BIOTECHNOLOGIE A PRAKTICKÉ VYUŽITÍ ŘAS A HUB

Úvod do biotechnologií • Kultivace sinic, řas a hub
• Sinice a řasy jako doplňky stravy • Výroba biopaliv pomocí sinic a řas
• Genové a metabolické inženýrství sinic a řas
• Jedlé houby a jejich pěstování • Jedovaté houby a otravy
• Léčivé látky hub a využití ve farmacii • Houby v potravinářských technologiích
• Kvasinky jako expresní systém v molekulárních biotechnologiích
• Využití hub v zemědělství, biocontrol agents • Další způsoby využití hub
• Hospodářské škody působené houbami

HOSPODÁŘSKÉ ŠKODY PŮSOBENÉ HOUBAMI

Hospodářské škody mají na svědomí v první řadě parazitické houby napadající organismy (zejména rostliny) člověkem využívané.
Dalšími "škůdci" jsou pak houby znehodnocující produkty lidské činnosti (typicky druhy dřevokazné nebo kontaminující potraviny či vědecký materiál).

http://www.bbc.co.uk/history/british/victorians/famine_01.shtml

FYTOPATOGENNÍ HOUBY

Hlavní nebezpečí fytopatogenních hub pro zemědělské kultury tkví v produkci značného množství spor a rychlém šíření => choroba může zachvátit rostliny na velkém území.

Příkladem budiž hladomor v Irsku 1845–1849 (v menší míře ve Skotsku 1846–1847), kam byl dříve introdukován brambor, stal se základní složkou výživy, o pár století později za ním "přišla" ***Phytophthora infestans*** (v Andách, kde je původní, s brambory "žije v rovnováze") a likvidace několika sklizní po sobě byla pro obyvatelstvo katastrofou.

http://www.agroatlas.ru/en/content/diseases/Solani/Solani_Phytophthora_infestans/

Phytophthora infestans je učebnicovým příkladem patogenní houby, která ve svém domovském areálu neškodí tolik jako když se dostane do vhodných podmínek tam, kde dosud nerostla a není zde proti ní rezistence.

Irský hladomor je nejznámější, ve světě však lze najít i další příklady **invazního šíření zavlečených fytopatogenů** v kulturách plodin nebo lesních porostech:
• *Helminthosporium oryzae* (*Pleosporales*) má na svědomí hladomor v Bengálsku 1942–1943;
• rez *Hemileia vastatrix* likviduje pěstování kávy v různých zemích, kde není původní (dnes prakticky po celém světě; pro zajímavost: jde o rez příbuznou rodu *Maravalia (viz Využití hub v zemědělství, proti rostlinným „škůdcům“)* a životní cykly obou byly plně poznány až v novém století);

Vlevo *Helminthosporium oryzae*, uprostřed *Hemileia vastatrix*, vpravo detail uredií.

http://www.agriculturacanaria.com/detalleenfermedades.asp?id=89

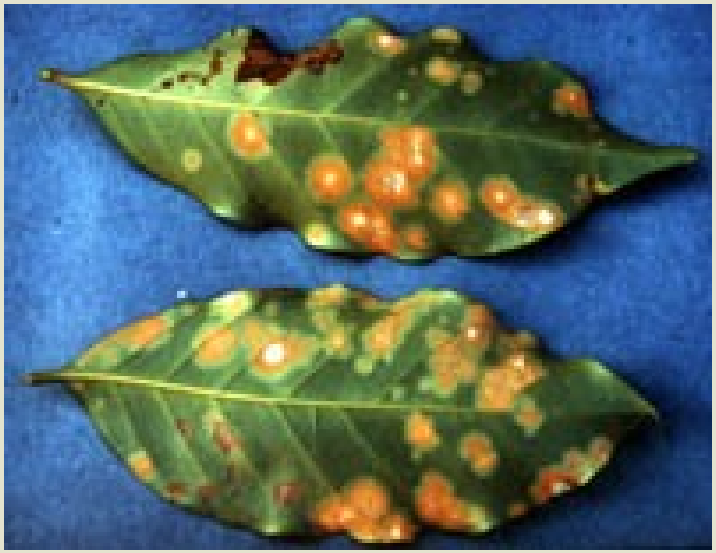


Foto J. R. Baker

http://www.apsnet.org/Education/AdvancedPlantPath/Topics/cultivarmixtures/Images/coffeerust.htm

• "chestnut blight", *Cryphonectria parasitica* zavlečená z Asie do USA v letech 1900–1908 zdecimovala *Castanea dentata*;
• "dutch elm disease", *Ophiostoma novo-ulmi* byla zavlečena z Asie do Evropy kolem roku 1910, do USA zhruba 1928 a druhá vlna nákazy postihla Evropu v 60. letech;
• "sudden oak death", *Phytophthora ramorum* způsobila rozsáhlé kalamity v Evropě a v USA koncem 90. let (v tomto případě není zcela jasné, zda šlo o zavlečení patogena nebo rozšíření autochtonního druhu);
• v poslední dekádě druhy rodu *Ophiostoma* (ve „spolupráci“ s podkorním hmyzem) likvidují borovice na severozápadě USA a v Kanadě (přispívají k tomu i suchá léta, oslabující stromy, a mírné zimy, umožňující přežití brouků)

Foto David Conneran, http://en.wikipedia.org/wiki/Image:IMG_0223.JPG

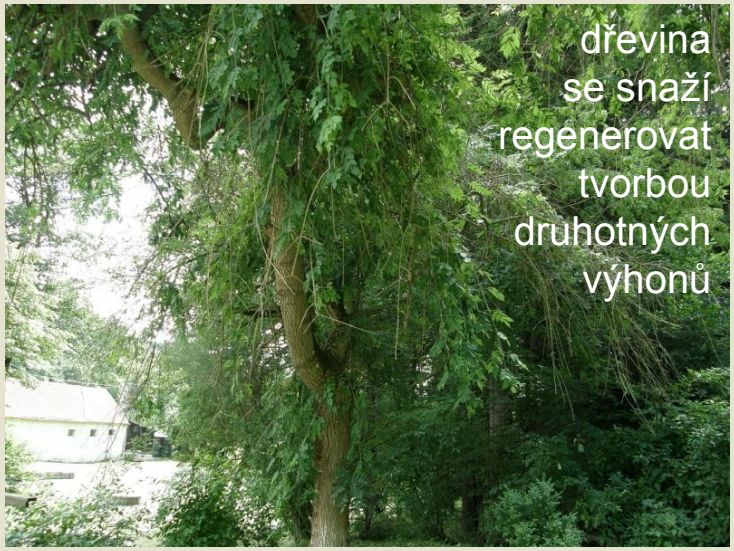
Svahový porost v Big Sur (Kalifornie) proředěný působením *Phytophthora ramorum*.

V Evropě je aktuálně je největší „metlou“ invazně se šířící houba, způsobující **nekrózy jasanů** (odumírání listů, poté nekrózy na řapících, následně i na větvích) – ***Hymenoscyphus fraxineus*** (anamorfa *Chalara fraxinea*). Nyní je předmětem intenzivních studií

– proč se původně saprotrofní a endofyticky žijící houba (v Evropě je známá od 19. století) stala od 90. let vážným patogenem, způsobujícím odumírání stromů (možné genetické změny, teleomorfní druh byl teprve nedávno odlišen od *Hymenoscyphus albidus*, nebo souběh se stresovým vlivem zhoršení prostředí, případně spolupůsobení jiných organismů na oslabení stromů?);

– jakým způsobem zabránit šíření tam, kde to ještě má cenu (odstraňování napadených stromů před opadem listů, na kterých se po opadu vyvíjí teleomorfa, přísná kontrola dovozu pěstebního materiálu z jiných oblastí).

http://atlasposkozeni.mendelu.cz/atlas/436-nekroza_jasanu.html



Významnými patogeny zemědělských plodin ve světě jsou v současné době vřeckaté houby z rodu ***Fusarium*** (*Hypocreales*), představující hrozbu pro kultury obilnin – v Evropě *F. culmorum*, *F. avenaceum* (teleomorfa *Gibberella avenacea*) a *F. poae*, ve východní Asii *F. asiaticum* a *F. graminearum* (teleomorfa *Gibberella zeae*), tento druh je též nejvýznamnějším patogenem v Severní Americe, zatímco *F. pseudograminearum* (teleomorfa *G. coronicola*) je považováno za původce fusariózy v Austrálii. Vedle ekonomických ztrát (snížení výnosů napadených plodin) představují tyto houby pro člověka vážné zdravotní riziko díky produkci trichothecenů *(viz Jedovaté houby, toxiny mikroskopických hub)* a v posledních dvou dekádách jsou jejich nákazy potenciální hrozbou v celosvětovém měřítku. Výhodou je, že rezistentní kultivary mají obvykle rezistenci proti různým druhům fusarií.

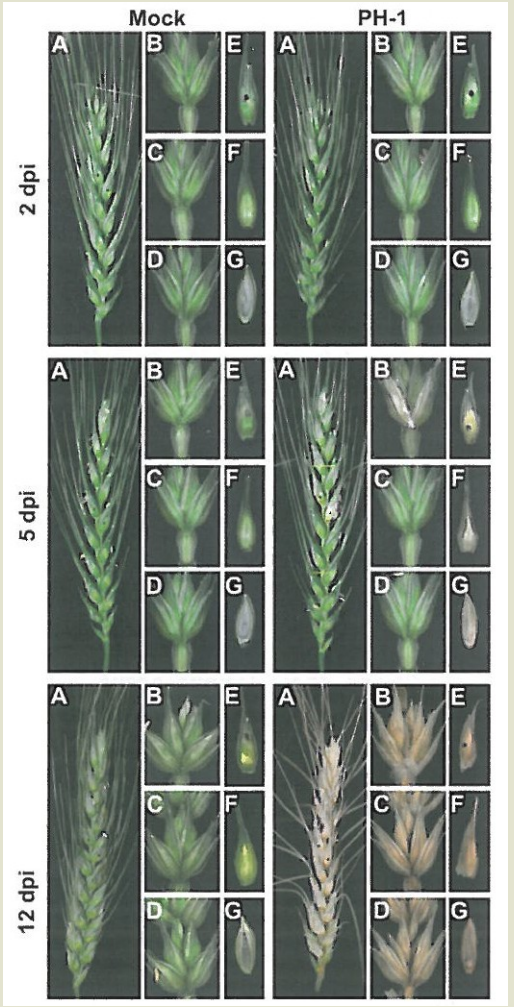


Fig. 8.3. Symptoms of *F. graminearum* infection at 2, 5 and 12 dpi following the addition of conidia into two adjacent spikelets in the middle of the ear. *Left and right panels* compare water-only inoculated controls (*Mock*) with infections using the PH-1 wild type reference. (*A*) Entire ear with a *black dot* marking each of the two inoculated spikelets. The two *yellow horizontal lines* superimposed on the inoculated PH-1 ear at 5 dpi indicate the extent of symptomless colonisation identified by microscopy. (*B*) The inoculated spikelet and adjoining rachis node and rachis segment. (*C* and *D*) Successive spikelets below the inoculated spikelet. The individually excised tissues of the inoculated spikelet, glume (*E*), lemma (*F*), and palea (*G*). In the PH-1 infected ear, the grain remained in the floral cavity but had not developed post inoculation and appeared shrivelled at 12 dpi (Figure is reprinted from Brown et al., © 2010, with permissions from Elsevier and the author)

Převzato z: Rayko Becher, Thomes Miedaner, Stefan G. R. Wirsel: Biology, diversity, and management of FHB-causing *Fusarium* species in small-grain cereals. In: F. Kempken (ed.): The Mycota XI. Agricultural applications (2nd ed., Springer, Berlin, Heidelberg, 2013), pp. 199–241.

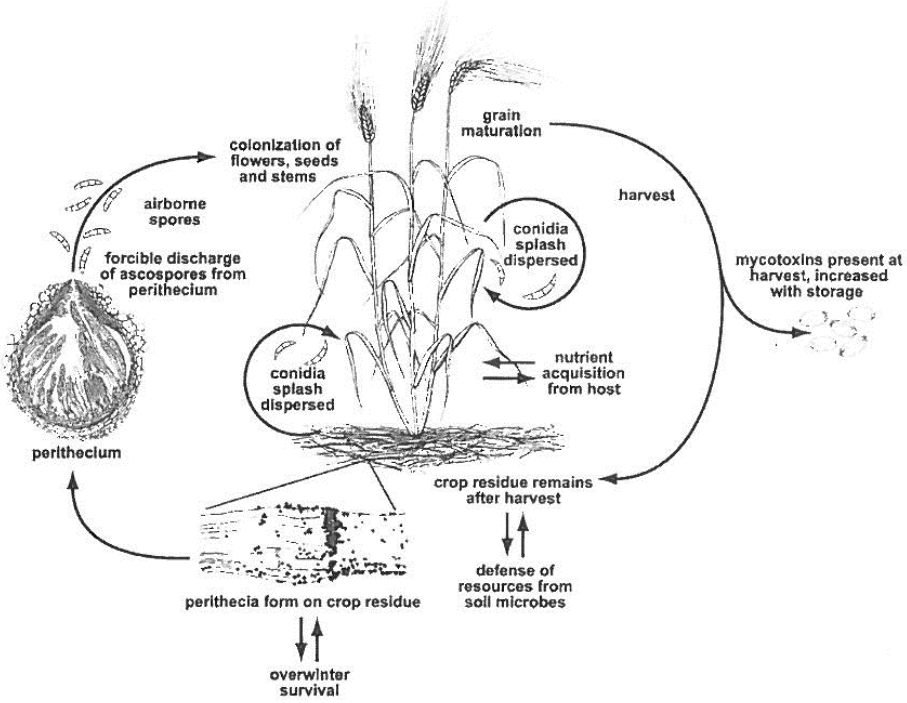


Fig. 8.4. Life cycle of *Gibberella zeae* (anamorph *Fusarium graminearum*) (Figure is reprinted from Trail et al., © 2009, with permissions from American Society of Plant Biologists and the author)

Převzato z: Rayko Becher, Thomes Miedaner, Stefan G. R. Wirsel: Biology, diversity, and management of FHB-causing *Fusarium* species in small-grain cereals. In: F. Kempken (ed.): The Mycota XI. Agricultural applications (2nd ed., Springer, Berlin, Heidelberg, 2013), pp. 199–241.

Dalšími významnými patogeny jsou druhy rodu ***Phoma*** (teleomorfní rody *Leptosphaeria*, *Didymella*, *Pleospora*, řád *Pleosporales*) coby parazité obilnin, pícnin, řepy, citrusů, rajčat … *P. glomerata* může být i oportunní patogen člověka. Hospodářsky nejvýznamnějším patogenem z tohoto rodu je *Phoma lingam* (teleomorfy *Leptosphaeria maculans* a *L. biglobosa*, paraziti brukvovitých) v kulturách řepky.

Množství patogenů plodin najdeme mezi **biotrofními parazity** (už jen příklady):

• *Ustilaginales* (prašné sněti): druhy rodu *Ustilago* prakticky na všech obilninách (pšenice, ječmen, rýže, kukuřice aj.);

• *Tilletiales* a *Entylomatales* (mazlavé sněti): druhy rodu *Tilletia* též na obilninách (pšenice, žito aj.);

• *Pucciniales* (rzi): do třetice na obilninách druhy rodu *Puccinia* (nejzávažnější nákazu působí *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*), ale rzi infikují v rámci svého životního cyklu též pícniny (druhy rodu *Uromyces*), ovocné dřeviny (*Tranzschelia* na slivoních, *Gymnosporangium* na hrušních, *Cronartium* na rybízu a angreštu) a další;

• *Erysiphales* (padlí): *Uncinula* na révě, *Sphaerotheca* na angreštu, *Podosphaera* na ovocných stromech;

• *Peronosporales* („nepravá padlí“): druhy rodu *Plasmopara* na révě a rybízu, *Peronospora* na brukvovitých, tabáku, cibuli, *Pseudoperonospora* na chmelu.

Široké zastoupení mají paraziti ve skupině ***Chytridiomycota* s. l.** (dnes několik vývojových linií, klasifikovaných jako samostatná oddělení), které napadají pěstované rostliny i **řasy v akvakulturách**:

• *Olpidium brassicae* (dnes v systému mimo chytridie) likviduje mladé rostliny brukvovitých, může být i vektorem virů;

• *Synchytrium endobioticum* (*Chytridiales*), původce rakoviny brambor; používají se proti němu fungicidy, inhibující uvolňování zoospor, ale sporangia mohou vytrvat v půdě v životaschopném stavu až 20 let (význam karanténních opatření, dlouhodobý zákaz opětovného pěstování brambor na zasaženém poli);

• *Rhizophydium graminis* (*Rhizophydiales*), parazit na kořenech obilovin (i jiných rostlin); nepůsobí vážné poškození, ale jeho sporangia též vytrvávají dlouho v půdě, až 9 let;

• *Chytridium polysiphoniae* (*Chytridiales*) výrazně snižuje produktivitu hnědých řas, napadá též ruduchy (asi značná genetická diverzita, dost možná že nejde o jeden druh) => ohrožení mořských akvakultur;

• *Paraphysoderma sedebokenense* (*Blastocladiales*) je obligátním parazitem *Haematococcus pluvialis*, řasy obsahující astaxanthin, antioxidant a barvivo využívané v kosmetice.

Kromě samotného parazitismu (vedoucího k likvidaci napadených jedinců a v důsledku pak celých lesních porostů nebo kultur zemědělských plodin) mohou být patogenní houby nebezpečné i **produkcí toxinů**, jimiž působí **na své hostitele**.

• Příklady mohou být parazité kukuřice, *Cochliobolus carbonum* produkuje HC-toxin, virulentní rasy *C. heterostrophus* tvoří T-toxiny; příbuzný nekrotrof na ovsu *Cochliobolus victoriae* produkuje viktorin. (Ve 40. letech došlo k masivnímu rozšíření tohoto patogena v souvislosti s rozšířením pěstování kultivarů vypěstovaných z odrůdy Viktoria, odolné proti *Puccinia coronata*.)

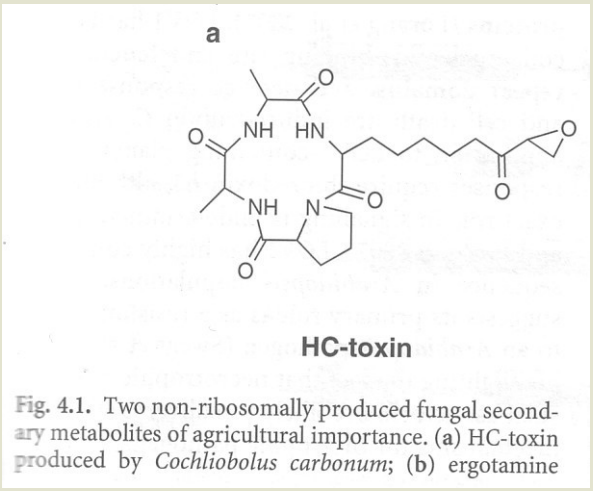
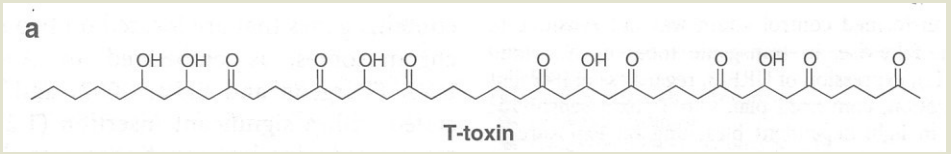


Fig. 4.1. Two non-ribosomally produced fungal secondary metabolites of agricultural importance. (a) HC-toxin produced by *Cochliobolus carbonum*; (b) ergotamine



R. D. Johnson, Y. Akagi, D. J. Fleetwood, D. M. Gardiner, M. Kodama, C. A. Young, C. R. Voisey: Fungal toxins of agricultural importance. In: F. Kempken (ed.): The Mycota XI. Agricultural applications (2nd ed., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013), pp. 75–113.

• *Alternaria alternata* je běžným saprotrofem, ale určité patotypy tohoto druhu napadají jabloně – některé odrůdy jsou náchylné k působení AM-toxinů, jež vede k odumírání a předčasnému opadu listů napadených rostlin. Jiné patotypy tohoto druhu napadají rajčata spolu s *Fusarium moniliforme* (= *F. verticillioides*, anamorfa od *Gibberella fujikuroi*) – jejich působení je spojeno s produkcí AAL-toxinů a fumonisinů (viz mykotoxiny). Z Japonska jsou známy patotypy napadající hrušně (AK-toxin), jahodníky (AF-toxin) a mandarinky (ACT-toxin).

• Druhy rodu *Cercospora* produkují cercosporiny, fotoaktivní sloučeniny; na světle dochází ke vzniku reaktivních forem kyslíku (O_2^-, $^1O_2$) => oxidace různých sloučenin, důsledkem je zejména poškození DNA a lipidů v membránách (relativně rychlé, během minut po osvětlení).

• *Leptosphaeria maculata* (anamorfa *Phoma lingam*, viz výše) si ve své nekrotrofní fázi kromě exoenzymů pomáhá produkcí sirodesminů => inhibice syntézy RNA => kolaps pletiv (parazit se zprvu rozrůstá v pletivech jako biotrof, v této fázi je sekrece toxinů zřejmě regulována).

• U nekrotrofních parazitů pšenice (*Pyrenophora tritici-repentis*, *Stagonospora nodorum*) je popsána produkce látek označovaných „nekrotrofní efektory“, které spouštějí proces programované smrti buněk (ToxA, ToxB, SnTox1, SnTox2, SnTox3, SnTox4).

Houbové choroby představují značný **hospodářský problém** po celém světě, ve vyspělých státech jsou jimi způsobené ztráty odhadovány na 6–10 % celkové produkce.

Přirozeně jsou ovšem plodiny odolné proti svým "domácím" patogenům (jinak by tu už nebyly :o) – houbové epidemie jsou hlavně důsledkem špatného hospodaření (vedoucího ke změně podmínek prostředí – obsahu látek v půdě, pH apod. => oslabení rostlin), pěstování plodin mimo jejich přirozený areál nebo introdukce cizokrajných patogenů.

Značným problémem je v tomto případě skutečnost, že porosty plodin obvykle představují geneticky uniformní monokultury stejného věku (pole, plantáže, lesní porosty) – podaří-li se patogenovi překonat obranné mechanismy hostitele (může se zde uplatnit například pozitivní selekce: u některých jedinců patogena dojde ke změně v genotypu => rostlina včas nerozpozná infekci), snadno zachvátí celou kulturu.

K **hromadné nákaze** dochází za příznivé souhry okolností na straně **patogena, hostitele** a **prostředí** *(viz infekční proces v přednášce Ekologie hub)*.

Vzhledem k patogenům jsou účinné zejména preventivní metody pro zamezení vzniku nákazy – jde o karanténní opatření, jež mají za cíl "nepustit" patogena do oblasti, dovoz rostlinného materiálu z "čistých" oblastí, kontrolu osiva, ošetření způsoby likvidujícími inokulum. Nerespektování karantény bývá hlavní příčinou kalamitních epidemií.

Na straně hostitele jde o šlechtění rezistentních odrůd nebo aplikaci fungicidů. Ovlivněním prostředí může být změna poměrů, kterou "snese" pěstovaná plodina, ale vytvoří nevyhovující podmínky pro patogeny – například odvodnění eliminuje houby šířící se půdní vodou.

Metody **eliminace infekce** předem nebo v počátečním stadiu (ideální je kombinace různých metod, stejně tak i pro potlačení již propuknuvší nákazy):

- pěstování rezistentních variet, kultivarů, populací;
- šlechtění rostlin na rezistenci proti houbám, přenos genů pro rezistenci z příbuzných druhů;

Vývoj možností, jak získat rezistentní rostliny, jde ruku v ruce s poznáním genů odpovědných za virulenci patogenů.

Diana Fernandez, Pedro Talhinhas, Sébastien Duplessis: Rust fungi: Achievements and future challenges on genomics and host-parasite interactions. In: F. Kempken (ed.): The Mycota XI. Agricultural applications (2nd ed., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013), pp. 315–341.

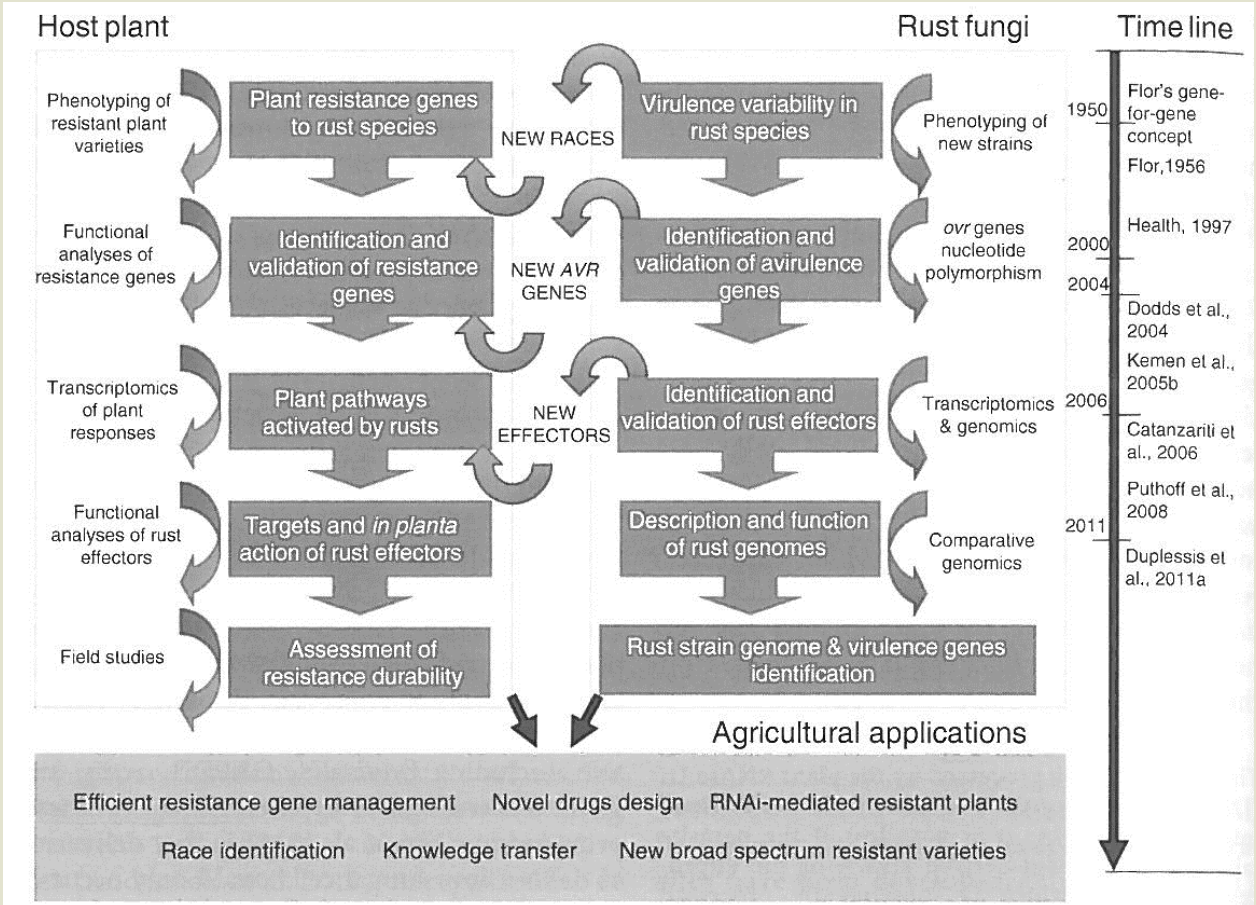


Fig. 12.4 Flowchart of research achievements on rust fungi, and future milestones for agricultural applications

• selekce rostlinného materiálu, setí prověřeného osiva;

• využití nepatogenních kmenů k vyvolání získané imunity proti konkrétním druhům patogenů;

• preventivní aplikace fungicidů, které jsou rozprašovány na povrch rostlin nebo jsou jimi ošetřena semena; některé působí specificky na určitou skupinu hub, jiné mají "široký záběr" a působí proti různým houbám (např. fungicidy obsahující $CuSO_4$), ale na druhou stranu je nevýhodou, když sirné nebo měďnaté preparáty při splachu do půdy zasáhnou i řadu jiných organismů včetně přirozených antagonistů patogenních druhů;
– fungicidy působící povrchově zabraňují vstupu patogena do rostlinného těla (označované jako protektivní, jsou účinné proti patogenům působícím na povrchu, omezená bývá jejich účinnost uvnitř pletiv), jiné mohou být rostlinou absorbovány a transportovány do dalších pletiv (systémové fungicidy);

• likvidace rostlinných zbytků – zakopání nebo zaorání může eliminovat patogeny (rychlejší mikrobiální rozklad pletiv hostitele => snížení šance patogena na přežití do další sezóny), ale některé organismy mohou přežít i hlouběji v půdě, spolehlivější je spálení (i když záleží na intenzitě ohně a má i své zápory jako ztrátu živin, narušení povrchu půdy);

• eliminace živých rostlin přímo napadených nebo i nositelů nákazy (například mezihostitelů v případě rzí);

• "rotace" plodin – střídavé pěstování různých plodin na dané ploše, opětné pěstování té původní až zase po delší době, kterou někteří patogeni nepřežijí (tento přístup je neúčinný pro patogeny schopné dlouhého přežívání v dormantních stadiích); v případě méně specifických patogenů je třeba se vyhnout pěstování potenciálních hostitelů téhož patogena (např. v případě fusarióz pšenice po kukuřici, ale i po sóje);

• dostatečně velké vzdálenosti mezi kulturami téže plodiny (kam už nedolétne dostatečné množství spor pro úspěšnou infekci);

• setí "na řídko" (čím hustší porost, tím snadnější a tím i rychlejší šíření infekce) nebo smíšených porostů (různé plodiny pohromadě, též větší vzdálenosti a navíc i "překážející" rostliny mezi jedinci téhož druhu => propagule patogena se hůře dostanou na „tu svou“);

• možnou "taktikou" je i vysetí náchylné plodiny na ploše, o které je předem známo, že je infikována patogenem => dojde k nákaze => předčasná sklizeň a likvidace napadených rostlin před uzavřením životního cyklu patogena => snížení počtu infekčních propagulí v daném místě.

Potlačení již existující nákazy je obtížnější, ale v případě, že infekce již propukla ve větší míře, je potřebné ji zastavit nebo aspoň zpomalit postup šíření. I zde jsou různé možnosti:

• růst a šíření patogena může být inhibováno změnou mikroklimatických podmínek (teplota, vlhkost, ozáření) – dobře se aplikuje ve sklenících, na polích je to samozřejmě obtížnější a omezeně použitelné;

• likvidace nakažených plodin (může zamezit šíření v případě menší, prostorově omezené nákazy; naopak likvidace všech porostů ze širokého okolí, pokud se již nákaza rozšířila, je těžko proveditelná, nehledě na to, že propagule patogena již mohou být rozptýleny v půdě anebo ve vodě);

– obdobně i pletí coby způsob eliminace jednotlivých napadených rostlin je použitelné jen v plošně omezených porostech, ne na širých lánech;

• aplikace chemických přípravků, fungicidů (v této fázi účinné spíše systémové fungicidy, viz výše; rozhoduje vhodný výběr a rychlost jejich aplikace);

• omezeně jsou využívána antibiotika (např. cyklohexamin proti peronosporám a rzím), nevýhodou je schopnost patogenů vyvinout rezistentní formy;

• "biologický boj" představuje využití organismů (bakterií nebo jiných hub), které likvidují patogeny kompetiční cestou (vytlačí je z životního prostoru, ochudí o zdroje živin) nebo prostřednictvím sekundárních metabolitů s antibiotickými účinky; i zde je riziko, že dobré výsledky v laboratorních nebo skleníkových kulturách nebudou tak dobré při nasazení antagonistů na polích;

– další možností je využití fungivorních bezobratlých;

– též využití mykoparazitů (zde vlastně jde o houbové hyperparazity) proti odpočívajícím stadiím patogenů (*Chytridiomycota* napadající oospory druhů z odd. *Oomycota*, imperfektní houby napadající sklerocia) => problémem je v takovém případě zanesení nového organismu do ekosystému nebo zvýšení zastoupení stávajícího – možné narušení rovnováhy;

• naopak lze využít specifické houbové parazity proti plevelům (označované jako mykoherbicidy, *viz Využití hub v zemědělství*).

Výhody "biologického boje" oproti "chemickému": v menší míře zasahuje jiné organismy než cílové, méně snadno se u patogena vyvine rezistence => lze předpokládat, že v dohledné době se podíl "biologického boje" výrazně zvýší.

Různé způsoby **ošetřování porostů** a dodávání živin mohou hrát kladnou i zápornou úlohu:

• zaplavení (např. rýžových polí) nebo zavlažení půdy může eliminovat některé patogeny, ale s vodou zase "přitečou" inokula jiných, vodou šířených; zalévání kultur (postřik shora) prodlužuje dobu zvlhčení listů, což také může být "voda na mlýn" patogenních hub;

• hnojení a dodávky živin podporují růst (a tím i sílu a zdraví populace) rostlin, ale mohou podpořit i rozvoj patogenů – hlavní potřebné prvky jsou dusík (dusičná hnojiva podporují vegetativní růst a tím i zkracují dobu dozrávání – v této fázi jsou rostliny náchylnější k infekci), fosfor (různý efekt na různé rostliny i patogeny – některým pomůže, jiné potlačí), draslík (převážně eliminuje rozvoj patogenů) a vápník (nezbytný prvek pro budování buněčných stěn, potřebný tedy k obrannému zesílení stěn buněk; větší množství vápníku také zvyšuje pH půdy, což může likvidovat acidofilní houby).

Jsou určité možnosti, jak **předpovědět možnost vzniku epidemie** (někteří autoři preferují pro choroby rostlin výraz **epifytocie**) na základě průběhu počasí, stanovištních faktorů a znalosti biologie konkrétních druhů. Analýza významných faktorů může dodat data pro počítačové modelování situace => vyhodnocení rizika propuknutí nákazy ve větším rozsahu => v dnešní době snadné informování pěstitelů prostřednictvím sdělovacích prostředků anebo internetu.

Zdrojovými daty bývají klimatické údaje (včetně mikroklimatických, teploty v porostu nebo vlhkosti na povrchu listů), množství infekčních částic v prostředí (to je dobrý údaj u chorob, které se rozšíří postupně za stabilně dobrých podmínek; slabší výpovědní hodnotu má okamžité množství inokula u chorob, které se za příhodných podmínek rozšíří "bleskově"), u půdních hub podmínky v půdě, u hub přenášených živočichy přítomnost a množství přenašečů.
U některých patogenů s delším vývojem může pomoci objevení prvních symptomů (=> následně vhodný zásah, např. aplikace fungicidů, které ještě mohou zarazit rozvoj houby).

Někde je využíváno pěstování náchylných kultivarů na sledovaných plochách – propuknutí nákazy zde poskytne varování na možnost následného zasažení okolních porostů.

POŠKOZENÍ PLODIN A POTRAVIN, HNILOBY A PLESNIVĚNÍ

Kromě biotrofních a nekrotrofních parazitů zemědělských plodin způsobují značné škody i houby způsobující **hniloby sklizeného rostlinného materiálu**. Ty mohou způsobovat houby již přítomné na rostlinách (jako parazité nebo endofyté) nebo oportunní houby, napadající zejména plody v případě mechanického poškození.

Příkladem první skupiny je *Colletotrichum gloeosporioides* (teleomorfa *Glomerella cingulata*), **hemibiotrof** napadající zprvu živé buňky, který posléze začne tvořit enzymy degradující buněčnou stěnu a sekundární metabolity způsobující smrt buněk => dochází ke tvorbě lezí v napadeném pletivu.

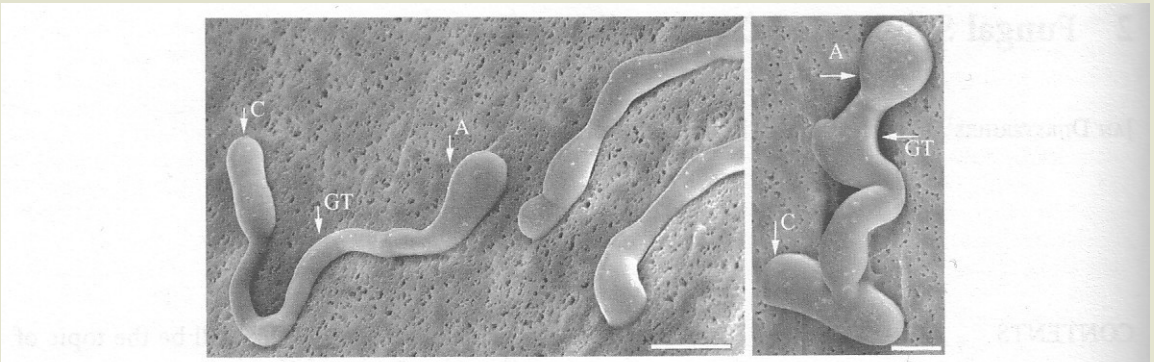


Fig. 2.1. Conidia (*C*) of a *Colletotrichum* species germinate on an avocado surface. The germ tube (*GT*) differentiates into an appressorium (*A*) that is firmly attached to the plant cell wall (Micrograph made by Jan Dijksterhuis, CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, The Netherlands). Bars are 10 and 5 μm respectively

Jan Dirkstenhuis, Jos Houbraken, Robert A. Samson: Fungal spoilage of crops and food. In: Frank Kempken (ed.): The Mycota XI. Agricultural applications (2nd ed., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013), pp. 35–56.

Sclerotinia Drop (Sclerotinia sclerotiorum) on lettuce.
Courtesy J.A. Amador, TAES, Weslaco, 1972.

Druhou skupinu tvoří **nekrotrofní parazité** – množství plodů napadá *Botrytis cinerea*; kromě u hub běžných enzymů na rozklad sacharidů má ve výbavě i lipázy (=> schopnost překonat i kutikulu) a enzymy na rozklad pektinů (endopolygalakturonázy); mimoto v napadeném pletivu vytváří kyselinu šťavelovou => destabilizace pektinové sítě (vyvázáním vápníku), stimulace rozkladu buněčných stěn.

Dalšími významnými nekrotrofy, jež působí hniloby sklizených plodů (napadají stovky druhů rostlin po celém světě), jsou druhy rodů *Sclerotinia* a *Monilinia* (anamorfy v rodu *Monilia*).

Vpravo *Botrytis cinerea* (tmavší plíseň),
vlevo oportunní saprotrof *Trichothecium roseum* (světlejší plíseň).

Oportunní houby jsou saprotrofové, kteří potřebují „vstupní bránu“ do pletiva – typicky nějakou ránu, proto je důležité opatrné zacházení s plody během sklizně, transportu a skladování. Hniloby natlučených plodů způsobují běžně např. druhy rodu *Penicillium* (*P. italicum*, *P. digitatum*, *P. expansum*), *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma viride*, kvasinka *Dipodascus geotrichum* (= *Geotrichum candidum*) nebo spájivá houba *Rhizopus stolonifer*.

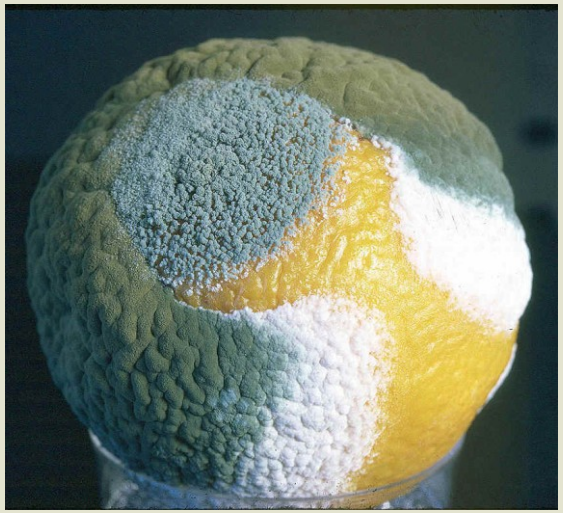
Fig. 2.2. Post-harvest infection of tulip bulbs. (a) Tulip bulbs are infested with conidia of *Fusarium oxysporum* f. sp. *tulipae*, and develop purple stained lesions after 120 h following inoculation.

Jan Dirkstenhuis, Jos Houbraken, Robert A. Samson: Fungal spoilage of crops and food. In: Frank Kempken (ed.): The Mycota XI. Agricultural applications (2nd ed., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013), pp. 35–56.

Vlevo *Penicillium italicum* a *P. digitatum*, vpravo *Rhizopus stolonifer*.

http://www.uoguelph.ca/~gbarron/MISCELLANEOUS/penicill.htm

Foto vpravo Dr. Alan R. Biggs, West Virginia University; http://www.caf.wvu.edu/kearneysville/disease_descriptions/disease_images/viskeypfr.html



Jan Dirkstenhuis, Jos Houbraken, Robert A. Samson: Fungal spoilage of crops and food. In: Frank Kempken (ed.): The Mycota XI. Agricultural applications (2nd ed., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013), pp. 35–56.

Table 2.1. Most common associated fungal species (From Frisvad et al. 2007, with courtesy of Taylor and Francis, CRC Press)

Crop	Product	Fungal species
Beans & peas	Black beans, cowpeas	*Alternaria alternata, Aspergillus flavus, Asp. ochraceus, Asp. parasiticus, Fusarium proliferatum, Penicillium citrinum*
Cereal	Maize	*Asp. flavus, Asp. niger, Asp. ochraceus, F. graminearum, F. proliferatum, F. verticillioides, P. citrinum*
	Rice	*Asp. flavus, Asp. niger, P. citrinum*
	Rye bread	*Eurotium repens, Eur. rubrum, P. carneum, P. paneum, P. roqueforti*
	Sorghum	*Alt. alternata, Asp. flavus, F. verticillioides, F. semitectum, P. citrinum*
	Wheat bread	*Asp. flavus, Eur. repens, Eur. rubrum*
	Wheat, rye, barley, oat	*Alt. tenuissima* and *infectoria* sp.-grps., *Asp. flavus, Asp. parasiticus, F. avenaceum, F. culmorum, F. graminearum, P. aurantiogriseum, P. cyclopium, P. freii, P. melanoconidium, P. polonicum, P. verrucosum*
Cheeses	Hard cheese	*Asp. versicolor, P. commune, P. discolor, P. nalgiovense, P. solitum*
Coffee	Coffee—monsoon	*Asp. candidus, Asp. niger, Asp. tamarii*
	Coffee—traditional	*Asp. carbonarius, Asp. steynii, Asp. westerdijkiae, P. citrinum*
Fruit	Citrus	*Alt. tangelonis, Alt. tenuissima* sp.-grp., *Alt. turkisafria, P. digitatum, P. italicum*
	Dried fruits	*Asp. carbonarius, Asp. flavus, Asp. niger, Asp. ochraceus, Xeromyces bisporus, Wallemia sebi*
	Fruit juice	*Byssochlamys nivea, B. spectabilis (= Paecilomyces variotii), Eupenicillium* spp., *Neosartorya* spp., *Talaromyces* spp.
	Grapes	*Asp. carbonarius, Asp. niger, Asp. tubingensis, P. expansum*
	Pomaceous & stone	*Alt. arborescens* sp.-grp., *Alt. tenuissima* sp.-grp., *F. lateritium, P. crustosum, P. expansum, P. solitum*
Meat	Sausages	*P. nalgiovense, P. nordicum, P.olsonii, P. chrysogenum, Eurotium* spp.
Nuts	Almonds, hazelnuts, pistachio, walnuts	*Alt. arborescens* sp.-grp., *Asp. flavus, Asp. niger, Asp. tamarii, F. acuminatum, F. avenaceum, F. semitectum, P. crustosum, P. discolor*
Oil crop	Olives	*Alt. alternata, Asp. versicolor, P. citrinum, P. expansum*
	Peanuts	*Asp. flavus, Asp. niger*
	Sunflower	*Alt. alternata, Asp. flavus, Asp. niger, Asp. parasiticus, F.verticilloides, F. semitectum*
Vegetables	Ginger	*P. brevicompactum*
	Onion & garlic	*P. allii, P. glabrum, Petromyces alliaceus*
	Pepper—bell	*Alt. alternata*
	Pepper—black	*Asp. flavus, Asp. parasiticus, Asp. tamarii*
	Potatoes	*Alt. alternata, Alt. solani, F. coeruleum., F. sambucinum*
	Tomatoes	*Alt. alternata, Alt. subtropica, Alt. tenuissima* sp.-grp., *P. expansum, P. olsonii, P. tularense, Stemphylium eturmiunum, Stemphylium solani*
	Yams	*Botryosphaeria rhodina, F. verticillioides, P. sclerotigenum*
	Yam chips	*Asp. flavus, Asp. niger*

Potraviny jsou pro houby ideálním substrátem a zdrojem dostupných živin. Do potravin se houby mohou dostat během výrobního procesu (kontaminací základních složek nebo přísad) a následného skladování v obchodech i v domácnostech – konidií je ve vzduchu všude dost.
Nejvíce jde o kontaminaci houbami z řádu *Eurotiales* – *Paecilomyces*, *Aspergillus* (nejčastější plísně v tropech), *Penicillium* (dominují v mírných pásech).

Některé druhy se vyskytují opakovaně v určitých provozech – například *Penicillium roqueforti* při pečení žitného chleba, *Fusarium oxysporum* nebo *Dipodascus geotrichum* v mlékárnách.
Pro zamezení kontaminace jsou aplikovány **různé způsoby konzervace**, jako přidání solí, cukrů (vyšší koncentrace) či konzervačních činidel, vysušení, chlazení, balení v ochranné atmosféře, ...

Přidání solí či cukrů pro zvýšení osmolarity je jedním z nejběžnějších konzervačních postupů. Některé houby jsou ale schopné žít v prostředí s vysokým osmotickým tlakem a kolonizovat i takto ošetřené potraviny – kvasinky *Debaryomyces hansenii* (původně mořský druh, zjištěný též v půdě nebo mraveništích, akumuluje sodík v buňkách, je tedy vyloženě halofilní) a extrémně osmotolerantní *Zygosaccharomyces rouxii* a *Z. bailii* (tento druh má též vysokou toleranci ke kyselině sorbové a benzoové, viz dále) kolonizují omáčky, kečupy, ovocné šťávy i bublinkové limonády. Fungování metabolismu buňky (potřebných enzymů) při vysokém obsahu solí jim umožňuje tvorba glycerolu, mannitolu nebo trehalózy v buňkách, růst při vysokém obsahu cukrů pak schopnost rychlé fermentace cukrů a transportu monosacharidů (fruktofilní *Z. rouxii*).
Mírně osmotolerantní je i častý kontaminant mléčných výrobků, ovoce a zeleniny *Dipodascus geotrichum* (v jehož buňkách se akumuluje arabitol a mannitol).
Halofilní a osmofilní houby jsou v principu též xerofilní (viz následující odstavec).

Jiné houby snášejí extrémně **nízké hodnoty vodní aktivity** (odpovídá relativní vlhkosti, *viz Houby a faktory prostředí v přednášce Ekologie hub*) – *Aspergillus montevidensis* (druh tradičně známý pod jménem *Eurotium amstelodami*) se vyskytuje v kukuřičných silech, *Aspergillus penicillioides* znehodnocuje obilí v sýpkách, *Wallemia sebi* může být na sušených fících, datlích, müsli tyčinkách nebo čokoládě, a nejvíce xerotolerantní *Xeromyces bisporus* byl zjištěn na čistém marcipánu. Rostou-li xerofilní houby při vyšších teplotách, uplatňují se v jejich buňkách rozpustné látky s kosmotropickou aktivitou [stabilizují makromolekulární interakce – např. $(NH_4)_2SO_4$, sacharóza], při nízkých teplotách se naopak uplatní látky s chaotropickou aktivitou (oslabují tyto interakce, rozrušují buněčné struktury, když „zamrzají“ – glycerol, $MgCl_2$, fruktóza) – zde je spojitost mezi xerofilními a termo-/psychrofilními houbami.

Sorban draselný, běžné **konzervační činidlo**, jsou schopné degradovat *Penicillium roqueforti* nebo *Paecilomyces variotii* – tyto houby mohou růst třeba i na margarínech s obsahem kyseliny sorbové, benzoové a propionové.
Pro konzervaci sýrů a uzenin je recentně používán natamycin, který účinně inhibuje klíčení konidií již při velmi malých koncentracích (μM).

Byssochlamys nivea, *B. spectabilis*, *Talaromyces flavus*, *T. macrosporus*, *Neosartorya fischeri* nebo *N. hiratsukae* (tyto dva druhy dnes vřazeny pod *Aspergillus*) jsou **termotolerantní houby**, jejichž askospory přežívají teploty kolem 85 °C po dobu delší než je běžně aplikována při pasterizaci (až 100 minut u *T. macrosporus*). Askospory běžných druhů *Eurotiales* přežívají teplotu kolem 70 °C. Termotoleranci spor umožňuje vysoká koncentrace trehalózy a nízký obsah vody v buňce => extrémně vysoká viskozita cytoplazmy => ta se dostane až do „skelného stavu (glassy state)“. V těchto případech funguje exogenní dormance (za normálních podmínek je inhibován metabolismus, což může souviset s „glassy state“), kterou naruší vysoká teplota a pasterizace tak může být vlastně stimulem ke klíčení těchto hub.

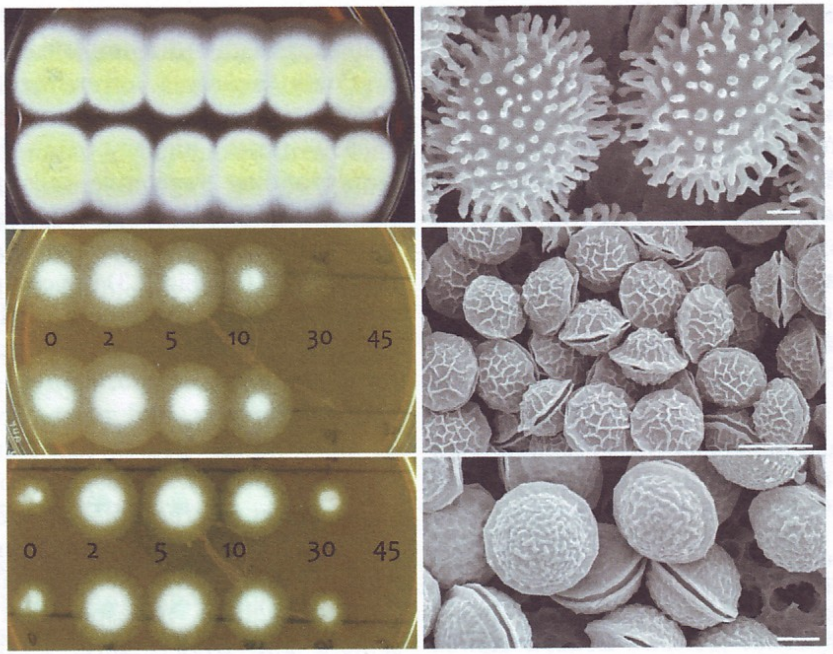


Fig. 2.3. Heat resistant fungi survive 75–85 °C for periods that are longer than conventional pasteurization times. *Left panel*; ca. 5,000 ascospores were inoculated in a small droplet on agar after a heat treatment for 0, 2, 5, 10, 30, and 45 min (from *left* to *right*). Top (*Talaromyces macrosporus* at 75 °C, middle *Neosartorya fischeri* and bottom *Neosartorya hiratsukae*, the latter at 85 °C). The *right panel* shows images of the ascospores as taken with low temperature scanning electron microscopy. Bars are 1, 5 and, 2 µm from *top* to *bottom*

Jan Dirkstenhuis, Jos Houbraken, Robert A. Samson: Fungal spoilage of crops and food. In: Frank Kempken (ed.): The Mycota XI. Agricultural applications (2nd ed., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2013), pp. 35–56.

Odolnost askospor k vyšším teplotám roste při vyšší koncentraci cukrů v médiu nebo substrátu; naopak se snižuje s obsahem organických kyselin (přirozeně přítomných v ovoci nebo použitých jako konzervační činidlo, viz výše), ale pouze při nízkém pH.

Na druhou stranu ani v lednicích nejsou potraviny v bezpečí před **psychrotolerantními druhy**, zejména z rodů *Alternaria, Cladosporium, Fusarium* a *Penicillium*.

V moderních provozech je uplatňováno skladování a balení v **řízené atmosféře** (málo kyslíku, vysoký obsah CO_2) – v těchto podmínkách se dokáží vyvíjet *Saccharomycopsis fibuligera* a *Hyphopichia burtonii*, rostoucí např. na baleném chlebu.

Jak vidno z výše uvedeného přehledu, ani aplikace různých ochranných opatření nemusí úplně zabránit kontaminaci potravin. Neznamená to však, že by nám nutně muselo vše plesnivět – spory uvedených extremofilů taky nejsou všude a případná kombinace ochranných opatření může ještě snížit jejich šance na úspěšné vyklíčení. Spory většiny hub obvykle klíčí a mycelium se dále rozrůstá (nebo buňky kvasinek dělí) při víceméně optimálních podmínkách, dostatku živin a hlavně vody => zjednodušeně řečeno:
Nechceme-li, aby nám něco zplesnivělo, snažme se jim ty optimální podmínky nenabízet a pokud přece jen něco vyklíčí, tak ať nedostane možnost se pořádně rozrůst (řečeno obchodní mluvou: doporučená doba spotřeby).

DŘEVOKAZNÉ HOUBY

Největší **škody v lesních kulturách** způsobují **primární parazité**:

• *Heterobasidion annosum* (resp. dnes komplex několika druhů, pro zjednodušení je zde uváděn jako jeden) je "metlou" především jehličnatých porostů, zejména smrkových kultur v nižších polohách. Zásadní pro napadení dřeviny je oslabení způsobené stresem z nedostatku vody, když při delším suchu klesne hladina vody v půdě a kořenový systém se ocitne "na suchu" (důsledkem je i pokles koncentrace fungistatických látek v pletivech). Vyhnití kořenového systému a spodní části kmene má za následek vyvracení stromů.

• Obdobně zhoubně mohou působit václavky (*Armillaria* spp., na snímku *Armillaria ostoyae*), jejichž působení je omezeno na kořeny a bazální část kmene; nákaza může být navenek zřejmá "nenormálním" rozšířením spodku kmene (kuželovitá báze), kterým dřevina kompenzuje hnilobu jádrového dřeva.

Foto Martina Vašutová, http://botany.upol.cz/atlasy/system/image.php?filename=basidiomycetes%2Fhomobasidiomycetes%2Fpolyporales%2Fheterobasidion-annosum1.jpg

Foto Jaroslav Malý, http://www.naturfoto.cz/vaclavka-smrkova-fotografie-11505.html

Sekundární parazité (*Stereum* spp., *Phaeolus schweinitziii* aj.) se uplatňují při poranění borky a vniknutí infekce do dřeva. Na případech poranění se vedle přirozených příčin (odlomení větví, mrazové trhliny, pohyb kamenů v suťovém svahu) výrazně podílí i člověk (poškození sousedních kmenů při těžbě) a ohryz lesní zvěří (mnohde přemnoženou nad únosný stav).

Napadení lesních dřevin způsobují hlavně stopkovýtrusné houby, především z řádu *Polyporales* (i když dnes již "choroše" patří do různých řádů), v menší míře vřeckaté, zejména stromatické pyrenomycety (především *Xylariales*).

Nahoře hnědák Schweinitzův *(Phaeolus schweinitzii*), dole spálenka skořepatá *(Kretzschmaria = Ustulina deusta*).

Foto Pantáta, http://www.damyko.info/ForumA/viewtopic.php?t=174
Foto Martina Vašutová, http://botany.upol.cz/atlasy/system/image.php?filename=ascomycetes%2Fxylariales%2Fhouby_0071.jpg&width=350&height=263&latin=Ustulina%20deusta&czech=Spálenka%20skořepatá&descr=syn.%20Kretzschmaria%20deusta

Značné nebezpečí představují houbami **napadené dřeviny v zástavbě** měst a vesnic, kde pád větve či celého stromu může ohrozit obyvatele. Teoreticky by se dalo mluvit o vhodnosti vysazovat i v obcích původní druhy dřevin, ale proti nim v některých případech mohou mluvit změněné podmínky – suchá (obvykle oddrenážovaná) a udusaná půda (nedostatek kyslíku, voda po ní přeteče a nevsakuje se) je spíše vhodná pro xerotolerantní druhy. V blízkosti komunikací navíc otřesy ztěžují či znemožňují napojení mykorhizního mycelia.

Nebezpečná situace nastává s vniknutím houby do dřeva a následným rozvojem hniloby ve dřevě. Ačkoli na první pohled zřetelnější bývá obvykle bílá hniloba (s víceméně rovnocenným rozkladem strukturních složek dřeva), větší riziko představuje hnědá hniloba působená celulózovorními houbami – zaměření pouze na celulózu znamená (až tisícinásobně!) vyšší aktivitu celuláz a úplný rozklad celulózy má za následek výrazné zhoršení biomechanických vlastností, zejména pevnosti dřeva.

Přítomnost hniloby v kmeni lze někdy rozpoznat netypickým rozšířením kmene – je-li hniloba uvnitř, zaměřuje se houba hlavně na jádrové dřevo a dřevina to kompenzuje zvýšeným růstem po obvodu, snaží se hnilobě "urůst" (viz výše u václavek); též některé dřeviny vytvoří tmavou bariéru kolem napadeného dřeva (což se ale pozná až na průřezu). Markantní známkou rozsáhlého působení houby je (pokud se objeví) tvorba většího množství plodnic a zejména na více místech; naopak to ovšem platit nemusí, málo plodnic zdaleka nemusí znamenat malou nákazu.

Houba nejsnáze proniká v místech porušené borky a obnaženého dřeva. Důležité pro zamezení nákazy je provádět správně ořez větví (vždy až na větvi, ponechat klidně určitý pahýl, ale nikdy neřezat do výběžku kmene). Přirozené praskliny vznikají hlavně v místech větvení typu "V", tedy mezi dvěma či více rovnocennými kmeny (tedy ne odbočování větví) – setkáme se s ním v případě "dvojáků", dřevin seřezaných "na hlavu" a následně přerůstajících nebo starých pařezů, kde z kořenových výmladků vyroste vícekmenný strom.

Skryté nebezpečí mohou představovat kořenové hniloby, které nemusí být navenek vůbec viditelné, ale narušení kořenového systému ovlivní jeho ukotvovací funkci. Takto napadený strom může být rozpoznán v případě nekompenzovaného náklonu, kdy je kmen šikmý v celé výšce (prozrazuje to naklánění stromu až v dospělém věku, zatímco zdravý strom, byť šikmo vyrostší, by kmen následně napřímil). Příčinou může být napadení například václavkou (nemusí se navenek tvořit plodnice, jen rhizomorfy pod kůrou) nebo spálenkou (neradno zasypávat zeminou i kořenové náběhy, to má *Kretzschmaria* ráda).

Co je důležité pro **eliminaci rizika ohrožení** v případě dřevin v parcích nebo na ulicích?

• základní zásada: prevence na prvním místě;

• již od výsadby zajistit dřevině podmínky, aby byla v dobré kondici (zejména dostatek vody);

• pokud možno zamezit mechanickému poškození;

• při řezu chránit hraniční zóny (mezi kmenem a větví);

• v případě ošetření řezné plochy tak učinit ihned a nevytvořit na řezu "skleník" nepropustným pokryvem;

• eliminovat podmínky vhodné pro houby (vnikání vlhkosti do dřeva);

• průběžně monitorovat stav dřeviny – zjevné oslabení značí problém;

• sledovat, zda se na povrchu neobjevují plodnice – podle druhu houby lze určit druh hniloby, která je uvnitř;

• po vyhodnocení rizik případně rozhodnout o skácení dřeviny – záleží na:
– druhu hniloby (jak již bylo řečeno, hnědá/červená je nebezpečnější);
– stavu dřeviny (pevnost dřeva, rozsah poškození);
– druhu dřeviny, v případě cenného druhu se vyplatí i nákladné testy (tahové zkoušky apod.), ošetření nebo zpevnění (celkové náklady dosahují desítek tisíc);
– ohrožený prostor v případě pádu (zda hrozí zásah stavby nebo místa pohybu osob);

• v případě nízkého rizika lze doporučit ponechání dřeviny (má na stanovišti svůj ekologický význam).

Rozklad opracovaného dřeva (nábytek, stěny a podlahy budov) způsobují zejména *Serpula lacrymans* (**dřevomorka domácí**) a *Coniophora puteana* (**popraška sklepní**). Tyto druhy způsobují hnědou hnilobu, jež vede k rozložení celulózy až na CO_2 a H_2O (=> tím dochází ke zvlhčení i suchého dřeva, což zpětně vyhovuje houbám), ve dřevě lze často nalézt jejich syrocia.

Zatímco poprašku spíš najdeme venku nebo v chladných prostorách (má širokou teplotní toleranci 3-40 °C), dřevomorka domácí je typicky interiérovou houbou.

Koniofora (popraška) sklepní nejen tvoří rozlité plodnice na dřevě, ale rozrůstá se i rhizomorfami.

Ideální podmínky pro **napadení dřeva v interiérech** jsou pokojová teplota (optimum má při 22 °C, mimo 13-26 °C se růst zastavuje), dostatečná vzdušná vlhkost (v počáteční fázi i vlhké dřevo, později už není podmínkou), dostatek kyslíku, ideálně kyselé pH. K napadení dřeva může dojít přenosem spor nebo fragmentů mycelia, zdrojem může být i papír (navlhlé krabice) => houba se rozrůstá v substrátu => na povrchu zpočátku vatovité mycelium, posléze se vyvinou plodnice. V optimálních podmínkách se rozrůstá rychle (až 1 cm za den) a rhizomorfy překonávají i značné vzdálenosti po jiném než dřevním substrátu (až několik metrů po podlaze nebo zdech).

Pro běžnou **ochranu před dřevokaznými houbami** je lepší vytvoření podmínek nepříznivých pro růst – omezení přístupu kyslíku, nízká vlhkost, nízká teplota. Ideální prevencí proti napadení je zdravé a suché dřevo (stabilně pod 18 %), zamezení pronikání vody (vnější izolace staveb, ale i izolace vodovodu a odtoků) i kondenzace vzdušné vlhkosti (zejména v dlouhodobě uzavřených prostorech). Vyplatit se může i moření (i když s ohledem na možná zdravotní a ekologická rizika chemických přípravků, kterých je na trhu spousta) – buď povrchové (méně účinné) nebo máčení dřeva či tlaková impregnace; v některých státech je povinné preventivní ošetření konstrukčně namáhaných dřevěných prvků ve stavbách.
V případě nákazy je nejlepším řešením napadené dřevo odstranit a spálit. Lze využít i chemické přípravky (např. kyselinu benzoovou, slabé kyseliny pronikají do hyf, kde způsobují snížení pH a smrt buněk), ale jsou omezeně účinné a mnohé toxické. Vyměnit je třeba dřevo kolem zasažených míst (min. 60 cm), použité nářadí omýt ochrannými přípravky a omítky ošetřit fungicidy. Pokud již byly vytvořeny plodnice, je nutno počítat s tím, že spory jsou všude...

Serpula lacrymans je prakticky jedinou naší houbou, která je schopná působit tzv. suchou hnilobu – rozkládat dřevo při minimální vlhkosti. Pro **jiné houby** je vlhkost suchého dřeva nedostatečná (čerstvé dřevo mívá 15-18 %, dřevo na stavbách 8-14 %), avšak riziko hrozí ve výrobních procesech, kde dochází k jeho napařování (výroba nábytku nebo parket); některé houby mohou začít rozkládat dřevo při 20 %, kolem 30 % pak dochází k výraznému rozkladu.

Další druhy hub, které lze nalézt **na opracovaném dřevě** (uvedené příklady na dřevě jehličnanů):

- v dolech, sklepech a vlhkých budovách *Fibroporia vaillantii* a *Tapinella panuoides*;

- místa, kam zatéká (stropní trámy, desky pod půdou) napadají *Gloeophyllum abietinum* a *Fomitopsis rosea* (ten vzácně ve vyšších polohách);

Fibroporia vaillantii (= *Antrodia vaillantii*)
Foto R. Matthews, Protectahome Ltd.;
převzato z https://www.flickr.com/photos/100121727@N08/9770512831

Vlevo *Gloeophyllum abietinum*, vpravo *Tapinella panuoides*

Foto Pavol Kešeľák, http://www.nahuby.sk/obrazok_detail.php?obrazok_id=37745

Foto Jiří Polčák, http://www.nahuby.sk/obrazok_detail.php?obrazok_id=81843

- *Gloeophyllum sepiarium* též v dolech a budovách, ale zejména na dřevě prohřátém sluncem (kulatina, mostní konstrukce);
- *Neolentinus lepideus* nebývá v budovách, ale na mostech, plotech, sloupech i pražcích.

Gloeophyllum sepiarium
Foto Pavol Kešeľák, http://www.nahuby.sk/obrazok_detail.php?obrazok_id=49212

Neolentinus lepideus
Foto vlevo Ladislav Tábi, http://www.nahuby.sk/obrazok_detail.php?obrazok_id=111356; foto vpravo Jiří Polčák, http://www.nahuby.sk/obrazok_detail.php?obrazok_id=205074

Posledně zmíněnému (česky houževnatec šupinatý) nevadí ani impregnace na povrchu (ani dehtový nátěr) a způsobuje neznatelné trhlinky ve dřevě, snižující jeho pevnost. Jako možnost „biologického boje“ je testováno antagonistické působení hub rodů *Scytolidium* a *Trichoderma* (anamorfy *Helotiales*, resp. *Hypocreales*).

ROZKLAD JINÝCH MATERIÁLŮ

Vedle dřevokazných hub se v přírodě i v lidských obydlích setkáme s řadou dalších druhů, které se podílí na rozkladu celulózních substrátů – a to není zdaleka vše, nejrůznější houby jsou schopné degradovat široké spektrum organických sloučenin *(viz biodegradace a remediace v kapitole Další způsoby využití hub)*.
Pokud jde o rozklad materiálů nebo změnu jejich vlastností, která je z pohledu člověka nechtěná, hovoříme o **biodeterioraci**.

Substráty pro tyto houby jsou organické i minerální materiály, kovy, sklo nebo plasty. Pár příkladů:

• rozklad tkanin z přírodních vláken, zejména bavlněných (*Chaetomium globosum*, *Sordariales*);

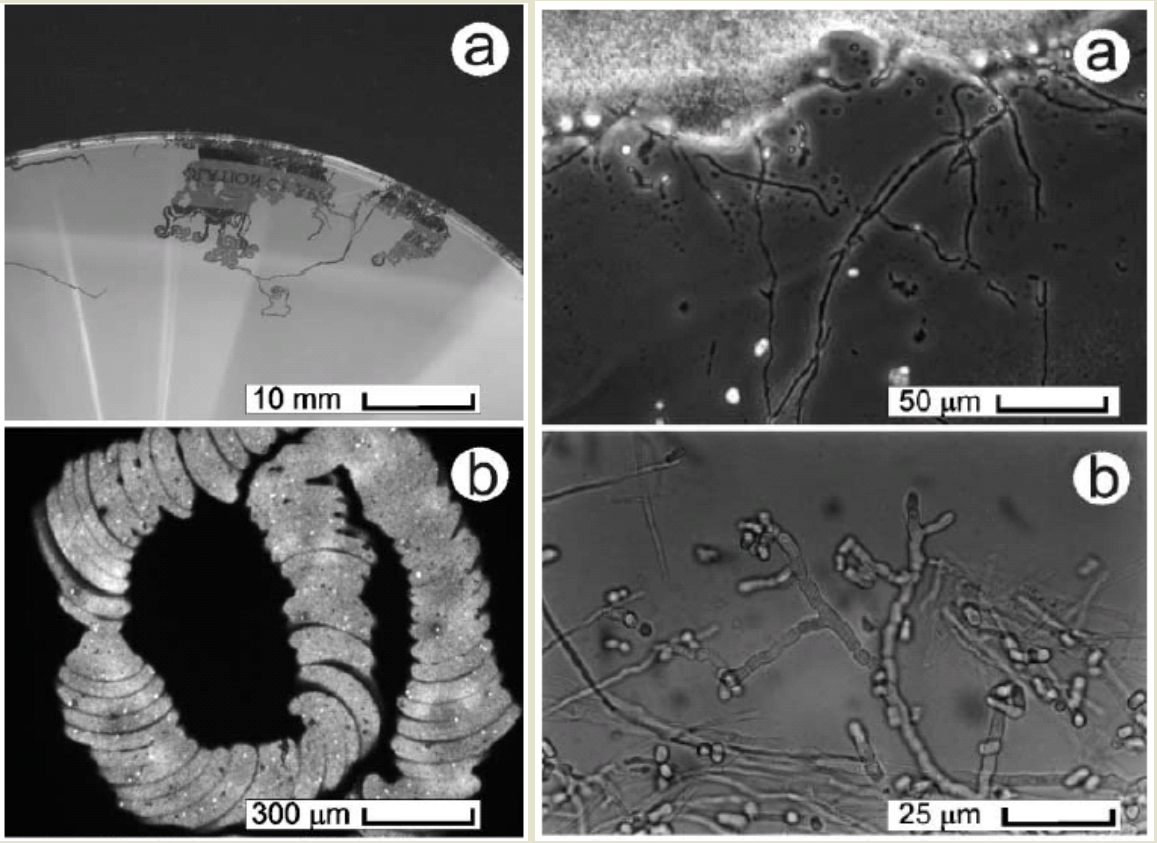
• ve vlhkých podmínkách napadení knih (zejména *Aspergillus* spp.) i maleb (na olejomalbách časté *Aureobasidium pullulans* nebo *Cladosporium* spp., *Dothideomycetes*);

• druhy rodu *Aspergillus* a *Penicillium* mohou poškozovat i sklo, pokud jsou na jeho povrchu organické zbytky, na kterých se přiživí (např. z otisků prstů);

• v tropech houby rostou i na silikonových vláknech a izolaci elektrického vedení (*Cladosporium cladosporioides*);

• *Hormoconis resinae* (= *Cladosporium r.*) roste i v palivu do letadel => ucpává palivové filtry a produkuje kyseliny, které korodují nádrže a motory;

• druhům rodu *Geotrichum* chutná Al-polykarbonátová vrstva kompaktních disků (poprvé objeveno v Belize, další záznamy z Mexika, Panamy, Hongkongu, …), tak pozor na svá cédéčka! :o)



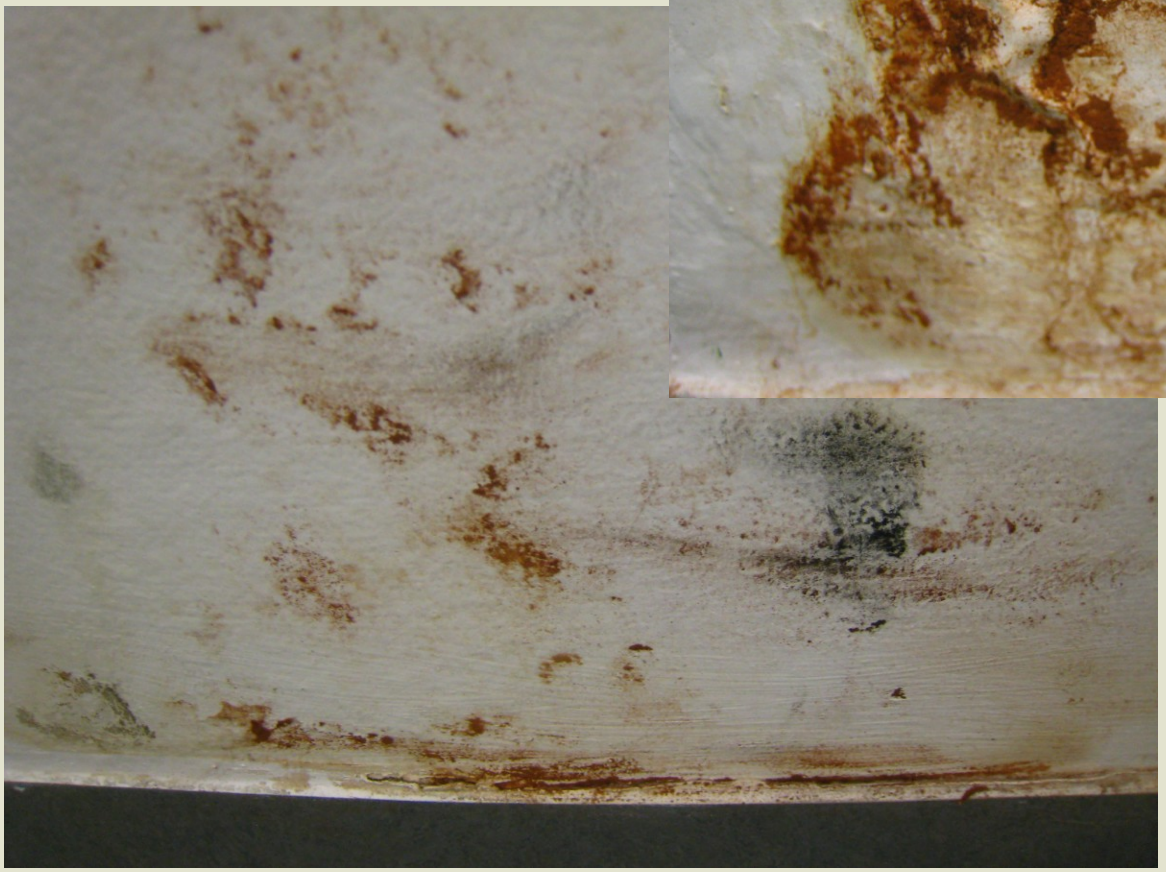
Převzato z
http://botany.natur.cuni.cz/koukol/ekologiehub/EkoHub_10.ppt

Značným problémem je výskyt **„plísní“ na zdech**, a to jak na vnějších stěnách (kde jsou více vystaveny vnějším vlivům, zejména vysoušení sluncem a prouděním vzduchu, takže se vyskytují spíš jen v místech, kde pravidelně stéká voda), tak zejména v interiérech domů. K jejich výskytu a rozrůstání dochází v objektech se zvýšenou vlhkostí, špatnou izolací (když do stěn zatéká zvenku nebo kolem rozvodů vody) anebo nedostatečným větráním; ke zvlášť intenzivnímu rozvoji dochází ve vytopených budovách.

Jde o běžné saprotrofní houby, zejména anamorfní *Dothideomycetes* a *Eurotiomycetes* (*Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*), které **ohrožují zdraví člověka** masivní produkcí konidií => vyvolává alergické reakce, v horším případě může dojít i k napadení organismu (až k rozvoji závažných mykóz vnitřních orgánů).

Prevencí je vysušení zdiva a omezení teplotních výkyvů (mohou vést ke srážení vlhkosti). Tradiční prostředky pro likvidaci již rozvinutých plísní jsou chemické postřiky; recentně je preferován **biologický prostředek** (Bio Repel) obsahující *Pythium oligandrum* – oomycet, který napadá a likviduje hyfy hub nejen na povrchu, ale dokáže pronikat i do substrátu.

Pozdrav
z podzemí kampusu :o)



HOUBY V LABORATOŘÍCH

"Nevítané" houby mohou být problémem i v laboratorních podmínkách – zmiňme stručně možnosti zamezení jejich přenosu a růstu:

• mechanické zamezení průniku hub – membránovým filtrem;

• příprava sterilní živné půdy:
– sterilizace v páře při 100 C (3 dny po půl hodině, doporučeno pro půdy obsahující cukry);
– sterilizace v autoklávu (20 minut při tlaku 1–1,5 atmosféry);

• příprava sterilních nástrojů, kterými odebíráme vzorky, a nádobí, do kterého jsou odebrány:
– sterilizace teplem, laboratorní sklo je doporučeno dát na 2–3 hodiny do sušárny při 160–180 C (teoreticky na likvidaci spor hub stačí 90 C, zatímco na likvidaci bakterií až 120 C); před kontaktem s kulturou je záhodno ožehnout nad plamenem hroty nástrojů, hrdla zkumavek i zátky;
– v laboratořích, ale i v potravinářských provozech, je častou formou sterilizace ionizujícím zářením (např. γ), které denaturuje proteiny a DNA, ale jinak nenarušuje chemické složení ani mechanické vlastnosti látek (oproti auto-klávování nebo propaření); dávka 25 kGy (kiloGray) by měla stačit k likvidaci i spor a dormantních stádií (ale je znám případ, kdy *Melanotus eccentricus* /*Agaricales*/ ozáření přežil);

• přenos hub mezi kulturami (přeočkování) v uzavřeném prostoru – malých očkovacích boxech nebo prosklených skříních s otvory pro ruce, které lze dezinfikovat zářením z UV lampy nebo vystříkáním dezinfekčními prostředky;

• působení chemických látek (působících nespecificky na různé organismy – např. síra a její sloučeniny – nebo specifické látky působící na metabolismus, funkci plazmatické membrány, inhibitory mitózy, syntézy DNA, RNA, proteinů, ...).