

Vliv požárů na půdní faunu

Půdní fauna je nezbytnou složkou fungující zdravé půdy. Její zástupci přímo nebo zprostředkovaně zajišťují zásadní procesy v ekosystému od dekompozice organické hmoty, zadržování vody, koloběhů živin po ukládání uhlíku. Požáry ovlivňují vlastnosti půdy i společenstva půdních organismů, a v důsledku popožárovou dynamiku primárních producentů. Půdní fauna přispívá k obnově stanovišť mineralizací organické hmoty, zlepšením půdní struktury či promícháváním půdních horizontů (bioturbací). Navíc představuje významnou složku potravy mnoha obratlovců. Reakce půdní fauny na požár se však odlišuje od odezvy skupin organismů žijících mimo půdu a liší se i dopad požáru na jednotlivé taxony. I proto je nutné porozumět konkrétním změnám, které požáry působí, a určit vliv různých typů požárů v různých prostředích na půdní faunu.

Čím se reakce půdní fauny odlišuje?

Odezva půdní fauny na požár se liší od odezvy rostlin a jiných živočichů žijících mimo půdu díky specifickým podmínkám, které v ní panují. Při požárech půda představuje fyzikální izolační vrstvu, jež do značné míry chrání organismy před vysokými teplotami i povrchovým hořením. Při rychlých požárech, kdy shoří jen vegetace nebo část hrabanky, je půdní fauna v krátkodobém měřítku ovlivněna minimálně. Pokud ale požár spálí i organickou vrstvu půdy, nejvíce obývanou půdními bezobratlými živočichy, budou tito trpět požárem relativně více než pohyblivější větší živočichové, kteří mohou před ohněm uniknout. Navíc půdní bezobratlí mají obecně nižší letální teplotní mez, protože v půdě naměříme menší výkyvy než na jejím povrchu. Teploty kolem 40 °C jsou již pro většinu půdních bezobratlých fatální. Dalším limitujícím faktorem je vlhkost. Mnoho taxonů, zejména půdní mikrofauny (s délkou těla menší než 100 μm) a mezofauny (100 μm až 2 mm), závisí na

stabilní vlhkosti, nebo přímo na přítomnosti vodního filmu, a tudíž trpí, je-li půda při a po požáru náhle přesušena. Záleží však na podmínkách před požárem. Pokud totiž bylo po delší dobu sucho, fauna opadu a svrchních vrstev půdy mohla postupně migrovat hlouběji do půdního profilu či přejít do dormantního stavu a vyhnout se tak vyschnutí, přehřátí až shoření.

Proč je reakce tak různorodá?

Několik studií o vlivu požárů na půdní faunu se shoduje v jednom: obecné trendy téměř nelze vyvodit, neboť do hry vstupuje příliš mnoho proměnných a důsledky specifické pro každou lokalitu. Zde se proto pokusím popsat právě takové faktory, které působí obecně nejzásadněji.

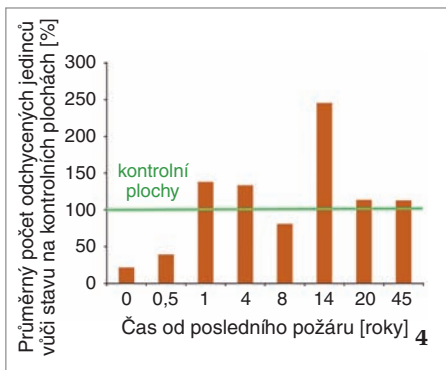
Vezmeme-li v potaz okamžitý vliv ohně, je důležitá zvláště jeho intenzita, tedy do jaké hloubky půda prohořela, jak vysoké teploty během toho panovaly a jaká byla rychlost šíření ohně. Mobilní druhy půdní makrofauny (2 mm až 2 cm) a megafauny (2 cm a více) obývající svrchní části půdy



a opad mohou před požárem aktivně prchat – např. hlodavci, dospělci brouků, stonožky. Některé druhy pavouků a mravenců dokážou detekovat blížící se požár a utéci, či se ukryt. Naopak málo pohyblivé – a v půdě zpravidla početné – larvy brouků a dvoukřídlých nebo na vlhkost citliví plži (ačkoliv ne vždy, viz str. 250–252) trpí požárem značně, podobně jako většina vajíček a kulek bezobratlých. Důležitá je také vrstva půdy, kterou daná skupina organismů obývá. Bylo zjištěno, že druhy mravenců hnízdící blízko povrchu byly požárem decimovány významněji než druhy, které hloubí hnízdní prostory až do půl metru. Zástupci mezofauny, např. chvostokoci (Collembola) a roztoci (Acari), před vysokými teplotami mohou migrovat do hlubších vrstev půdy. Půdní mikrofauna, jako hlístice (Nematoda) a želvušky (Tardigrada), migruje pomaleji, takže pokud je ve vrstvách půdy mimo přímý dosah ohně a již přešla do dormantního stavu, může v něm vysoké teploty i nedostatek vlhkosti přežít. Důležitým faktorem formujícím místní společenstvo půdních organismů jsou opakující se požáry na stejném místě. To je situace typická třeba pro bory, kde požár indukují stromy produkcí velmi hořlavého opadu i vznětlivých těkavých látek, nebo suché trávníky, kde hoří zejména stářína. Na takových plochách je obnovující se společenstvo – často specifické půdní fauny – ohněm opakovaně „resetováno“, a může tak docházet k blokové suksesi.

Okamžitý vliv požáru tedy v různé míře pozmění populace skupin půdní fauny. Na vývoj těchto populací ale mají zásadní vliv následné změny v prostředí, stav různých





1 a 2 Na žárem přetvořeném povrchu půdy bez organické vrstvy (obr. 1) se jako první uchytí pionýrské druhy autotrofů – řasy, mechy a játrovky, např. porostnice mnohotvárná (*Marchantia polymorpha*). Ještě před příchodem cévnatých rostlin vytvářejí vstup organické hmoty do půdy, ale hlavně stabilizační vrstvu kryjící půdu a omezující erozi. Půdní profil (2) do hloubky asi 10 cm ukazuje okrově zbarvenou svrchní vrstvu, svědčící o vysokých teplotách během požáru, které dosahovaly více než 400 °C. Rhizoidy mechu zpevňují povrch až do hloubky několika centimetrů. Vrchol skalní věže nedaleko Bachyně, Český ráj

3 Hlava mravence rezavého (*Myrmica ruginodis*). Tento druh byl přítomen na téměř všech plochách zasažených požárem v národním parku České Švýcarsko, včetně míst těsně po požáru, kde nejspíše využívá mrtvá těla jiných bezobratlých. Na spáleništích může přispívat k rychlejšímu rozkladu zbytků mrtvého dřeva, ve kterém si přednostně staví hnízda, nebo k roznosu semen s elaiozomy (živinově bohatými tělísky) z nezasazených ploch.

4 Vliv požáru na opadovou a půdní faunu na požárových a kontrolních plochách v čase. Data byla získána z padacích zemních pastí převážně na skalních věžích se smíšeným či borovým lesem v NP České Švýcarsko. Výška sloupce představuje průměr dvou ploch ze stejné doby od požáru, na každé ploše udáváme součet získaných jedinců ze tří pastí za 14 dní z léta 2021. Je patrné, že počet bezobratlých se významně snížila jen těsně po požáru, kdežto již po roce odpovídá hodnotám na kontrolních plochách. Údaje dále vyhodnocujeme. Data poskytl E. Píbal. Orig. J. Tůma

5 a 6 Soutěska pod masivem Čínská zeď nedaleko Pravčické brány na podzim 2022 (obr. 5). Ani velkoplošné požáry nemají jednotný efekt. Zde zůstalo ve svahu množství mrtvého dřeva a minimum opadu a organické vrstvy půdy. Odhalená půda podléhá erozi. Dřevo však není zcela shořelé a poslouží jako stanoviště a zdroj potravy pro mnoho organismů včetně půdních. Z neshořelých ostrovů bude půdní a opadová fauna osídlovat zasažené plochy. První opad se sem navíc dostává větrem již záhy z okolí. Při lesním požáru shoří místy jen svrchní část hrabanek a část dřevní hmoty (6). Půdní fauna se tak může obnovovat i z těchto refugií. Pravčický důl (podzim 2022), kde byly u pat ohořelých kmenů krátce po požáru nalézány vidličnatky (*Diplura*) a roztoči (*Acari*). Snímky J. Tůmy



zdrojů potravy a mikrohabitátů po požáru i další vlastnosti požáru samotného. Návrat půdní fauny na spáleniště je omezen především absencí opadu a v případě intenzivního požáru i mrtvého dřeva. To jsou důležitá stanoviště pro mnoho skupin bezobratlých, a navíc představují izolační vrstvu půdy. Bez opadu má ohořelá půda nízkou odrazivost pro sluneční záření (albedo), více se zahřívá a hůře udržuje vlhkost, což značně omezuje mnoho skupin půdní fauny. Kromě intenzity je podstatný rozsah požáru. Při těch velkoplošných, kde shořela i značná část organického horizontu půdy, bude rekolonizace půdní faunou záviset na přítomnosti refugií – ostrůvků

nezasazené vegetace, přítomnosti dřevní hmoty (i částečně shořelé) a stavu habitatů v okolí požářiště. I velmi malé ostrovy o několika desítkách centimetrů čtverečních neshořelé vegetace a půdy významně urychlují návrat půdní fauny, a to rychleji, než by odpovídalo kolonizaci z okrajů shořelé plochy. Stejně funguje mrtvé dřevo na ploše, ze kterého se přežijí bezobratlí mohou šířit a zároveň představuje cenné mikrohabitáty i zdroje potravy pro kolonizátory, jako jsou saproxylicí brouci (živící se dřevní hmotou). Právě bezobratlí vázaní na mrtvé dřevo jsou skupinou profitující z požárů v krajině. Prevence požárů může dokonce vést k jejich vyhynutí, jak



bylo ukázáno ve studiích ze Skandinávie (např. Gongalsky a Persson 2013).

Zatímco střevlíkovití (Carabidae), tesaříkovití (Cerambycidae), krascovití (Buprestidae), sífokřídlí (Neuroptera) a mravencovití (Formicidae) se na spálených plochách objevují již v prvních dnech po požáru (některé druhy patří dokonce mezi pyrofilní, blíže na str. 253–257), žížaly, měkkýši či stonožkovci (Myriapoda) jsou mnohem pomalejší. Studie z boreálních lesů ukazuje, že k plné obnově společenstev půdních bezobratlých při větších požárech dochází zhruba za 80 let. Při maloplošných požárech, i při velmi intenzivních, je rekolonizace rychlejší. Tak např. po maloplošném požáru lesa s dominancí borovice lesní (*Pinus sylvestris*) v Českém Švýcarsku se první pavouci, draví brouci a mravenci objevili téměř okamžitě, pravděpodobně využívající těla hmyzu uhynulá vlivem vysokých teplot. Požáry, zejména ty maloplošné nebo řízené, navíc vytvářejí mozaiku různých typů habitatů, a pozitivně tím ovlivňují širokou skupinu pionýrských a oportunistických druhů i druhů přímo pyrofilních. Příkladem může být severoamerický krajník *Calosoma frigidum*, jehož larvy žijí v půdě a přeměna v dospělé je stimulována nižším albedem půdy, což nastává právě po požáru. Rekolonizace požárových ploch závisí na společenstvu rostlin, které se uchytlí, a především na

druhu a kvalitě opadu jimi vyprodukovaného. Rostlinný opad je prvním vstupem živin do prostředí a jeho rozložitelnost částečně předurčuje i rychlost vývoje společenstev dekompozitorů a návazně i jejich predátorů a dalších skupin bezobratlých, které půdu významně přetvářejí, např. žížal. Vedle rostlin jsou pro iniciální stadia popožárových půd důležité řasy, vytvářející půdní krusty. Nejenže produkují první rozložitelnou organickou hmotu na obnažených substrátech, krusty zároveň stabilizují povrch půdy, která je po požáru obecně náchylná k erozi. To je i případ písčitých půd Českého Švýcarska.

Současný výzkum dopadu požáru na půdní faunu v Českém Švýcarsku

Dlouhodobý vliv požárů v národním parku České Švýcarsko je předmětem výzkumů pracovníků Ústavu půdní biologie a biogeochemie Biologického centra AV ČR v Českých Budějovicích již od r. 2021. Tým pod vedením Miloslava Devettera se zaměřuje na sledování širokého spektra zástupců půdní fauny, ale i dalších charakteristik a probíhajících procesů. Pro tyto účely byla vytvářena série lesních ploch, kde byl požár zaznamenán před různě dlouhou dobou, a srovnána s kontrolními plochami bez evidovaného požáru, nejméně za posledních 100 let. Zatímco půdní vlastnosti jako celkový obsah uhlíku, dusí-

ku a fosforu se vrátily k úrovním před požárem až za 110 let, půdní bakterie a houby potřebovaly k obnově 14–45 let. Podobně reagovala společenstva půdních hlístic, k jejichž obnově došlo už za 14 let po požáru. Předběžné výsledky však ukazují (výzkum stále probíhá), že počet jedinců půdní a opadové makrofauny klesá v počtech jedinců jen ihned po požáru v porovnání s neshořelými plochami (obr. 4). To je nejspíše dáno velkou pohyblivostí zaznamenaných bezobratlých, kteří se na shořelé plochy rychle vracejí. Např. pavouci a mravenci je kolonizovali téměř okamžitě po požáru. Většina studovaných požárů totiž zasáhla jen několik desítek metrů čtverečních. Šlo o malé plochy, rychle rekolonizované mobilními bezobratlými z okolních lesních porostů nebo těmito termofilními taxonům posloužily jako otevřená lovná teritoria. V navazujícím výzkumu se bude dále zabývat i reakcí jednotlivých druhů a vlivem různé intenzity požárů na půdní organismy.

Práce byla podpořena projektem COST LTC20: Effect of fire on soil organic matter and the community of soil transforming organisms a Strategií AV 21.

Použitá literatura uvedena na webu Živy. K dalšímu čtení Živa 2020, 1–4 a 6; 2021, 1–4 a 6.

Lucie Juříčková

Plži v plamenech aneb Požárová dynamika především ve Středozeší

Trochu zjednodušeně bychom mohli říci, že čím více se blížíme ke Středozešímu moři, tím častěji tamní vegetace hoří. Zatímco u nás vzbuzují občasná požáry emoce, ve Středozeší jsou na ně zvyklí jak lidé, tak příroda. Pohybliví živočichové před plameny uprchnou, ale ti nepohybliví musejí časté požáry nějak přežít, jinak by vyhynuli. Suchozemští plži jsou příslovečně pomalí a ve Středozeší mají velmi malé areály, zdálo by se tedy, že jsou požáry extrémně ohrožení. Přesto zde jejich druhová diverzita dosahuje vysoké úrovně. Je jasné, že jsou schopni se s ohněm nějak vypořádat.

Tvrdolesná mediteránní vegetace je dlouhodobě spjatá s požárovou dynamikou. Řada dřevin je bohatá na silice, které urychlují hoření a způsobují, že požár postihne nadzemní části rostlin, které rychle shoří, zatímco podzemní části nestihnou prohořet a přežijí. Požár odstraní vrstvu suchého opadu, do prostředí se uvolní živiny a dřeviny mohou v následující sezoně obrážit, ale i snadněji vyklíčit ze semen. Tento režim je umocněn i klimaticky. Ve Středo-

zeší bývají srážky sice vysoké, roční úhrny mají hodnoty srovnatelné třeba s nejvlhčími horskými oblastmi u nás, ale jejich rozložení v průběhu roku je zcela nerovnoměrné. Naprostá většina srážek spadne během zimy, léta jsou dlouhá a suchá, takže požár vznikne velmi snadno. Frekvence požárů ale zjevně stoupá se zvyšujícím se vlivem lidí na krajinu. Uvádí se, že každoročně vznikne ve Středozeší kolem 50 tisíc požárů postihujících 600–800 tisíc ha.



zeší ovlivňují lidé svou činností po celý holocén. Obvykle je těžké posoudit, zda procházíme přirozenou, nebo člověkem vytvořenou krajinou. V každém případě jsou současné středozeší společenstva rostlin i živočichů výsledkem tohoto více než 10 tisíc let trvajícího vývoje krajiny včetně její požárové dynamiky.

Jak už jsme zmínili, živočichy, kteří obývají takové prostředí, můžeme v zásadě rozdělit do dvou skupin. Ti pohybliví, jako většina obratlovců nebo hmyzu, dokážou před požárem uprchnout (podrobněji na str. 253–257 této Živy), zatímco ti málo pohybliví či nepohybliví se musejí požáru přizpůsobit. Je třeba předznamenat, že většina z nich požár nepřezijí, a to zejména v jeho epicentru, kde je žár největší a nejdélší. Přeživším pak může vadit ztráta jejich mikrohabitatů, k nimž patří hostitelské rostliny, rostlinný opad nebo padlé dřevo, a hynou tedy také, jen později. Existují však i živočichové, kteří dovedou uvolněný prostor využít a po požáru se rychle