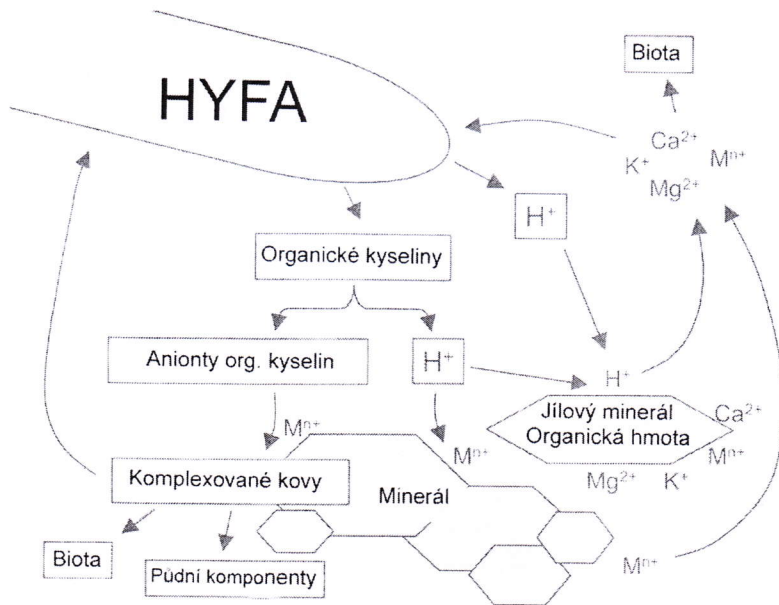


## 1. ÚVOD

Houby jsou nezastupitelnou součástí biosféry a aktivně se zúčastňují transformací organických i anorganických substrátů (Gadd 2007, Obr. 1). Předmětem oboru **geomykologie** je studium interakcí hub s geologickým prostředím.



**Obrázek 1.** Rozpouštění kovů a půdních komponent organickými kyselinami (Gadd 2004). Interakce protonů s kationty adsorbovanými na povrchu jílových minerálů, koloidů a dalších půdních komponent zapříčiňují jejich uvolňování do půdního roztoku, odkud mohou být absorbovány biotou. Organické kyseliny, např. kyselina citrónová, se účastní rozpouštění minerálů. Komplexace organickými kyselinami může v některých případech vést až k tvorbě některých minerálů, např. šřavelanů.

Mnohé tzv. velké houby (makromycety) jsou schopné akumulovat v plodnicích některé stopové prvky (včetně těžkých kovů, drahých kovů a polokovů), a tak vstupovat do jejich biogeochemických cyklů.

v čistých oblastech vyšší obsahy stříbra než houby ektomykorhizní (median 0,65 mg kg<sup>-1</sup> Ag).

U dvou druhů muchomůrek ze sekce *Lepidella*, muchomůrky šiškovité – *Amanita strobiliformis* a muchomůrky ježatohlavé – *Amanita solitaria* byla nalezena hyperakumulace stříbra. Přestože plodnice pocházely z oblastí s normálními obsahy stříbra v půdách (0,07-1,0 mg kg<sup>-1</sup> Ag), v plodnicích byly obsahy běžně 800-2500x vyšší a pohybovaly se obvykle v rozmezí 200-700 mg kg<sup>-1</sup>; nejvyšší obsah 1253 mg kg<sup>-1</sup> Ag byl nalezen v jednom vzorku muchomůrky šiškovité.

Oba tyto druhy muchomůrek jsou prvními známými eukaryotními organismy, které hyperakumulují stříbro.

### **3. DISTRIBUCE NĚKTERÝCH STOPOVÝCH PRVKŮ V EKTOMYKORHIZNÍCH A SAPROTROFNÍCH HOUBÁCH Z ČISTÝCH A KONTAMINOVANÝCH OBLASTÍ**

#### **3.1 Obsah antimonu v houbách z čistých a kontaminovaných oblastí**

O biogeochemii antimonu, jeho chemické formě, toxicitě a biodostupnosti v životním prostředí nejsou k dispozici podrobné údaje. Velké houby jsou známy svou schopností akumulovat arzén, baňka velkokališná – *Sarcosphaera coronaria* je dokonce hyperakumulátorem arzénu. Navzdory chemické příbuznosti obou prvků jsou však obsahy antimonu v houbách nízké.

Obsahy antimonu v houbách z čistých lokalit jsou obecně nižší než 100 µg kg<sup>-1</sup> (Borovička et al. 2006b) a v rámci ektomykorhizních a saprotrofních druhů neexistuje výrazný rozdíl v jejich distribuci. V oblastech kontaminovaných antimonem jsou obsahy v plodnicích přibližně 100x vyšší oproti normálu.

Nejvyšší schopnost koncentrovat antimon byla zjištěna u ektomykorhizních druhů klouzků z rodů *Chalciporus* a *Suillus*. Zatímco v čistých oblastech mají tyto houby obsahy obvykle v rozmezí 0,5-12 mg kg<sup>-1</sup>, ve vzorcích z kontaminovaných oblastí jsou obsahy běžně v řádech desítek až stovek mg kg<sup>-1</sup>. Nejvyšší obsah byl zjištěn u druhu *Chalciporus piperatus* (1423 mg kg<sup>-1</sup>).

#### **3.2 Distribuce stopových prvků v ektomykorhizních a saprotrofních houbách**

Ekologická strategie velkých hub může hrát významnou roli v akumulaci stopových prvků. Rozdílná schopnost ektomykorhizních a saprotrofních druhů hub akumulovat prvky je zřetelná zejména v případě zlata (Borovička et al., in prep.), selenu (Borovička et Řanda 2007) a stříbra (Borovička 2004). Naopak žádný patrný rozdíl nebyl zjištěn v případě antimonu, kobaltu, železa a zinku (Borovička et al. 2006b, Borovička et Řanda 2007). Zatímco saprotrofní houby

O této problematice byla publikována celá řada studií. Mnohé z nich byly zaměřeny na těžké kovy (Hg, Pb, Cd), esenciální prvky, (Fe, Co, Se, Zn) nebo radionuklidy ( $^{137}\text{Cs}$ ); byla také zvažována zdravotní rizika konzumace hub a environmentální aspekty (biomonitoring pomocí plodnic makromycetů).

K dispozici jsou detailní poznatky o chemické formě arzenu (Byrne et al. 1991; Šlejkovec et al. 1996, 1997) v plodnicích a předběžné výsledky byly publikovány i pro některé jiné prvky (např. Šlejkovec et al. 2000, Collin-Hansen et al. 2007).

Faktory, které ovlivňují příjem prvků houbami, a biologický význam akumulčního procesu nejsou známy. Zvýšené obsahy řady prvků byly pozorovány ve znečištěných oblastech (Svoboda et al. 2006, Komárek et al. 2007).

Tato práce je zaměřena na některé doposud nesledované aspekty akumulace prvků (ekologická strategie velkých hub, antimonem kontaminované prostředí) a kromě toho přináší některé zajímavé údaje o obsazích drahých kovů – zlata a stříbra – v houbách.

## **2. DRAHÉ KOVY V HOUBÁCH**

### **2.1 Zlato**

Příjem prvků houbami je možný v případě, že prvek je v půdě přítomný ve vhodné formě (např. v iontové či koloidní formě v půdním roztoku), nebo v minerálu, který může být alespoň částečně rozpustný exudáty mycelia či činností mikroorganismů. Reith et al. (2005) pomocí sekvenční extrakce zjistili, že zlato může být organickým půdním horizontu dosti mobilní, a pravděpodobně i snadno dostupné.

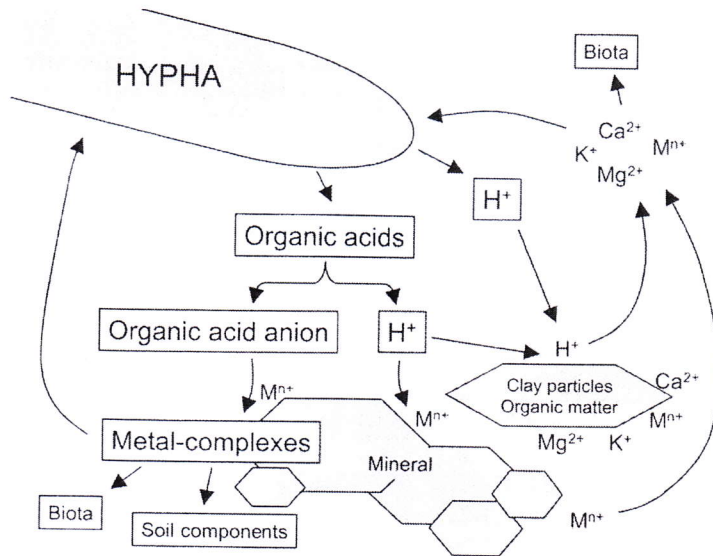
Vysoké obsahy zlata v houbách z čistých i zlatonosných oblastí (Borovička et al. 2005, 2006a, in prep.) naznačují, že houby hrají významnou úlohu v biogeochemickém cyklu zlata. Zjištěné obsahy v plodnicích jsou vůbec nejvyššími nalezenými obsahy zlata v eukaryotních organismech v rámci přirozených podmínek prostředí. V poslední době se ukazuje, že mikroorganismy hrají významnou roli v geochemii zlata v půdách a horninách (Reith et al. 2007). Jak zjistili Lakin et al. (1974), zlato se akumuluje v organických vrstvách půdy – nepředstavuje tedy jeho akumulace v myceliích, které jsou dominantně zastoupené v organických horizontech, významný retenční faktor?

### **2.2 Hyperakumulace stříbra**

Schopnost hub akumulovat stříbro je známa již od 70. let dvacátého století (Schmitt et al. 1978, Falandysz et al. 1994). Analýza literárních údajů (Borovička 2004) ukázala, že saprotrofní houby (medián  $3,61 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Ag}$ ) mají

## 1. INTRODUCTION

Fungi have important biogeochemical roles in the biosphere and are intimately involved in the cycling of elements and transformations of both organic and inorganic substrates (Gadd 2007, Fig. 1). The research area of **geomycology** is focused on the interactions of fungi with geological environment.



**Figure 1.** Proton- and organic acid ligand-mediated dissolution of metals of soils componets and minerals (Gadd 2004). Proton release results in cation exchange with sorbed metal ions on clay particles, colloids etc. and metal displacement from mineral surfaces. Released metals can interact with biomass and also be taken up by other biota, and react with other environmental components. Organic acids anions, e.g. citrate, may cause mineral dissolution or removal by complex formation. Metal complexes can interact with biota as well as environmental constituents. In some circumstances, complex formation may be followed by crystalization, e.g. metal oxalate formation.

Many macrofungal species (macromycetes, mushrooms) are capable of accumulating high concentrations of certain trace elements (including heavy