

Ekologie hub

4. Dekompozice, půda



Vždy počítejte s rezervou místa v textu pro případné vysvětlení, kdyby experiment dopadl jinak, než jak jste předpokládali.

(Murphyho zákon)

Dekompozice, degradace, rozklad, ...

Dekompozice (*decay, decomposition*)

- nadřazený termín pro všechny procesy spojené s mechanickými, biologickými i chemickými změnami v mrtvé organické hmotě, např. opadu

Degradace (*degradation*)

- rozklad složek, důraz kladen na jejich podstatu, chemické složení, typ, ...



Soil Biology & Biochemistry 36 (2004) 1761–1768

Soil Biology &
Biochemistry

www.elsevier.com/locate/soilbio

Degradation of hemicellulose, cellulose and lignin in decomposing spruce needle litter in relation to N

G. Sjöberg^{a,*}, S.I. Nilsson^a, T. Persson^b, P. Karlsson^b

^aDepartment of Soil Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences, P.O. Box 7014, SE-750 07 Uppsala, Sweden

^bDepartment of Ecology and Environmental Research, Swedish University of Agricultural Sciences, P.O. Box 7072, SE-750 07 Uppsala, Sweden

Received 7 July 2003; received in revised form 16 March 2004; accepted 29 March 2004

Dekompozice, degradace, rozklad, ...

Biodegradace (*biodegradation*)

- mikrobiální rozklad zcela konkrétních chemických sloučenin často lidského původu, většinou toxické, obtížně rozložitelné, kontaminující, ...; vztahuje se na aplikace, biotechnologie

Imobilizace (*immobilisation*)

- proces, při kterém jsou anorganické prvky, ionty a chemické skupiny vázány (případně až **akumulovány**) v organické hmotě
- tímto se nemohou vyplavit, neunikají z prostředí, ale nejsou přímo dostupné rostlinám

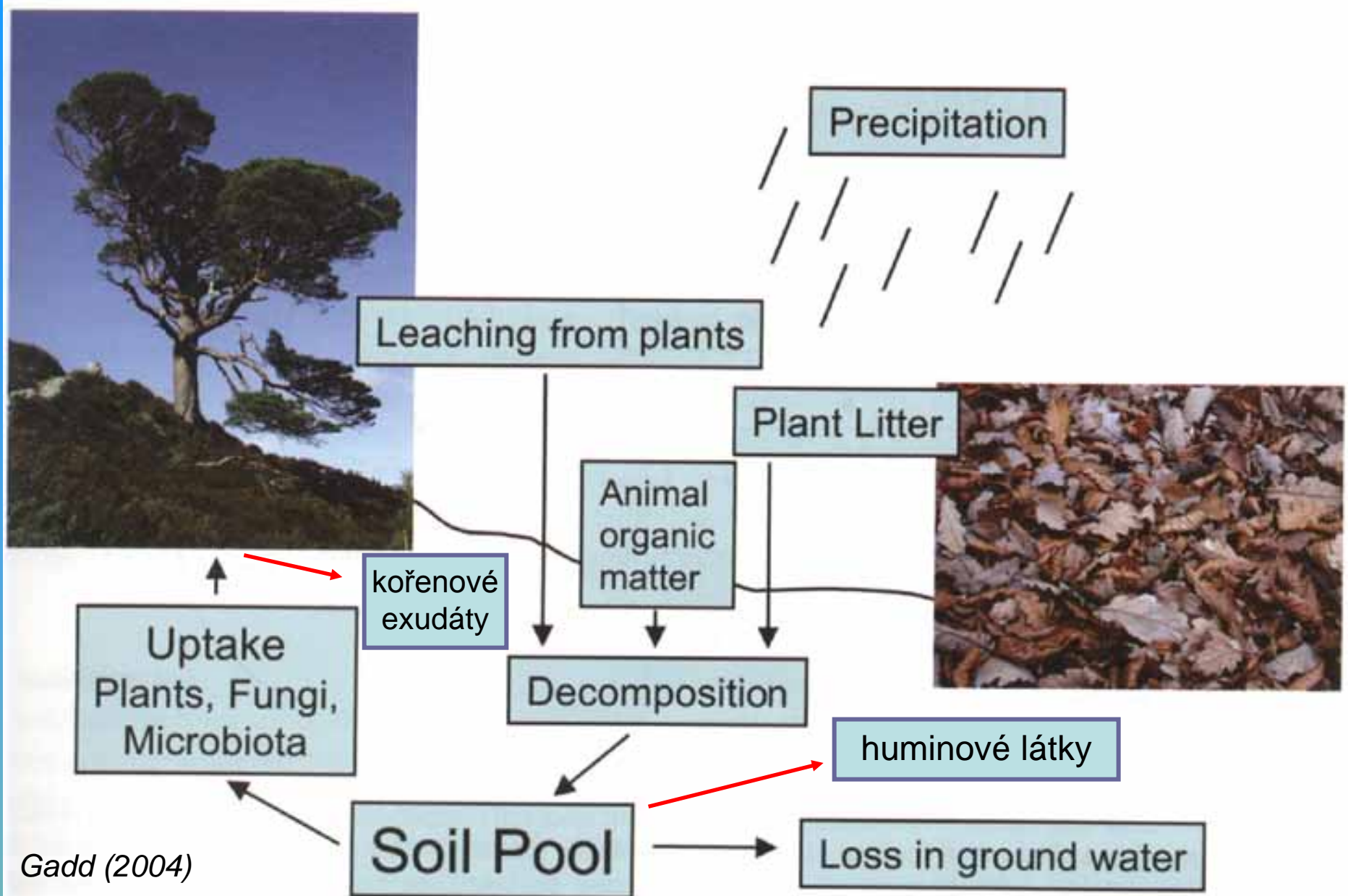
Mineralizace (*mineralisation*)

- opak imobilizace, proces, při kterém jsou uvolňovány z komplexních organických sloučenin jednotlivé ionty, prvky a chemické skupiny

Humifikace (*humification, sequestration*)

- dlouhodobá depozice org. látek v půdě, látky relativně nedostupné pro většinu organismů

Půda jako ekosystém



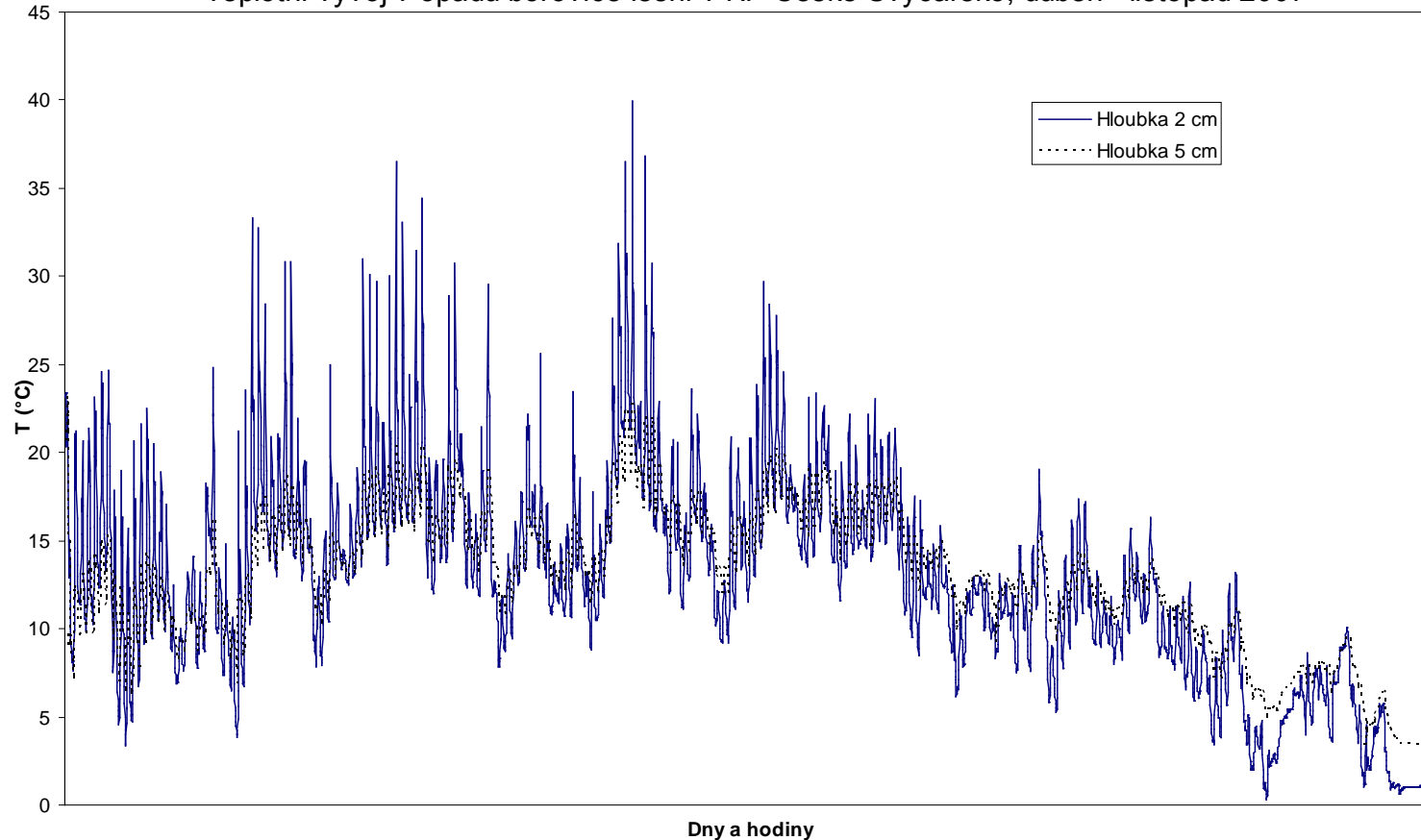
Gadd (2004)

Opad vs. půda

opad je součástí půdy *s.l.* (nadložní humus)

- **heterogenní**, snadno odlišitelné složky, různorodé niky, exponován povětrnostním podmínkám (pravidelné vysychání)

Teplotní vývoj v opadu borovice lesní v NP České Švýcarsko, duben - listopad 2007



Opad vs. půda

opad je součástí půdy *s.l.* (nadložní humus)

- pro svou heterogenitu často studován **mykofloristy** (snadno definovatelné habitaty pro sběry hub) a sledována **sukcese** (lze relativně přesně datovat vzorky spolu se stanovením spektra kolonizujících hub)

x **humusové** horizonty půdy jsou homogennější, nerozlišíme už jednotlivé složky

- mikroklima v půdě je stálejší
- může být nižší obsah kyslíku
- větší podíl anorganického materiálu
- ač celkem „obyčejný“ substrát, dosud zůstává velkou neznámou



Humusform: Moder Foto: Åke Nilsson

<http://www-markinfo.slu.se/sve/mark/humus/bilder/moder5m.jpg>

Habitaty v opadu

Složení opadu (suché hmotnosti)

60-75% tvoří listy

2-15% “plody”

10-15% větve

10-20% borka

+ exkrementy, trusinky, mrtví živočichové, vývržky, ... plechovky, obaly od čokolády, ...

...

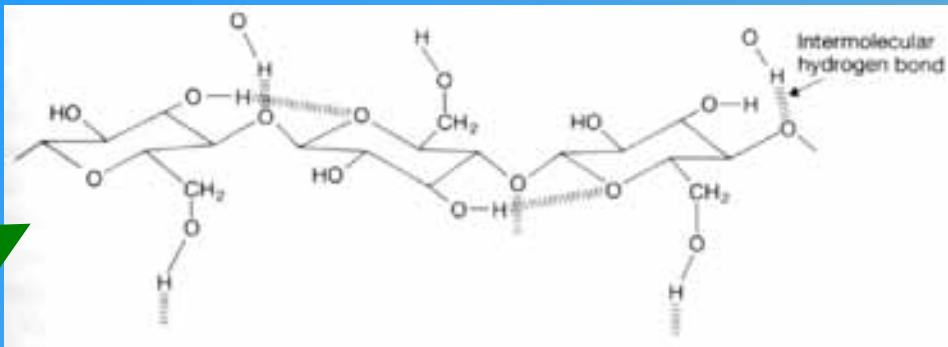


<http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/imgjul04/iw/logs.jpg>



<http://www.pnc.edu/photos/autumn2005/fall%20leaves.jpg>

Chemie v opadu



Složení opadu (suché hmotnosti)

celulóza (15-60%)

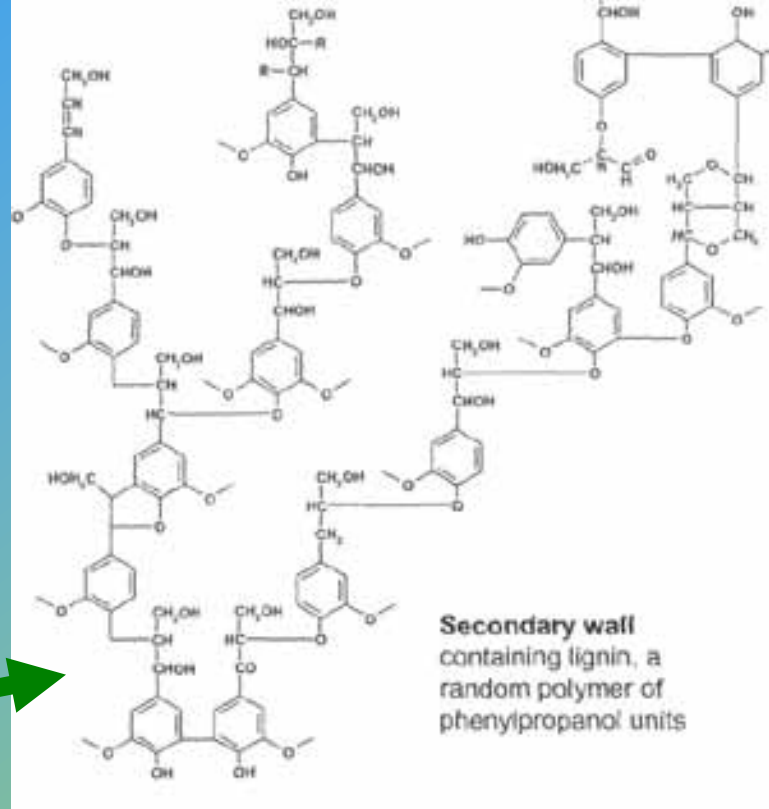
hemicelulóza (10-30%)

lignin (5-30%)

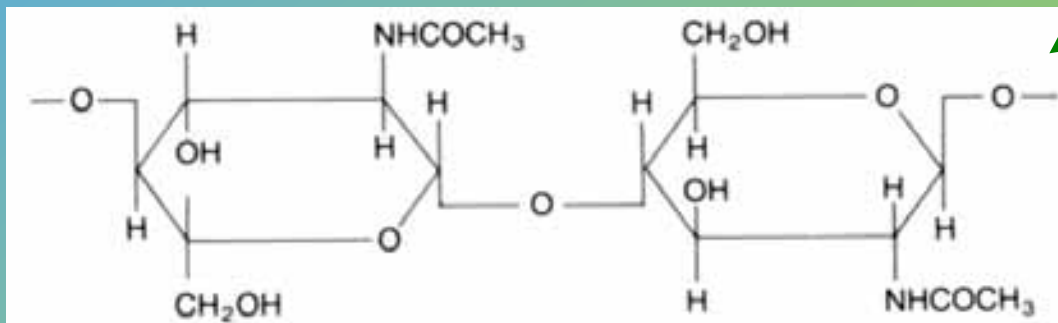
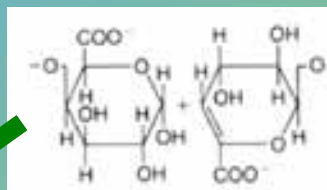
rozpuštěné uhlovodíky

taniny

+ suberin, proteiny, lipidy, pektiny, zásobní polysacharidy, chitin, keratin, ...



Anke & Weber (2006)



Cooke & Whipps (1993)

Opad, kombinace C a N

V přírodě důležitá kombinace prvků, především C:N a C:P



http://www.virtualblueridge.com/photojournal/2005/05/images/large/11_012.jpg

© 2005 Virtual Blue Ridge



Mycelium	10:1
Jehličnatý opad	120 - 40:1
Dřevo	300 až 1000:1

- N a P v přírodě limitní a mycelium se jich nevzdává

<http://www-markinfo.slu.se/sve/mark/humus/bilder/moder5m.jpg>

Dekompozice strukturních polymerů

- **celulóza, lignin, hemicelulóza, pektiny, ...**

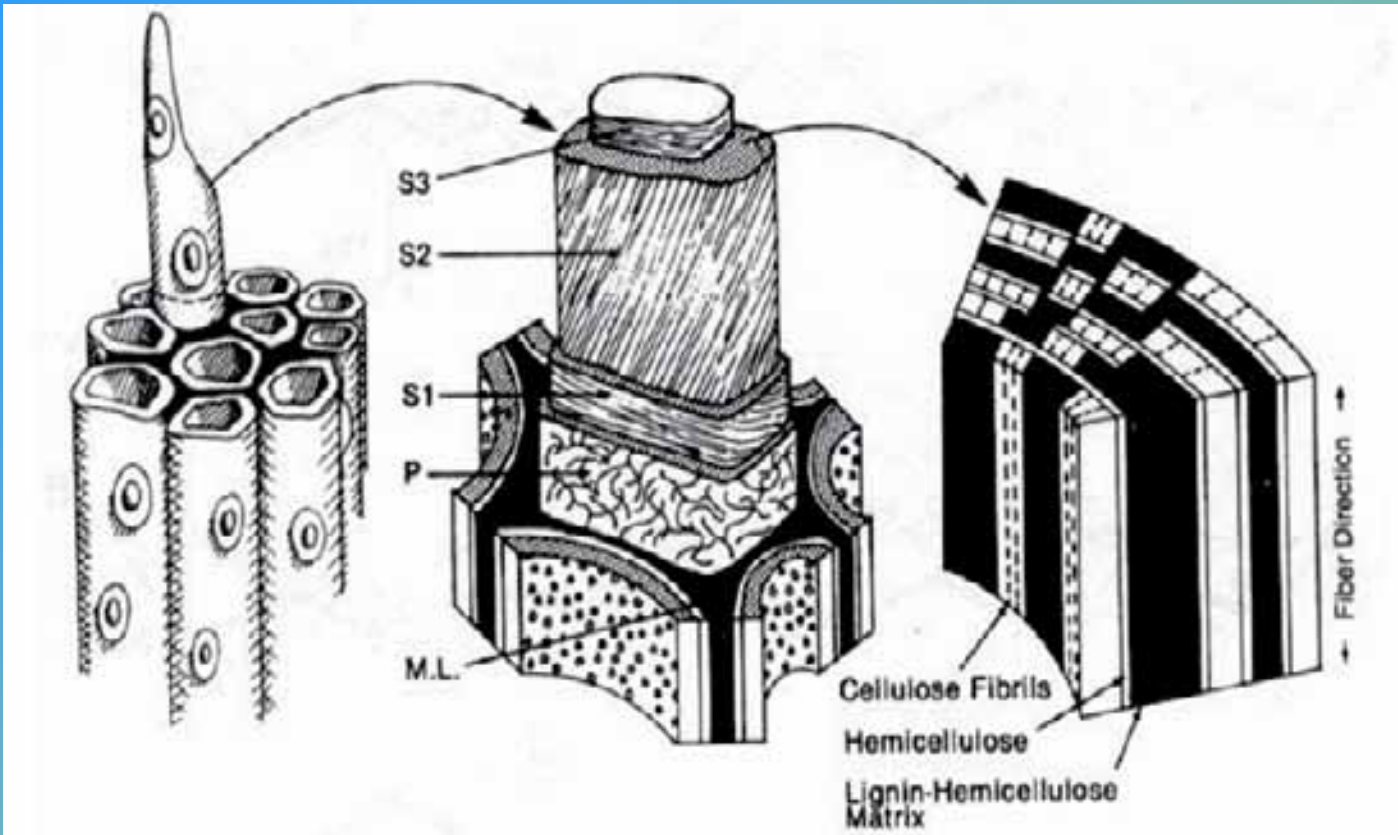
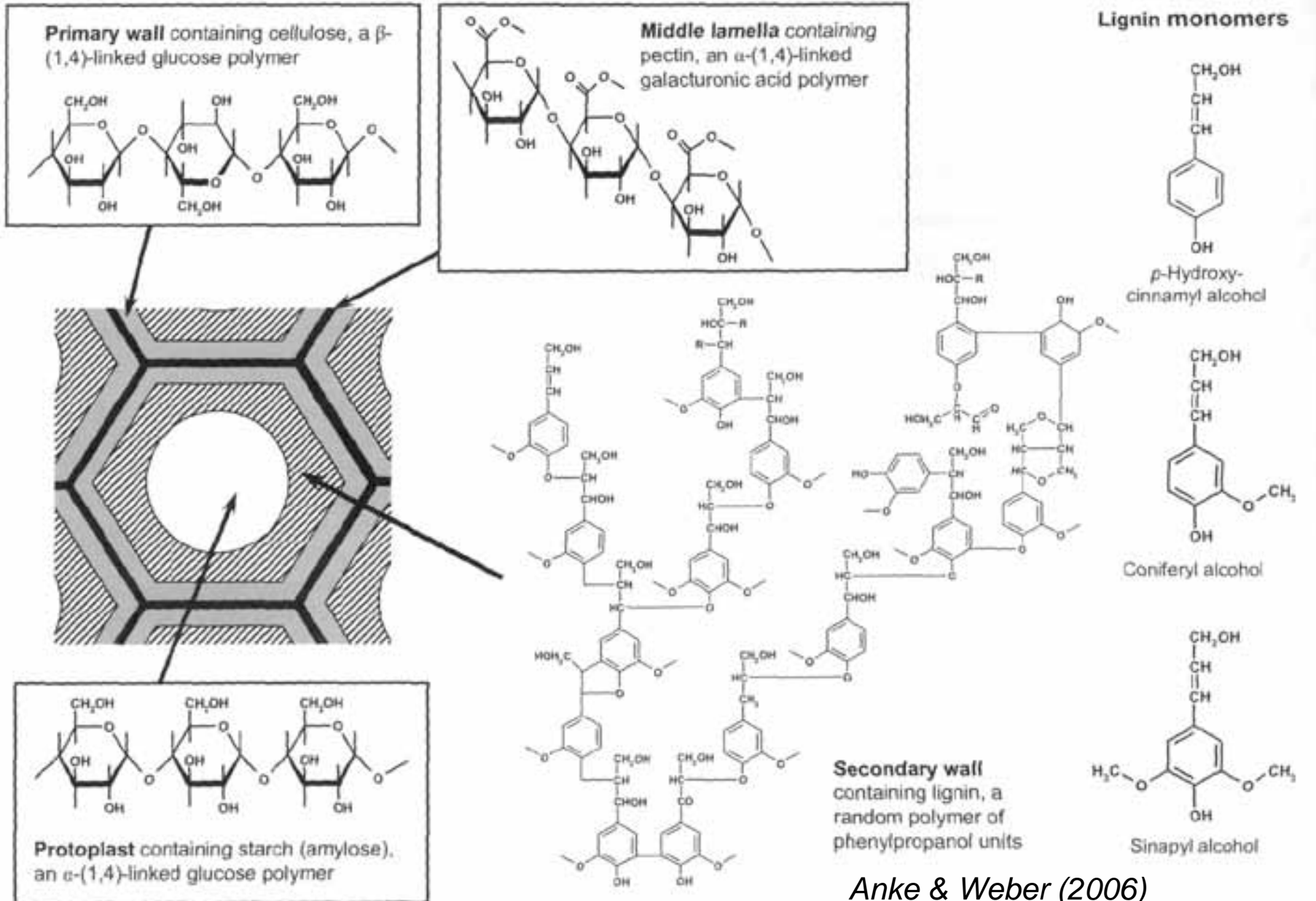


Figure 1.1: A schematic illustration of wood structure showing adjacent tracheids, each ca 30 μm in diameter (left), wood cell wall layers (middle): P - primary wall, S1 - S3 - secondary cell wall layers, M. L. - middle lamella, and lignocellulose complex of the secondary cell wall (right) (Kirk and Cullen, 1998).

Dekompozice strukturních polymerů



Dekompozice strukturních polymerů

- celulóza

- jednotky glukózy spojené β -(1-4)-glykozidickou vazbou, krystalická a amorfní

= endoglukanáza, celobiohydroláza (exoceluláza), β -glukozidáza

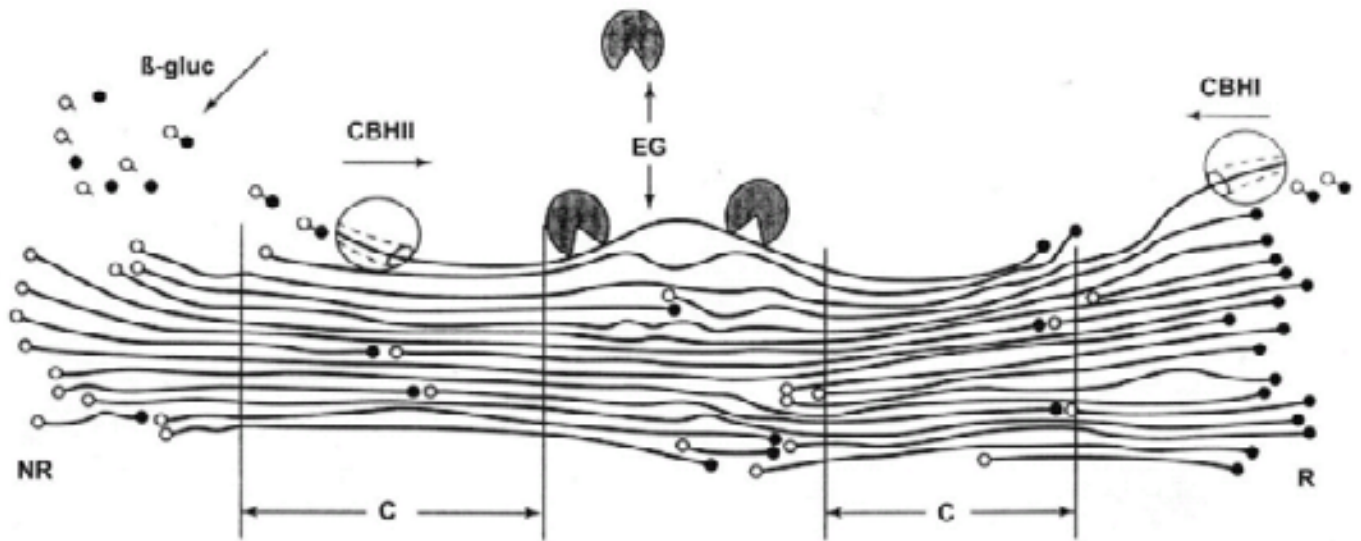
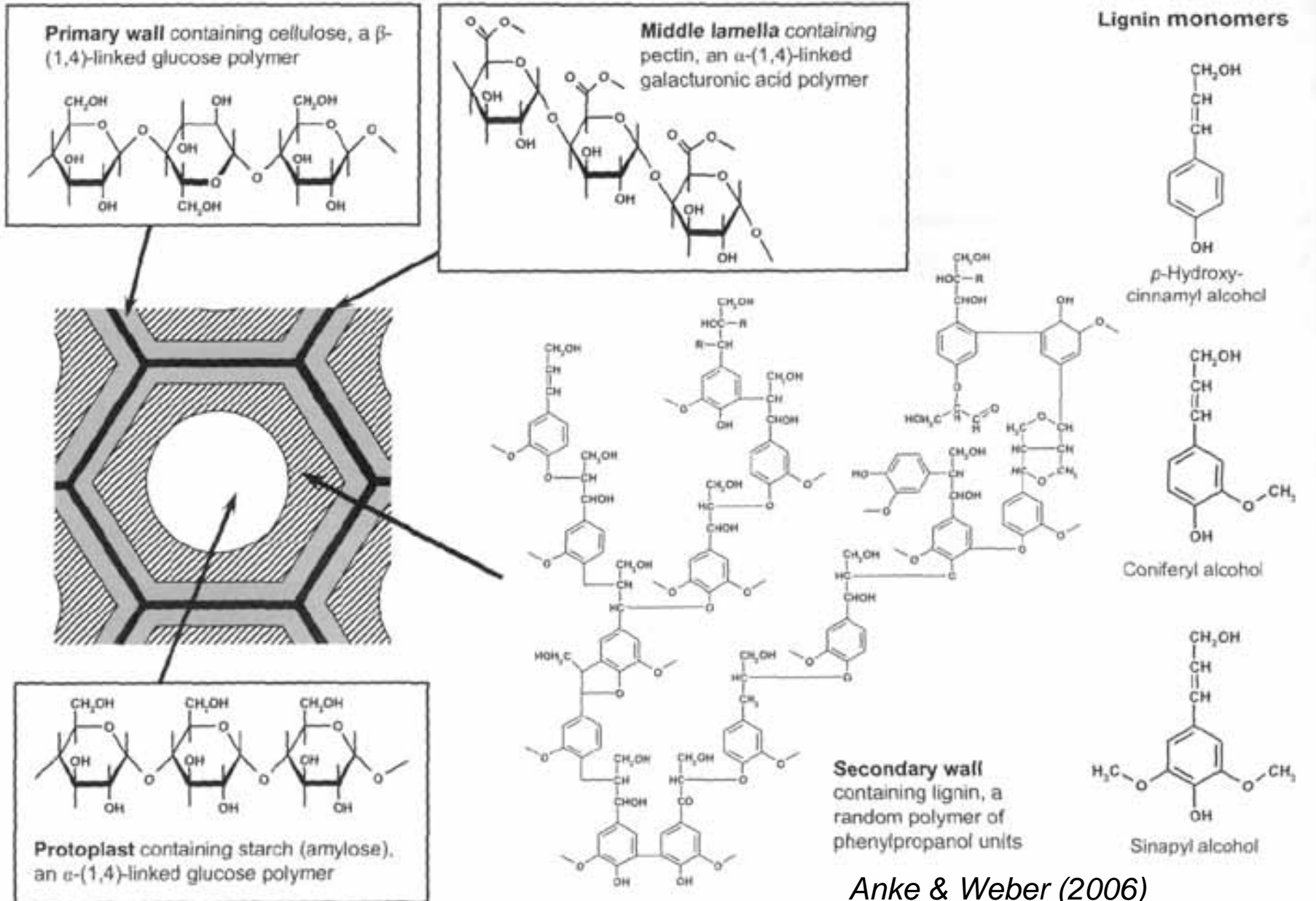


Figure 1.2: A schematic view of the cellulose structure and action of the cellulolytic enzymes: EG - endoglucanase, CBH - cellobiohydrolase, β -glucosidase in *Trichoderma reesei*. C defines the highly ordered crystalline region, R the reducing ends (filled circles), and NR the nonreducing ends (open circles) (Teeri, 1997).

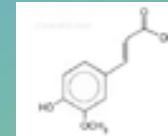
Dekompozice strukturních polymerů



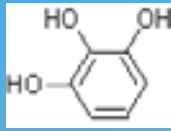
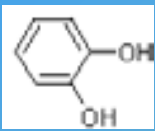
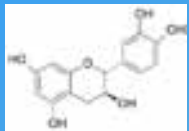
Dekompozice strukturních polymerů

Lignin – nepravidelný 3D polymer tvořený *kumarylalkoholem*, *sinapylalkoholem* a *koniferylalkoholem*

- lignin nejen ve dřevě, ale i v bylinných částech, každá čeleď rostlin má specifický poměr stavebních kamenů



- k tomu navíc nestrukturní *fenolické látky* (kys. vanilová, gallová, ferulová; flavonoly, katechin, katechol, pyrogallol), *terpeny*, *pryskyřice*, ...



- **jádro** více odolné vůči rozkladu než **běl**

- ve dřevě **velmi málo dusíku**, C:N 300-1000:1

- koncentrace CO₂ může být až dvacetkrát větší než O₂ uvnitř kmenů

- větve a větvičky mrtvé, ale na stromě periodicky vysychající, osluněné, až teprve hlouběji v opadu vyšší vodní potenciál

Mechanizmy rozkladu lignocelulózy

Nejlépe prostudovány na modelovém druhu *Phanerochaete chrysosporium*

- nepravidelná struktura neumožňuje přímý kontakt s aktivním místem enzymů

- oxidaci ligninu umožňují **volné radikály**:

veratryl alkohol produkován **lignin peroxidázou**

a **Mn²⁺** produkován **Mn peroxidázou**

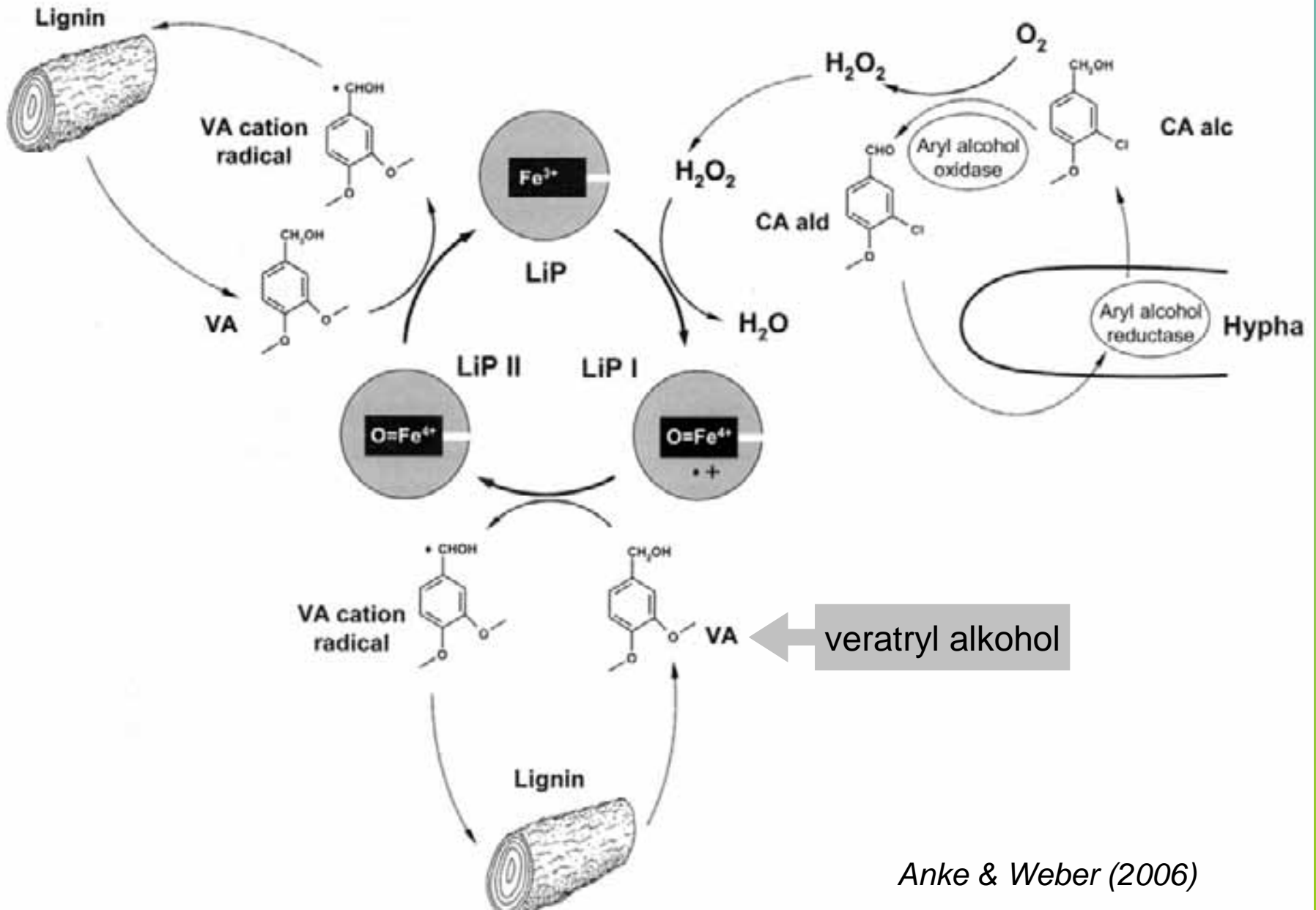
- tyto reakce vyžadují H₂O₂ jakožto donor elektronů

- fragmenty ligninu mohou být dále přímo štěpeny **lakázou**, nebo se fragmenty např. syringyl, guaiacyl a *p*-hydroxyphenyl mohou stát radikály schopnými štěpit lignin



<http://www.edugal.org.il/chazav/mushroom/pic8.htm>

Mechanizmy rozkladu lignocelulózy



Mechanismy rozkladu lignocelulózy

Další enzymy účastníci se rozkladu lignocelulózy

Hydrolázy – celulózy a hemicelulózy

Peroxidázy – haloperoxidáza, Mn- nezávislá peroxidáza, LiP-like peroxidáza

a další – arylalkohol oxidáza, kutináza, pektináza, amyláza, lipáza,

- *lakáza je vylučována i kořeny rostlin (!)*

Fungal laccases – occurrence and properties

Petr Baldrian

Laboratory of Biochemistry of Wood-Rotting Fungi, Institute of Microbiology ASCR, Prague, Czech Republic

FEMS Microbiol Rev 78 (2004) 235–242

© 2005 Federation of European Microbiological Societies
Published by Blackwell Publishing Ltd. All rights reserved



Soil Biology & Biochemistry 36 (2004) 1025–1038

**Soil Biology &
Biochemistry**

www.elsevier.com/locate/SBSB

Diversity of laccase genes from basidiomycetes in a forest soil

Patricia Luis^{a,b}, Grit Walther^a, Harald Kellner^a, Francis Martin^b, François Buscot^{b,*}

^aDepartment of Environmental Science, Institute of Ecology, University of Jena, Dornburger Str. 159, D-07743 Jena, Germany

^bUMR INRA/INP 1138 Interactions Arboc/Micro-organismes, Centre INRA de Nancy, F-54280 Champenoux, France

Received 15 April 2003; received in revised form 20 February 2004; accepted 20 February 2004

Dřevokazné houby

Dřevokazné houby

(*wood decomposers, wood-degrading, wood-rotting, wood-decaying, ...*)

houby měkké hniloby (SR, soft rot)

- patří mezi první houby napadající dřevo, především velmi vlhké (růst bazidiomycetů je omezen)
- rozkládají celulózu a hemicelulózu, u ligninu pouze odštěpují postranní řetězce



- především anamorfy (*Acremonium, Phialophora, Cephalosporium, Doratomyces, Tricladium* – vodní), dále teleomorfní askomycety (*Chaetomium*), z bazidiomycetů pouze *Oudemansiella mucida*

- lámání v kostičkách

Dřevokazné houby

houby hnědé hniloby (*BR*, *brown rot*)

- rozkládají pouze pektiny, celulózu a hemicelulózu, lignin zanedbatelně, podobně jako SR

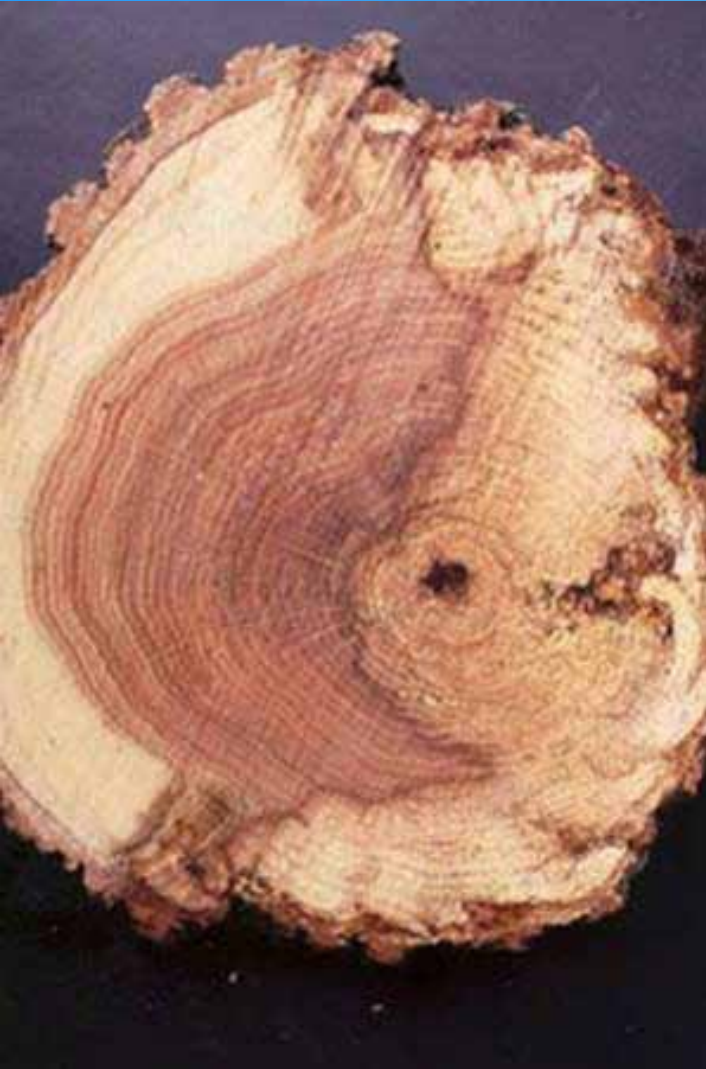


- málo druhů (10% z dřevokazných bazidiom.)
Serpula, *Gloeopyllum*
- opět lámání v kostičkách

Dřevokazné houby

houby bílé hniloby (*WR, white rot*)

- nejsilnější enzymatická výbava, rozkládají lignin, ale pouze společně s celulózou nebo hemicelulózou



- především bazidiomycety (*Stereum, Trametes, Pleurotus, Phanerochaete, Pycnoporus, Daedalea, Ganoderma, ...*)
- dále askomycety čel. *Xylariaceae* (*Xylaria, Ustulina, Daldinia, Hypoxylon, ...*)

Dřevokazné houby



Trametes hirsuta WR vlevo; neznámá BR vpravo

Anke & Weber (2006)

Mechanismy rozkladu lignocelulózy

- i v opadu značné množství ligninu (jehličí, sklerenchym, ...)
- některé saprotrofní houby rozkládající opadu mají enzymatickou výbavu podobnou houbám bílé hniloby

„*bílá hniloba*“

- na jehlicích *P. sylvestris*

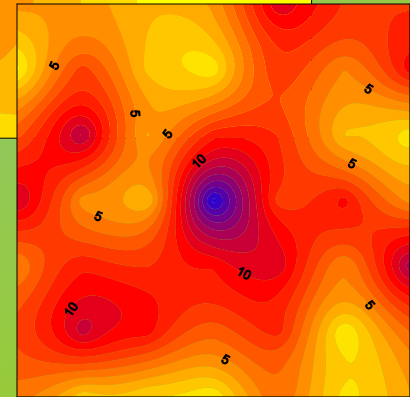
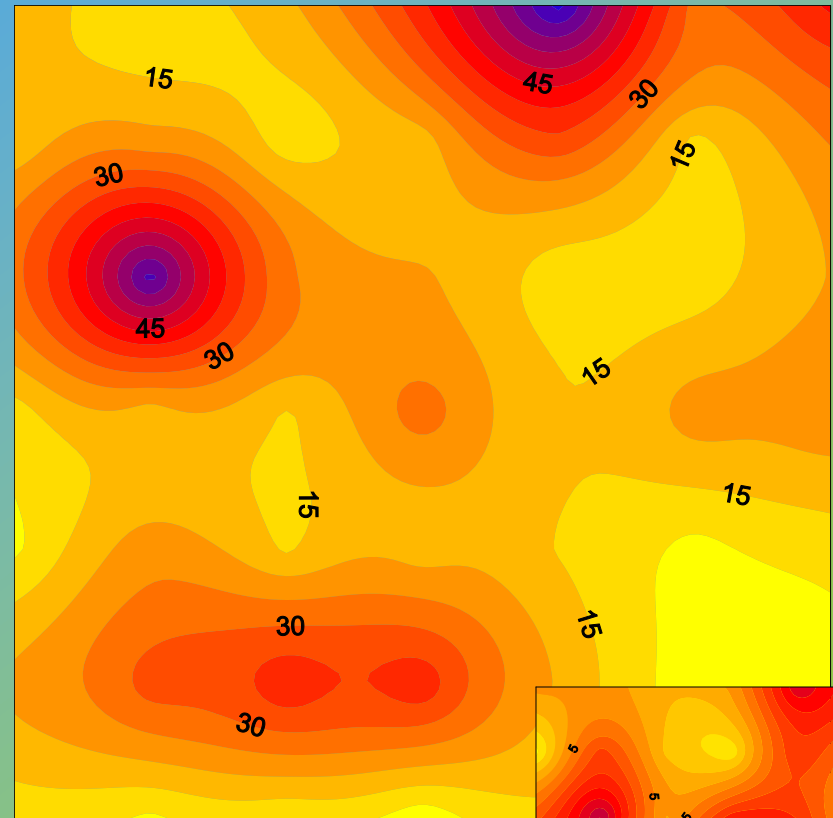
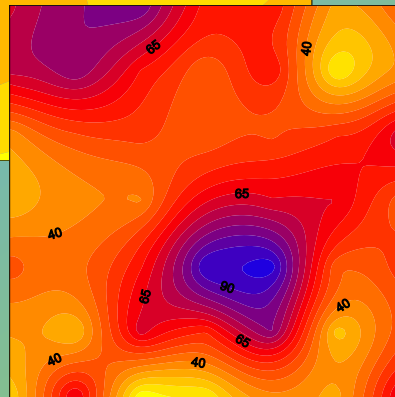
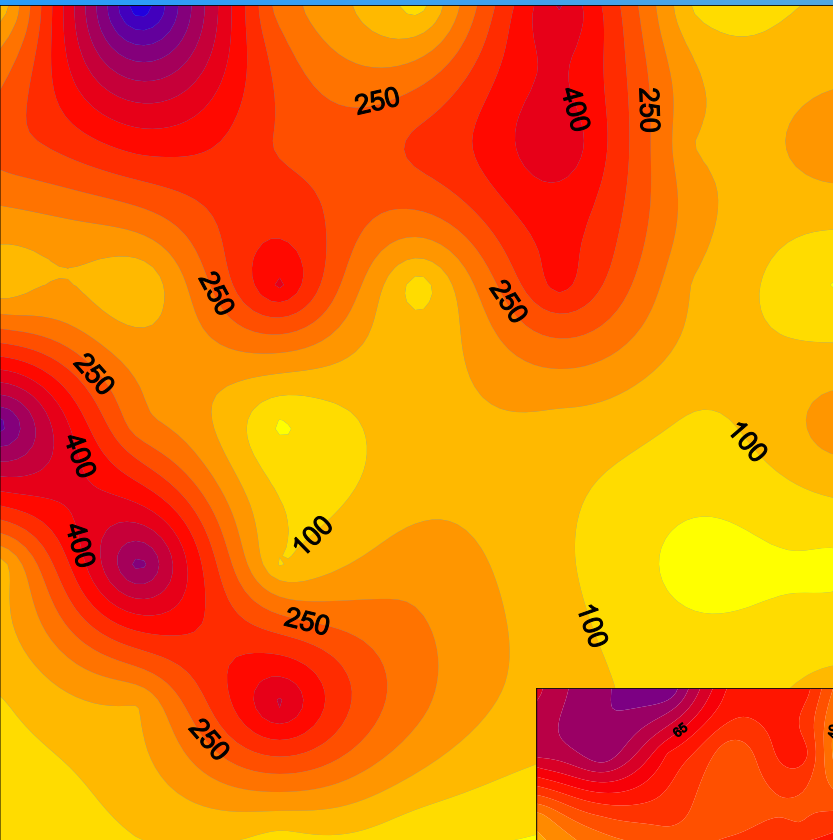
- v listnatém opadu v terénu



Distribuce enzymů není lineární

Lakáza

- detekce aktivity lakázy v půdě dubového lesa spolu s detekcí ergosterolu, tj. houbové biomasy



L horizont



měřítko 10 cm

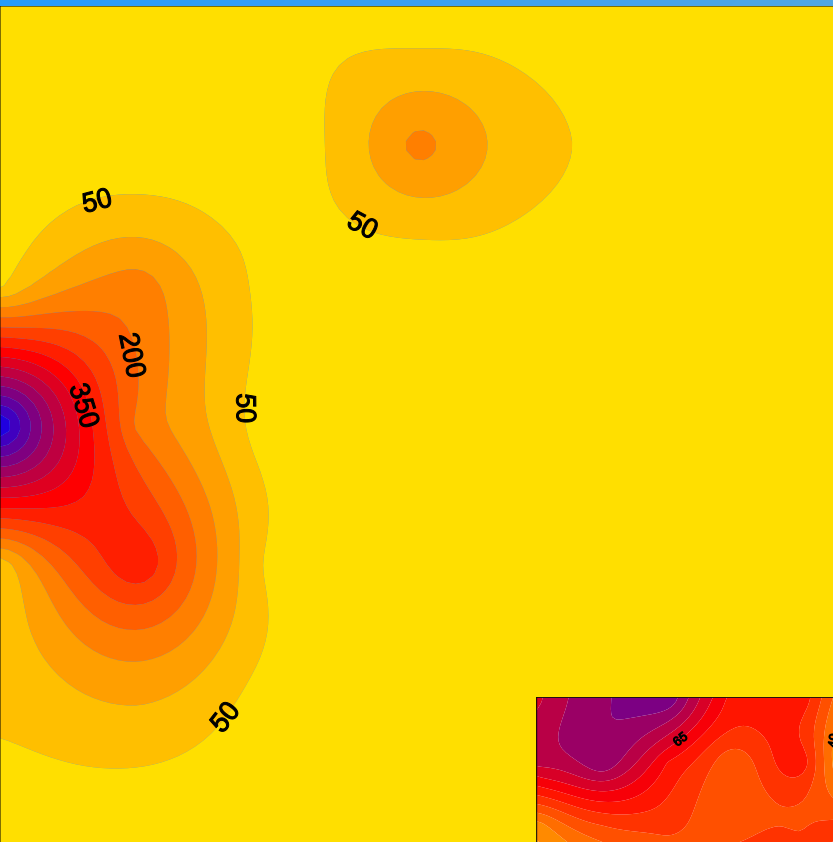
O horizont

Baldrian (2007)

Distribuce enzymů není lineární

Mn - peroxidáza

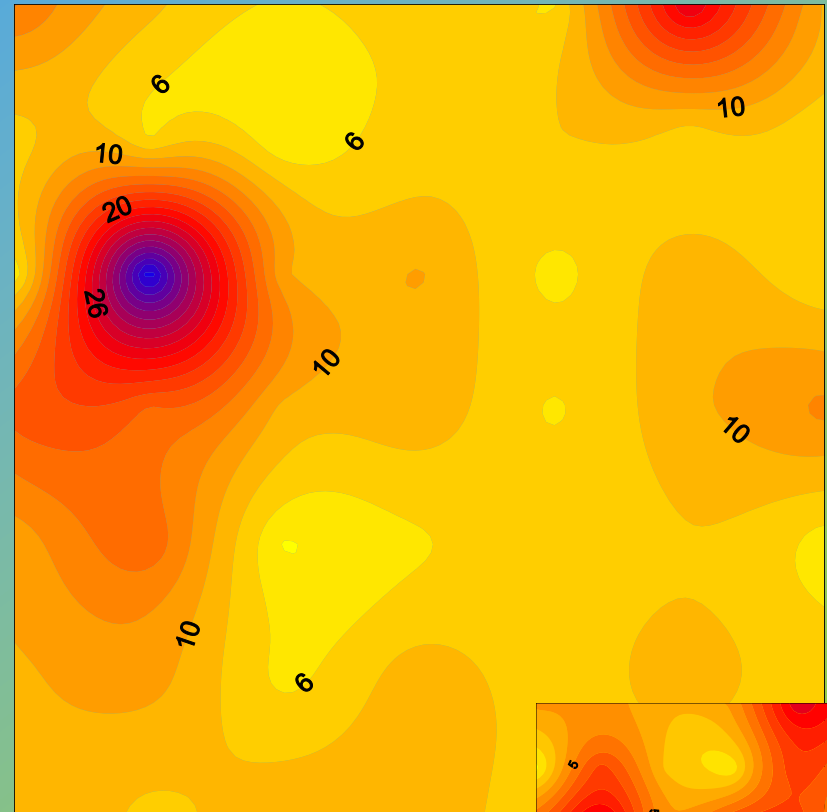
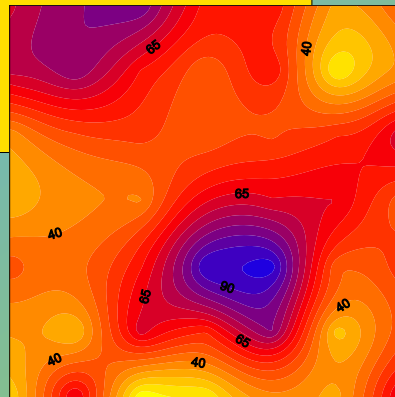
- detekce aktivity Mn-peroxidázy v půdě dubového lesa spolu s detekcí ergosterolu, tj. houbové biomasy



L horizont

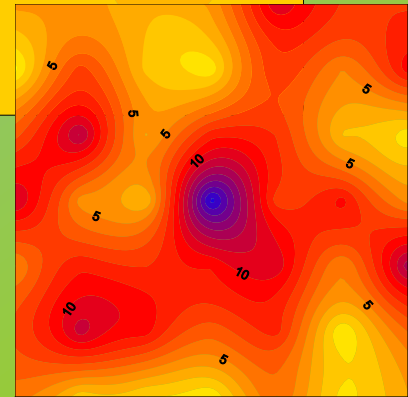


měřítko 10 cm



O horizont

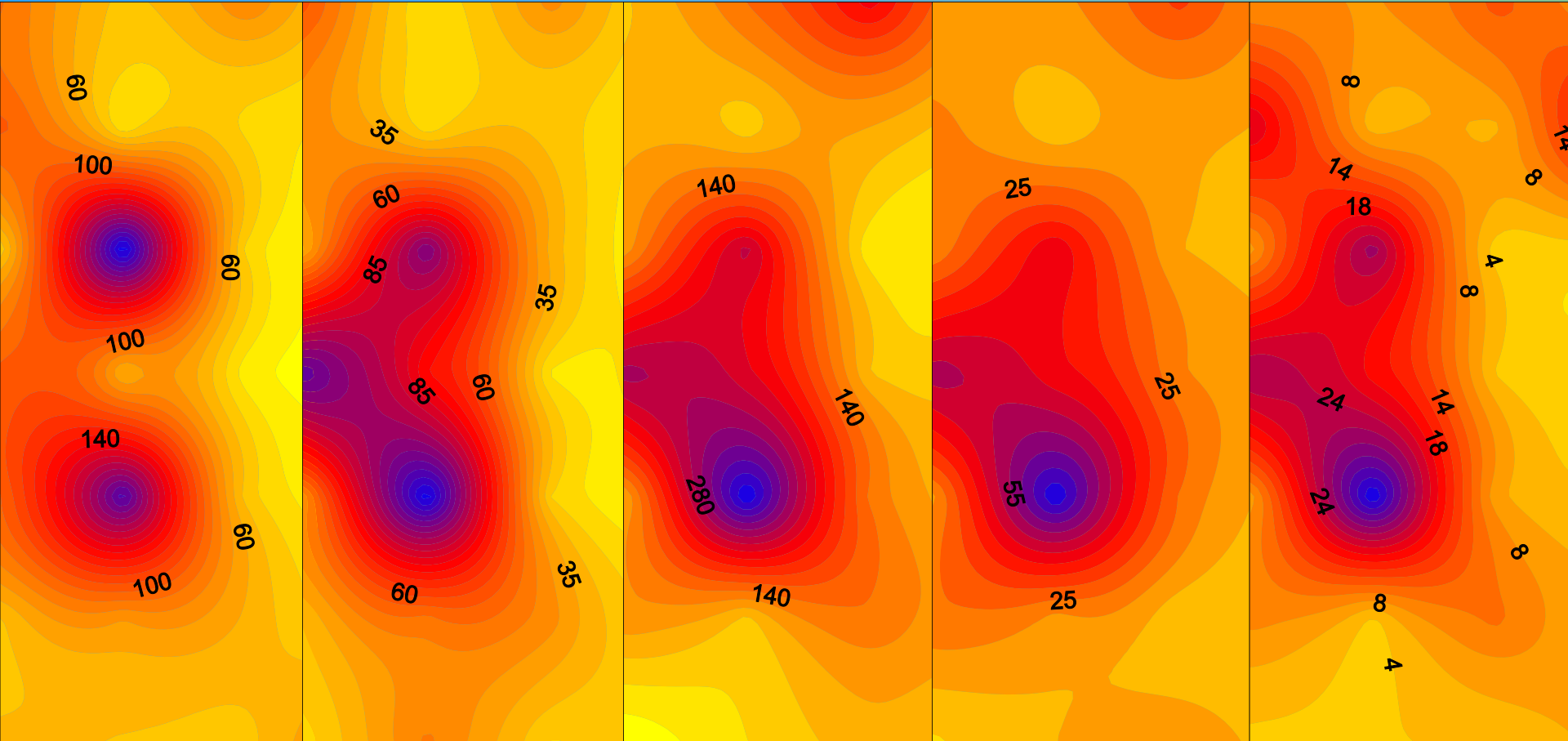
Baldrian (2007)



Distribuce enzymů není lineární

- ale pro enzymy štěpící polysacharidy je rozložení obdobné

endoglukanáza endoxylanáza β -glukozidáza β -xylozidáza celobiohydroláza



- „*hot spots*“ a „*patches*“ neboli horké skvrny a záplaty 😊

Zdroje

- kontinuální
- **dikontinuální** „*patches, units*“

http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Grib_skov.jpg



Co na to houby?

„*non-unit-restricted*“

- druhy prorůstající opad veget. myceliem, kolonizující rozsáhlé plochy
- půdní druhy, sapr. bazidiomycety v opadu, ECM a houby žijící z kořenových exudátů



<http://commons.wikimedia.org/>

- bez potřeby přizpůsobovat mycelium, nebo provazce, rhizomorfy
(luční *Marasmius oreades*, *Collybia*, *Clitocybe* a v opadu *Mycena*)

Co na to houby?

„*unit-restricted*“

- substrát je buď četný, ale z hlediska houby tvořen samostatnými jednotkami (jehlice určité kvality v opadu)
- nebo je substrát pouze lokálně (trus, kmen stromu, plod, ...)
- dva hlavní typy, jak se s tím houby vyrovnají

1) „*foragers*“ tvoří specifické útvary pro růst a hledání nového zdroje (*Phanerochaete velutina* provazce, *Armillaria gallica* rhizomorfy) a při nalezení přepnou na husté absorpční mycelium

2) „*sporulovači*“ specialisté na určitý habitat, nacházení pouze zde, na nový se šíří pomocí spor, neinvestují do rozsáhlého mycelia (askomycety)

... ale je specializace opravdu? Sběr plodnic a konidioforů ze substrátu vs. izolace, DNA.



Hormiactella asetosa

Co na to houby?

- *foragers*

- **saprotrofní bazidiomycety** jsou přizpůsobeny na heterogenitu opadu a jeho různou kvalitu (hlavně dřevokazné houby)
- myceliální provazce (***foraging*** nebo ***explorative growth***) kolonizují rozsáhlé vzdálenosti (až desítky m)
- pokud naleznou vhodný substrát změna morfologie na klasické mycelium maximalizující povrch (***exploitative growth***)
- může dojít i k lyzy myc. provazců kvůli recyklaci N
- následuje kolonizace a využití substrátu

Co na to houby?

- sporulovači

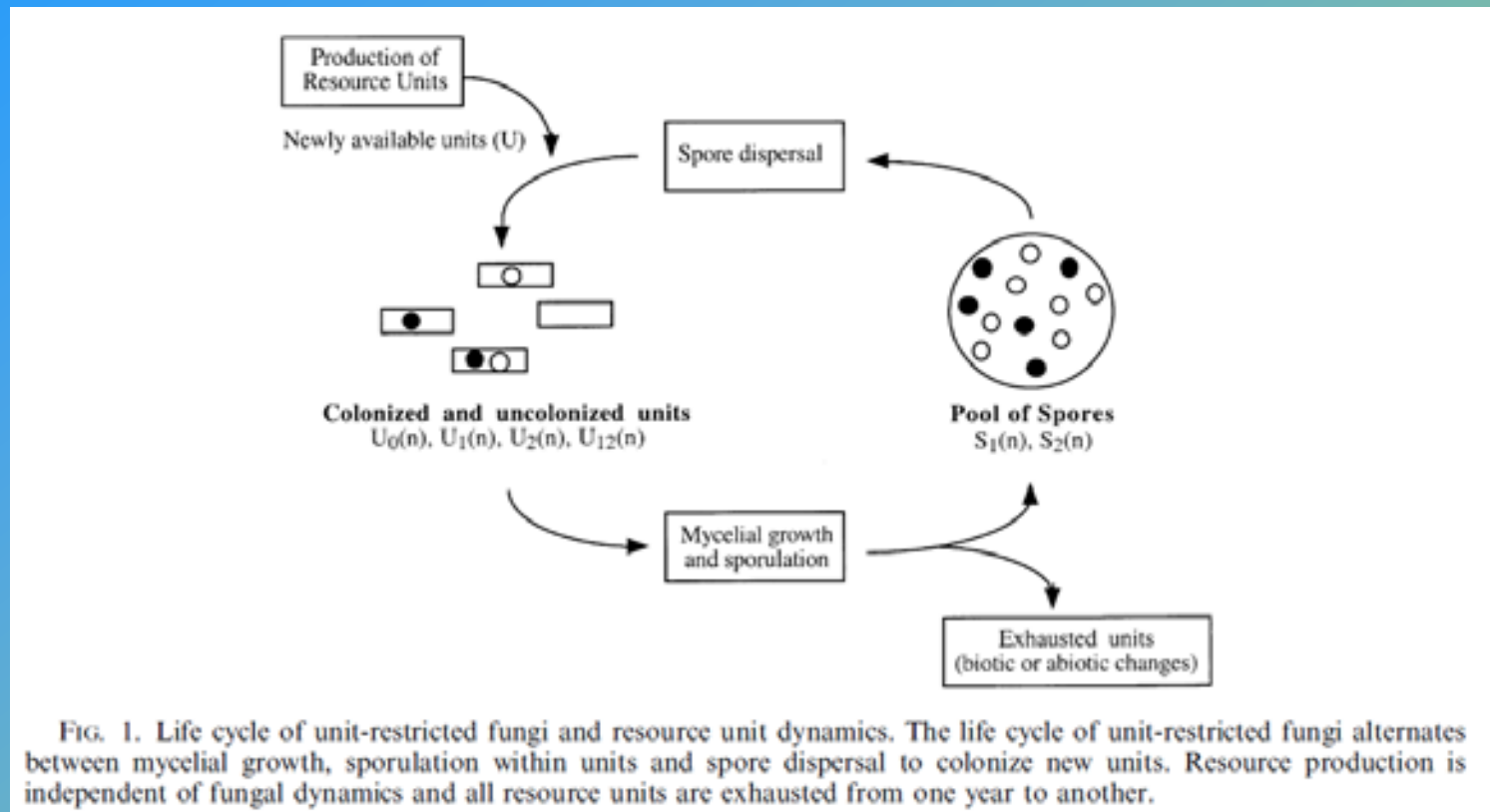


FIG. 1. Life cycle of unit-restricted fungi and resource unit dynamics. The life cycle of unit-restricted fungi alternates between mycelial growth, sporulation within units and spore dispersal to colonize new units. Resource production is independent of fungal dynamics and all resource units are exhausted from one year to another.

J. Theor. Biol. (2002) 217, 351–368
doi:10.1006/jtbi.2002.2533, available online at <http://www.idealibrary.com on> 



Competition between Unit-restricted Fungi: A Metapopulation Model

SÉBASTIEN GOURBIÈRE¹ AND FRANÇOIS GOURBIÈRE²*

¹Laboratoire de Théorie des Systèmes, Université de Perpignan, 52 Avenue de Félienne, 66000 Perpignan Cedex, France and ²UMR CNRS 5557, Laboratoire d'Ecologie Microbiote, Université Claude Bernard Lyon I, Bat. 743, 43 Bd de 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France

A co mykorrhizy?

- schopnost rozkládat organické látky i u **ektomykorrhizních** druhů hub
- řada ektomykorrhizních druhů nese **geny** pro **peroxidázy** (LiP, MnP) a lakázu
- byla zjištěna i jejich **produkce *in vitro***, rozklad huminových kyselin, opadu, ...
- možnost ECM hub (potažmo rostlin) využívat organické látky z půdy
- evoluce některých ECM ze saprotrofních?
u některých druhů i trend k opětovnému saprotrofnímu způsobu života

(Hibbett & al. 2000 – Nature!)

- *Hymenoscyphus ericae* (ErM) má saprotrofní schopnosti ještě silnější

Je to dostatečný důkaz, že se ECM houby podílí na rozkladu ligninu?

A co kompetice se saprotrofními houbami?

Opad vs. dřevo, saprotrofové vs. ECM

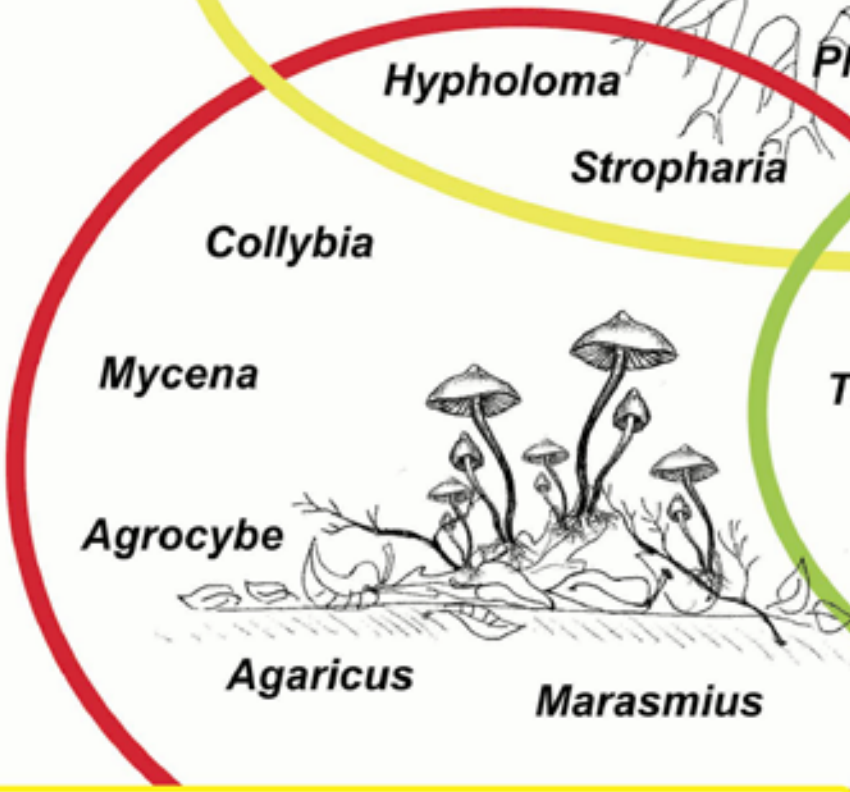
- padlý kmen se po několika sezónách zapadáváním opadem součástí opadu
- houby rozkládající opad dokáží rozložit i větve a větvičky, které mívají nižší vodní potenciál (na povrchu opadu snadno vysychají)
- semenáčky + ECM houby v tzv. „*nurse log*“



Wood-decay Fungi

White-rotters

Brown-rotters



Litter-decomposing Fungi



Hypholoma

Pholiota

Stropharia

Thelephora

Collybia

Mycena

Tricholoma

Lactarius

Russula

Agrocybe

Paxillus

Suillus

Agaricus

Marasmius

Boletus

Mycorrhizal Fungi

Steffen (2006)

Mineralizace?

Dochází vážně k mineralizaci? Jsou rostliny závislé na anorganických živinách v půdě?

ANO

Řada ekosystému se silnou mineralizací, přísunem jednoduchých živin, opad rychle rozložitelný.



NE

Jsou ekosystémy, kde je C a N vázán v biomase, k mineralizaci **dochází minimálně**, při disturbancích a vlivem ztrát.



Mineralizace?

- cyklus živin v ekosystému boreálního lesa (nevztahuje se na tropy, opadavý, temperátní, luční porosty, ...)
- **mineralizace** minimální, pouze při disturbanci (mrtvé mycelium substrátem pro jiné houby a bakterie)

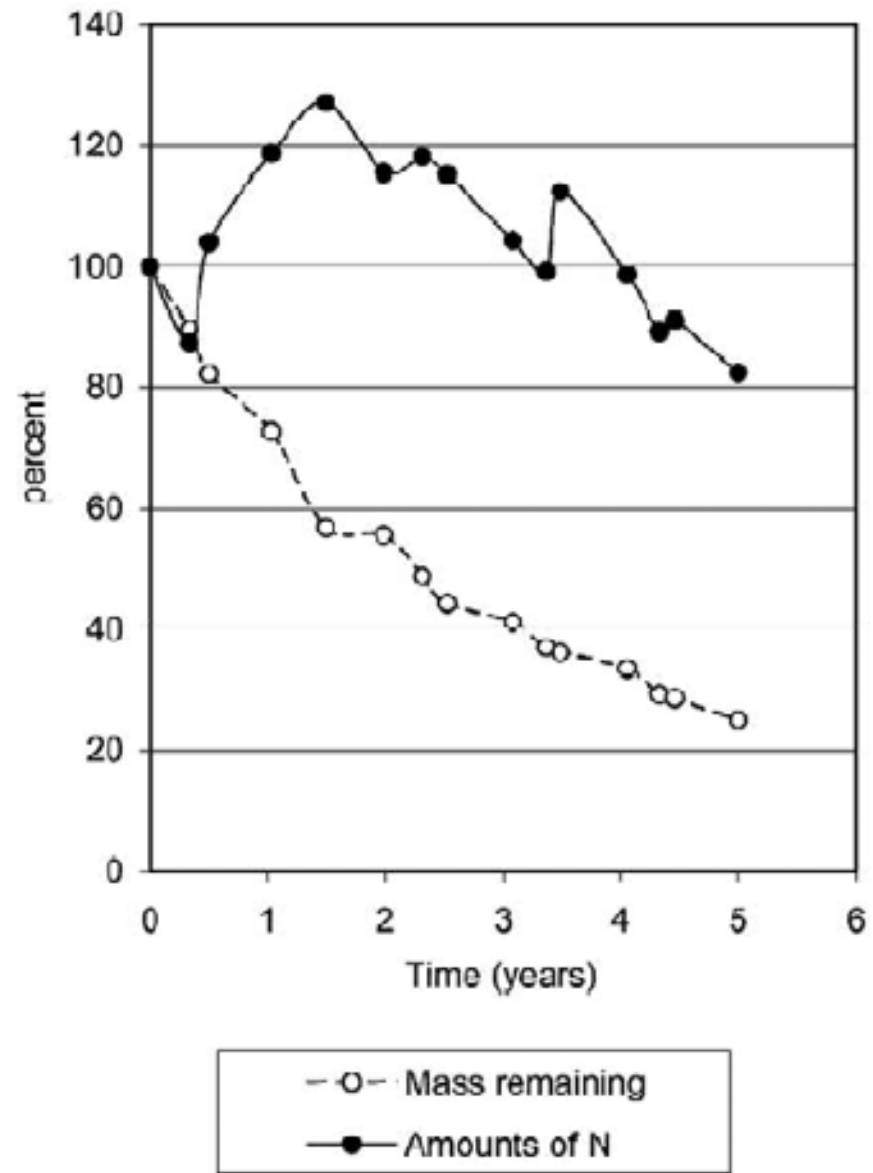
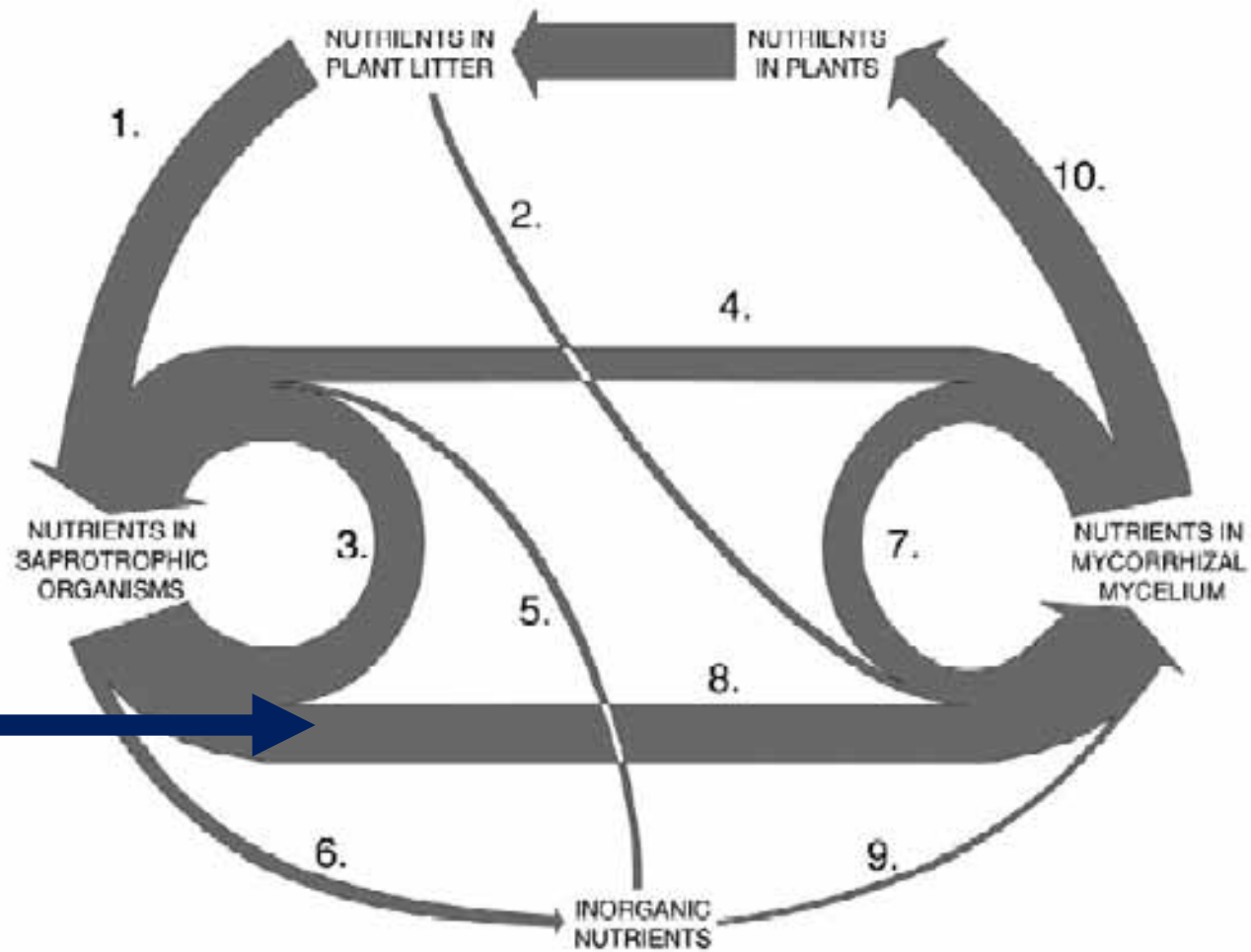


Figure 2. Changes in mass and absolute nitrogen content in *Pinus sylvestris* needles incubated in net bags on the forest floor of a Swedish forest (data from Berg et al., 1982). After a short leaching phase, nitrogen is imported into the needles. After one and a half years, the nitrogen import changes to export. After four years of decomposition, there is still no net loss of nitrogen from the litter.

Mineralizace?



1. Litter decomposition
2. Mycorrhizal litter decomposition
3. Saprotrophic organisms degrading other saprotrophic organisms
4. Saprotrophic organisms degrading mycorrhizal mycelium
5. Saprotrophic uptake of inorganic nutrients
6. Mineralisation
7. Mycorrhizal fungi degrading mycorrhizal mycelium
8. Mycorrhizal fungi degrading saprotrophic organisms
9. Mycorrhizal uptake of inorganic nutrients
10. Nutrient transfer from mycorrhizal fungi to their host plants

Výživa, kombinace C a N

Estimated age
(yr)

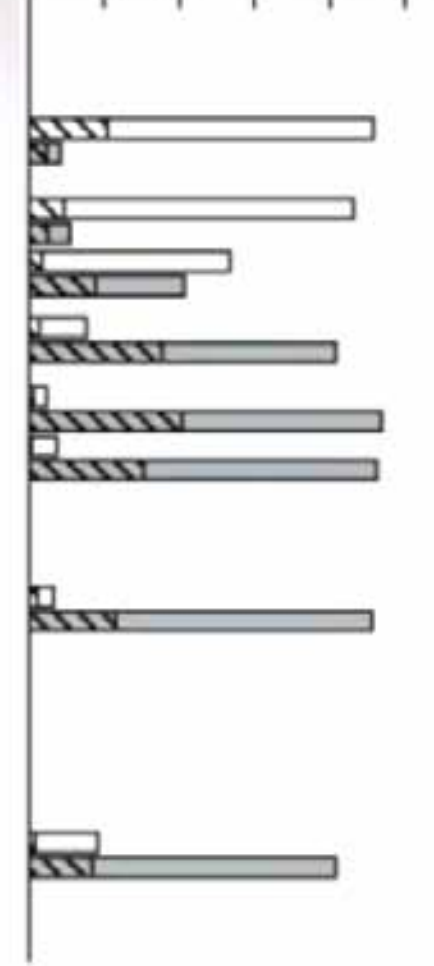
0 Needles at abscission
1 Litter 1
3 Litter 2 needles mosses
10 Fragmented litter
16 Humus 1
> 45 Humus 2



E horizon
Mineral soil
B horizon

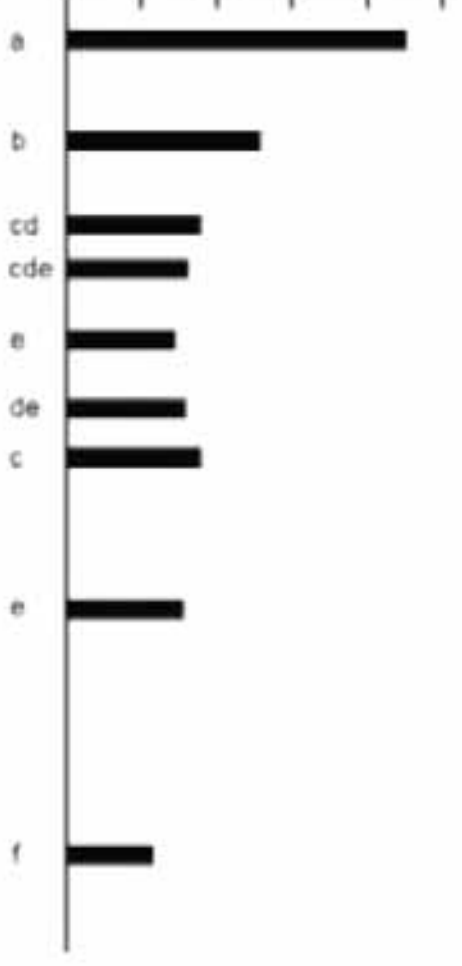
Fungal community composition

0 20 40 60 80 100%



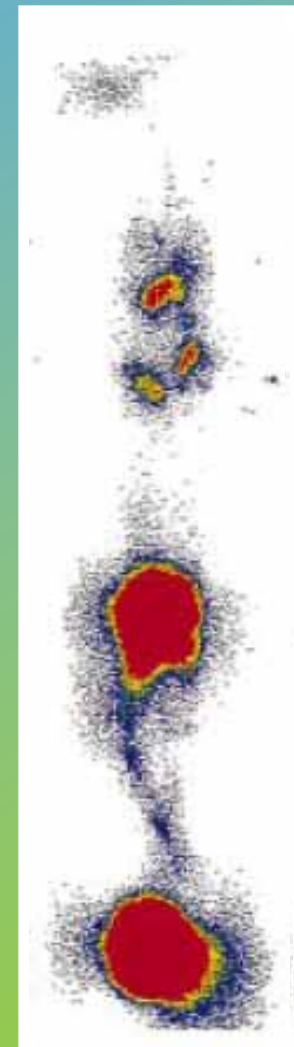
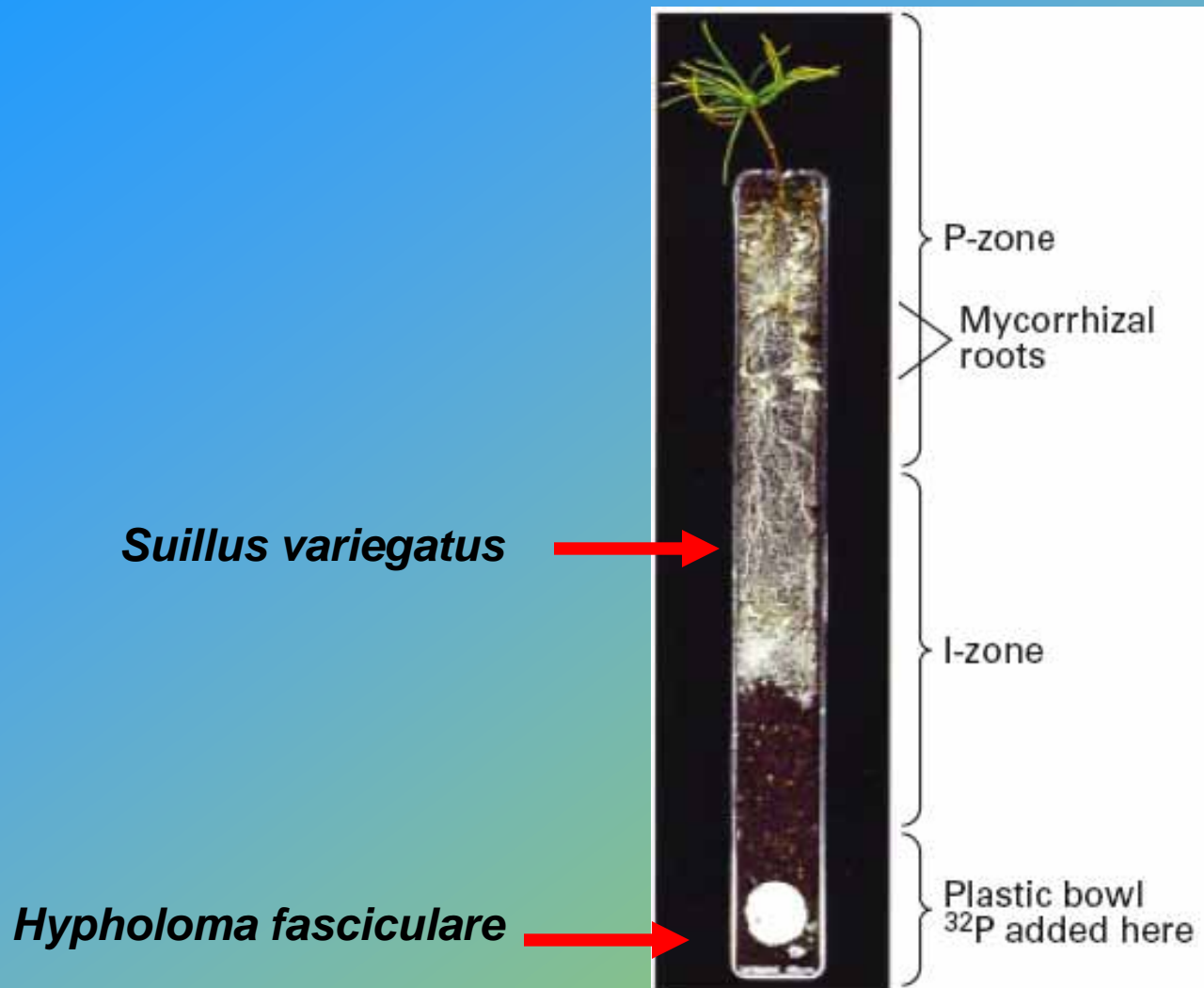
C:N ratio

0 30 60 90 120 150



□ 'early' fungi (▨ known saprotrophic fungi)
■ 'late' fungi (▩ known mycorrhizal fungi)

Velký význam translokace živin



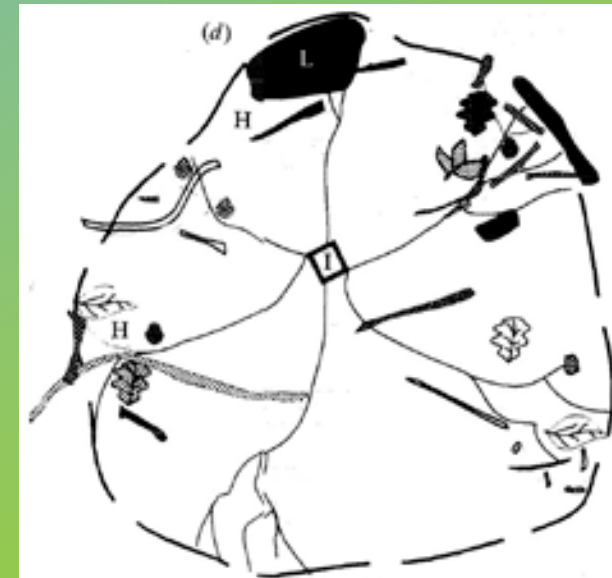
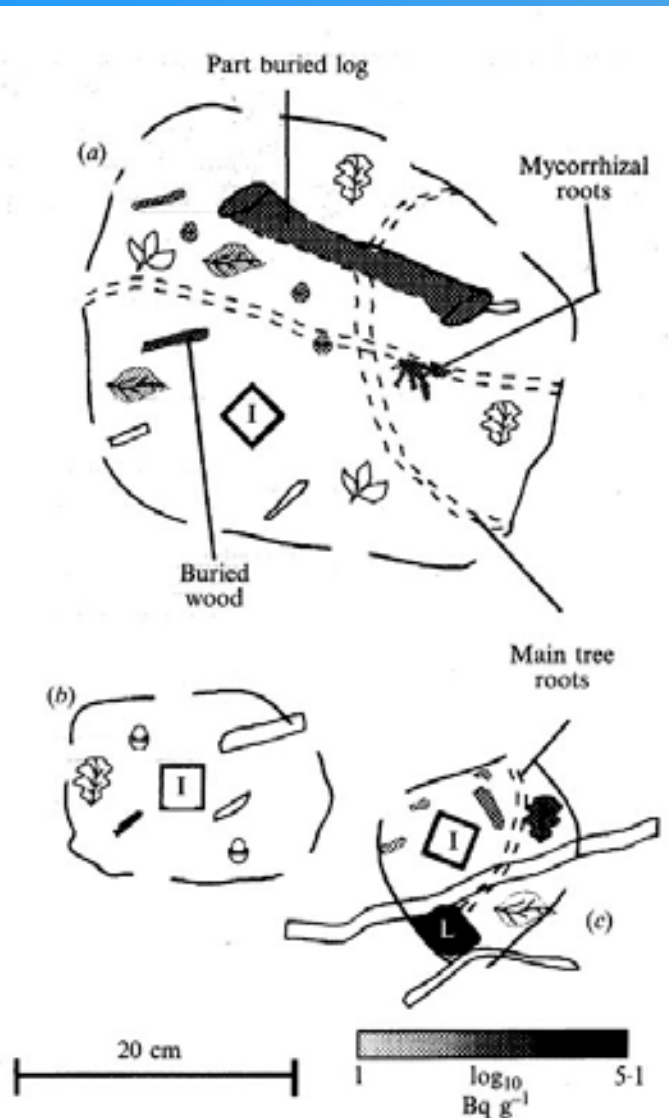
Velký význam translokace živin

- dřevokazná houba může translokovat fosfor do rostoucích částí mycelia, kolonizovaného dřeva i jiných složek opadu

- myceliální provazce zůstávají často samy bez P
- P se může dostat i k neočekávaným příjemcům, jako jsou mechorosty

Hypholoma fasciculare

Phanerochaete velutina



Wells & Boddy (1995)

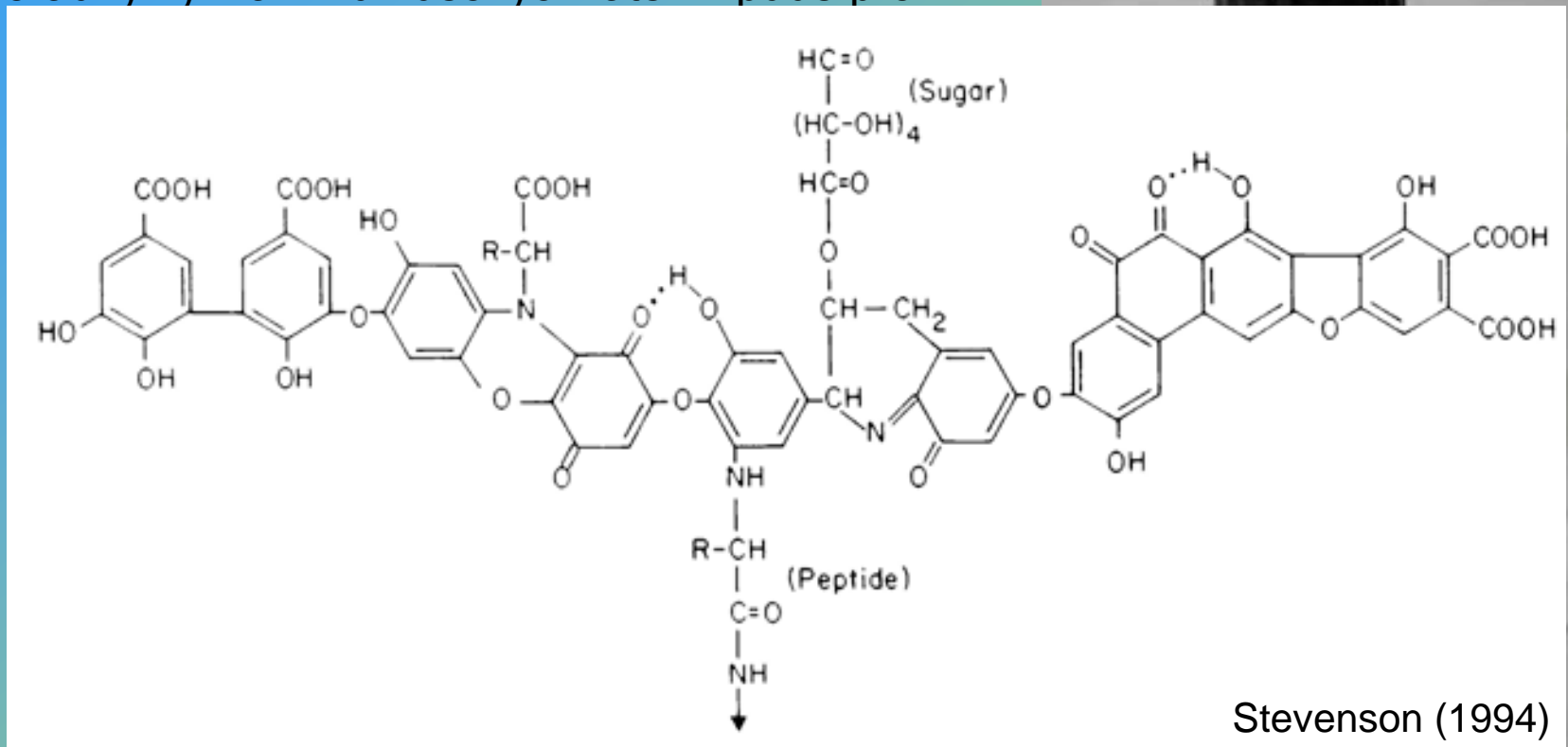
Je WR důležitější než BR?

Houby bílé hniloby dokáží mineralizovat lignin, čili vrací C, H, N do koloběhu.

X

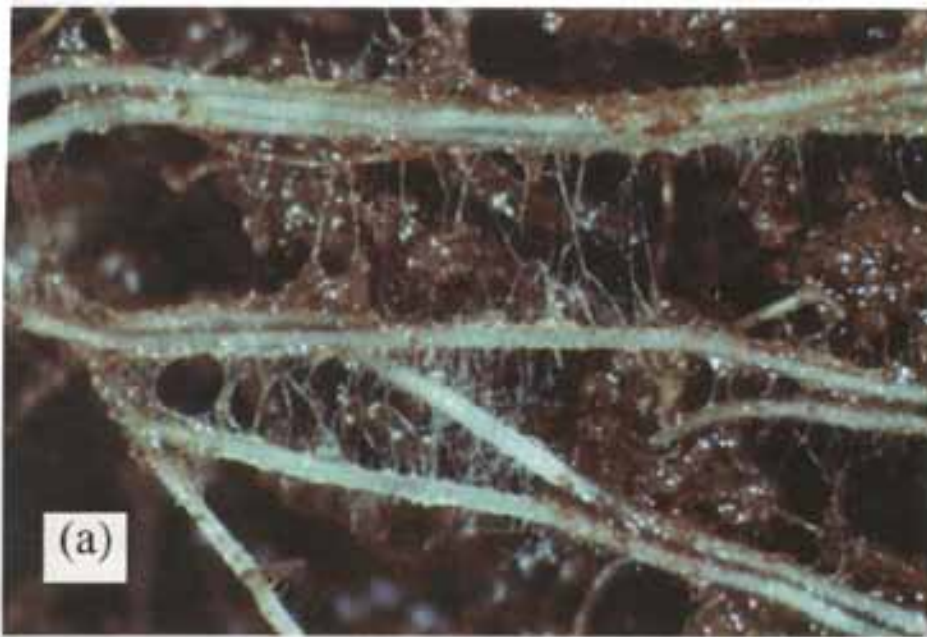
Houby hnědé hniloby umožňují tvorbu **humusu**, jehož základem jsou huminové látky (huminové kyseliny, fulvokyseliny a humin)

Mimořádný význam humusových látek v půdě pro



Půda - struktura

- dynamický heterogenní systém, jeho struktura ovlivněna především pevnou fází
 - tj. částice hornin a nerostů, org. materiál, utvářející **porozitu**
- ovlivňuje tak **kapalnou** (půdní roztok, nebo jen vodní film na povrchu částic, jeho pH, obsah vyluhovaných látek) a **plynnou fázi** (obsah O_2 vs. CO_2)
- velikost pórů udává dostupnost vody, propustnost plynů



Půda - struktura

x póry prodlužují vzdálenosti mezi rozptýlenými substráty

- houby musí překonávat prázdné prostory, tj. zvýhodněno **mycelium** vs. **kvasinky**
- pozorováno, že houby rostou častěji podél pórů, než napříč, tj. vzdušné mycelium je větší investice, předpokládá se u nich **tigmotropizmus**
- v dostatečně malých pórech ochrana hyf před háďátky, roztoči, chvostoskoky

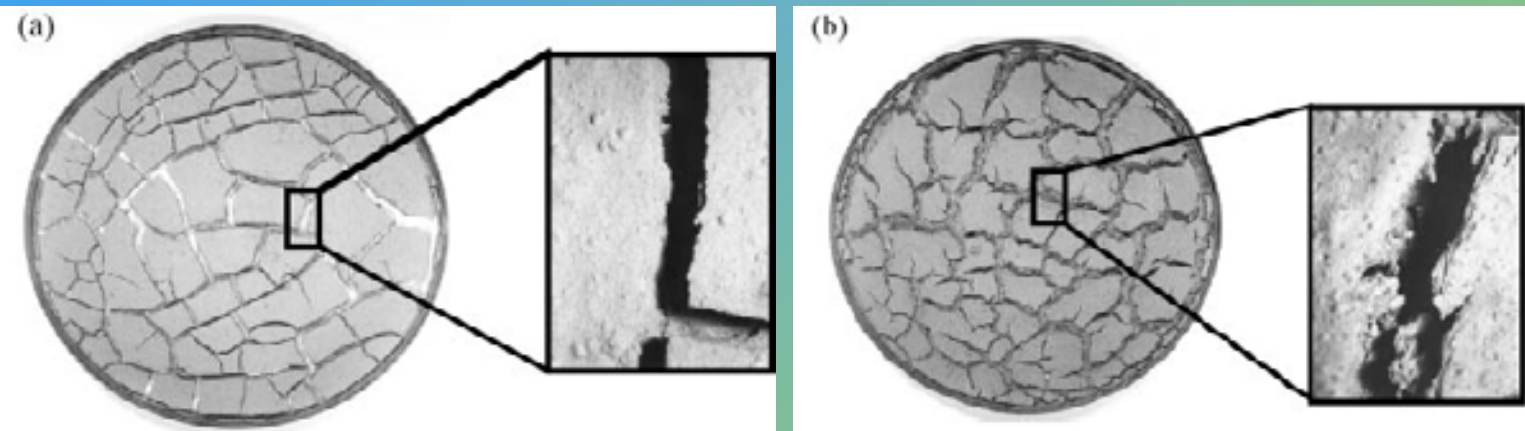


Fig 2 The impact of a fungus upon soil structural generation in a non-sterile soil slurry following drying: (a) uninoculated soil; (b) soil inoculated with *Trichoderma viride*. The fungus induces a more varied structure, manifest as greater variability in topography and in crack formation. The latter is illustrated in the enlarged boxed images from each system. Diameter of dish = 9 cm. (Image source: the authors)

Půda - struktura

- různé typy vizualizace umožňují detekci a kvantifikaci mycelia půdních hub
- rozlišení i živého vs. mrtvého mycelia

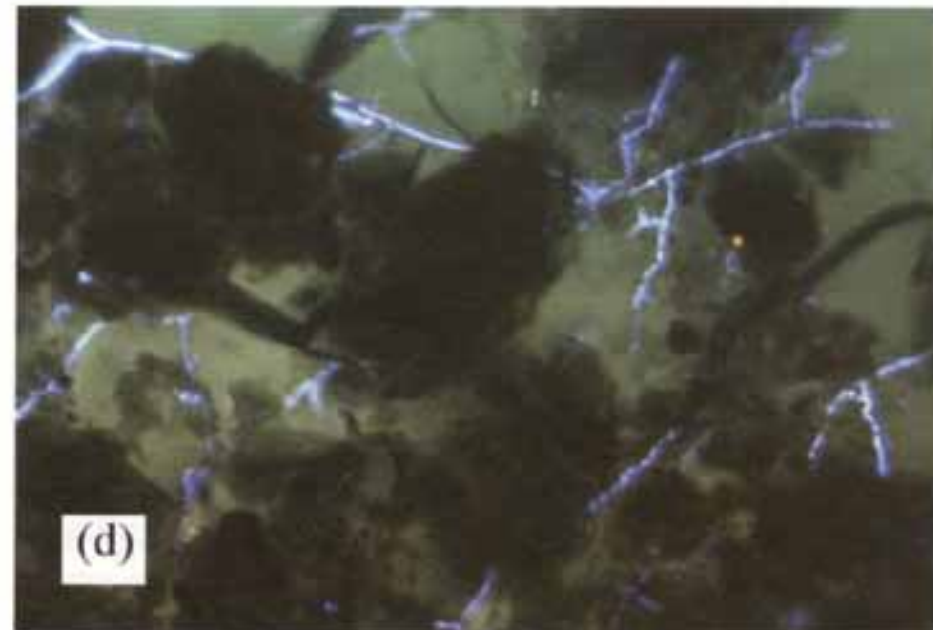
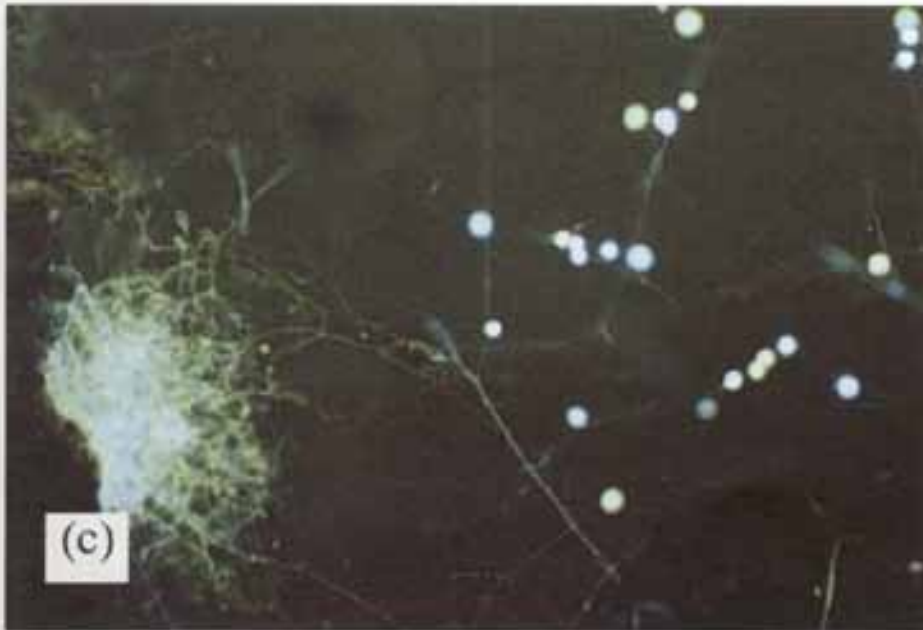
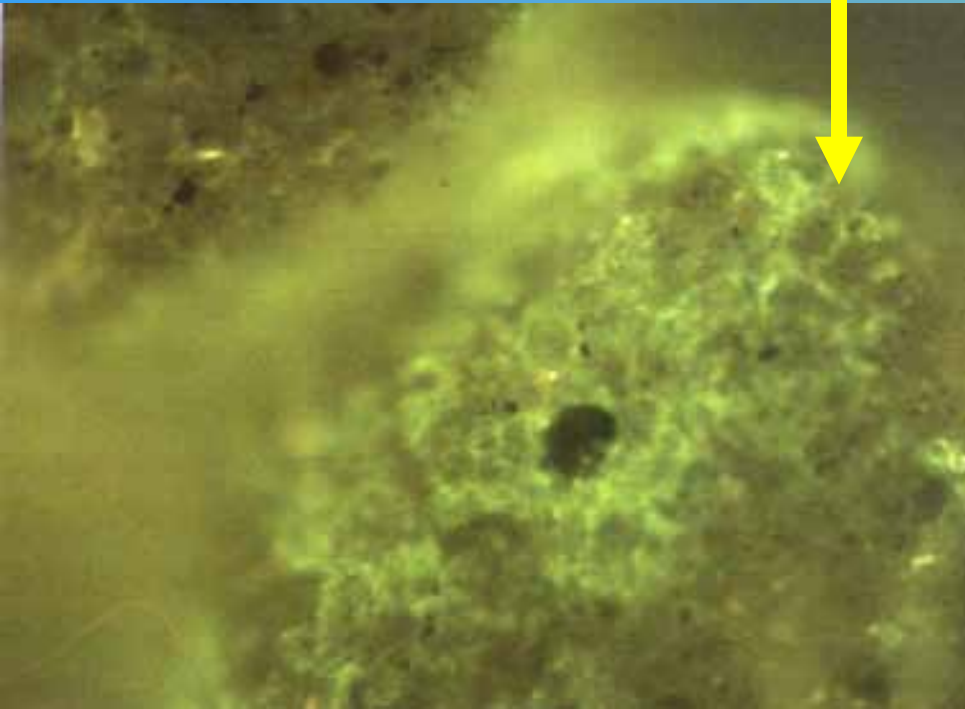


Fig 1 Fungal mycelia in the soil environment. (a) Unidentified hyphae bridging roots of *Plantago lanceolata* growing in non-sterile field soil. Note abundance of mucilage films. Image width = 2 cm. (b) Hyphae of *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* colonising a pair of adjacent soil aggregates. Aggregate on left is sterile, hence extensive mycelial development. Aggregate on right is non-sterile; reduced mycelial growth is due to competitive effects of indigenous microflora and reduced nutrient levels therein. Image width = 1 cm. (c) Unidentified mycelium growing in soil pore, visualised in thin-section of undisturbed pasture soil, stained with Fluorescent Brightener 28. Note proliferation of hyphae on pore wall in left of image. Bright spherical objects are sporangia. UV epifluorescent illumination. Image width = 150 μ m. (d) Mycelium of *Rhizoctonia solani* growing in sterilised arable soil, visualised in thin-section stained with SCRI Renaissance 2200. UV epifluorescent illumination. Image width = 150 μ m. (Image sources: the authors)

Ritz & Young (2004)

Půda - struktura

- houby samy **ovlivňují fyzikálně chemické vlastnosti** půdy
 - kolonizovaná půda má jinou strukturu při vyschnutí než sterilizovaná
 - spojují částice hyfami a zároveň vylučují látky, které způsobují agregaci částic, váží prvky, jsou hydrofobní, nebo obtížně rozložitelné (např. **melanin, glomalín**)



- **glomalín** může tvořit až 4-5 % C a N v tropické půdě
- co to vlastně je?

Soil Biology & Biochemistry 40 (2010) 780–787

Contents lists available at ScienceDirect

Soil Biology & Biochemistry

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/sbb

GLS

ELSEVIER

Soil Biology & Biochemistry

Glomalin-related soil protein contains non-mycorrhizal-related heat-stable proteins, lipids and humic materials

Adam W. Gillespie^a, Richard E. Farrell^a, Fran L. Walley^{a,*}, Andrew R.S. Ross^b, Peter Leinweber^c, Kai-Uwe Eckhardt^c, Tom Z. Regier^d, Robert L.H. Blyth^e

^aDepartment of Soil Science, University of Saskatchewan, 51 Campus Drive, Saskatoon, Saskatchewan, Canada

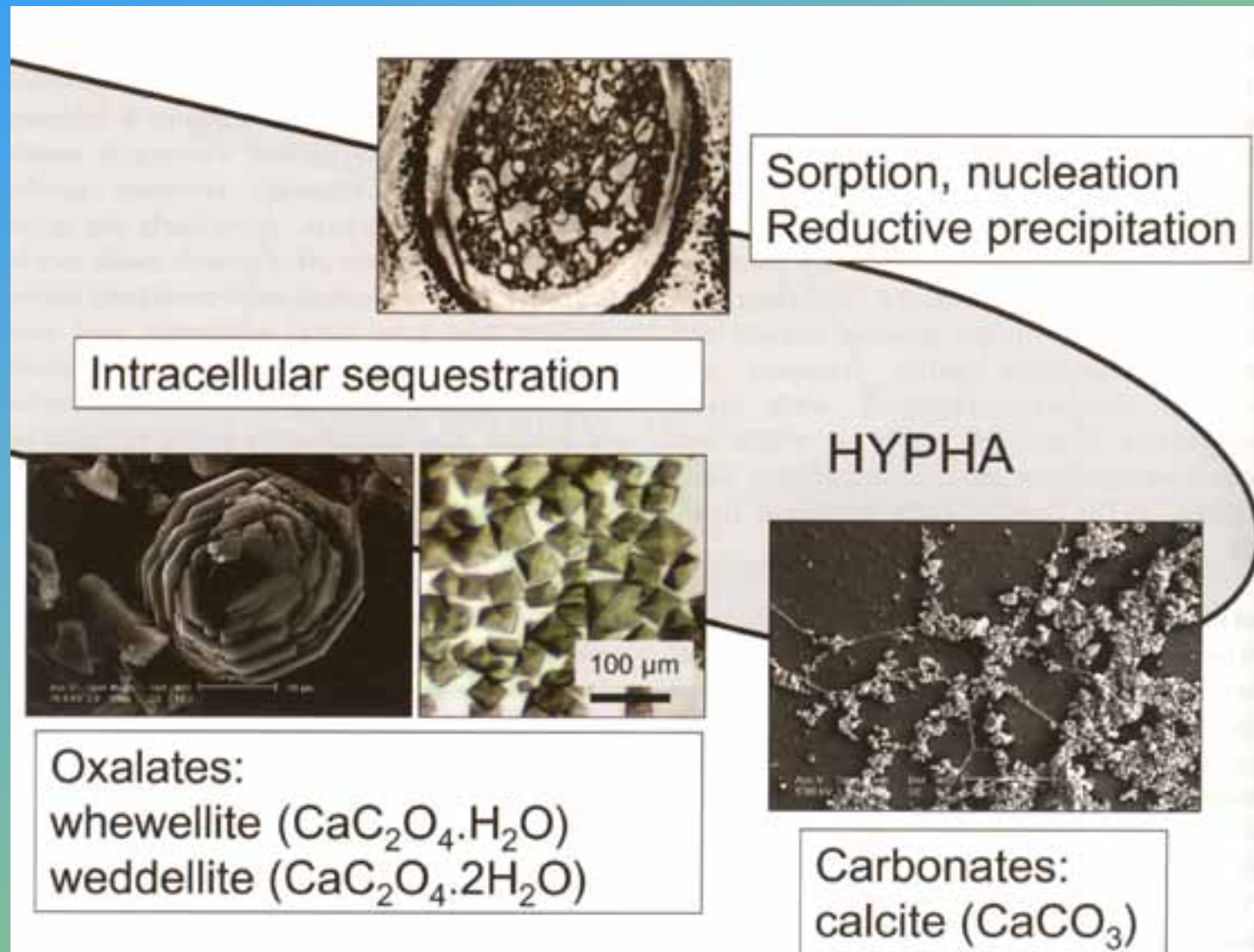
^bSystems and Forests Canada, Institute of Crown System, 1000 St. Joseph Road, Sault Ste. Marie, Canada

^cSoil and Land Use, University of Bayreuth, Jahnstrasse 1, 96050, Bayreuth, Germany

^dNational Light Source Inc., University of Saskatchewan, 107 Athabasca Road, Saskatoon, Saskatchewan, Canada

Půda - struktura

- samy hyfy tvoří mikropóry, které zůstávají po jejich odumření, mohou tvořit agregační jádra pro tvorbu minerálů



Houby a zvětrávání hornin a nerostů



- dekompozice rostlinného opadu, živočišných zbytků, exkrementů, kořenových exudátů ...

= koloběh C, N, P

- zvětrávání (*weathering*)

= přísun Ca, K, Mg, P, ...

Houby a zvětrávání hornin a nerostů

- v půdě kolonizovány částice hornin (z podložní horniny) a nerostů myceliem
- **mykorhizní houby**
- **saprotrofní půdní houby** (pouze pokud mají dostatek C, energeticky náročné)
- **dřevokazné houby** (vylučují potenciálně množství látek vhodných ke zvětrávání, ale malý kontakt s částicemi hornin, nerostů)
- extrémně pomalé procesy, nutné hodnotit jejich vliv v kontextu geologické historie (VAM houby dřív než lišejníky, ale lišejníky mají větší vliv)
- v současnosti odhadováno, že ECM zodpovědné za **2%** zvětrávání (tunelování), kolik lišejníky a houby na skalách se neví

Houby a zvětrávání hornin a nerostů

- zvětrávání pod ledovcem činností zygomycetů

Geobiology

Geobiology (2011), 9, 266–279

DOI: 10.1111/j.1472-4669.2011.00274.x

Pioneering fungi from the Damma glacier forefield in the Swiss Alps can promote granite weathering

I. BRUNNER,¹ M. PLÖTZE,² S. RIEDER,¹ A. ZUMSTEG,¹ G. FURRER³ AND B. FREY¹

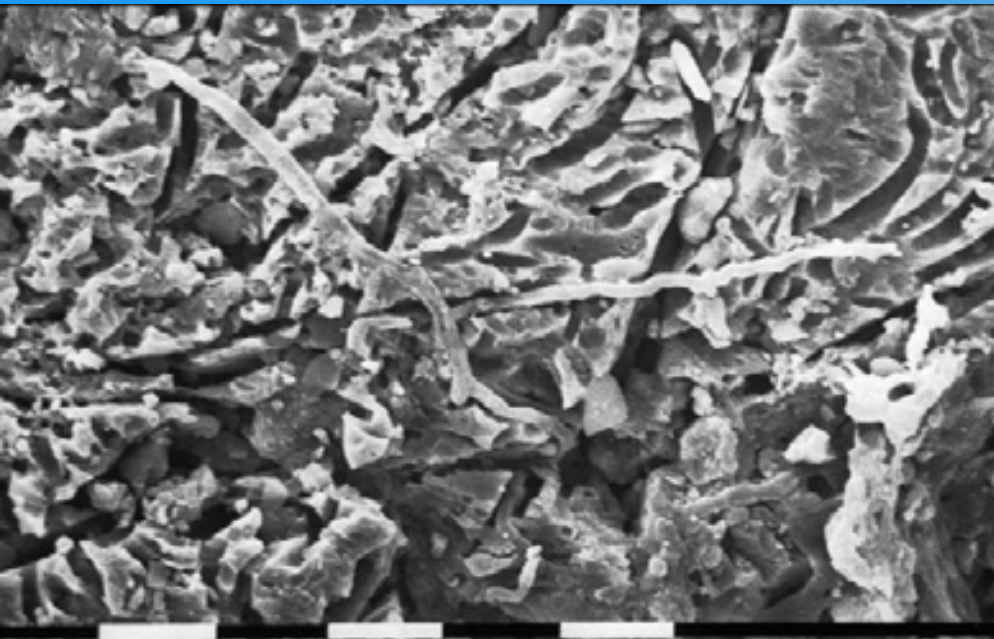
¹Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, WSL, Birmensdorf, Switzerland

²Institute for Geotechnical Engineering, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, ETH Zürich, Zürich, Switzerland

³Institute of Biogeochemistry and Pollution Dynamics, Department of Environmental Sciences, ETH Zürich, Zürich, Switzerland

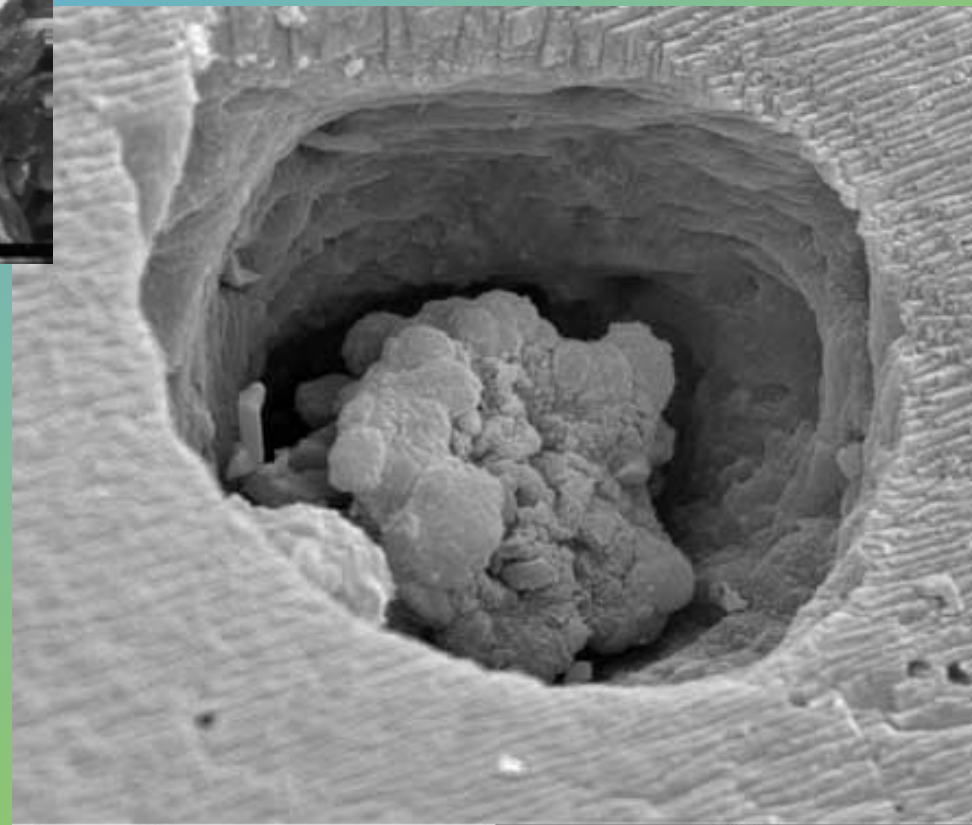
Fungi were isolated from fine granitic sediments, which were collected at 15 sampling points within a 20 m × 40 m area in front of the Damma glacier in the central Swiss Alps. From the 45 fungal isolates grown on nutrient-rich agar media at 4 °C, 24 isolates were selected for partial sequencing and identification based on the small subunit ribosomal DNA. Sequencing data revealed that the isolated fungi represented three fungal phyla and 15 species. The weathering potential of 10 of the 15 fungal species was tested with dissolution experiments using powdered granite material (<63 μm). The results showed that the zygomyceteous species *Mucor hiemalis*, *Umbelopsis isabellina* and *Mortierella alpina* dissolved the granite powder most efficiently due to the release of a variety of organic acids, mainly citrate, malate and oxalate. In particular, the high concentrations of Ca, Fe, Mg and Mn in the solutions clustered well with the high amounts of exuded citrate. This is the first report on fungi that were isolated from a non-vegetated glacier forefield in which the fungi's capabilities to dissolve granite minerals were examined.

Houby a zvětrávání hornin a nerostů



- krystal živce s drážkami zřejmě houbového původu + dvě hyfy

- kolonie houby uvnitř důlku, který si sama vyleptala v mramoru



Hoffland & al. (2004)

Houby a zvětrávání hornin a nerostů

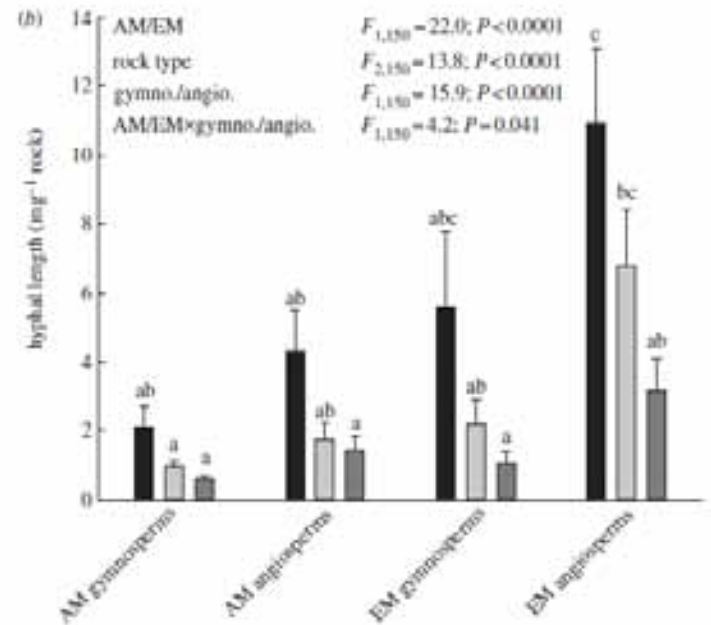
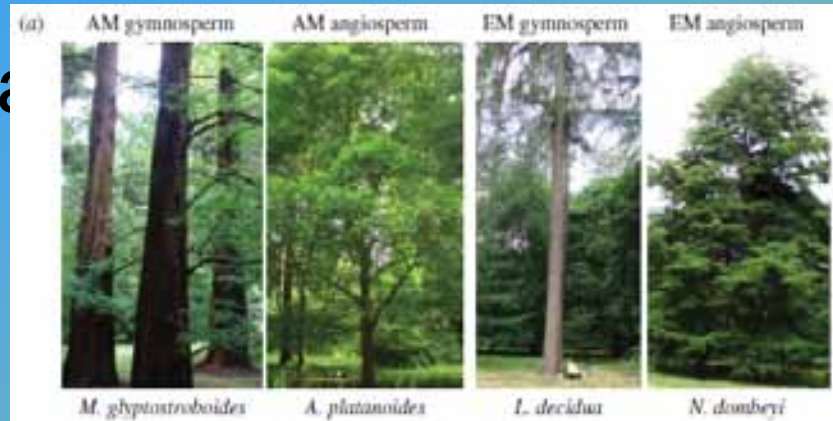


- semenáček *Pinus sylvestris* kolonizován *Hebeloma crustuliniforme*; dodaný živec je více kolonizován, než křemen

Hoffland & al. (2004)

Houby a zvětrávání hornin a

- rozdílný efekt mykorhiz na zvětrávání
- mladší linie větší efekt
- pouze artefakty?



FUNGAL BIOLOGY REVIEWS 23 (2009) 104–106

ELSEVIER British Mycological Society promoting fungal science journal homepage: www.elsevier.com/locate/fbr

Opinion Article
The role of fungi in biogenic weathering in boreal forest soils
 Roger FINLAY^{a,*}, Hakan WALLANDER^b, Mark SMITS^b, Sara HOLMSTRÖM^c, Patrick VAN HEES^d, Bin LIAN^e, Anna ROSLING^a

FUNGAL BIOLOGY REVIEWS 23 (2009) 94–100

ELSEVIER British Mycological Society promoting fungal science journal homepage: www.elsevier.com/locate/fbr

Opinion Article
Chemical weathering of soil minerals and the role of biological processes
 Harald SVERDRUP^{*}

biology letters
 Global change biology
 doi:10.1098/rsbl.2012.0903
 Published online

Evolution of trees and mycorrhizal fungi intensifies silicate mineral weathering

Joe Quirk^{1,*}, David J. Beerling¹, Steve A. Banwart², Gabriella Kakonyi², Maria E. Romero-Gonzalez² and Jonathan R. Leake¹

Houby a zvětrávání hornin a nerostů

Mechanizmy

mechanický

- růst hyf v zářezech, štěrbinách, pórech, puklinách (tigmotropizmus nutný)
 - = vyschnutí/navlhčení mycelia, tání/zmrznutí
 - = samo o sobě nestačí, ale urychlují zvětrávání započaté fyzikálními faktory

chemický

- nízkomolární organické kyseliny (šřavelová, jablečná, citronová); siderophory (Fe), anionty, lišejníkové kyseliny, HCO_3^-
- vše především na hyfální špičce, kde intenzivní exkrece

x **lišejníková** stélka může chránit před výkyvy teploty, obrazí větru, vlhkostí (povrchová „patina“), záleží vždy na společenstvu organismů, materiálu, atmosf. podmínkách

Proč to dělají?

- pouze vedlejší efekt vylučování uvedených látek
- ECM podporují prvky hostitelskou rostlinu (např. nedostatek K nižší exudace C)
- samy houby nepotřebují moc anorg. prvků, lze předpokládat max. kvůli P
- dosud celkově nejasné

Houby a zvětrávání hornin a nerostů

- zvětrávání uvolňuje P, Ca, Mg, K, stopové prvky pro rostliny, zcela zásadní vliv při kolonizaci pevniny rostlinami
- skalní plochy přímo osidlovány **lišejníky**



Rhizocarpon geographicum

<http://www.bgbm.org/digitalimages/Iran/>

[Sohrabi/Rhizocarpon%20geographicumDSC00901.jpg](http://www.bgbm.org/digitalimages/Iran/Sohrabi/Rhizocarpon%20geographicumDSC00901.jpg)

Houby a zvětrávání hornin a nerostů

- **tmavé kvasinkovité a mikrokoloniální houby**
na skalách (velmi, velmi pomalé)

(+ velký vliv mají i bakterie)

= **geomikrobiologie**



- nejnáchylnější pískovce, vápence, mramor, živce
- a co vliv lidského znečištění?

Krumbein (2002)

Autor: Tomáš Malík



JSOU MEZI NÁMI

Zapomeňte na sice staříčké, ale nudné sekvoje, na hloupé rozložitě brontosauory, blednou i dravě roztomilé kosatky. V mnoha nejrůznějších „nej-“ vedou jednoznačně houby. Jsou i tisíce let staré, mohou zabírat plochu stovek fotbalových hřišť a hmyz dovedou hravě proměnit v nefalšované zombie.

Houby mezi dalšími živými organismy nevyčníkají pouze zhuňovou rafinovaností, jak by se mohlo v šamotových končinách za první poloviny 20. století. Kromě vyžití v gastrostomii (jarní vitaminy, ruda kalorií!) mohou psychomimickým skýtat odstavci bran vznikání, ale dají se z nich třeba i stavět domy a jak se v poslední době ukazuje, mohou být i odpovědí na palčivý ekologický problém smrtících se hmyzovitých obětí svých plísň. Je proto k ověřit, že až do nedávna braly v akademických kruzích tak fascinující organismy jen druhé houby.

ANI RYBA, ANI RAK

Teprve na výlohu evolučních tabulových let se houby dostala rovnocenného postavení mezi ostatními živými organismy, když

se dočkat své vlastní biologické říše. Během byly házeny mezi rostliny, ačkoli s nimi mají, kromě jisté důležitosti nehybnosti, společného jen málo. Převládá podobně jako živočišné „dýchání“ kyslík a hlavně si nevytvořily svou vlastní potravu pomocí fotosyntézy, takže jsou nuceny přizpůsobit se na úkor svého okolí. Někteří výukom na poli genetické starby hub dokonce dokládají jejich evolutní provázanost s faunou a existenci milarda a půl let vzdáleného společného předka. Během této výjimečnosti je třeba také zdůraznit umělosti blíží člověka než libovolně keřemní zelenině, snad kromě masožravé Adély. Několik odlišností mezi živočichy a houbami se ale přeci jen najde. Život každé hubičiny se kapotou odehrává z větší části pod povrchem, kde působí utě-

leně proniká její podobať nebo mycelium. Jde o nenacháň, rychle rostoucí vláknitá se schopností širokého rozšíření do dřeva, než nastat na překážku nebo nevhodně prostředí. Při běžné odpovědi procházejí po lese tak houba přetrhuje miliony kilometrů vojenně popletaných říšových hřb. Klásoúk s sebou skrývají se v mechu je jen jakousi pomyslnou újezíkou na dorba, rozmnožování orgánem sloučíte k další expenzi, a dřív byly možná deset metrů od sebe tak mohou být klidně součástí stejné houby.

OREGONSKÝ OTEŠÁNEK

Přávě díky této vlastnosti dřív houby v současnosti jedno účtyhodně gravenství. V oregonském národním parku Malheur se na

