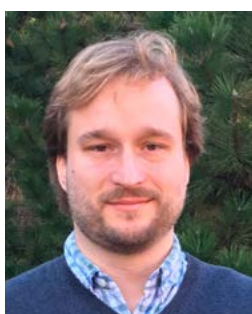


Vodní potenciál (sací síla) v kořenové soustavě, prostorově explicitní simulace (červená značí nejsilnější sání). ▲

Vodní potenciál (sací síla rostliny) agregovaný do půdních bloků v prostorově implicitní simulaci (červená značí nejsilnější sání). ▲▶

Vodní potenciál (sací síla) agregovaný po hloubkových vrstvách, pro účely modelu zemského systému (červená značí nejsilnější sání). ▲▶▶

Obrazové přílohy vytvořil autor článku.



Martin Bouda svou doktorskou práci obhájil na Environmentální fakultě Yaleovy univerzity v USA. V Botanickém ústavu AV ČR dále rozvíjí teorii škálování hydrodynamických toků v soustavě půda–rostlina a experimentuje i s jejím empirickým ověřováním.

Rostliny jsou prostředníky mezi půdou a atmosférou

Mezi zemským povrchem a atmosférou dochází k nepřetržité výměně hmoty a energie, která přispívá k vývoji lokálního počasí i globálního klimatu. Svým působením tuto výměnu významně urychlují rostliny, které kořeny přijímají vodu z půdy, aby ji pak z nadzemních částí ztrácely do ovzduší výměnou za uhlík. S výparem s sebou odnáší i teplo. Těla rostlin se svými rozvětvenými strukturami nad povrchem i pod ním jsou do značné míry stavěna tak, aby k této výměně přispívala co nejefektivněji.

I proto jsou rostliny zásadním prvkem terestrického systému. Výpar z nich, neboli transpirace, odvádí od povrchu zhruba 40 % příkonu sluneční energie a je následně zdrojem zhruba 40 % suchozemských srážek. Přímá úměra mezi transpirací a fotosyntézou pak svazuje dohromady uhlíkový a vodní cyklus. Tím pádem až 90 % meziročních výkyvů suchozemské uhlíkové bilance lze připsat na vrub změnám půdní vlhkosti, která je pro rostliny hlavní zdroj vody.

Význam role, kterou vegetace v zemském systému hraje, dokázali vědci takto vyčíslit až relativně nedávno. Nikdo tak ještě přesně nepopsal způsoby, jakými hydrodynamika soustavy půda–rostlina–atmosféra ovlivňuje zpětné vazby mezi zemským povrchem a atmosférou. Probíhající klimatická změna nás přitom nutí klást si k fungování globálního systému stále podrobnější otázky. S narůstajícími nároky se tak opakovaně dostáváme za hranici toho, na co ještě stačí modely zemského systému, jaké při svých predikcích používá třeba Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC).

V tuto chvíli představuje neúplný popis hydrodynamiky soustavy půda–rostlina nejsilnější

článek těchto modelů, který vědecká komunita intenzivně řeší. Hlavní překážkou je nesouměrnost měřítek mezi příčinami a následky. Rozhodující jevy pro příjem vody kořeny se totiž odehrávají v prostoru milimetrů až centimetrů, kdežto do výměn látek a energie v terestrickém systému zasahují v krajinném měřítku. Klíčovou výzvou je tedy zformulovat a ověřit nové biofyzikální rovnice, které dostatečně přesně popisují milimetrové procesy a zároveň jsou natolik jednoduché, že mají výpočetní náročnost vhodnou pro kilometrové výpočty.

Vodní potenciál

Abychom pochopili, jak půda zadržuje vlhkost, představme si, že zkusíme pít cucáním mokrého hadru. Vytáhneme-li hadr z vody celý mokrý, kape z něj a my pijeme víceméně plynule, zatímco hadr vodu sotva zadržuje. Jak ale vody ubývá, přestává kapat a my musíme sát čím dál silněji, abychom kapky vody získali. Vodu v mezírákách látky drží její přilnavost a soudržnost a těmto vlivům podléhá tím silněji, čím je jí méně. Nakonec už to nejde vůbec: hadr zůstává ještě trochu vlhký, ale my jsme na suchu, ať se snažíme sebevíc. Síle, kterou půda (stejně jako hadr) zadržuje vodu, se říká vodní potenciál a je v nelineárním vztahu k její vlhkosti: čím méně vody, tím těžší je ji získávat. Vodní potenciál tedy vyjadřuje jakési „pocitové sucho“ z hlediska rostliny.

Práce na této výzvě spadá do dvou kategorií: teoretická a výpočetní práce na jedné straně, experimentální a empirická práce na straně



Celkový pohled na měřicí stanici v Průhonicích.

druhé. S teorií jsme v posledních letech notně pokročili. Rovnici, která exaktně popisuje rostlinný příjem vody, se podařilo zobecnit z původní formy popisující jediný kořen na libovolnou kořenovou soustavu. Tento krok umožňuje přesně a detailně popsat hydraulické toky v rostlině, takže jediným zbývajícím zdrojem chyby v simulacích je měření parametrů. Vedle různých využití v základním výzkumu (např. pro porozumění role celkové formy kořenové soustavy v ekologii a evoluci rostlin) či v přímých aplikacích (šlechtění plodin odolnějších vůči suchu) mají rovnice ještě jedno hlavní využití.

Hlavní výhodou nových rovnic je, že celý jejich systém popisující tok vody kořenovou soustavou v závislosti na vodním potenciálu (viz box) lze naformulovat v libovolném

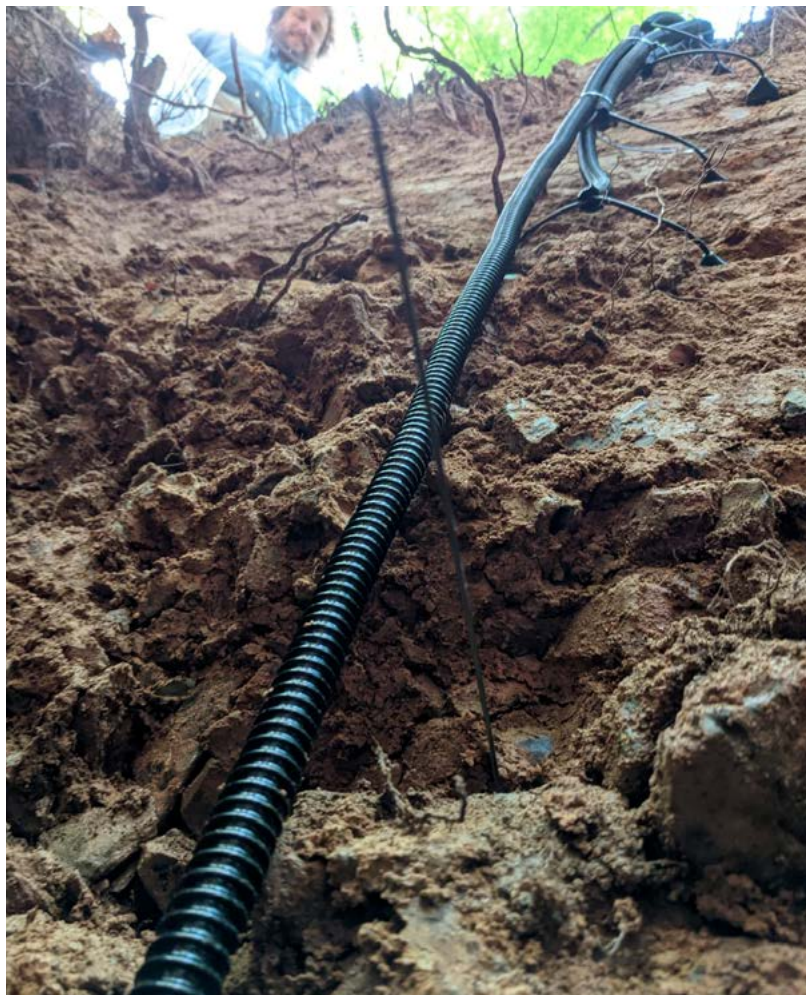


Průtokoměr (od EMS Brno) na kmeni buku lesního.



◀ Půdní čidla od Meter Environment, která měří vodní potenciál (pocitové sucho, vlevo) a vlhkost (vpravo) v půdě.

◀ Měřené hloubky označené v profilu.



Čidla instalovaná do profilu v párech. ▲

Důkladný tepelný kryt na průtokoměru. ▲▶

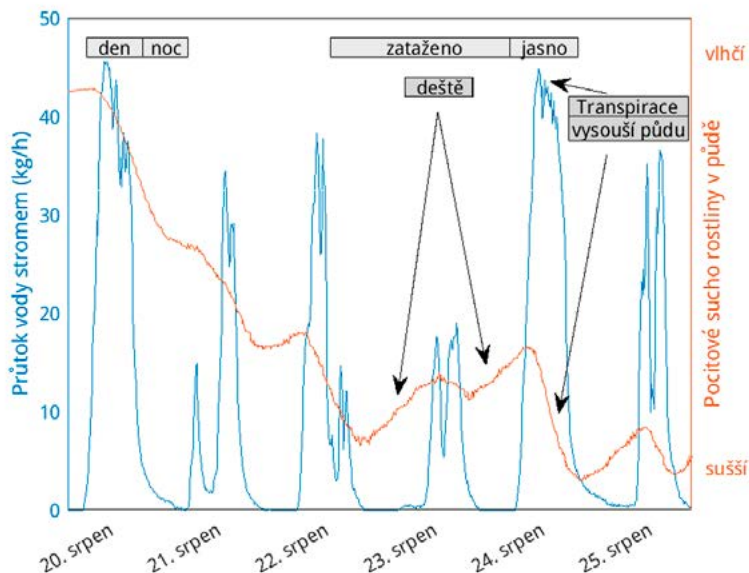
Vybrané výstupy měření za srpen 2021. ▼

prostorovém měřítku, ať už pro jednotlivé kořinky nebo pro půdní bloky různých velikostí. Jelikož jsou predikce výsledného modelu v každém měřítku znovu stejně přesné, dokáže tento přístup překlenout onu mezeru mezi měřítky příčin a následků, která trápí klimatické modely.

Teoretická práce je tedy na straně rostliny z větší části hotová. Neméně důležité je však model ověřit a provést dostatek měření k jeho parametrizaci tak, aby ho bylo možné uplatňovat pro různé typy vegetace, které jsou

v globálních modelech obsaženy. Za tímto účelem jsme s kolegy založili pilotní měřicí stanici přímo v Botanickém ústavu v Průhonících. Nepřetržitě zde ve čtyřech půdních profilech měříme právě vlhkost a vodní potenciál v osmi hloubkách a zároveň průtok a vodní potenciál kmene u osmi vzrostlých buků – tedy vlastně sílu, kterou stromy sají. Tato stanice je podle nás vůbec první na světě, která poskytuje celkový popis stavu a toku vody v soustavě půda-vegetace vybrané lokality a která dostatečně pro ověření a parametrizování velkoplošného modelu.

V plánu máme stanici dále rozšiřovat, např. o měření růstu kořenů tak, aby byly její výstupy informačně co nejbohatší. Pokud se přístup ukáže jako úspěšný, budeme ho rozšiřovat na další lokality. Cílem je kombinací odvozených rovnic a získaných dat popsat hydrodynamické chování dostatečně širokého souboru světové vegetace, aby mohla být napříště její role ve výměně mezi zemským povrchem a atmosférou ve zprávách IPCC co nejpřesněji popsána, a tedy plně zohledněna. ■



Martin Bouda, Ph.D.

Oddělení populační ekologie, Botanický ústav AV ČR, Průhonice
martin.bouda@ibot.cas.cz