Kamila Píchová

Námel známý i neznámý

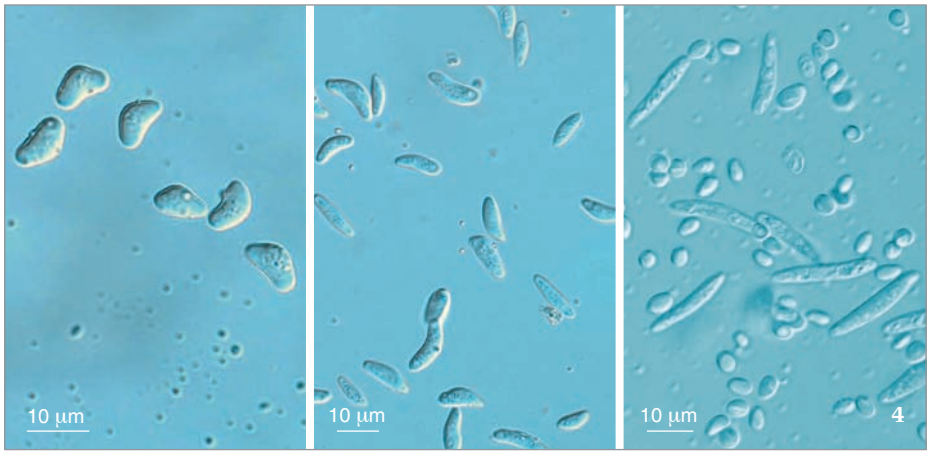
Námel (neboli ergot) označuje vřeckovýtrusné houby rodu paličkovice (*Claviceps*, Ascomycota). V užším slova smyslu je to výraz pro pouhou část nebo stadium této houby, pro tvrdý útvar zvaný sklerocium. Paličkovice produkují množství alkaloidů toxických pro člověka i pro zvířata a mají tak velký význam v zemědělské rostlinné a živočišné výrobě, ale také v lékařství (farmakologii). Rod zahrnuje asi 60 druhů rozšířených po celém světě, na našem území se můžeme setkat se čtyřmi známými druhy. Mezi nimi jsou i kryptické druhy, které byly nedávno vyčleněny z paličkovice nachové (*C. purpurea*), bezesporu nejznámějšího a nejrozšířenějšího zástupce námelu vůbec. Do světové špičky ve výzkumu námelu patří i Mikrobiologický ústav Akademie věd České republiky.

Rod paličkovice je součástí jedné vývojové větve čeledi *Clavicipitaceae* (řád masenkotvaré – Hypocreales), jejíž zástupci změnili hostitele na úrovni říše a přešli z hmyzího řádu polokřídlí (Hemiptera) na rostliny čeledi lipnicovitých (*Poaceae*, trávy). U těchto hub asociovaných s travami se vyskytují různé typy soužití od mutualismu – endofytismu (*Epichloë*, nepohlavní stadium – anamorfa *Neotyphodium*, o endofytech více v článku na str. 227 tohoto čísla), přes systémový parazitismus (zástupci rodu *Aciculosporium*, nejbližší příbuzní paličkovice, paraziti bambusů) až k orgánově specifickému parazitismu, tradičně přisuzovanému právě rodu paličkovice. Že jsou orgánově specifické, je jednoznačně pravda. Ale v poslední době se začínají objevovat názory, že námel nemusí být výhradně parazitem a za určitých podmínek může být pro svého hostitele dokonce prospěšný. Produkovanými toxickými alkaloidy totiž brání rostlinu před herbivory (Wäli a kol. 2013). Většina ovcí v experimentu dávala přednost nenapadeným klasům kostřavy červené (*Festuca rubra*) před klasy s námelem, které tak zůstaly chráněné před spasením. Zda se býložravec kontaminované potravě vyhýbá na základě optického nebo jiného smyslového vjemu, není zatím jasné. Další skutečností je, že obilky trávy jsou sice nahrazeny sklerocii (obr. 1), ale to ještě nutně neznamená celkové snížení počtu semen. Trávy totiž pravděpodobně dokážou tyto ztráty kompenzovat. V některých pokusech se dokonce zvýšil počet semen v napadených klasech nebo hmotnost obilek ve srovnání s nenapadenými klasy (Raybould a kol. 1998, Wäli a kol. 2013).

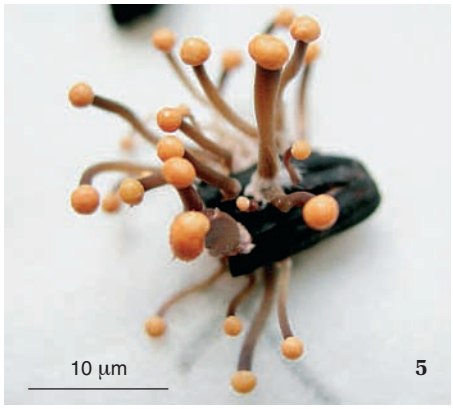
Když se řekne námel, většinou se nám vybaví sklerocium na žitě. Námel se však nevyskytuje pouze na obilí, najdeme ho téměř na všech našich planě rostoucích travách. Houby rodu paličkovice jsou specializovány na semeníky hostitele. Trávu infikují v době kvetení daného druhu, kdy askospora dopadne na bliznu rostliny, vyklíčí a hyfy prorostou až do semeníku. Přitom začne houba produkovat nepohlavní spory, konidie (obr. 4), ve formě sladké medovice, která láká hmyz, aby pomohl rozšiřovat konidie na další květy a tím napadat další rostliny. Nepohlavní stadium houby má jméno *Sphacelia* a můžeme ho pozorovat jako kapky medovice na klasech. Mycelium postupně vytvoří podlouhlý útvar – sklerocium, o délce několik milimetrů až centimetrů. Zralé sklerocium je tmavé a tuhé dormantní stadium, umožňující houbě přečkat nepříznivé podmínky, tedy zimní období. Brzy na jaře následuje pohlavní rozmnožování, kdy se na sklerociu vytvoří stopkaté stroma se zanořenými plodnicemi (obr. 5). Paličkovitý tvar stromatu dal houbě latinské i české jméno (*clava* – palice, kyj a *-ceps* znamená -hlavý).

Námel vždy budil pozornost a není divu, že jde o jednu z nejdéle zkoumaných hub. Díky snadné dostupnosti sklerocií byly jeho obsahové látky studovány ještě před zvládnutím kultivace v umělých kulturách. Např. z paličkovice nachové bylo popsáno více než 100 různých látek. Centry studia těchto hub jsou oblasti s tradicí pěstování žita, Francie a střední Evropa. Intenzivní výzkum probíhá i v České republice a Laboratoř genetiky a metabolismu hub v Mikrobiologickém ústavu Akademie věd patří v současné době ke světové špičce v po-

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.



1 Sklerocia paličkovice (*Claviceps*) v květenství srhy laločnaté (*Dactylis glomerata*). Jde o *C. humidiphila*, s možnou příměsí paličkovice nachové v úzkém pojetí (*C. purpurea* sensu stricto). Srha laločnatá může sloužit jako hostitel pro oba dva druhy námelu.
2 a 3 Typická stanoviště některých druhů komplexu paličkovice nachové (*C. purpurea* sensu lato). *C. arundinis* se specializovala na trávy zamokřených lokalit – bezkolenec (*Molinia*) a rákos (*Phragmites*, obr. 2). *C. humidiphila* upřednostňuje vlhké louky, břehy potoků apod. (3).
4 Různé tvary konidií u paličkovic. Zleva: trojúhelníkovité konidie u *C. pusilla*, srpkovité až vřetenovité u *C. eriochloae*, úzce rohlíčkovité (alantoidní) u *C. tenuispora*. Snímky K. Píchové, není-li uvedeno jinak
5 Stromata paličkovice nachové (*C. purpurea* s. str.) se zanořenými plodnicemi (peritecii). Foto E. Ondráčková



znání taxonomie, evoluce a sekundárního metabolismu námelu. Naše pracoviště udržuje světově největší sbírku kultur těchto hub a bylo zde popsáno několik desítek nových druhů rodu a nových námelových alkaloidů.

Námel jedovatý i léčivý

Paličkovice jsou významnými producenty toxických sekundárních metabolitů. Patří mezi ně především námelové (ergotové) alkaloidy, které byly v historii zodpovědné za množství epidemií ergotismu. Chorobu vyvolává konzumace kontaminovaných potravin, u člověka především produktů z žitné mouky semleté z obilných zrn s příměsí námelu. Obsah námelových alkaloidů ve sklerociu bývá v průměru 0,26 mg/g, ale vzácně dokonce 1–10 mg/g. Souvislost mezi žitem napadeným námelem a otravou popsal již v r. 1676 francouzský lékař a botanik Denis Dodart v dopise Francouzské akademii věd. Slovo ergot ve francouzštině označuje kohoutí ostruhu, kterou svým typickým zahnutým tvarem sklerocium připomíná. Později se termín začal používat i v angličtině a dalších jazycích. Ergotismus u člověka má z důvodu velké variability produkovaných alkaloidů dvě formy, gangrenózní a konvulzivní. Při gangrenózní formě dochází k vazokonstrikcím (zúžení cév), které mohou vést až k odumření koncových částí těla, např. prstů. Projevy konvulzivní formy zahrnují především závratě, mravenčení, pocity nevolnosti, bolestivé křeče, záchvaty a halucinace. V určitých případech může dojít ke smrti (např. u dětí). Americká psycholožka Linnda Caporaelová (1976) přišla poprvé se zajímavou teorií, že ergotismus mohl sehrát významnou roli mimo jiné ve známých čarodějnických procesech v americkém Salemu v letech 1692–93. Na začátku událostí vedoucích k popravě 20 nevinných salemských občanů bylo 8 dívek, mezi nimi dcera a neteř pastora Samuela Parrise. U dívek se objevily podivné potíže jako zmatená řeč, zvláštní postoj, gesta a záchvaty spojené s křečí. Lidé v neobvyklém chování viděli příznaky očarování a obvinili nejprve barbadoskou otrokyni Parrisových Titubu a poté dvě ženy ze sousedství, které neměly dobrou pověst. Další obvinění na sebe nenechala dlouho čekat. Zvláštní chování dívek skutečně připomíná projevy konvulzivní formy ergotismu a i když je to pouze jedna z teorií, zdá se být poměrně pravděpodobná.

V současnosti už ve většině světa otrava námelovými alkaloidy nepředstavuje pro člověka nebezpečí. Správná agrotechnika zahrnující ochranu před námelem a čištění obilných zrn a kontroly obsahu alkaloidů zaručují, že námel se ve větším množství do potravin nedostane. Poslední velké epidemie ergotismu jsou hlášeny z Indie v 70. letech 20. stol. a z Etiopie v letech 1978 a 2001 (Belser-Ehrlich a kol. 2013). Ale toxikózy hospodářských zvířat zůstávají problémem i nadále. U zvířat otrava námelovými alkaloidy může vést ke snížení příjmu potravy, pomalému růstu, ischemickým nekrózám a poruchám rozmnožování.

Námelové alkaloidy zahrnují poměrně velkou škálu chemických látek (obr. I na webové stránce Živy), z nichž nejjednodušší jsou klaviny, a pak různé deriváty kyseliny lysergové, např. amidy (ergoamidy) a komplexní ergopeptiny. Zdaleka ne všechny druhy rodu paličkovice syntetizují alkaloidy, u mnoha z nich dosud nebyly žádné nalezeny. Kromě námelových alkaloidů jsou některé schopné syntetizovat další toxiny – jako indol-diterpenové alkaloidy (např. paspalitremy, paspalin, paspalinin) potvrzené pouze u dvou druhů, a to u *C. cynodontis* a především u *C. paspali*, jak už pojmenování jednotlivých alkaloidů napovídá. Většina z těchto indol-diterpenů syntetizovaných námely náleží mezi tremorgeny, tedy látky, které při požití způsobují svalový třes. Nejvíce na tremory trpí skot, méně koně a ovce. Po intoxikaci se zpočátku objeví třes velkých skupin svalů, zvíře se pohybuje nekoordinovaně a může být agresivní a nebezpečné pro okolí. Chuť k jídlu se ale nesnižuje, a pokud nadále konzumuje trávy napadené paličkovicemi *C. paspali* nebo *C. cynodontis*, může nastat až celková paralýza.

Na druhou stranu se ale námelové alkaloidy už odnepaměti používají v medicíně. Námel zřejmě představuje dokonce nejstarší doložené využití hub v evropském lékařství (viz také článek na str. CXXXI kuléru). Zmínku o jeho působení proti menstruačním bolestem a bolestem břicha obecně lze nalézt už ve sbírce lékařských receptů z r. 1474, kde se doporučuje vypít horké víno s nadrcenými plody vavřínu, kořenem kokoříku nebo třemdavy a námelem. V současnosti slouží v porodnictví ergometrin (ergonovin) a polosyntetický metylergometrin k prevenci a léčbě poporodního krvácení. Ergotamin je zase účinný při léčbě migrény, bromokriptin zastavuje laktaci a slouží k léčbě Parkinsonovy choroby nebo cukrovky 2. typu. Sklerocia paličkovice byla nalezena také v žaludku některých tzv. mumií z bažin, objevených ve Skandinávii a datovaných převážně do doby bronzové a železné. Zda šlo o cílenou otravu, navození halucinačního stavu nebo neúmyslné požití, není jasné.

V polovině 20. stol. se v lékařství používal také dietylamid kyseliny lysergové (LSD). Tuto halucinogenní látku poprvé syntetizoval v r. 1938 švýcarský chemik Albert Hofmann z ergotaminu. Do 60. let pomáhala v psychiatrii, původně při léčbě alkoholismu a neurózy, později schizofrenie, proti úzkostem, depresím a bolestem u pacientů v posledním stadiu rakoviny. Zneužívání LSD veřejností jako halucinogenní a rekreační drogy však vedlo k tomu, že od r. 1966 bylo užívání LSD zakázáno v USA a postupně i v ostatních zemích. V Československu, jako v jednom z posledních států, probíhaly výzkumy LSD psychoterapie ještě v 70. letech. Dnes tato látka znovu získává pozornost vědců (Gasser a kol. 2014) a možná se v budoucnosti vrátí i do medicíny s novým, moderním využitím např. v léčbě úzkostí.

Čtyři druhy skryté v jednom

Již jsme uvedli výše, že v současné době zahrnuje rod paličkovice asi 60 druhů. Bezesporu nejznámějším, nejrozšířenějším a nejprozkoumanějším je typový druh rodu – paličkovice nachová. Popsal ho v r. 1853 francouzský botanik a mykolog

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.

Edmond Tulasne. V posledních 20 letech se však v populačních studiích ukázalo, že ve skutečnosti zahrnuje několik kryptických druhů (Jungehülsing a Tudzynski 1997, Pažoutová a kol. 2000). Obecně jsou si kryptické druhy fenotypově natolik podobné, že je nelze morfologicky rozeznat a bývají tak považovány za jediný druh. Až s příchodem molekulárněgenetických metod se dají rozlišit. Právě díky našemu studiu byly definitivně rozpoznány čtyři druhy v rámci komplexu paličkovice nachové: *C. purpurea* sensu stricto (v úzkém pojetí), *C. humidiphila*, *C. arundinis* a *C. spartinae* (Pažoutová a kol. 2015).

Druhy v rámci komplexu *C. purpurea* sensu lato (v širším pojetí) se vyskytují na celém světě, ale pocházejí pravděpodobně ze Severní Ameriky a Eurasie, kde speciovaly na základě upřednostňování rozdílných stanovišť a potažmo hostitelů. Fylogenetická analýza provedená na základě čtyř genů (obr. II na webu Živy) jednoznačně potvrzuje existenci čtyř samostatných druhů, přičemž *C. purpurea* s. str. tvoří vývojovou větev adaptovanou na sušší stanoviště, zatímco druhá větev se zbývajícími druhy je vázána na vlhčí lokality. Dalším důkazem je nulový genový tok mezi jednotlivými druhy, což značí jejich reprodukční izolovanost. Na morfologické úrovni se liší naprosto minimálně. Velikost konidií *C. humidiphila* a *C. arundinis* se téměř úplně shoduje a konidie *C. purpurea* s. str. jsou sice o něco menší, ale horní polovina rozpětí se s ostatními překrývá. Navíc konidie *C. purpurea* s. str. z hostitelů rodů smilka (*Nardus*) a třeslice (*Briza*) jsou extrémně velké, takže velikost konidií se nedá používat jako spolehlivý rozlišovací znak. Naše výsledky potvrdily v navazujících pracích také výzkumné týmy z Norska a Severní Ameriky (např. Negård a kol. 2015).

- Paličkovice nachová v úzkém pojetí je typický známý námel žita. Infikuje trávy na otevřených sušších stanovištích, jako jsou louky a pole. Dá se říci, že pokud najdeme námel na žitě (*Secale*) nebo na pšenici (*Triticum*), jde s jistotou o *C. purpurea* s. str. Dalšími travami hostícími výhradně tento druh námelu jsou např. sveřep bezbranný (*Bromus inermis*), ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), kostřava rákosovitá (*F. arundinacea*) nebo pěchavy (*Sesleria*). Až na ojedinělé výjimky (když jde o *C. humidiphila*) to platí také pro pýr plazivý (*Elytrigia repens*) a jílek (*Lolium*).
- Paličkovice *C. humidiphila* se vyskytuje především na travách vlhčích stanovišť (obr. 3), mezi její typické hostitele patří třtiny (*Calamagrostis*), metlice (*Deschampsia*), medyňky (*Holcus*) nebo chrastice (*Phalaris*).

Existují také hostitelé univerzální, které vyhledává jak *C. purpurea* s. str., tak *C. humidiphila*. Jsou to psárky (*Alopecurus*), srha laločnatá neboli s. říznačka (*Dactylis glomerata*), kostřava ovčí (*F. ovina*), k. červená, bojínek luční (*Phleum pratense*) a lipnice luční (*Poa pratensis*). Může se stát, že v jednom květenství se dokonce objeví oba druhy paličkovice zároveň.

- Paličkovice *C. arundinis* má naopak velmi úzké hostitelské spektrum omezené na rákosy (*Phragmites*, obr. 2) a bezkolence (*Molinia*), a méně napadá ječmenici písečnou (*Leymus arenarius*). Třebaže E. Tulasne v r. 1853 současně s paličkovicí nachovou popsal námel rákosu jako *C. microcephala*, později přestal být uznáván kvůli absenci unikátních morfologických znaků. Až naše studium ukázalo, že koncept samostatného druhu je správný, pouze se musel tento druh, kvůli nomenklatorickým nepřesnostem v historii, popsat nově a pod jiným jménem, aby byla dodržena veškerá pravidla.
- Podobně úzce specializovaný je i poslední druh – *C. spartinae*, jenž najdeme na travách přímořských slanisek patřících do rodů *Spartina* a *Distichlis*.

6 Mrzáci. Dílo vlámského malíře Pietera Brueghela staršího z r. 1568 zachycuje postižené gangrenózní formou ergotismu.

Přítomnost námelu na žitě představuje stále závažný problém. Výskytu sklerocií v obilných zrnech se předchází hlavně důkladným čištěním, ale vhodnější by bylo zabránit infekci klasů už na poli. A tomu může pomoci právě studium hostitelského spektra námelu, které umožní definovat vhodné travní směsi pro osetí okrajů žitných polí. Tyto trávy by neměly být hostitelem *C. purpurea* s. str., tedy námelu žita, aby pole chránily před zdrojem infekce.

Námel u nás a ve světě

Celkové poznatky o diverzitě a evoluci námelu byly získány až v posledních letech, a to díky práci českých vědců v čele se Sylvií Pažoutovou (1950–2013). Svůj výzkum zaměřila na studium diverzity paličkovice v Africe a Americe, v rámci něhož objevila a popsala mnoho nových druhů (Pažoutová a kol. 1998, 2008, 2011) a především se věnovala paličkovici nachové v širším pojetí, kterou finálně rozdělila na čtyři samostatné druhy (viz dříve v textu).

Rod paličkovice vznikl pravděpodobně na travách v Jižní Americe na přelomu křídy a paleocénu a postupně divergoval do čtyř hlavních vývojových větví. Druhy v rámci *C. purpurea* s. l. patří do vývojové větve zahrnující minimálně 13 druhů jedinečných v mnoha směrech. Pocházejí z temperátních oblastí (Severní Amerika, Eurasie, Jižní Afrika) a jejich původním hostitelem zřejmě nebyly lipnicovité, ale čeleď šáchorovitých (*Cyperaceae*). Naznačují to čtyři bazální druhy této temperátní větve, které zůstaly na šáchorovitých dodnes. Patří mezi ně také u nás se vyskytující paličkovice černající (*C. nigricans*), specializovaná na bahničky (*Eleocharis*) a skřípiny (*Scirpus*). Ostatní se na lipnicovité vrátily a adaptovaly se na hostitele napříč celým systémem této čeledi, včetně podčeledi *Pooideae*. V neposlední řadě je tato skupina unikátní produkcí komplexních ergopeptinů (obr. I na webové stránce Živy). Všechny ostatní vývojové větve vznikly v tropech nebo subtropech Jižní Ameriky a Afriky, infikují výhradně trávy z podčeledí *Panicoideae* a *Chloridoideae* a mají schopnost syntetizovat pouze klaviny, případně ergoamidy.

Již jsme zmínili, že v České republice se setkáme se čtyřmi ze zmiňovaných druhů – *C. purpurea* s. str., *C. humidiphila*, *C. arundinis* a *C. nigricans*. Největší počet druhů paličkovic jednoznačně najdeme v Africe, což souvisí se vznikem savan a obrovskou radiací (procesem rychlého rozrůznění druhů) trav, tedy hostitelů námelu. Na celém světě jsou neustále objevovány nové druhy (např. Van der Linde a kol. 2016). Zatím zůstává málo prozkoumána Jižní Amerika a právě místo vzniku celého rodu by ještě mohlo odkrýt další tajemství evoluce těchto zajímavých a významných hub.

Výzkum byl podpořen Grantovou agenturou České republiky (projekt 13-00788S).

Použitá a doporučená literatura uvedena na webové stránce Živy.

© Nakladatelství Academia, SSČ AV ČR, v. v. i., 2017. Přetisk článků včetně obrázků se výslovně zapovídá. Veškerá práva včetně práva reprodukce jsou vyhrazena.