

## Rhizofágní cyklus: mohou rostliny získávat živiny z nesymbiotických mikroorganismů?

Vzájemné živinové vztahy mezi kořeny rostlin v půdě a půdními symbiotickými mikroorganismy (bakteriemi a houbami) jsou mnohostranné. Nejčastěji uváděnými příklady jsou hlízkové bakterie fixující vzdušný dusík (diazotrofní), mykorrhizní spojení nebo tvorba kořenových exudátů (výměšků) a jejich uvolňování do rhizosféry, čímž jsou podporovány mikroorganismy v rhizosféře. Vzpomínám, jak v r. 1980 prohlásil na semináři katedry fyziologie rostlin Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy její vedoucí prof. Jaromír Seifert, přední český půdní biolog, že používání Knopova živného roztoku (asi od r. 1870) rostlinnými fyziology sice znamenalo velký metodický pokrok pro laboratorní studium minerální výživy rostlin, ale současně obrovský ústup od studia růstu rostlin v přirozených půdních podmínkách se zahrnutím i půdních mikroorganismů. V r. 2010 publikovala Chanyarat Paungfoo-Lonhienne z univerzity v australském Brisbane s mezinárodním týmem v časopise PLoS ONE překvapivý článek s názvem Převrácení stolu: rostliny konzumují mikroorganismy jako zdroj živin (Turning the table: Plants consume microbes as a source of nutrients). Autoři pěstovali hydroponicky rajče (*Solanum lycopersicum*) a sterilně na agaru huseníček rolní (*Arabidopsis thaliana*) a do prostředí ke kořenům přidali fluorescenčně značené kultury nepatogenní nesymbiotické bakterie *Escherichia coli* a kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*. Prokázali masový vstup obou mikroorganismů do kořenových špiček obou druhů rostlin, částečné přežívání v pokožkových nebo korových buňkách kořenů, jejich částečný rozklad v kořenových buňkách i uvolnění přeživších mikroorganismů ze starých kořenových vlásků zpět do prostředí. Potvrdili také příjem dusíku  $^{15}\text{N}$  ze značených bak-

terií, čímž naznačili, že tento vztah by mohl mít v přírodních podmínkách i velký ekologický význam pro výživu rostlin. V další studii o tři roky později nazvali tento proces rhizofágním cyklem (rhizophagy cycle), čímž chtěli zdůraznit „požírání mikroorganismů kořeny“.

S odstupem několika let James White se spolupracovníky z Rutgersovy univerzity v Novém Brunšviku v New Jersey (USA) shrnuli nejnovější poznatky o rhizofágním cyklu v přehledném článku (2018). Poznatky jsou ale z metodických důvodů zčásti stále založeny na použití hydroponie. Jak mikroorganismy do kořenů vstupují? Rostliny vylučují do půdy z nejmladších částí kořenové špičky těsně pod apikálním meristémem exudáty (sacharidy, aminokyseliny, organické kyseliny, vitamíny), které přitahují různé půdní mikroorganismy těsně ke kořenové špičce a způsobují jejich množení („farming“); vylučování exudátů se zvyšuje v půdách chudých živinami. Mikroorganismy se dostávají do mladých meristemických buněk kořenové špičky s měkkými a tenkými buněčnými stěnami buď endocytózou, při níž různé rostlinné enzymy částečně rozvolňují buněčné stěny, nebo kořenové buňky příjem odstraňují malé organické kyseliny (propionovou, máselnou) z biofilmu na povrchu kořene, a tím je lákají do buněk. Kořeny však vnímají jejich přítomnost v rhizosféře a odstranění organických kyselin je projevem vzájemné komunikace. Mikroorganismy se v meristemických buňkách obvykle usazují v perioplazmatickém prostoru mezi buněčnou membránou a stěnou buňky a bakterie i houby následně ztrácejí buněčnou stěnu a získávají kulovitý tvar. Soudí se, že ztráta je způsobena reaktivními formami kyslíku z kořene. Bakterie vstupující do rhizofágního cyklu se řadí do různých

skupin včetně fixátorů  $\text{N}_2$ , ale fixace  $\text{N}_2$  bakteriemi přímo v kořenových buňkách doložena nebyla. Pokusné rostliny různých druhů pěstované v půdě a infikované značenými bakteriemi rostly průkazně rychleji a získávaly z těchto bakterií dusík. Z jediné dosud provedené studie na pšenici vyplývá, že podíl dusíku z bakterií procházejících kořenovými buňkami činil jen několik procent celkového zvýšení příjmu dusíku – převážná většina pocházela z rhizosféry. Příjem jiných minerálních živin kromě železa nebyl zatím prokázán. Předpokládá se, že by kořeny mohly přímo z bakterií procházejících kořenovými buňkami (rozkladem bakterií, nebo jejich živinovým ochuzením) získávat Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Co a B, a protože bakterie obsahují zásobní polyfosfáty i nukleové kyseliny, tedy i větší množství fosforu. Zjistilo se také, že různé druhy rhizofágních bakterií jsou různě citlivé k rozkladu v kořenových buňkách. Při rhizofágním cyklu mikroorganismy vstupují do meristemických buněk kořenové špičky v rámci endofytní fáze, kdy z nich má rostlina užitek, s růstem kořene se posunují do prodlužovací zóny, pak vystupují z vrcholů kořenových vlásků zpět do rhizosféry, kde žijí a získávají živiny jako volně žijící stadia. Obě fáze se střídají a cyklus se může opakovat. Podobně jako bakterie, i různé druhy mikroskopických hub a kvasinek z oddělení Ascomycota, Basidiomycota a Mucoromycota (dříve Zygomycota) podstupují tento cyklus a procházejí kořenovými buňkami ve formě bez buněčných stěn jako tzv. mykozomy, které pučí v řetízky.

Je nepochybné, že půdní mikroorganismy účastníci se rhizofágního cyklu ovlivňují pozitivně růst a vývoj rostlin (zejména semenáčků) i jinými způsoby, např. tvorbou nebo rozkladem rostlinných hormonů, tvorbou antioxidantů k tolerování oxidativního stresu, zvýšenou tolerancí k abiotickým (sucho, zasolení, těžké kovy, vysoké teploty) i biotickým stresům (nemoci, herbivorie, kompetice s jinými rostlinami). Závěrem je třeba připomenout, že tento mutualistický vztah je výhodný i pro zúčastněné mikroorganismy – rostliny za něj platí vysokým množstvím kořenových exudátů.

[Microorganisms 2018, 6: e95]

# ARACHNE

## LETNÍ BIOLOGICKÉ SOUSTŘEDĚNÍ PRO STŘEDOŠKOLÁKY

Jsi středoškolák lačníci po nevěsedních biologických zážitcích a chceš si vyzkoušet vědu na vlastní kůži?

**POTOM JE ARACHNE TÍM, CO HLEDÁŠ!**

14 dní nabitých odbornými přednáškami, experimenty, terénními exkurzemi a v neposlední řadě mořem zábavy.

**POJEĎ S NÁMI!**

Přihlášku najdeš na [www.arach.cz](http://www.arach.cz)

