

Entomopatogenní a moluskoparazitické hlístice – neviditelní půdní zabijáci

Zájem lidí o parazity je zpravidla tím větší, čím jsou paraziti smrtelnější. Entomopatogenní hlístice (kmen *Nematoda*) čeledi *Steinernematidae* a *Heterorhabditidae*, tzv. hlístovky, jsou z tohoto hlediska skutečnými přeborníky. Svěho hostitele zabíjejí již v prvních 24–48 hodinách od infekce a dále se pak vyvíjejí v jeho mrtvém těle. Mezi entomoparazitickými hlísticemi jsou schopny napadat vůbec nejširší spektrum hostitelů, zahrnující hmyz mnoha řádů a vzácněji i jiné bezobratlé. Vyskytují se téměř ve všech typech biotopů, včetně polí, sadů a zahrad. Jde však o půdní organismy a tak jejich přítomnost bývá lidskému oku skryta. Výše zmíněné vlastnosti spolu s možností masového množení dělají z hlístovek vhodný prostředek pro boj s hmyzími škůdci.

Unikátní symbióza

Hlístovky žijí ve zvláštní symbióze s gram-negativními bakteriemi rodů *Xenorhabdus* a *Photorhabdus* z čeledi *Enterobacteriaceae*, γ -podtřídy proteobakterií. Ačkoli se mezi hlísticemi vyskytuje řada skupin žijících v symbióze s určitými bakteriemi, na

rozdíl od hlístovek není žádný z těchto vztahů obligátní. Jak těsné je toto soužití, naznačuje fakt, že bakterie se samy ve vnějším prostředí nevyskytují a jsou plně závislé na hlístovkách. Ty je přenášejí z hostitele do hostitele ve speciálním vácku střeva (*Steinernematidae*) nebo přímo

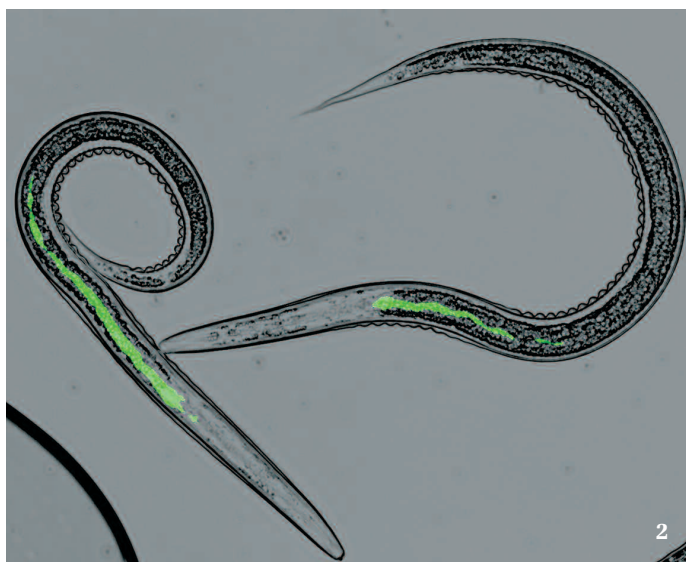
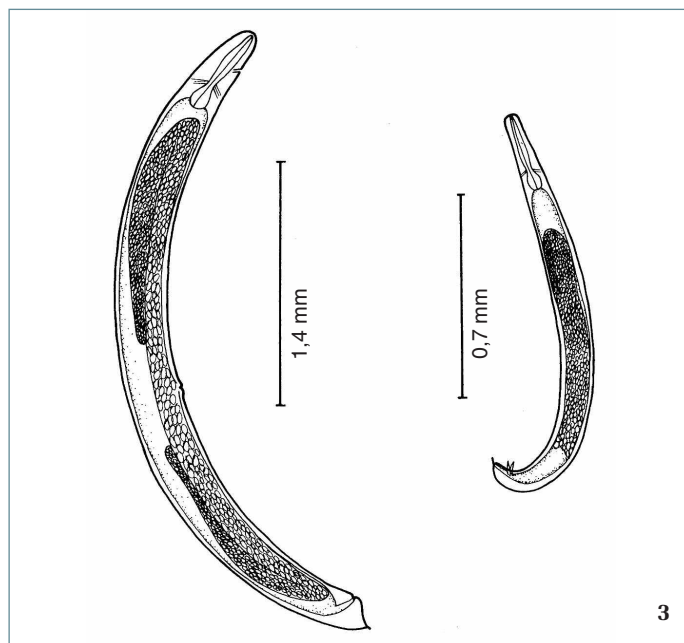
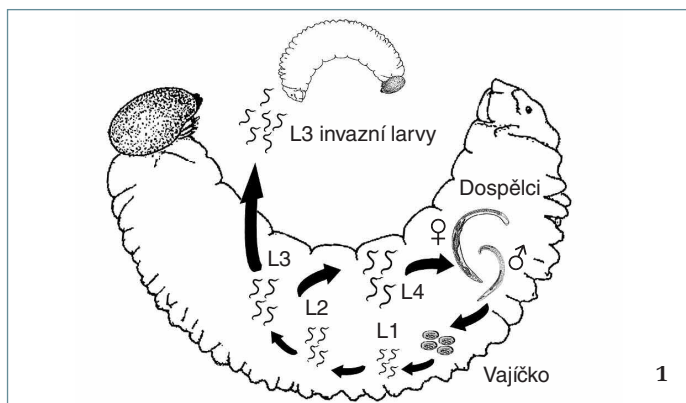
ve střevě (*Heterorhabditidae*). Bakterie způsobují smrt hostitele a jejich namnožená populace pak slouží jako potrava pro vyvíjející se hlístovky. Bakterie dále produkují fungistatika, exotoxiny, antibiotika, exoenzymy a další látky, které potlačují rozvoj cizích mikroorganismů (pocházejících ze střeva hostitele i z vnějšího prostředí), i látky odpuzující bezobratlé nekrofágy (viz dále v textu).

Kromě vlastních symbiotických bakterií jsou hlístovky schopny konzumovat i jiné druhy bakterií, byť často jen krátkodobě a za současného zpomalení růstu a rozvoje. Jiné bakterie však nemohou být dále přenášeny v bakteriálním vácku.

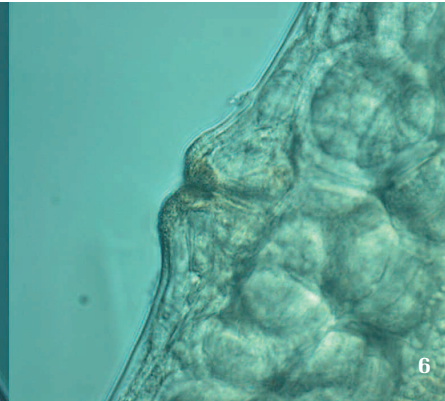
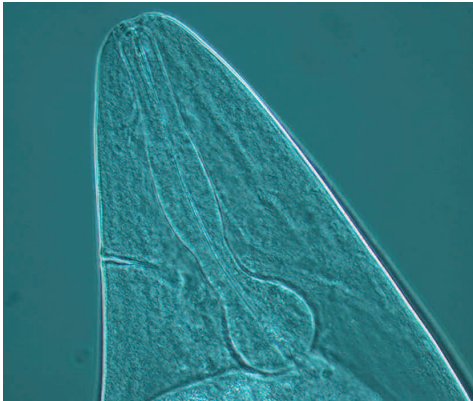
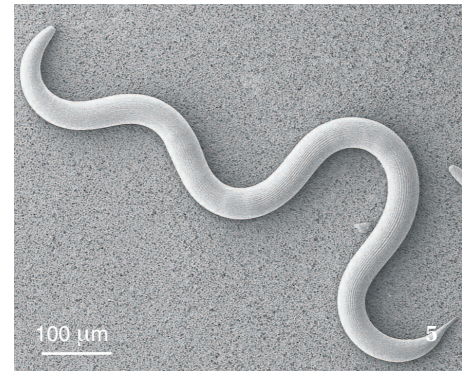
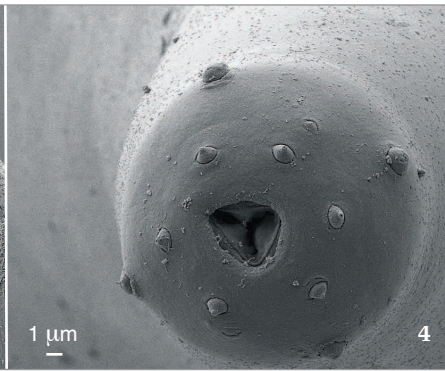
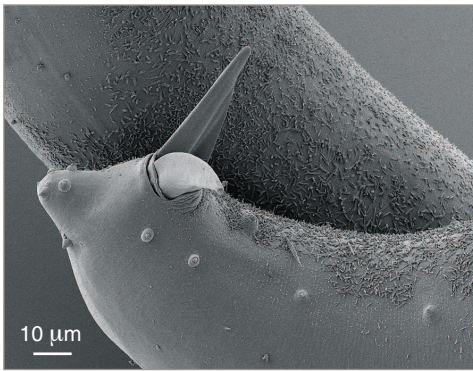
Původ a systematické zařazení

Předkem hlístovek byla volně žijící bakteriofágní hlístice. Následující scénář mohl vypadat tak, že hlístice nejprve požírala bakterie rostoucí na mrtvých hmyzích tělech a posléze začala pronikat do živého hmyzu. Ty hlístice, které na své kutikule vnesly dostatečně patogenní bakterii, tak způsobily septikemii a smrt hostitele. Nakonec došlo nějakým dosud neznámým způsobem k „adopci“ specifických bakterií, podle dnešních předpokladů někdy ve středních prvohorách (tedy zhruba před 350 miliony let).

Na tomto místě je však třeba připomenout, že čeledi *Steinernematidae* a *Heterorhabditidae* podle všeho nesdílejí společného předka, a tato skupina hlístovek je proto polyfyletická. Vznik entomopatogenity proběhl nejspíše dvakrát, nezávisle na sobě, a společné rysy obou čeledí vznikly konvergentní evolucí.



1 Vývojový cyklus hlístovek čeledi *Steinernematidae*. Invazní larvy se vyvíjejí do první (tzv. obří) generace. Dospělci se množí a nové larvy se přes čtyři instary (L) vyvíjejí v dospělé druhé (tzv. normální) generace. Samice opět kladou vajíčka, avšak potomstvo se vyvíjí pouze do larvy třetího instaru (L3), která jako invazní opouští hostitele. Počet cyklů uvnitř hostitele závisí na množství dostupných živin. Orig. V. Půža
2 Invazní larvy *Heterorhabditis bacteriophora* s fluorescenčně značenými (Green Fluorescent Protein, GFP) symbiotickými bakteriemi *Photorhabdus luminescens*. Foto P. Hyršl
3 Celková stavba těla hlístovky *Steinernema kraussei* ve druhé generaci. Vlevo samice, vpravo samec. Orig. Z. Mráček



Mezi entomoparazitické hlístice patří zástupci 24 čeledí. Obligátně parazitické druhy se řadí do čeledí *Mermithidae*, *Tetradonematidae*, *Steinernematidae*, *Syrphonematidae*, *Heterorhabditidae*, *Carbonematidae*, *Oxyuridae*, *Thelastomatidae*, *Spaerulariidae*, *Allantonematidae* a *Fergusoniidae*.

Způsob života

Hlístovky jsou sice půdní organismy, ale jediným stadiem vyskytujícím se volně v půdním prostředí je larva třetího instaru – invazní larva. Ta má za úkol nalézt nového hostitele a proniknout do jeho těla a pro tuto činnost je náležitě vybavena. Před vnějším prostředím ji chrání zesílená kutikula a uzavření trávicí soustavy. Invazní larvy tudíž nepřijímají potravu, ale díky značným energetickým zásobám mohou přežívat velmi dlouho. V půdě vydrží několik měsíců, v laboratorní kultuře v chladovém boxu i několik let a stále si zachovávají schopnost napadnout hostitele.

Klíčovým momentem pro invazní larvu je nalezení vhodného hmyzího hostitele. K tomu jí slouží citlivé smyslové orgány (hlavové papily a amfidy – pár inervovaných pohárků na boční straně hlavy), jimiž může zachytit v okolním prostředí sloučeniny, které hostitel vylučuje, především různé substance v trusu (kyselina močová, amoniak, aminokyselina arginin) a vydechovaný oxid uhličitý. Pokud hlístice zaznamená přítomnost takových látek, začne se pohybovat proti chemickému gradientu směrem ke zdroji. Jakmile se přiblíží k hostiteli, proniká dovnitř nejčastěji ústním nebo řitním otvorem. Možný je ale i průchod skrze spirakula (průduchy, jimiž ústí vzdušnice na povrch hmyzího těla), nebo penetrací intersegmentální membrány.

Ačkoli jsou hlístovky morfologicky značně uniformní, výrazné rozdíly můžeme pozorovat v jejich strategii napadání hos-

4 Detail těla samce obří generace nového druhu hlístovky *Steinernema ethiopiense*.

Vlevo ocasní část se spikulami (jehlice, které slouží k uchycení samečka na samičku při páření), vpravo hlavová část s otevřeným ústním otvorem a papilami. Spikuly i počet a rozmístění papil jsou důležitými determinačními znaky většiny hlístic, nejen hlístovek.

Foto Z. Mráček

5 Invazní larva ze skupiny *S. glaseri*, celkový pohled. Foto Z. Mráček

6 Samice hlístovky *S. intermedium*, přední část těla s jícnem a exkrecčním pórem na levé straně při povrchu těla (vlevo) a vulva s oválnými vajíčky (vpravo).

Foto Z. Mráček

7 Zatravněné extenzivní (nepříliš obhospodařované) sady jsou typickou lokalitou s bohatým výskytem hmyzu a také hlístovek.



titele. Zjednodušeně lze říci, že druhy využívající strategii cruiser (z anglického cruise – křižovat) se aktivně pohybují v půdě a hledají nejčastěji nepohyblivé (sedentární) hostitele (např. *Steinernema glaseri*), zatímco druhy se strategií ambusher (ambush – číhat) čekají na místě na procházející hmyz (jako např. *S. carpocapsae*).

Životní cyklus

Jakmile larva úspěšně pronikne do tělní dutiny hostitele, uvolní symbiotické bakterie. Ty se namnoží a hostitel pak většinou během 24–48 hodin hyne následkem septikemie. Namnoženými bakteriemi se hlístovky živí. Invazní larvy třetího instaru se pak vyvíjejí přes larvu čtvrtého instaru do první tzv. obří generace. Přes 1 mm dlouzí samci a téměř centimetrové samice se páří a samice poté kladou vajíčka, z nichž se v mrtvém hostiteli líhnou larvy. Ty se přes čtyři instary vyvíjejí v dospělé druhé tzv. normální generace. Samice opět kladou vajíčka, avšak potomstvo se v hostiteli vyvíjí obyčejně jen do larvy třetího instaru, která jako invazní opouští hostitele, proniká do půdy, kde vyhledává hostitele nového. Pokud je však hostitel dostatečně velký, mohou se vyvinout opět dospělci normální generace. Počet generací, které tak hlístovky realizují v konkrétním hostiteli, není pevně daný. Invazní larvy se formují vždy až poté, když dojde k úplnému vyčerpání zdroje živin z hostitele.

Zimní období hlístovky přečkávají většinou v půdě ve stavu kryptobiózy (anabiózy), nebo při teplotách nad bodem mrazu v neaktivním stavu obyčejně v hlubších vrstvách půdy, kam mohou při pozvolném poklesu teplot migrovat. Nedávné výzkumy naznačily, že zimu však mohou trávit i v těle hostitele.

Hostitelé hlístovek

Hostitelské spektrum těchto parazitů je velice široké. V laboratorních testech hlístovky infikovaly různé druhy hmyzu z mnoha řádů. Nákaza byla pozorována i u pavouků, sekáčů, některých roztočů, stonožek nebo stejnonohých koryšů. Hlístovky jsou tedy druhově nespecifické, i když některé druhy mohou být díky svým symbiotickým bakteriím více patogenní pro určité skupiny hmyzu, případně k jistým hostitelům inklinovat (např. *S. scapterisci* napadá převážně krtonožky). Skutečně využívaných hostitelů v přirozeném prostředí je však výrazně méně, neboť hlístovky mohou napadat pouze hmyz, který se alespoň v některém stadiu vyskytuje v půdním prostředí. Je také známo, že

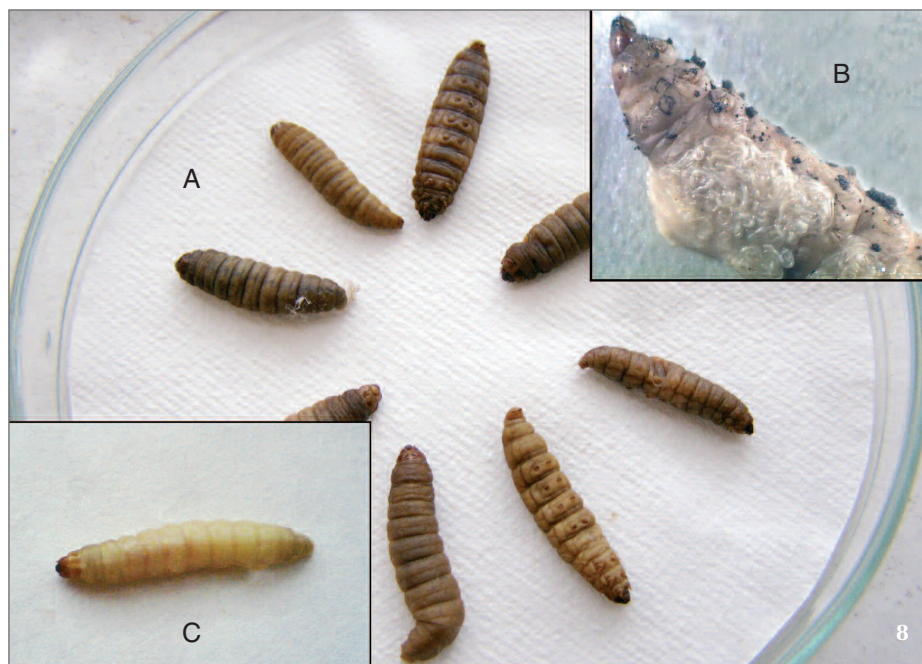
mnoho druhů je vůči nákaze hlístovkami rezistentní. U hmyzu totiž nacházíme řadu účinných mechanismů bránících této infekci. V podstatě nejjednodušší jsou různé mechanické bariéry, které zamezí průniku invazní larvy do těla hostitele. Takto vybaveny jsou např. larvy kovaříků – drátovci. Jejich ústní otvor je příliš úzký pro vstup larvy, kutikula silná, takže není možné ji prorazit, a konečně spirakula a řitní otvor jsou vybaveny uzavíratelnými chlopněmi (valvami). Mechanicky je odolnost podmíněná také u řady dospělých brouků, např. střevlíků a drabčků. U některého hmyzu však nacházíme i aktivní způsoby obrany. Základem je rozpoznat přítomnost hlístovek v prostředí a nějakým způsobem reagovat. Tak např. mravenci druhu *Solenopsis invicta* v přítomnosti hlístovky *S. carpocapsae* přemísťovali kolonie do bezpečí. U larev chroustů bylo pozorováno, že v přítomnosti hlístovek silně pohybují kusadly a jsou schopny takto zahubit přes 60 % invazních larev pronikajících do jejich těla ústním otvorem. Larvy mouchy vrtalky (*Liriomyza trifolii*) se zase brání zvýšenou defekací, kterou jsou schopny vypudit ze střeva larvy hlístovek dříve, než se dostanou skrze střevní stěnu do tělní dutiny.

Ani v případě, že se hlístovkám podaří proniknout do tělní dutiny hostitele, nemají ještě zdaleka vyhráno. Je-li totiž invazní larva rozpoznána, musí čelit často velmi silné buněčné i humorální imunitní reakci. Při enkapsulaci bývá celá larva obalena několika vrstvami granulocytů a plazmatocytů a uzavřena tak v kapsuli, která obsahuje melanin vytvořený působením fenoloxidáz. Celá kapsule i s hlísticí nakonec nekrotizuje. Na bakteriálního symbionta pak působí antimikrobiální peptidy a lysozymy.

Zajímavým zjištěním z nedávné doby je fakt, že hlístovky v laboratorním testu napadají i uhybnulé housenky zavíječe voskového (*Galleria mellonella*) a množí se v nich (San Blas a Gowen 2008). Nejnovější výzkumy také ukázaly, že hlístovky *S. affine* a *S. kraussei* mohou kolonizovat a posléze se množit v uhybnulých larvách kovaříků a ve střevlících měděných (*Poecilus cupreus*), kteří jsou zaživa vůči jejich nákaze zcela imunní (Půža a Mráček 2010). Zdá se tedy, že nekrofágie může být alternativou ke standardní infekci.

Interakce

V půdě hlístovky vstupují do kontaktu nejenom s hostitelským hmyzem, ale také s mnoha dalšími organismy. Jejich vývoj může být negativně ovlivněn v hostitelích napadených viry či bakteriemi. Ale stejně tak, jak je uvedeno výše, mohou hlístovky pomocí svých symbiotických bakterií potlačit vývoj jiných organismů včetně entomopatogenní houby *Beauveria bassiana*. Mezi organismy, jež mohou hlístovky skutečně negativně ovlivnit, patří především nematofágní houby (*Arthrobotrys*, *Dactylaria*) a někteří draví bezobratlí (chvostokoci, roztoči a hlístice). Nedávné výzkumy např. ukázaly, že roztoč *Sancassania polyphyllae*, běžně přítomný na kutikule larev chroustů, je schopen v případě nákazy zkonsumovat celou mrtvolu larvy včetně vyvíjejících se hlístovek.



Je známo, že mrtvá těla bezobratlých čelí v přirozeném prostředí mimořádně silnému tlaku bezobratlých nekrofágů. Na obilném poli bylo pozorováno odstranění drtivé většiny nastražených mrtvol již v prvních 24 hodinách. Vývojový cyklus hlístovek však trvá nejméně 10 dnů, a tak by nekrofágové zkonsumovali většinu těl hostitelů dříve, než by se hlístovky stihly rozmnožit. Lze tedy očekávat existenci zabraňujících mechanismů. Skutečně bylo zjištěno, že se mrtvolám nakaženým hlístovkami nekrofágové vyhýbají. Předpokládá se, že jsou odpuzováni některým z metabolitů symbionta, tuto látku se však doposud nepodařilo určit.

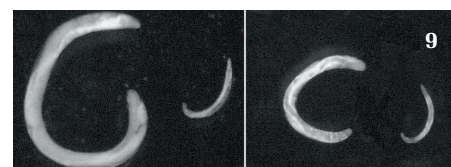
Rozšíření

Hlístovky můžeme nalézt ve většině ekosystémů celého světa, a to na všech kontinentech vyjma Antarktidy. V současné době známe více než 70 druhů čeledi *Steinernematidae* a 15 z čeledi *Heterorhabditidae*. Z tohoto počtu bylo asi 40 druhů popsáno v posledních pěti letech, a to zejména v Asii. Nejvíce druhů bylo dosud objeveno v mírném pásu, zatímco oblasti blíže rovníku jsou podle současných znalostí druhově chudší. Příčinou však může být nedostatečná prozkoumanost těchto regionů.

Na území České republiky je výskyt hlístovek dlouhodobě sledován Laboratoří entomopatogenních hlístic Entomologického ústavu AV ČR, v. v. i. Dosud bylo zaznamenáno 10 druhů rodu *Steinernema* a dva z rodu *Heterorhabditis*. Nejčastějším zástupcem, obývajícím všechny typy biotopů, je *S. feltiae*, často se vyskytuje rovněž spíše lesní druh *S. kraussei* a na otevřené biotopy vázaná *S. affine*. Z dlouhodobých záznamů vyplývá, že nejhojněji jsou hlístovky u nás nacházeny v půdě pod stromy, převážně duby, a ve starých sadech, kde je pozitivních zhruba 70 % odebraných vzorků. Příčinou je nespíš bohaté společenstvo hmyzích hostitelů v těchto místech.

Metody studia

Vzhledem k nepatrné velikosti invazních larev nemůžeme hlístovky hledat pouhým rozebíráním a prohlížením půdy. Existuje



8 Hlístovkami nakažené a usmrcené housenky zavíječe voskového (*Galleria mellonella*) s typickým žlutohnědým zabarvením (A); nakažená housenka s hlístovkami rodu *Steinernema* (B) – druhá generace se často objevuje na povrchu hostitele; zdravá housenka (C)

9 Malí samci a velké samice první „obří“ (vlevo) a druhé „normální“ generace (vpravo) hlístovky *S. kraussei*

10 Dospělci hlístovek rodu *Steinernema* uvolňující se z těla napadené larvy kovaříka – drátovce

11 Jednoduchá past ke sběru plžů. Různé druhy slimáků a šneků přilákaných nabídnutou potravou (pšeničný šrot) využívají kůry jako úkrytu, odkud jsou pak snadno sbíráni.

12 Samice hlístice *Phasmarhabditis hermaphrodita* na povrchu plžice tmavé (*Milax gagates*) asi jeden týden po úhynu. Snímky: J. Nermuť, není-li uvedeno jinak

však několik způsobů, jak je z půdy izolovat. Využít můžeme klasické neselektivní metody pro zachycení drobných půdních bezobratlých (plavení, Baermannovy nálevky aj.). Existuje však také specifická metoda, a to chytání hlístovek do nastraženého hmyzího hostitele. Nejčastěji se pro tyto účely využívají housenky zavíječe voskového, které jsou vysoce citlivé k nákaze hlístovkou. Je ale možné využít i jiný hmyz, např. larvy brouka potměníka moučného (*Tenebrio molitor*), i když účinnost může být nižší.

Princip izolace je jednoduchý. Náhradní hostitel, většinou v malé kovové síťce, se vloží do zkoumané půdy. Invazní larvy, pokud jsou přítomny, proniknou do hostitele a jeho vyjmutím z půdy je celá izolace dokonána. Hostitele lze dále pitvat a prozkoumat dospělé hlístovky za účelem druhového určení, nebo ponechat a za jeden

až dva týdny získat množství nových invazních larev. Náhradní hostitel se využívá také v laboratorních chovech hlístovek.

A co měkkýši?

Podobně jako hlístovky žije i hlístice *Phasmarhabditis hermaphrodita* z čeledi *Rhabditidae*. Parazituje u mnoha měkkýšů z třídy plži (*Gastropoda*), ale napadá přednostně zástupce čeledi slimáčkovití (*Agriolimacidae*), plžákovití (*Arionidae*) a slimáčkovití (*Limacidae*). Ostatní plži (např. páskovky – *Cepaea*, hlemýždi – *Helix*, plamatky – *Arianta*, ale i plovatky – *Lymnaea* a jiní) mohou být touto hlísticí také napadeni a zahubeni, ovšem pouze v extrémních koncentracích na omezeném prostoru. V běžně používaných dávkách pro ochranu rostlin není hlístice schopna lokální malakofauně způsobit újmu, vyjma slimáčků, mladých plžáků a slimáčků.

Životní cyklus *P. hermaphrodita* se velice podobá životnímu cyklu hlístovek. Probíhá tak, že třetí (invazní) stadium v půdě vyhledá vhodného hostitele a pokud ho najde, pronikne do jeho plášťové dutiny. Uvnitř uvolní „symbiotickou“ bakterii, kterou je v případě komerčně dostupného kmene *Moraxella osloensis*, v případě divokých kmenů to mohou být nejrůznější půdní bakterie, neboť *P. hermaphrodita* nežije v asociaci pouze s jednou bakterií jako hlístovky, nýbrž může dokončit vývoj na mnoha druhích bakterií. Bakterie se namnoží, zabijí hostitele a poslouží jako potrava pro vyvíjející se hlístice. V průběhu infekce dochází obvykle k hromadění tekutin a charakteristickému otoku a někdy i prasknutí slimáka, který zpravidla zahyne do 4–21 dnů po infekci. Larvy následně dospějí v hermafroditní jedince, kteří se v mrtvém těle množí, a nakonec nové larvy třetího instaru opouštějí tělo hostitele a v půdě vyhledávají novou oběť.

P. hermaphrodita je však fakultativní parazit schopný dokončit nebo uskutečnit celý vývoj i na různých jiných organických substrátech (výkaly slimáčků, mrtvá organická hmota aj.), takže slimáky ke svému životu nezbytně nepotřebuje. Ovšem schopnost vyhledat cíleně hostitele podle látek rozpuštěných ve vodě i plyných sloučenin byla prokázána (Rae a kol. 2006, Nermuť a kol. 2012) a zvláště dobrá reakce (ve srovnání s hlístovkami) na plyné látky produkované hostitelem je překvapující. *P. hermaphrodita* při hledání hostitele pravděpodobně využívá tendenci slimáčků používat stále stejných úkrytů, které jsou obvykle bohatě pokryty slizem i trusem, což jsou velmi silné atraktanty. Hlístice je tedy trusem přilákána, může se na něm množit a případně napadnout další hostitele, kteří využijí stejného úkrytu.

Ovšem nemysleme si, že je to tak jednoduché. Pokud by došlo k napadení nebo snad úhynu hostitele v úkrytu a hlístice se tam namnožily více, jsou ostatní slimáci schopni jejich přítomnost odhalit a místo se vyhnout. *P. hermaphrodita* také výrazně ovlivňuje chování napadených jedinců. Jde především o omezení příjmu potravy, snížení pohyblivosti a také tendenci zalézt po infekci pod povrch půdy, kde je vhodnější prostředí pro nové invazní larvy.

Kromě zmíněného parazitického a saprofitního životního cyklu byl u *P. hermaphrodita* zaznamenán ještě nekromenický cyklus, kdy invazní larva napadne hostitele a setrvá v něm v neaktivním stavu až do jeho smrti. Pak zahájí růst, dospěje a rozmnoží se. Bohužel tato životní strategie není dosud příliš prozkoumána.

Rozšíření *P. hermaphrodita* není zdaleka tak dobře zdokumentováno jako v případě hlístovek. V současné době víme, že tato hlístice je pravděpodobně rozšířena v celé Evropě. Jednotlivé nálezy však byly ohlášeny i z Íránu, Egypta nebo Chile. Naproti tomu Austrálie a USA jsou podle aktuálních průzkumů tohoto druhu zcela prosté. Nálezy ovšem nebývají příliš časté, mimo jiné i pro menší zájem vědecké komunity o parazitické hlístice terestrických plžů. V České republice byl výskyt této hlístice potvrzen např. v Benešově u Prahy, v Chrudimi, Českých Budějovicích a Chelčicích.

Najít *Phasmarhabditis* není tak snadné, jako v případě hlístovek. Jak jsme psali výše, napadení slimáci často zalézají do úkrytů v půdě, kde velmi rychle podlehnou zkáze. Nalezení mrtvého hostitele je proto výjimečná situace, byť jsme měli to štěstí právě v Benešově u Prahy, kde jeden mrtvý a nakažený jedinec rodu *Arion* čekal v záhonu barvínku.

Obvykle se pro izolaci využívá odchyt většího počtu vhodných citlivých stítelů (slimáček sítkovaný – *Deroceras reticulatum*) a jejich následná karanténa a pitva. Alternativou, kterou jsme zavedli v naší laboratoři, je izolace *P. hermaphrodita* do malé pasti obsahující písek napuštěný výtažkem z hostitele. Tato past se umístí do půdy, následně se inkubuje a pak už jen stačí, aby zkušenější nematolog mezi chycenými hlísticemi identifikoval snadno rozpoznatelné velké samice rodu *Phasmarhabditis*. Tím je tedy možné vyhnout se zdlouhavým pitvám mnoha měkkýšů a získat nový kmen relativně snadno a rychle.

Hlístice v biologické ochraně

Oproti jiným biologickým prostředkům jsou parazitické hlístice v ochraně rostlin zatím využívány v poněkud menší míře. Důvodem může být vysoká cena a také

složitější použití. Hlístice je totiž zpravidla nutné aplikovat navečer, abychom je uchránili intenzivního slunečního svitu, neboť jsou citlivé na vyschnutí i UV záření. Navíc někdy bývá nezbytné zapravit je do půdy, nebo po aplikaci provést závlaku. V současnosti je nejvíce rozšířenou metodou plošný postřik. V minulosti byly zvažovány i pásové a ohniskové aplikace v bezprostřední blízkosti rostlin, případně v okrajích polí. Důvodem byla snaha výrazně snížit spotřebu hlístic, protože, jak víme, již jejich přítomnost má na škůdce repelentní účinek. Bohužel v přirozených půdních ekosystémech se vyskytuje mnoho predátorů, kteří hlístice nepohrdnou, a jelikož také hlístice mají schopnost pohybu, dochází k postupnému snižování počtu jedinců až pod hranici repelentního účinku. To je také důvod, proč se musí v případě potřeby ošetření opakovat každý rok. Hlístice (hlístovky i *P. hermaphrodita*) sice bez problémů na lokalitě dlouhodobě přezívají, ale jejich početnost obvykle poklesne tak, že později už nemá pozorovatelný účinek na populace škůdců.

V současné době se pro ochranu rostlin produkují tyto druhy hlístic: *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae*, *S. riobravisi*, *S. scapterisci*, *S. kraussei*, *Heterorhabditis bacteriophora* a *H. megidis* a *Phasmarhabditis hermaphrodita*, které se s úspěchem používají k regulaci škůdců, jakými jsou např. listokaz zahrádní (*Phyllopertha horticola*) a lalokonosec rýhovaný (*Otiorynchus sulcatus*) napadení především zástupci rodu *Heterorhabditis*. *S. scapterisci* se naproti tomu ukázala jako vynikající prostředek ke snížení početnosti populací krtonožky obecné (*Gryllotalpa gryllotalpa*) a *S. feltiae* se používá např. proti nejrůznějším housenkám a larvám dvoukřídlých (osenice – *Agrotis* sp., obaleč jablečný – *Cydia pomonella* a muchnicovití – *Bibionidae*, smutnicovití – *Sciaridae*). Proti škodlivým plžům je pak možné nasadit hlístici *P. hermaphrodita*, která je účinná především vůči slimáčkům. Plzáci (např. plžák španělský – *Arion lusitanicus*) jsou však odolnější a nákaze podléhají jen mladí jedinci do hmotnosti asi 1 g.

Entomopatogenní hlístice jsou téměř všudypřítomné. Jen málo půd jimi není osídleno. Díky své nepatrné velikosti bohužel unikají pozornosti široké veřejnosti, a to i navzdory faktu, že jde o běžně používané bioagens k ochraně rostlin před hmyzími škůdci. Doufáme tedy, že náš článek zvýší obecné povědomí o těchto zvláštních tvorech.



10



11



12