

Jaké je množství vody transportované hyfami arbuskulárních mykorrhizních hub?

V současnosti se uznává, že arbuskulární mykorrhizní houby (AMF) jsou široce rozšířené půdní mikroorganismy schopné tvořit symbiotické vztahy přibližně s 80 % suchozemských druhů rostlin (např. také Živa 2017, 5: 233–240; 2024, 6: 321–323). Uspadňují rostlinám nejen transport minerálních živin z půdy, ale zlepšují i vodní provoz rostlin optimalizací příjmu živin, podporou odolnosti k suchu, zvýšením osmotické regulace v rostlinách, regulací hydraulické vodivosti kořenů pro vodu, i zlepšením struktury půdy, stability půdních agregátů a zvýšením vododržných (retenčních) schopností půdy. AMF mohou rovněž zvýšit účinnost využití vody a transpiraci a propojit toky vody přes společné mykorrhizní sítě spojující kořeny sousedních rostlin. Existují rovněž důkazy, že AMF mohou přímo přijímat a transportovat vodu do rostlin. Ačkoli mnohé studie už prokázaly úlohu AMF ve zvýšení příjmu vody hostiteli (a také dusíku a fosforu), podíl AMF na zlepšení vodního provozu rostlin, zejména přímého příjmu vody, zůstává nejasný a sporný. Různé práce uvádějí podíl AMF na zajištění transpirace hostitele téměř od nuly až do 35 %. Navíc se studie využívající metodicky těžkou vodu D_2O považují dnes za nespolehlivé

a zavádějící, na rozdíl od použití těžké vody $H_2^{18}O$ s těžkým izotopem kyslíku.

Chao Wu se spolupracovníky z čínské Univerzity v Xi'anu se v pokusu ve skleníku na rostlinách tolice seté neboli vojtěšky (*Medicago sativa*) pokusili stanovit příspěvek AMF k transpirační ztrátě vody. Tři rostliny vojtěšky pěstovali v teplem sterilizované půdě ve zvláštních plastových pětilitrových květináčích tak, že kořeny rostly u některých variant pouze v polovině květináče. Druhá polovina bez rostlin byla oddělena svislou vodotěsnou přepážkou (kompartimentalizace), která umožňovala prorůstání hyf AMF, ale bránila růstu kořenů, nebo u některých variant i prorůstání hyf. Půda v části bez rostlin byla inokulována mykorrhizní houbou *Funneliformis mosseae*, izolovanou z půdy ze suchých oblastí. Prvních 6 týdnů po zasažení semenáčků vojtěšky a přidání houby rostly všechny rostliny v dostatečně vlhké půdě (70 % plné polní vodní kapacity, což odpovídá půdnímu objemovému obsahu vody 13,7 %). Po této době nárůstu biomasy rostlin i hub se v polovině květináčů navodilo půdní sucho (40 % plné polní vodní kapacity – půdní objemový obsah vody 7,8 %) a pokus v těchto podmínkách pokračoval dalších 6 týdnů. Do této

doby byla k zalévání používána běžná destilovaná voda s přirozeným, minimálním obsahem $H_2^{18}O$. Potom byl do oddílu půdy bez kořenů rostlin přidán čtyřikrát v jednodenních intervalech opakovaně objem 30 ml těžké vody $H_2^{18}O$ (do kontrolních květináčů pak lehká voda). V těchto čtyřech dnech byla během denní doby pomocí plastových sáčků chytána transpirační voda a v ní změřena koncentrace $H_2^{18}O$. Transport $H_2^{18}O$ do rostliny byl vyhodnocen s využitím standardního modelu založeného na míchání izotopů.

Autoři zjistili, že ve srovnání s kontrolou (bez mykorrhizní houby) rostliny s mykorrhizou transpirovaly o 12,3 % více vody ve vlhké půdě, a dokonce o 17 % více než v suché půdě. Výsledek naznačuje, že při půdním suchu může být přímý transport vody hyfami AMF pro rostliny zásadní a může zajistit jejich přežívání ve stresových podmínkách. Autoři interpretují výsledek tak, že v suché půdě jsou mikroskopické krůpěje vody řídké a nesouvisle rozptýleny v půdních pórech s průměrem menším než 30 μm , takže vzhledem k nízké hydraulické vodivosti půdy se k nim kořeny či kořenové vlásky příliš snadno nedostanou. V těchto podmínkách mohou jemná a hustá vlákna arbuskulárních mykorrhizních hub krůpějí vody snadněji dosáhnout a předat vodu kořenům. Z experimentálních studií vyplývá, že by tok vody z hyf do kořenů měl jít apoplastickou cestou, tedy buněčnými stěnami.

[Plant and Soil 2024, 499.1: 537–552]

Jak je rosnatka prostřední přizpůsobena k zaplavení?

Masožravá rosnatka prostřední (*Drosera intermedia*) s úzkými lžicovitými a temně červenofialovými listy je v České republice podle Červeného seznamu kriticky ohrožený druh a přirozeně se vyskytuje už jen na 3–4 lokalitách, hlavně v Třeboňské pánvi. Obecně roste na kyselých rašeliništích, často spolu s ostatními druhy rosnatek, ale je z nich nejvlhkomilnější. V zimním období ve formě zimních pupenů (hibernakulí) i během vegetační sezony může být přechodně zaplavená srážkovou vodou. Přechodné zaplavení mikrostanovišť s rosnatkou prostřední v letním období po silných deštích bývá poměrně časté a soudí se, že má zásadní ekologický význam pro dlouhodobé udržení jejich stabilních populací. Rosnatka prostřední má z našich tří druhů rosnatek nejlepší schopnost přežít kratší období zaplavení (týdny až měsíce), kdy vytváří zvláštní ponořenou formu, která není masožravá. Ekologicky významná bývají i dlouhodobá zaplavení, kdy rostliny odumřou, ale

populace spolehlivě přežívá v početné semenné bance. Přitom však dojde i k odumření konkurenčně silných mokřadních druhů (např. mokřadních travin, některých suchomilnějších rašeliníků nebo náletu borovic, bříz či olší), které nesnášejí delší zaplavení a které by jinak v delším časovém úseku mikrostanoviště zcela zarostly a rosnatku prostřední konkurenčně vytěsnily.

Cílem komplexního ekofyziologického výzkumu Krzysztofa Banaše a spolupracovníků z Gdaňské a Krakovské univerzity bylo popsat základní fyzikální a chemické faktory prostředí na třech lokalitách rosnatky prostřední ve středním Polsku s ohledem na zaplavení rostlin a také srovnat změny stavby rostlin a fotosyntetické adaptace (na základě fluorescence chlorofylu) u ponořené formy vyskytující se v hloubce 20 cm s růstovými formami na hladině plovoucích a terestricky rostoucích rostlin. Ponořené rostly při pH vody 4,7–4,9, kdežto terestrické na rašelině s nízkým



1 Rosnatka prostřední (*Drosera intermedia*) na asanovaném rašeliništi u Zábłatského rybníka na Třeboňsku (2024). Foto L. Adamec

pH 3,8–4,6. Největší rozdíly v mikrostanovištích mezi ponořenými a volně plovoucími nebo terestrickými rostlinami byly zjištěny v ozářenosti fotosynteticky aktivním zářením – ponořené rostly v zástínu v průměru jen při 38 % plné ozářenosti (nad hladinou vody), kdežto ostatní dvě formy při 90–97 % plné ozářenosti. Ponořené rostliny se zásadně lišily morfologicky

od terestrických. Na rozdíl od kratičkých stonků terestrické formy (asi 0,7 cm) měly tenké vytáhlé stonky dlouhé v průměru 3,2 cm, velice podobné těm, které vytváří příbuzná rosnatka okrouhlolistá (*D. rotundifolia*), když se nachází přímo v porostu rašeliníku. Jejich listová čepel byla užší, listové řapíky ztenčené a protáhlé a ponořené rostliny téměř nekvetly. Ponořené rostliny byly v důsledku zastínění zelené a typické červené zbarvení bylo omezeno jen na tentakule pastí, kdežto terestrické byly celé temně červenofialové. Ponoření jedinci měli výrazně menší průřez stonku a středního válce než terestrickí, xylém v něm byl méně vyvinut a listová čepel

byla tenčí. Všechny veličiny zjišťované na základě fluorescence chlorofylu překvapivě potvrdily vyšší fotosyntetickou účinnost v listech ponořených rostlin ve srovnání s terestrickými. Protože rychlost čisté fotosyntézy nebyla u terestrických ani ponořených listů měřena, nelze rozhodnout, zda potenciálně vyšší fotosyntetická účinnost ponořených listů znamená také vyšší rychlost fotosyntézy listů pod vodou, která je výrazně omezena velmi pomalou difuzí oxidu uhličitého ve vodě a zároveň silně závisí na jeho koncentraci ve vodě. Z analogie u jiných obojživelných rostlin lze ale odhadovat, že rychlost fotosyntézy bude podstatně nižší u ponořených rostlin.

Silně vlhkomilná, ale světlomilná rosnatka prostřední se při mělkém zaplavení čistou nezbarvenou vodou chovala jako obojživelná rostlina, která může v těchto podmínkách přežít i měsíce, a přitom ztrácí masožravost. Analogicky k zaplavení terestrické formy u jiných obojživelných druhů také u ní nastávají rozsáhlé morfologické, anatomické i ekofyziologické změny. Hlavními ekologickými faktory, které tyto adaptační změny při zaplavení navozují, jsou částečné zastínění a výrazné zpomalení výměny plynů mezi rostlinou a vodním prostředím.

[BMC Plant Biology 2024, 24.1: 449]

Lubomír Adamec

ZAUJALO NÁS

Biologická regulace larev komárů pomocí vodních masožravých rostlin bublinek

Komáři rodů *Anopheles* a *Aedes* přenášejí v tropických a subtropických pásech zeměkoule několik běžných, ale smrtelně nebezpečných virových onemocnění – žlutou horečku, dengue, Zika a chikungunya. S oteplováním klimatu se jejich výskyt rozšiřuje i do teplejších oblastí mírného pásu, např. do jižní Evropy (viz Živa 2017, 4: 174–180; 2024, 4: CXXVII–CXXIX). Hubení larev nejrůznějších druhů komárů pomocí přirozených predátorů a jiných biologických činitelů bylo vždy považováno za slibný způsob, který dokáže vyloučit negativní důsledky použití insekticidů. Jako predátoři byli v různých zemích zkoušeni vodní živočichové – drobné ryby, draví pulci obojživelníků i vodní hmyz jako larvy váček, a dokonce dravé larvy komárů a některé buchanky. I přes četné úspěchy biologického boje především s použitím rybek živorodek rodu *Gambusia* přináší metoda i potíže spojené s ovlivněním původní biodiverzity vodních živočichů prostřednictvím vysazeného predátora, nebo naopak s omezením přežíváním predátora např. v zahradních jezírkách a nádržích. Srovnatelně nižší pozornost byla dosud věnována vodním masožravým rostlinám bublinatkám (*Utricularia*), jejichž některé druhy se vyskytují poměrně hojně na celém světě. Charles Darwin byl zřejmě první, kdo ve své slavné knize o masožravých rostlinách z r. 1875 popsal schopnost bublinek lovit i drobné larvy vodního hmyzu. Pasti vodních masožravých bublinek jsou asi 1–6 mm dlouhé, oválné ploché měchýřky s pružnou stěnou, lapající kořist pomocí podtlaku. Jejich kořisti se stávají většinou drobní bezobratlí (nejčastěji korýši) velikosti do 1–2 mm, zpravidla součástí zooplanktonu. Během posledních asi 60 let se většinou v modelových laboratorních pokusech studovalo u několika druhů vodních bublinek, jakou mají potenciální schopnost lovit drobné larvy komárů, zejména komára pisklavého (*Culex pipiens*). Studie provedené s robustní americkou bublinatkou *U. macrorhiza* (je velice po-

dobná naší b. obecné – *U. vulgaris*) prokázaly překvapivě vysokou účinnost lapání larev komára pisklavého, ale dál převládá názor, že použití bublinek není výhodné i z důvodu, že jejich pasti chytají v přírodě zároveň jinou kořist. Protože některé druhy bublinek mohou růst i mimo svá přirozená stanoviště, např. v zahradních jezírkách a nádržích, mohly by být s výhodou použity k hubení druhů komárů žijících v těchto umělých biotopech. Bublinatka *U. macrorhiza* dorůstá až dvoumetrové délky a její největší pasti mají běžně délku 4–5 mm. Je široce rozšířena v Severní Americe hlavně v mírném pásu, ale nebyla nikdy vyzkoušena k regulaci komárů rodu *Aedes*.

Jannelle Couretová se spolupracovníky na Univerzitě v Rhode Islandu v Kingstonu na severovýchodě USA studovali v laboratorních pokusech, do jaké míry mohou pasti bublinatky *U. macrorhiza* chytat drobné larvy různých instarů (vývojových fází) komára tropického (*Aedes aegypti*) a k. tygrovaného (*A. albopictus*). Tyto dva druhy komárů upřednostňují pro larvální vývoj malé zahradní oligotrofní nádrže nebo i nádoby. Malé části prýtů bublinek pěstované bez kořisti jeden nebo šest měsíců v laboratoři na okně a obsahující 100 pastí byly vloženy do nádoby s 0,5 l vody v poměru počtu pastí ku přidaným komářími larvám 100 : 10. Velikost pastí se pohybovala v rozmezí 2–4 mm. V pokusech s oběma druhy komárů pasti za prvních 24 h ulovily 72–83 % larev prvních dvou (nejmenších) instarů. Rychlost lovu larev se exponenciálně snižovala s časem, ale celkově bylo za pět dní uloveno 95 až 99,7 % larev. Pasti byly schopny lovit i větší larvy třetího instaru *A. aegypti* a za 24 h jich ulovily 60–100 % (průměr 78 %). Pasti s již jednou ulovenou larvou komárů dokázaly účinně lovit další larvy i v miniaturizovaném pokuse v 10 ml vody pouze s jednou pastí a jednou přidanou larvou. Autoři předpokládají, že by velké pasti bublinek měly omezeně lovit i larvy



1 Kukla komára *Culex quinquefasciatus* (komplex *C. pipiens*). Druh se šíří v tropech a subtropích světa a přenáší původce různých nemocí, např. virus západonilské horečky. Foto J. Bulantová

čtvrtého instaru obou druhů komárů nebo jejich kukly.

Studii je možné interpretovat tak, že přidání několika prýtů některého z velkých druhů bublinek – v Severní Americe *U. macrorhiza*, u nás velmi hojně a zákonem nechráněné bublinatky jižní (*U. australis*) – s velkými pastmi do zahradního jezírka nebo nádrže s vodou by mělo velmi účinně hubit mladé larvy různých druhů komárů. Rostliny by přitom i v deštivé vodě měly přežít, nebo dokonce aktivně růst dlouhé týdny až měsíce. Účinnost chytání komářích larev bude samozřejmě záviset na poměru počtu velkých pastí k počtu larev. Velké rostliny bublinek jižní přitom mají běžně tisíce až desetitisíce pastí, z nichž podstatná část (odhadem 20–30 %) může být větší než 2,5 mm, takže i jediná rostlina představuje značný tlak na malé larvy v menší nádrži. Nabízí se otázka, do jaké míry mohou vodní bublinatky (u nás téměř jen b. jižní) snížit početnost populací obtěžujících druhů komárů v přirozených mokřadech, v nichž rostou. V hustých porostech bublinek jejich pasti nepochybně zlikvidují podstatnou část populace komářích larev. Problém je ale v tom, že larvy se často líhnou i v mělkých mokřadech (např. příležitostně lesní tůňky po deštích), v nichž bublinatky nerostou a kam se ani nedostávají malé ryby, takže velká hustota komárů bývá zpravidla na Třeboňsku, kde je přitom nejhojnější výskyt bublinek jižní v České republice.

[Parasites & Vectors 2020, 13: 1–11]

Použitá literatura uvedena na webu Živy.