 209-217
- Fassi B, Fontana A, Trappe JM (1969) Ectomycorrhizae formed by *Endogone lactiflua* with species of *Pinus* and *Pseudotsuga*. *Mycologia* 61: 412-414
- Frank AB (1885) Über die auf Wurzelsymbiose bekhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Ber Dtsch Bot Ges* 3: 128-145
- Franson PM, Taylor AFS, Finlay RD (2001) Elevated atmospheric CO<sub>2</sub> alters rootsymbiont community structure in forest trees. *New Phytol* 152: 431-432
- Gardes M, Bruns TD (1993) ITS primers with enhanced specificity for Basidiomycetes: application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* 2:113-118
- Giachini AJ, Souza LAB, Oliviera VL (2004) Species richness and seasonal abundance of ectomycorrhizal fungi in plantations of *Eucalyptus dunnii* and *Pinus taeda* in southern Brazi. *Mycorrhiza* 14: 375-381
- Harley JL (1948) Mycorrhiza and soil ecology. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 23: 127-58
- Henkel TW, Terborgh JT, Vilgalys R (2002) ectomycorrhizal fungi nad their leguminous hosts in the Pakaraima Mounatins of Guyana. *Mycol Res* 106: 515-531
- Hogberg MN, Hogberg P (2002) Extramatrical ectomycorrhizal mycelium contributes one-third of microbial biomass and produces, together with associated roots, half the dissolved carbon in a forest soil. *New Phytologist* 154: 791-795



- Jany JL, Garbaye J, Martin F (2002) Cenococcum geophilum populations show a high degree of genetic diversity in beech forests. *New Phytol* 154:651-659
- Jump AS, Hunt Jm, Penuelas J(2006) Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology* 12: 2163-2174
- Kernaghan G, Widden P, Bergeron Y, Légaré S, Paré D (2003) Biotic and abiotic factors affecting ectomycorrhizal diversity in boreal mixed-woods. *Synthesising ecology* 3:497-504
- Lepš J, Šmilauer P (2000) Mnohorozměrná analýza ekologických dat. Biologická fakulta Jihočeské university v Českých Budějovicích, České Budějovic
- Markkola AM, Jonnarth UA, RoittoM, Strömmer R, Hyvärinen M (2002) Shift in ectomycorrhizal community structure in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedling roots as a response to nickel deposition and removal of lichen cover. *Environ Pollut* 120: 797-803
- Melin E (1922) On the mycorrhizas of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* Karst. A preliminary note. *J Ecol* 9:254-257
- Molina R, Massicotte H, Trappe JM (1992) Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: Community-ecological consequences and practical implications
- Molina R Trappe JM (1982) Lack of mycorrhizal specificity by the ericaceous hosts *Arbutus menziesii* and *Arctostaphylos uva-ursi*. *New Phytologist* 90: 485-509
- Moser A, Peterson CA et al. (2005) Comparison of ectomycorrhizas of *Quercus garryna* (Fagaceae) on serpentine and non-serpentine soil in southwestern Oregon. *Am J Bot* 92: 224-230
- Mukerji KG, Manoharachary C, Chamola BP (2002) *Techniques in Mycorrhizal Studies*. Springer
- Newton (1992) Towards a functional classification of ectomycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 2: 75-79
- Pirozynsky KA, Malloch D (1975) The origin of land plants: a matter of mycotrophism. *Biosystems* 6: 153-164

- Read DJ (1922) The mycorrhizal mycelium. *Mycorrhizal Functioning*, pp 102-103
- Scarascia-Mugnozza G, Oswald H, Piussi P, Radoglou K (2000) Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management* 132: 97-109
- Sedlický J (2006) Vliv možné klimatické změny (CO<sub>2</sub>, teplota, srážky aj.) na růst a přírůst porostů ČR, návrh možných dřevinných skladeb s ohledem na eliminaci tohoto vlivu. MZLU Brno
- Shi L, Guttenberger M, Kottke I, Hampp R (2002) The effect of drought on mycorrhizas of beech (*Fagus sylvatica* L.): changes in community structure, and the content of carbohydrates and nitrogen storage bodies of the fungi
- Smith JE, McKay D, Brenner G, McCiver J (2005) Early impacts of forest restoration treatments in the ectomycorrhizal fungal community and fine root biomass in a mixed conifer forest. *J Appl Ecol* 42: 526-535
- Smith SE, Read DJ (1997) *Mycorrhizal symbioses*, 2nd edn. Academic, London
- Stubblefield SP, Taylor TN, Trappe JM (1987) Fossil Mycorrhizae: A Case for Symbiosis. *Science* 3, pp. 59-60
- Tesař V, Klíma E (2004) Pěstování smrku u nás i v Evropě. In: *smrk-dřevina budoucnosti*, pp 7-19
- Trappe JM (1962) Fungus associates of ectotrophic mycorrhizae. *The Botanical Review* 23: 528-606
- Tulasne LR, Tulasne C (1841) Observations sur le genre *Elaphomyces*, et description de quelques espèces nouvelles. *Ann Sci Nat Part Bot* 16:5-9
- Wallander H, Nilsson LO, Hagerberg D, Baath E (2001) Estimation of the biomass and seasonal growth of external mycelium of ectomycorrhizal fungi in the field. *New Phytol* 151: 753-760
- Walker JF, Miller OK, Horton JL (2005) Hyperdiversity of ectomycorrhizal fungus assemblages on oak seedlings in mixed forests in the southern Appalachian Mountains. *Mol Ecol* 14: 829-838

Warren, Wilson J (1951) Micro-organisms in the rhizosphere of beech. D. Phil. Thesis, Univerzity of Oxford

Wilson JW, Harley JL (1983) The development of mykorhiza on seedlings of *Fagus sylvatica* L. New Phytologist 95: 673-695

Internetové zdroje:

Descriptions of Ectomycorrhizae (DEEMY). Server <http://www.deemy.de/>

## Příloha 1 (Obrazové přílohy)



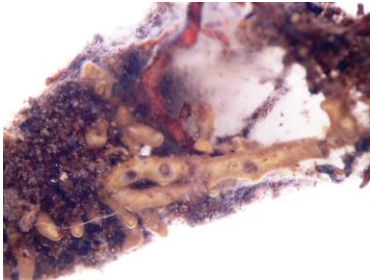
**Obr.12** lokalita Hejdlov



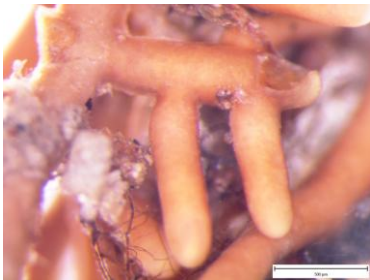
**Obr.13** lokalita Rudolfov



**Obr.14** Mykorhizy *Paxillus involutus*



**Obr.15** Mykorhizy *Xerocomus chrysenteron*



**Obr.16** Mykorhizy *Lactarius* sp.



**Obr. 17** Mykorhizy *Laccaria laccata*

## Příloha 2 (Popisy mykorhiz jednotlivých druhů)

Tab.2 Popisy mykorhiz

Druh	Barva	Větvení	Zakončení	Morfologie	Rhizomorfy	Emanační hyfy
<i>Amanita like</i>	krémově bílá	dichotomicky větvené	rovné, oblé	vějířovitý plstnatý	zřídka	ano
<i>Amanita sp.</i>	smetanové bílá	Dichotomicky větvený	rovné	plstnatý	zřídka	ano
<i>Amphinema Byssoides</i>	žlutohnědá	dichotomicky větvené	rovné	hustě zrnitý	četné	ano
<i>Boletus erythropus</i>	bílá	nepravidelně pinátní	oblé	jemně zrnitý	ne	ne
<i>Byssocorticium atrovirens</i>	šedomodrá, stříbrná	monopodiálně pinátní/ pyramidální	ohnuté	silně vláknitý	ano	ano, četné
<i>Coenococcum geophilum</i>	černá, černohnědá	nevětvené	rovné	zrnitý, paličky	ne	ano, četné
<i>Elaphomyces sp.</i>	růžově šedá žlutavě hnědá	pinátní	oblé	huňaté, mycelium	ano	ano, málo četné
<i>Fagirrhiza sp.</i>	hnědá	nepravidelně pinátní	oblé	verukulózní	ano	ano
<i>Fagirrhiza spinulosa</i>	tmavě hnědá	nepravidelně pinátní	rovné	lesklý, drsný	ano	ano
<i>Inocybe sp.</i>	bílá	dichotomické	zašpičatělé	huňatý	ano, četné	ano, četné
<i>Laccaria amethystea</i>	nařialovělá	nepravidelně pinátní	jemně kroucený	drsný	ne	ne
<i>Laccaria laccata</i>	bílá	nevětvené/monopodiální	oblé, hladké	krémové paličky	ne	ne
<i>Lactarius sp.</i>	medově žlutá	nepravidelně pinátní	ohnuté	hladký až jemně písčitý	ne	ne
<i>Lactarius subdulcis</i>	hnědavá, okrová	monopodiálně pinátní/ pyramidální	ohnuté	lesklý, hladký	ano	ano
<i>Paxillus involutus</i>	světle hnědá	nepravidelně pinátní	kroucené	plstnatý	ano	ano
<i>Russula sp.</i>	bílo stříbřitá	nepravidelně pinátní	jemně kroucený	plstnatý	ano	ne
<i>Russula cyanoxantha</i>	bíložlutá	nepravidelně pinátní	rovné	hladký	ne	ne
<i>Russula fellea n ochroleuca</i>	běžová	pinátní	rovné, oblé	mírně zrnitý, žlutá zrna	ne	ne
<i>Russula illota</i>	běžová	monopodiálně pyramidální	rovné, ohnuté	plstnatý, černá zrnka	ano	ne

<i>Russula nigricans</i>	krémově bílá	monopodiálně pinátní	ohnuté	jemně chlupatá, lesklá	ne	ano
<i>Russula sp.</i>	světle hnědá	monopodiálně pinátní	rovné	hladký	ne	ano
<i>Sclerodermaccitri num</i>	bílá	monopodiálně pyramidální	rovné	hladký	ano, četné	ano, četné
<i>Tomentella ferruginea</i>	černá, tmavě hnědá	monopodiálně pinátní	rovné	lesklý, jemně zrnitý	ano, černé	ano, černé
<i>Tomentella sp.</i>	žlutavě šedá	nepravidelně pinátní	ohnuté	žlutě verukulózní, plstnatý	ne	ne
<i>Tricholoma sp.</i>	Běžová, bělavá	Monopodiálně pinátní	rovné	hustě zrnitý	ano	ne
<i>Xerocomus chryseron</i>	bíložlutá	monopodiálně pyramidální	rovné, ohnuté	stříbrný	ne	ne

## Příloha 3 (Tabulky)

**Tab.3** Seznam zkratk houbových druhů použitých v ordinačních diagramech

Druh	Zkratka		
<i>Amanita like</i>	AL	<i>Lactarius sp.</i>	Lact.sp
<i>Amanita sp.</i>	Am.sp	<i>Laccaria amethystea</i>	LA
<i>Amphinema byssoides</i>	AB	<i>Laccaria laccata</i>	LL
<i>Boletus erythropus</i>	BE	<i>Paxillus involutus</i>	PI
<i>Byssocorticiium atrovirens</i>	BA	<i>Ramaria sp.</i>	Ram
<i>Coenococcum geophilum</i>	CG	<i>Russula cyanoxantha</i>	RC
<i>Elaphomyces sp.</i>	E	<i>Russula fellea nebo ochroleuca</i>	RF.O
<i>Fagirhiza sp.</i>	Fag	<i>Russula sp.</i>	Ru.sp
<i>Fagirhiza spinulosa</i>	FS	<i>Scleroderma citrinum</i>	Scler
<i>Inocybe sp.</i>	Ino	<i>Tomentella sp.</i>	Tomen
		<i>Tricholoma sp.</i>	Tr.sp

**Tab.4** Seznam druhů hub tvořící ektomykorhizu s *Fagus sylvatica* L.

Druhy	Reference
Agaricales	Bue´ e, Vairalles & Garbaye (2004)
Ascomycota	Al Sayegh & Kraigher (2000)
<i>Byssocorticiium atrovirens</i>	Bue´ e et al. (2004), Brand (1991)
<i>Coenococcum geophilum</i>	Bue´ e et al. (2004), Jany, Garbaye & Martin (2002)
<i>Coenococcum cristata</i>	Bue´ e et al. (2004)
<i>Cortinarius</i>	Bue´ e et al. (2004)
<i>Cortinarius bolaris</i>	Brand (1991) , Brand (1992)
<i>Cortinarius cinnabarinus</i>	Brand (1991) , Ceruti, Benvenuti & Luppi Mosca (1988)
<i>Cortinarius multiformis</i>	Ceruti et al. (1988)
<i>Cortinarius nemorensis</i>	Ceruti et al. (1988)
<i>Elaphomyces muricatus</i>	Brand (1991)
<i>Fagirhiza arachnoidea</i>	Brand (1991) Brand (1992)
<i>Fagirhiza cystidiophora</i>	Brand (1988)
<i>Fagirhiza fusca</i>	Brand (1991) Brand (1991)



<i>Fagirhiza globulifera</i>	Brand (1991), Brand (1992)
<i>Fagirhiza granulosa</i>	Brand (1988)
<i>Fagirhiza lanata</i>	Brand (1991)
<i>Fagirhiza oleifera</i>	Brand (1991)
<i>Fagirhiza pallida</i>	Brand (1991)
<i>Fagirhiza rosea</i>	Brand (1991)
<i>Fagirhiza setifera</i>	Brand (1991)
<i>Fagirhiza spinulosa</i>	Brand (1991)
<i>Fagirhiza tubulosa</i>	Brand (1988)
<i>Fagirhiza vermiculiformis</i>	Jakucs & Agerer (1998)
<i>Gautieria inapire</i>	Palfner (2001)
<i>Geastrum fimbriatum</i>	Agerer & Beenken (1998)
<i>Genea</i>	Jakucs (2002)
<i>Genea hispidula</i>	Brand (1991)
<i>Hebeloma</i>	Bue' e et al. (2004)
<i>Inocybe</i>	Bue' e et al. (2004)
<i>Laccaria amethystina</i>	Bue' e et al. (2004), Brand (1988d)
<i>Laccaria laccata</i>	Ceruti et al. (1988)
<i>Lactarius</i>	Bue' e et al. (2004)
<i>Lactarius acris</i>	Brand (1991), Brand (1992b)
<i>Lactarius blennius</i>	Bue' e et al. (2004), Ceruti et al. (1988))
<i>Lactarius camphoratus</i>	Brand (1991)
<i>Lactarius pallidus</i>	Brand (1991)
<i>Lactarius pterosporus</i>	Ceruti et al. (1988)
<i>Lactarius rubrocinctus</i>	Brand (1991)
<i>Lactarius subdulcis</i>	Brand (1987), Bue' e et al. (2004)
<i>Lactarius vellereus</i>	Brand (1987)
<i>Pezizaceae</i>	Bue' e et al. (2004)
<i>Piloderma. croceum</i>	Brand (1991)
<i>Ramaria aurea</i>	Agerer (1996)
<i>Ramaria spinulosa</i>	Agerer (1996)
<i>Rhizopogon</i>	Al Sayegh & Kraigher (2000)
<i>Russula cyanoxantha</i>	Beenken (2001)
<i>Russula densifolia</i>	Beenken (2001), Ceruti et al. (1988)
<i>Russula foetens</i>	Beenken (2001)
<i>Russula illota</i>	Brand (1991)
<i>Russula mairei</i>	Brand (1991)
<i>Russula ochroleuca</i>	Brand (1991)
<i>Scleroderma</i>	Bue' e et al. (2004)
<i>Tomentella</i>	Bradbury et al. (1998), Bue' e et al. (2004)
<i>Tomentella ferruginea</i>	Raidl & Müller (1996), Raidl (1998)
<i>Tomentella acerbum</i>	Agerer & Waller (1993)

Tomentella sciodes	Brand (1992)
Tuber	Bue´ e et al. (2004)
Tuber rúfũm	Palenzona et al. (1972)
Xerocomus chrysenteron	Brand (1989)

**Tab.5** GPS souřadnice

Hejdlov 1	48°51'35.14''N	14°14'43.09''E
Hejdlov 2	48°51'46.05''N	14°14'12.22''E
Hejdlov 3	48°51'46.05''N	14°14'48.88''E
Rudolfov 1	48°51'46.05''N	14°33'12.19''E
Rudolfov 2	48°59'21.89''N	14°33'20.97''E
Rudolfov 3	48°59'19.17''N	14°33'51.91''E