

## Biologické přípravky na bázi entomoparazitických hlístic

Přehled a praktické aspekty jejich záměrného využívání v ekologickém zemědělství

---

Entomoparazitické hlístice představují v současnosti jednu z nejdynamičtěji se rozvíjejících skupin agens určených pro biologickou ochranu rostlin, včetně využití v ekologickém zemědělství. Významné pokroky v oblasti velkokapacitních biotechnologií kultivací entomoparazitických hlístic a nové standardní formulace zpřístupňují biopreparáty na bázi hlístic i pro rutinní a konkurence schopné využívání v rámci široké rostlinolékařské praxe. Následující přehled je zaměřen na vysvětlení obecných principů parazitického působení hlístic rodů *Steinernema* a *Heterorhabditis* (Nematoda; Rhabditida) a na stručné shrnutí informací týkajících se produkce, formulace a praktického využití biopreparátů koncipovaných na bázi hlístic. Cílem tohoto přehledu je přispět jak k obecnému pochopení specifik a možností, které entomoparazitické hlístice svým zvláštním modelem parazitizmu představují, tak i podpořit zájem praxe ekologického zemědělství o biopreparáty, které jsou doposud používány jen sporadicky.

### **Vývojový cyklus a princip parazitizmu hlístic rodu *Steinernema* a *Heterorhabditis***

Vývoj entomoparazitických hlístic je nepřímý a probíhá postupnou proměnou každého jedince přes kvalitativně i funkčně odlišná vývojová stádia (vajíčko - larva - dospělec) resp. stupně (larvy 1.- 4. stupně). Zcela unikátní úlohu ve vývojovém cyklu hlístic sehrává larva 3. stupně (L3), která je vzhledem ke svým specifickým vlastnostem a funkcím označována buď jako *invazní larva* nebo častěji jako *infekční larva* (*infective juvenile = IJ*, odvozeno od latinského *juvenis* - mladý). Infekční larva je jediným vývojovým stupněm hlístic, který nepřijímá potravu a je schopen aktivně vyhledat a napadat hmyzího hostitele, do kterého proniká častěji prostřednictvím přirozených otvorů (ústa, řitní otvor, dýchací otvory). Do tělní dutiny hostitele pronikají *IJ* aktivní penetrací stěnou zažívacího traktu nebo trachejí. Méně častá je invaze *IJ* přímo do tělní dutiny aktivní penetrací a průnikem přes kutikulu. Označení *infekční larva* je odvozeno od funkce těchto larev po invazi do tělní dutiny. V infekční fázi je u L3 hlístic v přední části zažívacího traktu vyvinuta zvláštní bakteriální komůrka, ve které je uchovávána zárodečná kultura symbiotických bakterií. Po proniknutí vypouštějí *IJ* symbiotické bakterie do tělní dutiny hmyzu. Inokulované bakterie jsou roznášeny oběhovým systémem hmyzu do všech tělních odstavců, rychle se namnožují a během 24-48 způsobují usmrcení napadeného hostitele. Působení bakterií se projevuje rychlou desintegrací tělních tkání a orgánů hostitele, nicméně primární příčinou usmrcení napadeného hmyzu bývá masivní septikémie. Larvy i dospělci hlístic se živí téměř výhradně symbiotickými bakteriemi (bakteriofagie), fakultativně mohou přijímat i části rozpadajících se tělních tkání. Po úspěšné invazi *IJ* je další vývoj hlístic vázán na tělní dutinu hostitele. Infekční larva dokončuje vývoj (fáze L3 přijímající potravu) a po svlékání se mění na larvu posledního stupně (L4). Vývoj končí proměnou L4 v dospělce první generace (G1). Další vývoj v systému "*hlístice - hostitel*" závisí na velikosti nově vytvořené biomasy symbiotických bakterií. V usmrceném hmyzu mohou být realizovány i 2-3 kompletní vývojové cykly, které lze označit za neparazitické, protože ani jindy invazní L3 stupeň nemigruje. Významné změny v populacích hlístic způsobuje vyčerpání potravních

rezerv - tj. symbiotických bakterií. V důsledku nedostatku potravy klesá plodnost dospělců a larvy nižších stupňů (L1-L2) dospívají pouze do první, invazní fáze L3 - tzv. preinfekční, po které následuje přechod do stádia infekční larvy. *IJ* jsou produkovány pouze v podmínkách nevhodných pro reprodukci a další vývoj hlístic uvnitř těla již zužitkovaného hostitele. *IJ* jsou pohyblivé a schopné migrace. Jako jediné vývojové stádium mají schopnost opustit usmrčeného hostitele, lokalizovat hostitele nové a po proniknutí do jejich těla iniciovat další sérii vývojových cyklů. V porovnání s ostatními vývojovými stádii hlístic jsou *IJ* relativně velmi odolné vůči abiotickým a biotickým faktorům a stresům, které na jiná vývojová stádia hlístic působí letálně. Jako jediné vývojové stádium mohou delší dobu přežívat i mimo tělo přirozených hostitelů (např. v půdě, finalizované v biopreparátech) a to i po dobu mnoha měsíců.

Axenické hlístice (tj. hlístice bez přítomnosti vitální zárodečné kolonie symbiotických bakterií) mohou také napadat a příležitostně usmrctvat hmyzí hostitele, nicméně v axenickém systému bez symbiotických bakterií nedochází k reprodukci a dalšímu namnožení hlístic. Obdobně, symbiotické bakterie nejsou primárně patogenní, protože postrádají schopnost aktivně pronikat do tělní dutiny hmyzu, a to i v případech, kdy proniknou do zažívacího traktu spolu s potravou. Z uvedeného je zřejmé, že klíčovým mechanismem této zvláštní verze parazitizmu je symbiotická asociace entomopatogenních hlístic se specifickými bakteriemi (druh, kmen). *IJ* v tomto systému působí jako "vektor" zajišťující transport bakterií do vhodného hostitele a symbiotické bakterie vytvářejí podmínky potřebné pro vývoj, přežívání a namnožení asociovaného druhu hlístice.

V principu popisovaného interakčního systému je i původ stále trvajících terminologické nejednotnosti. Hlístice využívané v biologické ochraně rostlin proti škůdcům jsou někdy označovány jako *entomopatogenní* (obdobně jako viry, bakterie a houby vyvolávající primární onemocnění hmyzích hostitelů), někdy jako *entomoparazitické* (tj. druhy vázané na hostitele nejen potravně, ale i některou s fází svého vývoje). V principu se jedná o rozdíl ryze sémantický, nemající příliš velký praktický význam. Nicméně, obecná kategorizace hlístic se může jako velmi významná jevit při registraci biopreparátů, resp. biologických prostředků. Biologické prostředky na bázi parazitů (případně predátorů) procházejí výrazně jednodušším režimem než je tomu v případě registrace přípravků na bázi entomopatogenních (mikro)organismů.

Všechny druhy entomoparazitických hlístic rodu *Steinernema* jsou asociovány s bakteriemi rodu *Xenorhabdus* a hlístice rodu *Heterorhabditis* jsou asociovány s bakteriemi rodu *Photorhabdus*. Každý druh hlístic vykazuje přirozenou symbiotickou vazbu pouze vůči jednomu druhu symbiotické bakterie, nicméně určitý druh bakterie může být symbioticky vázán s více druhy hlístic (např. druh *Xenorhabdus bovienii* je asociován s hlísticemi *Steinernema affinis*, *S. feltiae*, *S. intermedia* a *S. kraussei*, obdobně pak symbiotický druh bakterie *Photorhabdus luminiscens* byl detekován u *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. megidis* a *H. zealandicus*) (podrobný přehled viz tabulka v příloze).

### **Přirozený výskyt entomoparazitických hlístic a spektrum hostitelů**

Entomoparazitické hlístice z rodů *Steinernema* a *Heterorhabditis* jsou naprosto běžnou součástí půdních biocenóz všude na světě. Hlístice se v půdě vyskytují jak v přirozené parazitické vazbě na různé druhy hostitelů, tak i jako volně se pohybující,

převážně invazní larvy. Při monitorování přítomnosti hlístic v půdě jsou využívány různé selektivní metody, z nichž nejučinnější je metoda "živých návnad". Převážná většina kmenů hlístic, na jejichž bázi jsou koncipovány současné biopreparáty, byla získána pomocí různých živých návnad (např. larvy zavíječe voskového *Galleria mellonella* nebo nymfy krtonožek rodu *Scapteriscus*). Pomocí různých monitorovacích metod bylo doposud odchyceno a popsáno 16 druhů hlístic patřících do rodu *Steinernema* a 7 druhů hlístic rodu *Heterorhabditis* (přehled viz tabulka v příloze).

Entomoparazitické hlístice jsou široce polyfágní a mohou napadat velmi rozmanitý sortiment hmyzích druhů. Příkladem rozpětí polyfagie je hlístice *Steinernema carpocapsae*, u které byla prokázána schopnost úspěšně parazitovat na více než 250 druzích hmyzu, z více než 75 čeledí, 11 řádů. Polyfagie hlístic souvisí s výše popsaným modelem jejich parazitizmu. Spolupůsobením symbiotického komplexu "*bakterie-hlístice*" dochází k velmi rychlému usmrcení napadeného jedince, což prakticky znemožňuje vytvoření vzájemných vysoce specializovaných adaptací, které jsou jinak pro systém "*parazit - hostitel*" typické. Za těchto podmínek je potenciálně vhodným hostitelem prakticky každý hmyzí druh, který:

- 1) osidluje shodnou ekologickou niku
- 2) umožňuje vytvoření potřebné biomasy symbiotických bakterií
- 3) svou velikostí umožňuje kolonizaci, vývoj a reprodukci hlístic v tělní dutině.

Mezi vhodné hostitele proto patří větší až velké druhy hmyzu, které jsou alespoň částí svého vývoje vázány na půdu. Nejčastěji jsou hlísticemi napadána juvenilní stádia hmyzu (tj. larvy, případně kukly), méně často dospělci, vajíčka hmyzu napadána nejsou. K běžným hostitelům patří larvy a kukly nosatcovitých brouků (*Curculionidae*, např. lalokonosci, rýhonosci) nebo vrubounovitých brouků (*Scarabeidae*, chrousti a chroustci), housenky a kukly motýlů (např. různé druhy osenic, drvopleňů, zavíječů, obalečů, aj.), housenice a kukly některých blanokřídlých (pilatky, ploskohřbetky) a dvoukřídlých (např. muchnice, tiplice, vrtalky, vrtule, květilky, mouchy ..aj.). Mezi významné hostitele patří také nymfy a dospělci krtonožek (např. zástupci rodů *Grylotalpa*, *Scapteriscus*), švábů (*Blatella germanica*) a mnoha dalších druhů.

Širokou polyfagii hlístic dokazují zejména výsledky standardních laboratorních biotestů. V přirozených podmínkách se však hypotetický sortiment vhodných hostitelů výrazně zužuje. Supresivní až inaktivující vliv na hlístice mají hlavní abiotické faktory (teplota, vlhkost, radiace, složení půdy..). Tolerance hlístic vůči teplotám je poměrně vysoká. *IJ* jsou schopny pohybu a invaze v rozpětí teplot od spodní teplotní hranice 8-10°C do maxima 32-39°C, ve fázi reprodukce však vykazují toleranci poněkud menší. Podstatně menší toleranci vykazují hlístice vůči nižším vlhkostem a slunečnímu záření.

Účinnost entomoparazitických hlístic výrazně ovlivňují i některé prvky v jejich chování. Některé druhy hlístic (např. *S. carpocapsae* a *S. scapterisci*) mají tendenci usadit se v povrchové vrstvě půdy, vyčkávat na pohybujícího se hostitele a napadat jej "*ze zálohy*" (vyhledávací strategie nazývaná "*sit & wait*" tj. "*sedět a čekat*"). Odlišnou strategii používají středně (*S. feltiae*, *S. riobravis*) až velmi pohyblivé hlístice (*S. glaseri*, *H. bacteriophora* a *H. megidis*), které aktivně vyhledávají hostitele v hlubokém profilu půdy. Tyto hlístice distančně detekují a aktivně vyhledávají hmyz pomocí druhově specifických látek produkovaných hostiteli. Strategie aktivního pohybu a vyhledávání je vynikající adaptací ve vazbě na málo pohyblivé až

nepohyblivé druhy resp. stádia hmyzích hostitelů (např. beznohé larvy nosatců, ponravy chroustů a chroustků, kukly hmyzu.. a pod.). Účinnost entomoparazitických hlístic může výrazně ovlivnit i výskyt přirozených nepřátel. Populace hlístic jsou v půdě běžně redukovány působením některých druhů bakterií, nematofágních hub, dravých roztočů a háďátek. Příkladem významné mezidruhové kompetice jsou půdní roztoči rodu *Rhizoglyphus*, kteří mohou působit jako predátoři na *IJ* hlístic rodu *Steinernema*.

### **Biopreparáty na bázi entomoparazitických hlístic**

Entomoparazitické hlístice rodů *Steinernema* a *Heterorhabditis* lze udržovat a množit jak pomocí *in vivo*, tak *in vitro* kultivačních systémů. Pro udržovací chovy a nízkokapacitní produkce jsou vhodnější jednoduché a levné *in vivo* postupy využívající k namnožení hlístic různé druhy přirozených hmyzích hostitelů (např. larvy zavíječe voskového *Galleria mellonella*, z 1 housenky zavíječe lze získat až  $4,5 \times 10^5$  *IJ*). Biopreparáty současného sortimentu jsou však koncipovány téměř výhradně na bázi *IJ* produkovaných v *in vitro* systémech využívajících buď pevná živná média nebo tekuté živné půdy. Při kultivaci hlístic na pevném médiu je používána homogenizovaná sterilní pasta z hovězích nebo vepřových jater, případně z kuřecích vnitřností a přídavku hovězího tuku. Živnou pastou je impregnován povrch a vnitřek porézního nosného substrátu (např. polyuretanová houba) a systém je inokulován čistou kulturou příslušného druhu symbiotické bakterie. Infekční larvy hlístic jsou na povrch houby dodány 24 hodin po inokulaci bakterií a po dalších 15 dnech kultivace je produkční cyklus ukončen sběrem *IJ*. Tímto postupem lze vyprodukovat až  $6,5 \times 10^5$  *IJ* z 1 gramu substrátu. V současnosti však jednoznačně dominují biotechnologie orientované na *in vitro* kultivaci hlístic v tekutých živných půdách. Pomocí těchto technologií je možné produkovat uniformní biomasu *IJ* některých druhů hlístic i ve velkokapacitních fermentorech (kultivační kapacita až 100 000 litrů média) a na konci kultivačního cyklu jsou dosahovány výnosy až  $2,5 \times 10^5$  *IJ* z 1 g tekutého živného média. V současnosti již byly technologicky zvládnuty velkoobjemové produkce nejvýznamnějších druhů hlístic rodu *Steinernema* (*S. carpocapsae*, *S. riobravis*, *S. glaseri*, *S. scapterisci* a *S. feltiae*) a obou klíčových druhů rodu *Heterorhabditis* (*H. bacteriophora* a *H. megidis*). K nejvýznamnějším producentům hlístic využívajícím submerzní kultivace na tekutých živných půdách patří různé divize firmy NOVARTIS a americká firma CERTIS LLC

Nejvýznamnější pokrok v uplynulých 10ti letech zaznamenaly postupy využívané při formulaci biopreparátů na bázi hlístic. Nejjednodušší a dnes již klasické formulace využívají principu impregnace *IJ* do vlhkých a strukturních inertních nosičů (např. polyuretanové houby, cedrové hoblinky, rašelina, mletá křemelina, vermikulit aj.). V současnosti jsou však stále častěji využívány formulace jejichž principem je dlouhodobá fyzická imobilizace *IJ* nebo tzv. fyziologická imobilizace využívající výraznou redukci spotřeby kyslíku. Nejúspěšnější verzí fyzické imobilizace je enkapsulace infekčních larev do Ca-alginátu vytvářejícího gelovou matici na jemných plastových sítích, ve které pohybu neschopné *IJ* přežívají 1-3 měsíce (pokojová teplota) nebo 4-9 měsíců (při uložení v chladničce). Před použitím jsou *IJ* z gelové matrice uvolněny vymytím sítí přímo do kontejneru, ve kterém byl preparát uchovávan. Hlístice byly sice úspěšně formulovány i do jiných typů organických gelů, pšeničné mouky, křemelin a jiných substrátů, nicméně žádná z těchto formulací nedosáhla kvality imobilizace do alginátové matrice. Velmi

významný pokrok ve finalizaci biopreparátů na bázi hlístic představují nově zaváděné WDG formulace, ve kterých jsou *IJ* imobilizovány do granulí (5-20mm) sestávajících z celé řady komponent (oxidy křemíku, celulóza, lignin, škrob aj.). Granule jsou rozpustné ve vodě a formulace umožňuje aplikaci hlístic ve snadno připravitelné vodní suspenzi. Životnost larev imobilizovaných do formy WDG dosahuje až 12 měsíců. Ve formě WDG byly již na trh zavedeny biopreparáty na bázi *S. carpocapsae*, *S. feltiae* a *S. riobravis*.

### **Aplikace entomoparazitických hlístic**

Entomoparazitické hlístice jsou zpravidla aplikovány formou inundativní introdukce, tj. aplikace zaměřené na jednorázové překrytí populace cílového druhu škůdce v míře zajišťující regulaci četnosti populace škůdce na tolerovatelnou úroveň. Nejčastěji jsou hlístice používány proti škůdcům, kteří jsou alespoň částí svého vývoje vázáni na půdu, resp. proti druhům, kteří se vyskytují v krytých nikách, ve kterých nehrozí nebezpečí desikace *IJ*, případně negativní vliv teploty, slunečního záření či jiných abiotických faktorů. Klíčovým faktorem ovlivňujícím účinnost hlístic je dostatečná vlhkost prostředí v době introdukce a v období, kdy invazní larva vyhledává a kolonizuje svého hostitele. Nejvyšší účinnost je dosahována při aplikaci hlístic do mokré půdy (nejlépe večer nebo brzy ráno). Závlaha po aplikaci výrazně napomáhá pronikání hlístic do půdy a pohybu v půdním profilu. Zároveň napomáhá i smyvu *IJ* z listů, kde dochází k jejich rychlému usmrcení zaschnutím či vlivem sluneční radiace. Kromě inundativních aplikací jsou známy i profylaktické aplikace do půdy, zejména pak do okolí klíčících a vzcházejících rostlin nebo semen. Základní formy aplikace hlístic lze zjednodušeně kategorizovat následovně:

1. **Půdní aplikace** – vodní suspenze *IJ* jsou aplikovány na povrch půdy (750-1500 l/ha, larvy snáší tlak až do 1100 kpa a procházejí sítím o velikosti ok 50-100  $\mu\text{m}$ ), aplikace pomocí standardní aplikační techniky (včetně tlakových aplikátorů, zmlžovačů, elektrostatických postřikovačů, letecké aplikace atd.), běžně jsou využívány i zavlažovací systémy (kapková závlaha, postřik..)
2. **Foliární aplikace** – aplikace larev ve vodní suspenzi na povrch nadzemních částí rostlin, použitelné v závlahových systémech nebo biotopech a obdobích s přirozeně vysokou vlhkostí (skleníky, husté porosty, po dešti ...), úspěšně odzkoušeno v ochraně proti zavíječi kukuřičnému, proti vrtalkám rodu *Liriomyza* na chrysanémách
3. **Ochrana sazenic a množitelského materiálu** – invazní larvy aplikovány ve vodní suspenzi (postřik, zálivka, ponořování rostlin nebo vegetativně množených částí), aplikace WDG na povrch zvlhčených pěstebních substrátů (velmi využívané při množení okrasných květin, předpěstování sadby plodových zelenin, množení rybízů, pěstování semenáčků dřevin a v mnoha dalších systémech)
4. **Aplikace hlístic v kombinaci s lapáky hmyzu** – hlístice aplikovány do lapačů, přidávány do návnad a pastí (feromonové, potravní, akustické, mechanické, lapací pásy, umělá zimoviště ..), využíváno v ochraně proti některým druhům sarančat (*Melanoplus* spp.), krtonožek (*Scapteriscus vicinus*), švábů (*Blatella germanica*), much (*Musca domestica*), osenic (*Agrotis ipsilon*), obalečů (housesky obaleče jablečného zachycené lapacím pásem) a dalších druhů

### **Příklady praktického využívání hlístic v biologické ochraně**

Biopreparáty na bázi entomoparazitických hlístic již dnes představují funkční biologickou alternativu ochrany proti mnoha druhům škůdců. K nejznámějším příkladům programů a pěstitelských technologií využívajících záměrné introdukce entomoparazitických hlístic patří:

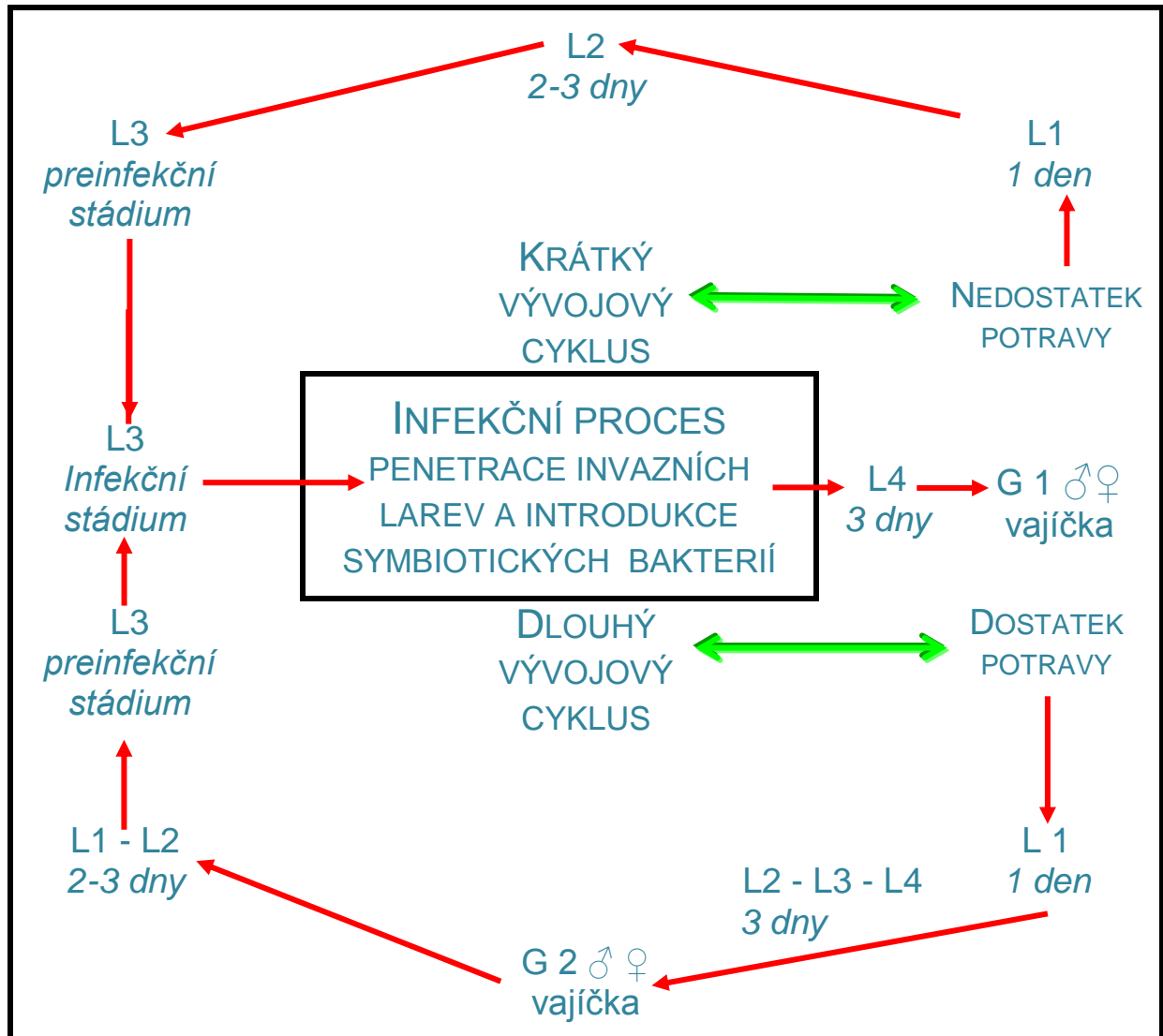
- využití *S. feltiae* v ochraně žampionů proti klíčovým škůdcům - larvám much čeledi *Sciaridae* (např. *Lycoriella auripila*, *L. solani*, *L. mali*), případně i proti larvám much z jiných čeledí (např. *Megaselia halterata*)
- využití *H. bacteriophora* v ochraně širokého sortimentu rostlin (okrasné hrnkové rostliny, řezané květiny, množitelský materiál, sazenice různých druhů zelenin, semenáčky tisů, sazenice jahod a révy vinné...) proti larvám lalokonosců (*Otiorhynchus sulcatus*, *O. ovatus*..)
- využití *H. bacteriophora* v ochraně polních porostů jahod proti lalokonosci *O. ovatus*
- využití *S. feltiae* proti larvám much rodu *Bradysia* (klíčovní škůdci mnoha druhů skleníkových rostlin)
- využití *S. carpocapsae* a *S. feltiae* v ochraně rybízu černého proti nesytkám (*Synanthedon* spp.) a ovocných a lesních dřevin proti škůdcům lýka a dřeva (*Hylobius* spp., *Ips* spp., *Cossus* spp. a další)

Výše uvedený přehled má spíše naznačit šíři potenciálního využití hlístic v praktické ochraně rostlin. Biopreparáty na bázi entomoparazitických hlístic jsou dále využívány v programech biologické ochrany artyčoků, brusinek (velmi významná komodita zejména v USA), máty a mnoha dalších druhů minoritních rostlin. Hlístice jsou využívány dokonce i při regulaci obtížného hmyzu (moucha domácí, šváb obecný) nebo hmyzu parazitujícího na domácích zvířatech (např. blecha *Ctenocephalides felix*).

Jinak řečeno, potenciál biopreparátů na bázi hlístic představuje velmi perspektivní alternativu biologické ochrany rostlin. Pokroky v oblasti produkce a finalizace těchto biopreparátů zpřístupňují tyto preparáty široké rostlinolékařské praxi a lze očekávat, že i v České republice brzy dojdou uplatnění, které bude odpovídat jejich významu.

## Přílohy k problematice entomoparazitických hlístic a jejich využití v biologické ochraně v ekologickém zemědělství

Základní varianty vývojového cyklu entomoparazitických hlístic rodu *Steinernema* (G1 = 1. generace dospělců, G2 = 2. generace dospělců, L1-L4 = larvální stupně)



**Přehled doposud popsáných druhů entomoparazitických hlístic rodu *Steinernema* a *Heterorhabditis* a jejich asociace se symbiotickými bakteriemi**

ENTOMOPARAZITICKÁ HLÍSTICE		SYMBIOTICKÁ BAKTERIE	
ROD	DRUH	ROD	DRUH
<i>Steinernema</i>	<i>affinis</i>	<i>Xenorhabdus</i>	<i>bovienii</i>
	<i>anomali</i>		<i>sp.</i> <sup>1</sup>
	<i>carpocapsae</i>		<i>nematophilus</i>
	<i>cubana</i>		<i>sp.</i>
	<i>feltiae</i> <sup>2</sup>		<i>bovienii</i>
	<i>glaseri</i>		<i>poinarii</i>
	<i>intermedia</i>		<i>bovienii</i>
	<i>kushidai</i>		<i>sp.</i>
	<i>kraussei</i>		<i>bovienii</i>
	<i>longicaudatum</i>		<i>sp.</i>
	<i>neocurtillis</i>		<i>sp.</i>
	<i>oregonensis</i>		<i>sp.</i>
	<i>puertoricensis</i>		<i>sp.</i>
	<i>rara</i>		<i>sp.</i>
	<i>riobravis</i>		<i>sp.</i>
	<i>ritteri</i>		<i>sp.</i>
<i>scapterisci</i>	<i>sp.</i>		
<i>Heterorhabditis</i>	<i>argentinensis</i>	<i>Photorhabdus</i>	<i>sp.</i>
	<i>bacteriophora</i>		<i>luminescens</i>
	<i>hawaiiensis</i>		<i>sp.</i>
	<i>indicus</i>		<i>sp.</i>
	<i>marelatus</i>		<i>sp.</i>
	<i>megidis</i>		<i>luminescens</i>
	<i>zealandica</i>		<i>luminescens</i>

<sup>1</sup> nespecifikováno na druhovou úroveň

<sup>2</sup> druhy na jejichž bázi jsou koncipovány komerčně dostupné biopreparáty

**Porovnání základních autekologických charakteristik nejvýznamnějších druhů entomoparazitických hlístic.**

DRUH HLÍSTICE	TEPLOTNÍ ROZPĚTÍ (°C)		VYHLEDÁVACÍ STRATEGIE
	INFEKTIVITA	REPRODUKCE	
<i>S. carpocapsae</i>	10 - 32	20 - 30	málo pohyblivé - vyčkávající
<i>S. feltiae</i>	8 - 30	10 - 25	středně pohyblivé
<i>S. glaseri</i>	10 - 37	15 - 35	velmi pohyblivé - vyhledávající
<i>S. riobravis</i>	10 - 39	20 - 35	středně pohyblivé
<i>S. scapterisci</i>	10 - 35	20 - 32	málo pohyblivé - vyčkávající
<i>H. bacteriophora</i>	10 - 32	15 - 30	velmi pohyblivé - vyhledávající
<i>H. megidis</i>	10 - 35	12 - 25	velmi pohyblivé - vyhledávající



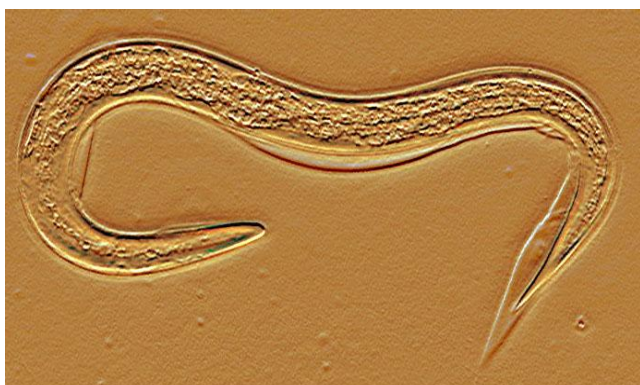
**Přehled komerčně dostupných standardních biopreparátů na bázi hlístic rodu *Steinernema* a *Heterorhabditis*.**

FORMULACE	DRUH HLÍSTICE	KOMERČNÍ NÁZEV	VÝROBCE <sup>1</sup>
ALGINÁTOVÝ GEL	<i>S. carpocapsae</i>	MIOPLANT	Novartis, Rakousko
	<i>S. carpocapsae</i>	BODEN-NÜTZLIGE	Rhône-Poulanc, SRN
STABILIZOVANÝ GEL	<i>S. carpocapsae</i>	BIOSAFE	SDS Biotech, Japonsko
	<i>S. feltiae</i>	EXHIBIT	Novartis, Švýcarsko
INERTNÍ NOSIČ <i>mletá křemelina, jííl, vermikulit, cedrové hoblínky, rašelina.aj.</i>	<i>S. feltiae</i>	STEALTH	Novartis, Velká Británie
	<i>H. megidis</i>	NEMASYS-H	MicroBio, Velká Británie
	<i>H. megidis</i>	LARVANEM	Koppert B.V., Nizozemí
	<i>H. megidis</i>	H. MEGIDIS	Biobest B.V., Belgie
	<i>S. feltiae</i>	NEMASYS <sup>2</sup>	MicroBio, Velká Británie
	<i>S. feltiae</i>	ENTONEM <sup>3</sup>	Koppert B.V., Nizozemí
	<i>S. scapterisci</i>	PROACTANT Ss	BioControl, USA
GRANULÁT DISPERGOVATELNÝ VE VODĚ  (WDG formulace)	<i>S. carpocapsae</i>	BIOSAFE	Thermo Trilogy, USA,
	<i>S. carpocapsae</i>	BIOSAFE-N	Thermo Trilogy, USA
	<i>S. carpocapsae</i>	BIOVECTOR	Thermo Trilogy, USA
	<i>S. carpocapsae</i>	VECTOR TL	Lesco, USA
	<i>S. carpocapsae</i>	HELIX	Novartis, Canada
	<i>S. feltiae</i>	X-GNATH	E.C.Geiger, USA
	<i>S. feltiae</i>	MAGNET	Amycel-Spawn, USA
	<i>S. riobravis</i> <i>S. riobravis</i>	BIOVECTOR VECTOR MC	Thermo Trilogy, USA Lesco, USA

<sup>1</sup> Platné v roce 1999

<sup>2</sup> V licenci distribuuje belgická firma BIOBEST B.V.,

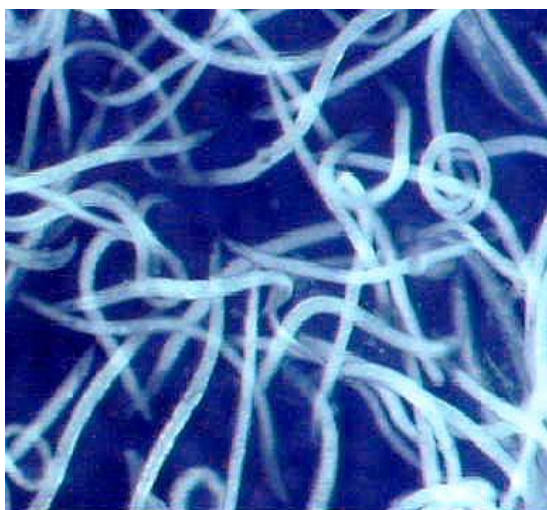
<sup>3</sup> Komerčně dostupné jsou v ČR i další generické biopreparáty dostupné (zvýrazněno)



Infekční larva entomoparazitické hlístice *Steinernema carpocapsae* (délka 500 µm, šířka 20 µm)



Larva hlístice *Steinernema cubana* (spirálovité stáčení a esovitý pohyb je významným projevem vitality larev a kritériem hodnocení kvality biopreparátů)



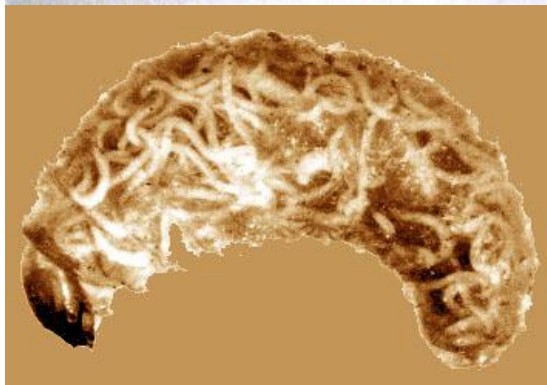
Detail populace entomoparazi-tických hlístic *Steinerema cubana* (různá stádia, digitální mikrotografie)



Invazní larva *Steinerema carpocapsae* pronikající do beznohé larvy vrtalky *Liriomyza* sp.



Invazní larvy *Steinerema carpocapsae* pronikající řitním otvorem do larvy muchnice



Larva lalokonosce *Otiorhynchus sulcatus* napadená hlísticí *Heterorhabditis bacteriophora*

Hlavní fáze vývojového cyklu entomoparazitických hlístic rodů *Steinernema* a *Heterorhabditis* (Martin, Miller 1994, upraveno Landa)

