

Půdní kvasinky – neprozkoumané, ale důležité

Přestože houby představují nejprostudovanější skupinu půdních mikroorganismů, jejich jednobuněční zástupci – kvasinky (bližší např. články v Živě 2005, 5: 197–199 nebo 2012, 6: 271–275), se proslavili spíše v medicíně, biotechnologiích a potravinářství. Jejich početnost a rozmanitost v půdě ale dokládá, že některé z nich jsou tomuto prostředí dobře přizpůsobeny a plní v něm významné ekosystémové role. A co víc – současný výzkum naznačuje, že by půdní kvasinky mohly najít uplatnění také v bioenergetice i v zemědělství a posloužit jako přirozená alternativa k syntetickým hnojivům a pesticidům.

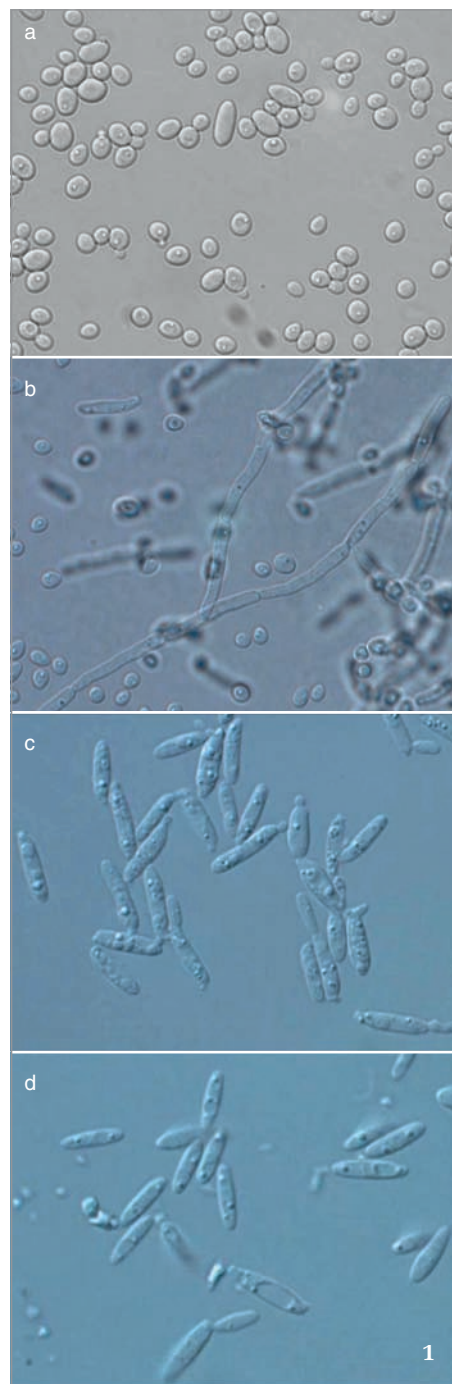
Společenstva mikroorganismů – zejména bakterií a hub – jsou zodpovědná za řadu biochemických procesů, které probíhají v půdě. Podílejí se např. na rozkladu mrtvé organické hmoty, působí jako rostlinní symbionti či patogeny a ovlivňují přeměnu organických látek a tím dostupnost živin v prostředí. Houby zde tvoří velice rozmanitou skupinu, u níž nalézáme rozličné způsoby výživy i nejrůznější růstové formy. Mohou se vyskytovat jako vláknité útvary (hyfy) a vytvářet myceliální kolonie větší i menší velikosti (od několika buněk až po kilometry), nebo ve formě jednotlivých buněk, což je typické pro kvasinky, spolu s rozmnožováním pučením nebo přehrádečným dělením. Právě jednobuněčnost, jež se zdá být důležitou adaptací, definuje kvasinky jako morfologicky a ekologicky vymezenou skupinu, která je ale polyfyletická (nepřirozená, jelikož nezahrnuje společného předka), takže různé skupiny kvasinek evolučně příbuzné nejsou – patří jak do oddělení hub věckovýtusných (Ascomycota), tak stopkovýtusných (Basidiomycota). Jednobuněčnost však není výhradní formou existence – převážná část kvasinek dokáže přejít na vláknitý růst v reakci na měnící se podmínky prostředí. Podmínky, za nichž kvasinky tvoří vláknité formy, se mohou mezi jednotlivými druhy velmi lišit. Většinou ale jde o určité pH, teplotu, množství živin nebo přítomnost nějaké specifické látky. Vláknitý růst je ale pozorován pouze v laboratorních podmínkách a nemáme dosud důkaz o jeho výskytu v půdě (obr. 1), protože přímá mikroskopická pozorování kvasinek z půdy jsou velmi obtížná.

Půda je velice pestrým prostředím, jelikož v ní vznikají mikroprostředí, která se mohou lišit např. obsahem vody, složením vzduchu, minerálních látek nebo organické hmoty. Zamyslíme-li se nad vláknitými houbami a kvasinkami z hlediska možností jejich přežití v tak různorodých podmínkách, je zřejmé, že obě skupiny zaujmají jinou životní strategii. Hyfy umožňují vláknitým houbám překonávat místa s nepříznivými podmínkami a usnadňují vy-

užití nerovnoměrně rozložených živin. Kvasinky jsou naopak odkázány na lokální zdroje, a proto jsou ovlivněny vlastnostmi půdy nebo opadu ve svém bezprostředním okolí. Naše znalosti o ekologii vláknitých hub nelze na kvasinky jednoduše aplikovat, protože jsou vlastně v mnoha aspektech podobnější jednobuněčným bakteriím. Pojďme si půdní kvasinky a jejich roli přiblížit podrobněji.

Kde a kolik?

Kvasinky poprvé pozoroval pomocí jednoduchého mikroskopu v r. 1680 Antoni van Leeuwenhoek a svá pozorování jako první popsal. Tyto drobné eukaryotické organismy byly dlouho spojovány především s alkoholovou fermentací piva a vína. Dnes již víme, že obývají širokou škálu prostředí, a to včetně půdy. Zpočátku však nebyly považovány za původní půdní organismy a jejich schopnost šířit se v tomto prostředí byla opakovaně zpochybňována. Po dlouhou dobu půda platila za pouhý rezervoár pro pasivně přenášené kvasinky z nadzemních stanovišť (habitatů) – typickým habitatem je rostlinný materiál, hlavně plody a květy, s nimiž se ve formě rostlinného opadu (detritu) dostávají do půdy. Až použití odpovídajících kultivačních médií a podmínek vedlo k nárůstu počtu izolovaných kvasinkových kolonií a ukázalo se, že počet kvasinek v půdě je nezanedbatelný a může převýšit počet kvasinek na rozkládajícím se rostlinném materiálu. Půdní kvasinky jsou většinou oligotrofní, pro kultivaci jsou tudíž výhodná média s nízkým obsahem živin. Dále se používají nižší kultivační teploty (pod 25 °C) a delší doba kultivace (např. 14 dnů). Do médií lze také přidat různá aditiva, která zpomalí růst vláknitých hub. Také moderní sekvenční studie ukazují, že kvasinky tvoří nedílnou součást půdních mikrobiálních společenstev (obr. 2). Kvasinky byly izolovány z mnoha typů půd, ačkoli větší pozornosti se jim dostalo v hospodářsky významných půdách, např. na vínicích, v sadech nebo na polích. V menším rozsahu byly studovány i v les-



1 Mikrofotografie kvasinek izolovaných z lesních půd. Kvasinka *Leucosporidium krtniense* v jednobuněčné formě (obr. a) a s jejím vláknitým pseudomyceliem (b). Pseudomycelium je útvar tvořený řetízky buněk, které vznikly neúplným oddělením dceřiných buněk při pučení. Vláknitého růstu bylo v tomto případě dosaženo kultivací na kukuřičném agaru (CMA, Cornmeal Agar). Druhy *Yurkovia mendeliana* (c) a *Libkindia masarykiana* (d). Foto T. Mašíňová

ních a lučních půdách. Podařilo se je izolovat z extrémně kyselých i alkalických (sopečných) půd a z půd polárních oblastí. Nejvíce se jich vyskytuje ve svrchních 10 cm. Počet se obvykle pohybuje mezi stovkami a tisíci v jednom gramu půdy. Početnost kvasinek a složení jejich společenstva ovlivňují jak abiotické podmínky, jako je pH, množství živin a vlhkost, tak i podmínky biotické, zejména pak složení nadzemní vegetace. Ale jakým způsobem



kvasinky reagují na podmínky prostředí a které faktory hrají nejdůležitější roli, není zcela zřejmé.

Oproti kvasinkám běžně rostoucím v prostředí s vyšším obsahem cukrů, např. na květech, površích listů či na tělech živočichů, má většina půdních kvasinek řadu specifických adaptací. Mezi nejdůležitější patří tvorba polysacharidových kapsulí, které umožňují koncentrovat živiny v bezprostředním okolí buňky a brání jejich vysychání. Kvasinky z oddělení stopkovýtrusných hub jsou schopny růst v prostředí s nízkým obsahem snadno dostupných živin, obzvláště s nízkými koncentracemi dusíku. Tato adaptace je důležitá, protože většina dusíku v půdě je vázána v organických molekulách – např. v chitinu, proteinech a nukleových kyselinách. Kvasinky z oddělení stopkovýtrusných hub jsou také na rozdíl od většiny ostatních kvasinek schopny využívat široké spektrum zdrojů uhlíku, včetně komplexních substrátů, typu celulózy a hemicelulózy. Není tedy překvapivé, že dominují především v lesních půdách a opadu – dokážou efektivněji rozkládat rostlinný opad a dřevo než kvasinky z oddělení hub vřekovýtrusných. Pro vřekovýtrusné kvasinky je naopak typický rychlý růst díky okamžitému využívání jednoduchých cukrů. Mají rovněž schopnost anaerobní fermentace (kvašení bez přístupu kyslíku), což může být užitečné např. za situace, kdy jsou půdní póry vyplněné vodou. Tyto kvasinky najdeme hojně na loukách a jiných zemědělských půdách, a jejich početnost stoupá s vyšší intenzitou obhospodařování. Četnější je také jejich výskyt v čerstvém opadu nebo rhizosféře, tedy v části půdy ovlivněné kořeny, které produkují do svého okolí nízkomolekulární látky sloužící jako snadno dostupný zdroj živin.

Doposud bylo popsáno více než 150 druhů kvasinek, pro něž představuje půda primární prostředí. Některé z nich jsou široce rozšířené a jiné se vyskytují pouze v určitém typu půdy. Kultivační studie ukazují, že společenstvo kvasinek na jedné lokalitě bývá tvořeno pouze několika druhy, avšak množství kvasinek, které lze izolovat z různých lokalit v rámci jednoho lesa, pole nebo regionu, je velmi vysoké. Není tedy divu, že i v dobře prozkoumaných půdách se vyskytuje přibližně jedna třetina nepopsaných druhů, a to včetně těch, jež patří v dané lokalitě mezi dominantní.

Vůbec nejčastěji izolované druhy půdních kvasinek z oddělení stopkovýtrus-

2 Kvasinkové kolonie izolované z půdy. Půdní kvasinky zahrnují na rozdíl od většiny ostatních kvasinek oligotrofní a pomalu rostoucí druhy. Foto A. Yurkov
3 Vzorky půdy připravené pro další zpracování, např. pro izolaci kvasinek nebo analýzu environmentální DNA. Foto B. D. Bahnmann

ných hub jsou zástupci rodů *Cryptococcus* a *Trichosporon*. Oba rody jsou ovšem polyfyletické a nejnovější studie rozděluje *Cryptococcus* do 10, *Trichosporon* do tří monofyletických rodů. Některé rody často izolovaných kvasinek pocházejí z nadzemních zdrojů a v půdě pouze dočasně přebývají, jiné jsou často sdíleny mezi půdou a opadovou vrstvou. Podobnou specifičnost určitých druhů nacházíme i mezi vřekovýtrusnými kvasinkami.

Proč jsou důležité

Houby považujeme za primární rozkladače organických látek – ačkoli byly kvasinky opakovaně izolovány z rozkládajícího se rostlinného materiálu, máme dosud omezené znalosti o jejich významu v tomto procesu. Počáteční fáze rozkladu čerstvého materiálu začíná vyčerpáváním jednoduchých cukrů rychle rostoucími a často fermentujícími kvasinkami, neboť v této fázi není velká konkurence a kvasinky se k tomuto materiálu snadno dostanou z nadzemních částí rostlin (většinou bývají přítomny jako mykobiota na povrchu listů – v tzv. fyloplanu). V průběhu rozkladu jsou však tyto druhy nahrazeny jinými kvasinkami, často zástupci oddělení stopkovýtrusných hub, využívajícími širší spektrum zdrojů uhlíku. Navíc se ukazuje, že kvasinky spolu s vláknitými houbami představují významné rozkladače odumřelého mycelia jiných



půdních hub. Tento specifický substrát, který je ve srovnání s rostlinným opadem bohatší na dusík a obsahuje široké spektrum snadno dostupných látek, se zdá být pro tyto rychle rostoucí houby velmi vhodný.

Další důležitá role kvasinek v půdním prostředí vyplývá ze schopnosti růst na kamenitých površích, kde přispívají ke zvětrávání – zpřístupňují tak rostlinám fosfor, síru a další prvky. Kvasinky hrají díky schopnosti produkovat polysacharidové kapsule důležitou roli při tvorbě půdních agregátů a ovlivňují množství vody zadržené v půdě. Kapsule poskytují životní prostředí pro asociované půdní bakterie včetně bakterií fixujících vzdušný dusík. Bylo pozorováno mnoho různých typů interakcí kvasinek s živočichy, jako mutualismus nebo antagonistické interakce, ale většina z nich byla studována hlavně *in vitro*.

Kromě toho, že kvasinky slouží jako zdroj potravy pro půdní bakterie, bezobratlé a protista, rostoucí počet studií také naznačuje, že růst rostlin může být přímo nebo nepřímo podporován jejich výskytem v rhizosféře. Některé kvasinkové kultury izolované z rhizosféry potlačují růst rostlinných patogenů, nebo naopak podporují růst mykorrhizních hub. Velká část je rovněž schopna produkovat kyselinu indol-3-octovou (známou pod zkratkou IAA), rostlinný hormon ze skupiny auxinů, jež významným způsobem ovlivňuje růst a vývoj rostlin, jelikož vyvolává prodlužování rostlinných buněk a jejich dělení. Řada půdních kvasinek (např. *Apiotrichum porosum*, *Cutaneotrichosporon moniliforme*, *Lipomyces* spp., *Saitozyma podzolica*, *Solicoccozyma terricola*) je také studována jako slibný zdroj biopaliv, a to díky schopnosti shromažďovat v buňkách velké množství lipidů, jež může dosahovat až 20 % suché hmotnosti, výjimečně i 80 %. Typickými masnými kyselinami obsaženými v těchto kvasinkách jsou např. kyselina palmitová, stearová a olejová.

Velkým problémem současného zemědělství je ekologický dopad hojně využívaných hnojiv a pesticidů. Není tedy divu, že k prioritním směrům výzkumu patří nalezení prostředků minimalizujících dopad na životní prostředí a lidské zdraví. Vhodnou alternativou by mohlo být využití půdních mikroorganismů, o nichž víme, že mohou podporovat růst rostlin a omezovat výskyt škůdců nebo rostlinných patogenů. Půdní kvasinky se již využívají v podobě několika přípravků (*Candida oleophila* pod názvem Aspire a Nexy, *C. sake* jako Candifruit, *Metschnikowia fructicola* jako Shemer, *Aureobasidium pullulans* jako BoniProtect nebo BlossomProtect, nebo *Cryptococcus albidus* jako YieldPlus), avšak rychlý rozvoj metod v půdní mikrobiologii nasvědčuje tomu, že jejich potenciální využití může být daleko širší. Do karet nahrává také fakt, že jsou v jiných odvětvích velmi prozkoumané, dobře uzpůsobené pro masivní produkci. Je tedy zřejmé, že rozšíření znalostí o biodiverzitě a ekologii kvasinek v přírodních i zemědělských ekosystémech může přinést nejedno překvapení.

Seznam použité literatury uvádíme na webové stránce Živy.