

# Parazitismus

# Význam parazitů

- Volně žijící organismus, který není hostitelem několika parazitických jedinců různých druhů je raritou.
- Více než polovina známých druhů jsou parazité nebo patogeni (a neznáme zdaleka všechny bakteriální a virové parazity).

# Patogen, vektor

**Patogen, resp. patogenní agens:**

**choroboplodný zárodek** nebo **původce nemoci**, je biologický faktor (organismus), který může zapříčinit onemocnění hostitele.

Tento pojem se často používá ve zúženém rozsahu zahrnujícím organismy, které mohou narušit normální fyziologické procesy mnohobuněčných organismů, nicméně v plném významu zahrnuje

**veškeré biologické faktory infikující jakoukoliv součást biologické říše**

Za patogen považujeme všechny organizmy včetně virů, viroidů, které nemůžeme označit za mikroorganizmy.

**přenašeč (vektor)** přenáší na svého hostitele patogena. Takto je patogeny využívána řada parazitických členovců. Přitom se parazit ve vektoru může namnožovat, vyvíjet se v něm, nebo může být přenos pouze mechanický.

# Parazité - definice

- Organismus, který získává živiny od jednoho hostitele či malého počtu hostitelských jedinců, obvykle je poškozují, ale nepůsobí bezprostředně smrt.
- Pozor: komensální x parazitické interakce (např. k poškození dochází až při vyšším počtu parazitů či špatné kondici hostitele).
- Míru způsobené škody lze měřit jako snížení růstové rychlosti hostitele (nebo celé populace).
- Existence těsného spojení mezi parazitem a hostitelem.
- Závislost parazita na hostiteli při regulaci prostředí.

# Parasitismus x predace

Rozdíly:

počet jedinců, kteří jsou během života využíváni.

parazit - často pouze jediný hostitel

predátor - napadá velké množství kořisti

ale

parazitoid – jediný hostitel

míra snížení biologické zdatnosti (fitness) oběti:

vynulování fitness veškeré své kořisti

- predátor (pravý predátor)
- parazitoidi - pro dokončení svého vývoje ho musejí zabít, ještě než se hostitel rozmnoží
- parazitičtí kastrátoři – ekologicky a evolučně se rovná zabití

nevynulování fitness veškeré své kořisti

- mikropredátoři svou kořist nezabíjejí (například komáři)

Hlavní skupiny trofických vztahů: parazit, predátor, parazitoid a mikropredátor.

Řada parazitů přenášena v rámci životního cyklu predací jednoho hostitele druhým - v mnoha případech ulovení svého hostitele parazitem nejrůznějšími způsoby napomáhají.

# Vznik parazitismu

Parazitismus jako životní strategie je jev odvozený - nejprve musí existovat potenciální hostitel.

Přechod k parazitickému způsobu života musí být pro parazita výhodný, to znamená, že musí zvýšit jeho fitness.

Potenciální parazit musí mít pro nový způsob života preadaptace (např. sací ústní ústrojí)

# Vznik parazitismu

**Mezistupně:**

**Fakultativní paraziti** obvykle žijí volně. Ledaže by se to zrovna hodilo jinak.

**Forézie** může se zřejmě vyvinout **obligátní parazitismus**, kde již parazit bez svého hostitele není schopen života či množení.

**Postupná evoluční adaptace na náhodné pozření budoucím hostitelem.**

Zpočátku si potenciální parazit pouze vytvoří adaptace, které mu usnadní přestát průchod trávicí soustavou jiného organismu, později se navíc naučí získávat zdroje ze svého hostitele.

**Saprophytismus, využívání zdrojů živin nacházejících se v mrtvých tělech jiných organismů.**

Hranice mezi saprophytismem, parazitismem, predací.

# Mikro- a makroparaziti

Dělení z hlediska životních strategií: mikroparaziti a makroparaziti

Nikoliv podle velikosti, ale podle toho, zda způsobená patologie závisí na množství infikujících patogenů.

- U **makroparazitů** míra poškození hostitelského organismu závisí na počtu parazitů, kteří hostitele infikovali.
- U **mikroparazitů** stupeň poškození hostitelského organismu více-méně nezávisí na počtu parazitů, kteří hostitele infikovali, tedy na infekční dávce.

## **Mikroparaziti:**

- množí se v těle svého hostitele, obvykle v jeho buňkách,
- většinou nemají vytvořena specifická infekční stadia,
- onemocnění probíhá akutně a končí buď smrtí hostitele, nebo jeho uzdravením současně se
- vznikem imunity proti reinfekci.



# Mikro- a makroparaziti

## **Makroparaziti:**

- ve svém hostiteli rostou, ale
- rozmnožují se vytvářením nakažlivých stadií, která jsou z těla hostitele uvolňována a infikují nového hostitele,
- infekce je chronická s mortalitou spíše nevýznamnou.
- často jsou mezibuněční (u rostlin), nebo žijí v tělních dutinách.

**V rámci životního cyklu jednoho parazita můžeme najít obě tyto životní strategie:**

**např. motolice v plži je mikroparazit, v definitivním hostiteli makroparazit**

# Mikroparaziti - příklady

## Mikroparaziti živočichů

- bakterie a viry napadající živočichy (virus spalniček)
- prvoci, napadající živočichy (Trypanosoma, Plasmodium)

## Mikroparaziti rostlin

- bakterie a viry napadající rostliny (mozaikové viry, např. rajčat či kvěťáku)
- hlenky, působící nádorové onemocnění rostlin (Plasmodiophora brassicae)

# Mikroparaziti - přenos

- **Šíření přímé** – od hostitele k hostiteli
  - bezprostřední kontakt (kapénkové infekce...)
  - fyzický kontakt s klidovými stadii (*Entamoeba histolytica*, hlenky)
- **Šíření nepřímé** – prostřednictvím jiného druhu – vektora
  - Glossina, Anopheles, mšice, hlístice
  - přenašeči jsou často také mezihostitelé

# Makroparaziti - příklady

- **Makroparaziti živočichů**
  - tasemnice, motolice, vrtejši, škrkavky, vši blechy, klíš'ata, roztoči
- **Makroparaziti rostlin**
  - padlí, rzi, sněť obilná,
  - minující a hálkotvorný hmyz
  - kokotice, záraza

# Makroparaziti - přenos

- **Šíření přímé**

- Monogenea – ektoparazité především ryb (objoživelníků, kytovců...). Nové hostitele vyhledávají plovoucí larvy nebo dospělci.
- Vši – na hostiteli, přenos přímým kontaktem.
- Blechy – larvy v „hnízdě“ hostitele, dospělec aktivně vyhledává hostitele.
- Houby – šíření spórami, přímý kontakt s rostlinou.
- Parazitující kvetoucí rostliny:
  - Holoparazité (např. *Rafflesia arnoldii*, *Orobanche*) – nemají chlorofyl
  - Hemiparazité (např. *Odontites verna*, *Viscum album*) – mají chlorofyl

Šíření semeny – čím užší vazby na hostitele, tím více drobných semen

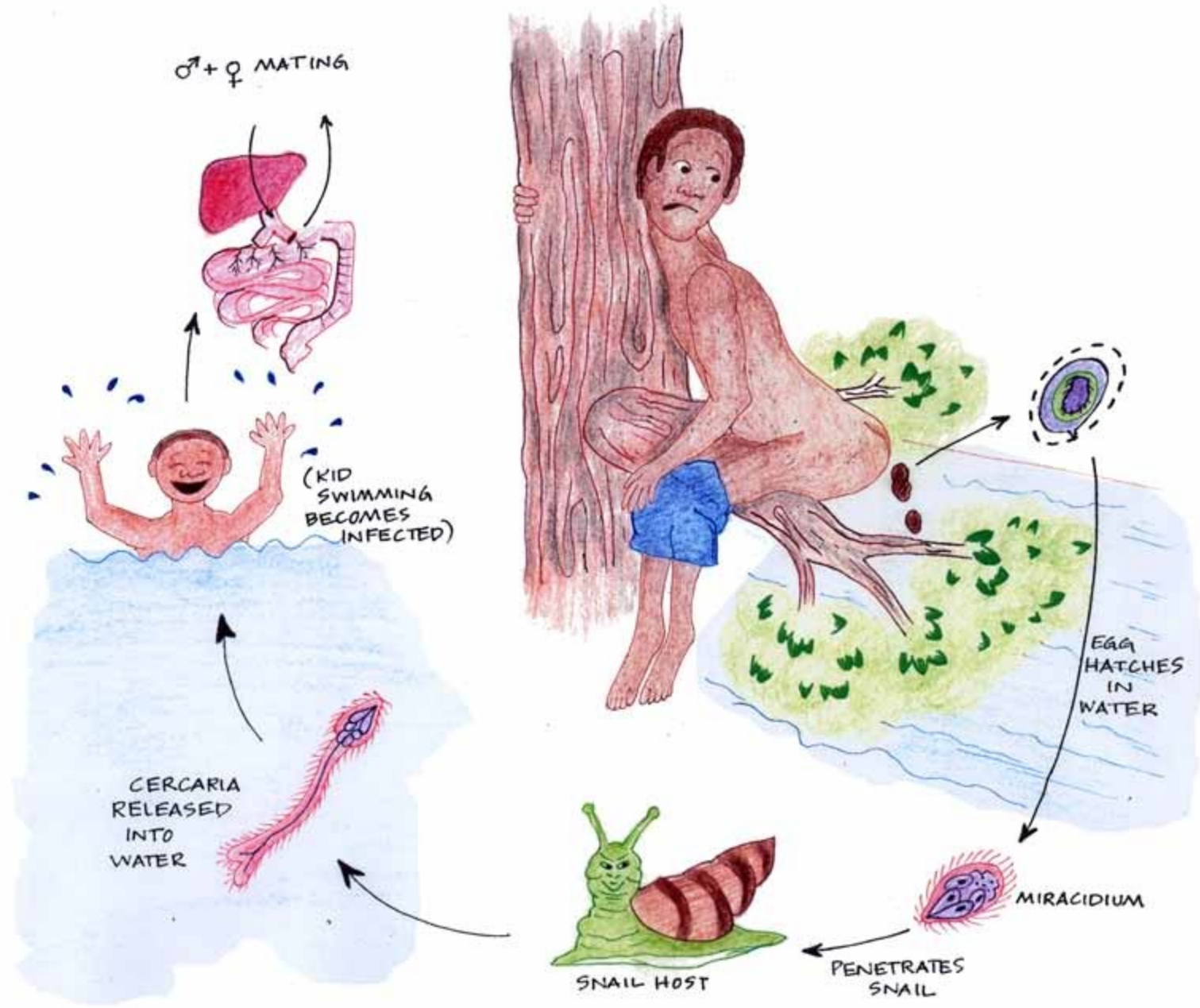




# Makroparaziti - přenos

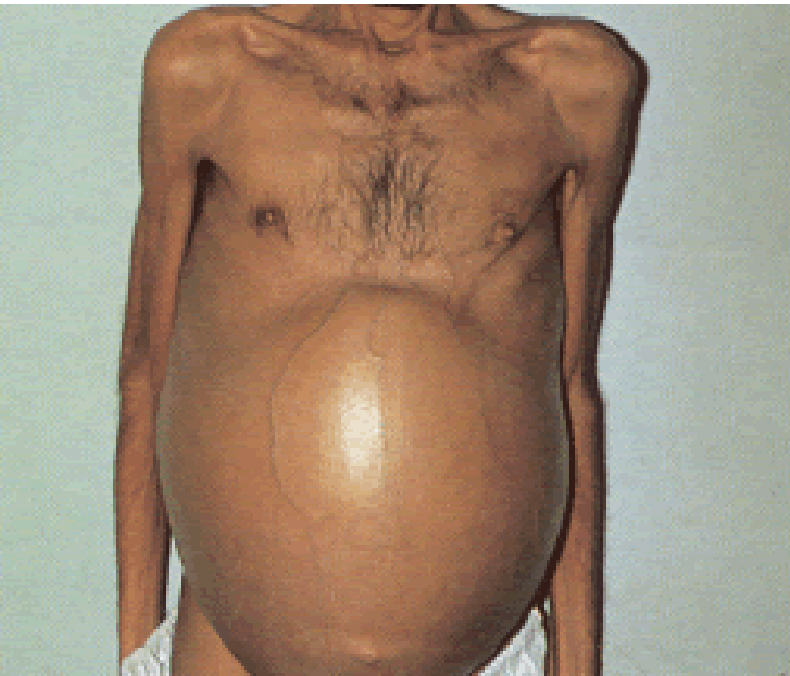
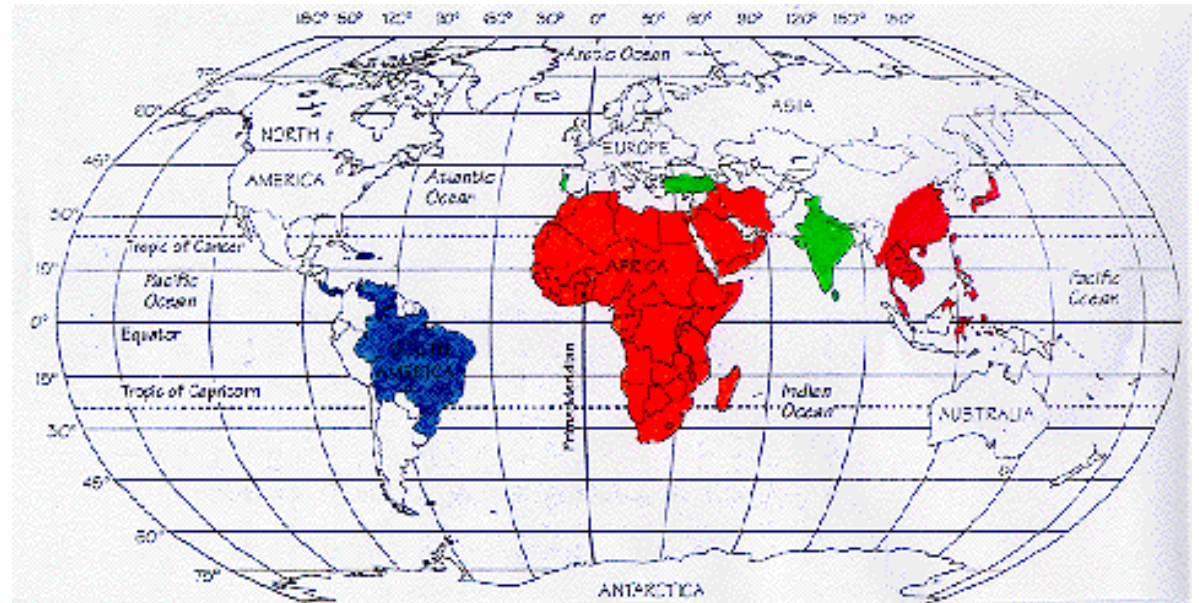
- **Šíření nepřímé** – vektor, mezihostitel (1 či více: mono- a heteroxenní)
  - tasemnice: vajíčka odcházejí s výkaly, potravní řetězec – konečný hostitel
  - motolice – krevničky: vajíčka se uvolňují s výkaly, volně žijící larvy ve vodě do plžů, z plžů do vody, z vody do hostitele (kůží), nebo encystace – cysty alimentárně.
  - vlasovci: mezihostitel komáři
  - u rostlinných makroparazitů mezihostitel vzácný (rez obilná, přenos specializovaných spor na dřevě, kde již haploidní spóry – probíhá zde vlastní pohlavní proces.







blue: *S. mansoni*  
green: *S. haematobium*  
red: *S. japonicum*



# Přenos: densita a disperze, kontakt

- Rychlost přenosu závisí na četnosti kontaktů – platí především u přímo přenášených mikroparazitů – je vyšší v hustší populaci hostitelů, podléhá sezónním vlivům.
- U déležijících infekčních činitelů – závisí na hustotě populací hostitelů i infekčních stadií.
- Mikroparazité přenášení vektorem – závisí především na frekvenci „kousnutí“ a vnímavosti hostitele.
- Šíření chorob rostlin též kontaktem, i kořenů, prorůstáním houby půdou (václavka – rhizomorpha).
- Šíření patogenů větrem – virus slintavky a kulhavky.

# Šíření parazitů v populacích hostitele

- **Horizontální přenos**

šíření parazitů v populacích hostitele, které může probíhat mezi nepříbuznými jedinci

- **Vertikální přenos**

někteří paraziti se mohou přenášet přednostně či dokonce výhradně na potomstvo infikovaného hostitele. K tomu může dojít například infekcí in utero u parazitů jinak přenosných horizontálně

- **Sexuálně přenosní paraziti**

přenášejí se mezi sexuálními partnery při rozmnožování příslušníků hostitelského druhu.

# Typy parazitismu

- **Obligátní parazitismus** (typický, pravý) – je u každého parazita, u něhož alespoň jedna fáze ontogenetického vývoje probíhá na úkor jiného organismu
- **Fakultativní parazitismus** (podmíněný, příležitostný) – u organismů žijících volně v přírodě, které při náhodném vniknutí do hostitele mohou žít parazitickým způsobem
- životní cykly:
  - parazité **jednohostitelští** (monoxenní)
  - **vícehostitelští** (heteroxenní)
    - podle toho, kde probíhá sexuální fáze rozmnožování:
      - **mezihostitele** (asexuální množení)
      - **definitivní** (finální) **hostitele** (sexuální část cyklu)

# Typy parazitismu

podle lokalizace

- **endoparaziti** žijí uvnitř těla hostitele – (např. giardie a tasemnice) a můžeme je rozdělit na **vnitrobuněčné - intracelulární**, a **extracelulární**, kteří žijí mezi buňkami hostitele nebo uvnitř jeho tělních dutin.
- **ektoparaziti** parazitují na povrchu těla hostitele, např. vši trvale žijí v ochlupení svých hostitelů.

Komár: dočasný ektoparazit, z ekologického pohledu mikropredátor, **přenašeč (vektor)**.

# Typy parazitismu

## Hnízdní parazitismus

hnízdni parazit: živočich, který nevychovává své potomstvo sám, ale využívá k tomu jedince jiné, kteří se tak stanou nedobrovolnými adoptivními rodiči potomstva parazita.

Vyskytuje se u ptáků, blanokřídlých a minimálně jednoho druhu ryby.

Parazit své potomstvo svěruje do péče jedincům stejného druhu

- (**vnitrodruhový** hnízdni parazitismus) či druhu odlišného (**mezidruhový** hnízdni parazitismus)
- **obligátní**, kdy je veškerá péče o potomstvo svěřena hostiteli.  
(*např. někteří vlhovci, medozvěstky, vdovky a některé kukačky*)
- **fakultativní**, tzn. parazit je schopen potomstvo vychovat sám  
(*jiné druhy kukaček, koloniálně hnízdící vlaštovky, snovači a mnohé kachny*)

Jedna z forem **sociálního parazitismu**.

# Typy parazitismu

## Potravní parazitizmus

Zvláštní formou parazitizmu je pirátství, zlodějství, jakási krádež jídla označovaná jako **kleptoparazitizmus**, který je zvláště častý u ptáků.

Mnohé druhy chaluh pronásledují ostatní ptáky (zvláště pak racky a rybáky) tak dlouho, dokud neupustí svoji kořist, kterou pak chaluha dokáže většinou chytit dříve, než dopadne na vodní hladinu - chaluha příživná (*Stercorarius parasiticus*)

V některých populacích orlů bělohlavých se až třetina jedinců živí na úkor ostatních.

Potravní parazitizmus je častý také u savců – například lvi často kradou kořist levhartům, hyeny zase lvům a šakali gepardům.

Chrobáci („hovniválové“) kradou navzájem kuličky trusu, které slouží jako potrava jejich larvám.

# Typy parazitismu

## **Sociální parazitismus**

Stav, kdy jedinec využívá zdrojů poskytovaných příslušníky jiného či stejného druhu a sám přitom neposkytuje ostatním členům příslušné populace adekvátní náhradu.

Sociální parazit v podstatě zneužívá některých prvků sociálního chování ostatních jedinců k jednostrannému zvyšování vlastní biologické zdatnosti.

Sociální parazitismus prakticky u všech druhů, u kterých se vyskytuje sociální chování.



# Hostitelská specifita

- Z hlediska počtu druhů, které mohou danému parazitovi sloužit jako hostitelé v určitém stadiu vývoje, rozlišujeme **parazity se širokou a úzkou hostitelskou specifitou: euryekní a stenoekní - specialisté a generalisté**
- **Většina parazitů je poměrně hostitelsky specifická.**
  - Aby parazit mohl nakazit svého hostitele, musí se s ním nejprve setkat, což je ovlivněno ekologií a etologií hostitele.
  - Pro úspěšnou infekci pak musí být parazit schopen hostitele nakazit, přežít v něm a eventuálně se namnožit (fyziologická závislost).
- **Úzká hostitelská specifita** představuje pro parazita:
  - **výhodu** - dokonalé přizpůsobení svému hostiteli
  - **riziko vyhynutí** - nízké početnosti hostitele by tedy měly vyvolávat vznik generalistů.

U početnějších taxonů se předpokládá nižší hostitelská specifita parazitů, která souvisí s větší podobností jednotlivých zástupců.

Nižší specifita se předpokládá také u parazitů s komplexními životními cykly.

# Predikovatelnost životního prostředí parazita

- Životní prostředí volně žijících organismů se liší
- Těla jedinců příslušného hostitelského druhu jsou téměř shodná.
- Volně žijící organismy se musí ve svém prostředí naučit orientovat pomocí širokého spektra podmíněných a nepodmíněných reflexů.
- Paraziti v těle hostitelského organismu velmi často vystačí s předem geneticky naprogramovanými sekvencemi fixních vzorců chování.
- Predikovatelnost vnitřního prostředí hostitelského organismu dovoluje parazitům podstatně redukovat svou nervovou soustavu.
- Predikovatelnost a současně i relativní heterogenita vnitřního prostředí hostitelského organismu zároveň umožňuje, že si jednotlivé druhy parazitů rozdělí dostupné niky a každý se specializuje na optimální využívání některé z nich.

# Hostitelé jako ostrovy

Epidemiologie – studium „chování“ nemoci populacích hostitelů

- Klíčový prvek – přenos.
- Modelová představa inspirovaná tzv. **ostrovní ekologií**: hostitel je ostrov, kolonizovaný parazity
  - U rostlin snadno představitelné: čím vzdálenější jsou rostliny (jejich části, jejich stanoviště), tím obtížnější přenos. Proto většina rostlinných epidemií v monokulturách.
  - U živočichů trochu problém: pohybují se

# Hostitelé jako biotopy

- Životní prostředí parazitických organismů se velmi zásadně liší od životního prostředí organismů volně žijících.
- Paraziti tráví významnou část svého životního cyklu
  - uvnitř těl jiných organismů,
  - na povrchu jejich těl nebo
  - v jejich těsné blízkosti.

**Výhoda:** tělo hostitele – „oáza v poušti“

**Nevýhoda:** hostitel je smrtelný

Důsledek: infrapopulace - populace parazitů vázaná na jednoho konkrétního jedince hostitelského druhu - zaniká

Nutnost přestěhovat se na jiného hostitele, nebo založit nové dceřiné populace, tj. infikovat nového hostitele.

**Schopnost infikovat dostatečný počet nových jedinců hostitelského druhu je klíčovým parametrem biologické zdatnosti parazita.**

# Ekologie parazitických druhů

**Schopnost infikovat dostatečný počet nových jedinců hostitelského druhu je klíčovým parametrem biologické zdatnosti parazita.**

- Mikroevoluce parazita díky tomu ve většině případů vede k maximalizaci

## **základní růstové konstanty $R_0$**

- u mikroparazitů odpovídá průměrnému počtu hostitelů, které nakazí jeden nakažený jedinec v populaci neimunizovaných a nenakažených jedinců,
- u makroparazitů odpovídá průměrnému počtu potomků jednoho parazita, kteří se dostanou v populaci neimunizovaných a nenakažených hostitelů do nového hostitele.

Rychlost, jakou se dokáže infrapopulace parazitů množit uvnitř nakaženého hostitele, nehraje z hlediska biologické zdatnosti parazita obvykle zásadnější roli.

# Ekologie parazitických druhů

- Růst populace parazitického druhu je obvykle dlouhodobě limitován počtem vnímavých jedinců hostitelského druhu.
- Mnozí paraziti jsou i navzdory své často obrovské fekunditě z ekologického hlediska spíše **K-stratégy**, tj. nemaximalizují svou maximální rychlost množení ale efektivnost množení
- Maximalizace (či s ohledem na míru rizika superinfekce spíše optimalizace) tohoto parametru vede až k tomu, že se velký počet parazitických druhů uvnitř hostitele vůbec nez množuje a produkuje zde pouze propagule odcházející do vnějšího prostředí.

# Riziko přílišné exploatace

- Paraziti si mohou velmi snadno ireverzibilně zničit své prostředí přílišnou exploatací.
- U volně žijících organismů většinou podobné poškození prostředí nebývá ireverzibilní.
- Zdroje ve volném prostředí jsou téměř vždy obnovitelné, takže jejich nadměrné čerpání sice mnohdy vede k poklesu velikosti příslušné populace, jen málokdy však k úplnému zániku zdroje a tedy i zániku na něj vázané populace.
- Pro infrapopulaci parazita je tudíž mimořádně důležité, aby svého hostitele nepoškozovala přespříliš.
- Není to triviální úkol!

# Riziko přílišné exploatace

- Z hlediska celé infrapopulace:  
výhodné, když se její členové množí natolik pomalu, že hostitel dokáže jejich vliv na své vitální funkce kompenzovat.
- Z hlediska jednoho člena infrapopulace:  
výhodnější, když právě on se množí co nejrychleji.

Individuální selekce (maximalizuje fitness jedince) působí opačným směrem nežli selekce skupinová (maximalizující celkový počet propagulí, které daná infrapopulace po dobu svého trvání vyprodukuje)

V dlouhodobé evoluční perspektivě zvítězí ty parazitické druhy, které si vytvořily mechanismy omezující účinnost selekce individuální a posilující účinnost selekce skupinové.

Jedním z velmi efektivních a parazity velmi často užívaných mechanismů omezujících účinnost individuální selekce je asexuální množení.



# Vliv parazita na chování hostitele

- Hmyz – přenašeči: patogen ztěžuje parazitovanému vektoru sání krve, a vektor se pokouší sát vícekrát, často i na různých hostitelích.
- Obratlovci
  - např. u ryb parazitovaných motolicí *Diplostomum*: metacerkárie v oku ryby snižují vidění, a tak ryba hůře uniká predátorovi - definitivnímu hostiteli. zhoršený osvit sítnice též způsobí roztažení melanocytů v kůži ryby, a tak zvýší její nápadnost.
  - Savci – např. hlodavci parazitovaní vícehostitelskými kokcidiemi se stávají snadnější kořistí predátorů.

# Vliv parazita na fenotyp hostitele



- Pod vlivem parazitace může docházet k cíleným změnám hostitelského organismu, které se mohou projevit i navenek.
- Háčky, útvary vytvářené vlivem parazitických organismů rostlinami. Fytoparazit svou přítomností indukuje expresi hostitelových genů, které vytvoří **morfologickou strukturu** druhově specifickou pro určitého parazita a sloužící k jeho vývoji.
- Významným fyziologickým ovlivněním hostitele je **parazitární kastrace**. Díky ní parazit přesměruje část energie hostitele, kterou by jinak hostitel využil pro své množení, do růstu a obrany hostitelského organismu. Tím prodlouží přežívání svého hostitele a zvýší počet potomků, které za život hostitele sám vyprodukuje. Kastrování jedinci bývají větší než stejně staří jedinci neparazitovaní, jak je to známo například u plžů nakažených motolicemi.
- U parazitů přenosných vertikálně může docházet ke **změně pohlaví hostitele**. U koryšů parazitovaných bakteriemi rodu *Wolbachia*, které se přenášejí po samičí linii, tj. prostřednictvím vajíček, může docházet ke změně pohlaví potomků ze samců na samice. Tím si parazit zvyšuje šanci na přenos do další generace. K feminizaci může dojít současně s kastrací, např. u koryše *Sacculina*. Parazitovaný samec kraba se začne chovat jako samice pečující o snůšku, jíž je ve skutečnosti parazit, který vyplňuje zadeček kraba a vyhřezává v podobě vakovitého útvaru na spodku těla, kde krab za normálních okolností nosí snůšku vajíček,

# Vliv parazita na chování hostitele

- **Manipulační hypotéza** předpokládá, že parazit mění chování hostitele způsobem, který zvyšuje přenos parazita na hostitele dalšího.
- takovéto změny jsou nejčastěji popisovány u vícehostitelských parazitů přenášených predací
- samotné změny chování způsobené patogenním působením parazita, ale nezvyšující jeho přenos, nejsou považovány za manipulaci, i když v praxi bývá obtížné tyto jevy odlišit
- klasickým příkladem manipulativního působení parazita na hostitele je *Dicrocoelium dendriticum*.
  - u plžího mezihostitele způsobí tvorbu slizových koulí obsahujících cercárie, které chutnají mravencům
  - metacercárie vzniklé v mravenci pak mění jeho chování tak, aby byl snáze pozřen býložravcem - ráno a večer se mravenec zaklesne kusadly do stébla trávy, ale v noci a přes den, kdy mu hrozí vyschnutí na slunci, se vrací do mraveniště.

# Vliv parazita na chování hostitele

Podobně mění chování svých mezihostitelů například vrtejší (Acanthocephala). Nakažený korýš blešivec (*Gammarus*) se přestane ukryvat před svými nepřáteli a začne se doslova vystavovat, takže se stává mnohem snadnějším kořistí kachen, konečných hostitelů těchto červů.



# Prostorová uzavřenost a omezenost životního prostředí parazita

- Volně žijící organismy obývají prostředí, kde se mohou chemické signály, například feromony, šířit do okolí. Přitom s rostoucí vzdáleností od svého zdroje a rostoucí dobou od vypuštění se molekuly nesoucí daný signál zředují – umožňuje komunikaci, signalizaci a detekci.
- Uvnitř těl hostitele tento typ komunikace není možný.
- Paraziti proto ke vzájemné komunikaci a orientaci v prostoru musí buďto spoléhat na fixní vzorce chování, které nevyžadují přijímání žádného podnětu z vnějšího prostředí, nebo jejich receptory musí přijímat signály po přímém kontaktu s příslušnými ligandy vyskytujícími se na buňkách hostitele či parazita.
- **Nemožnost komunikovat na delší vzdálenosti může být důležitou příčinou vysoké tkáňové a orgánové specifity mnohých parazitických druhů.**
- **Bez této vysoké tkáňové specifity by se v těle hostitelského organismu například nemohli najít pohlavní partneři patřící do stejného druhu.**

# Vzájemná prostorová izolovanost příslušníků hostitelského druhu

- S výjimkou některých koloniálních organismů bývají jedinci hostitelského druhu od sebe zpravidla odděleni vnějším prostředím, které paraziti překonávají jen s obtížemi.
- Jedním z důsledků této izolovanosti infrapopulací parazita je častý výskyt hermafroditismu u parazitických druhů.
- U gonochoristů může novou sexuálně se rozmnožující populaci založit pouze dvojice jedinců opačného pohlaví.
- V případě hermafroditů může novou infrapopulaci založit díky možnosti samooplození i jediný parazit a infekce libovolnou dvojicí parazitů může dokonce zajistit plnohodnotný outcrossing (oplození vajíček jednoho jedince spermii jiného jedince).
- U parazitů gonochoristů má prostorová izolovanost infrapopulací vliv na početní zastoupení samců a samic v právě narozeném potomstvu – posun ve prospěch samic.

- Sání krve obratlovců je pro hmyz poměrně obtížný úkol. Proto například komár vypouští do rány sliny s různými chemickými látkami, které mu toto sání usnadňují. Jedna z nich (apyráza) zamezuje shlukování krevních destiček (aby bylo zabráněno jejich shlukování a ucpaní sosáku), další rozšiřují krevní cévy (aby jimi mohlo přitékat více krve) a jiné zase omezují vnímání bolesti (aby komára hostitel neodehnal). Když komár zjistí, že se mu krev saje příliš těžce, přeletí na jiné místo nebo na jiného hostitele. Pokud má ale hostitel malárii, parazit (zimnička), který ji působí, pozmění hostitelovy krevní destičky, a ty se hůře shlukují. Na nakažených lidech se proto saje komárovi snadněji než na nenakažených. Když se zimnička dostane do komára, potřebuje nějaký čas, než může nakazit dalšího člověka. Musí ve střevech komára prodělat složitý vývoj a migrovat do slinných žláz. Teprve pak je prvok připraven nakazit dalšího člověka. Po celou tuto dobu se zimnička snaží komára od sání odradit, aby neriskoval zabití hostitelem. Jakmile je parazit ve slinných žlázách, je naopak v zájmu parazita, aby komár sál co nejčastěji a nakazil tak co nejvíce hostitelů. Zablokuje proto komárovi zásoby apyrázy v jeho slinných žlázách, takže mu během sání krev rychleji ucpe sosák. Pokud chce komár získat stejné množství krve, musí navštívit více hostitelů, a tím infikovat parazitem i více lidí.
- [\[1\]](#) Krevnička způsobí zpomalení vývoje vajec a oddálí tak dobu jejich kladení i sání komára. Samice komára totiž saje znovu až po snesení vajec.

# Vliv parazitů na ekologické procesy

- Paraziti mají zásadní vliv na fungování přirozených i umělých ekosystémů, a to jak na průběh mikroekologických, tak i makroekologických procesů. Paraziti jsou patrně nejčastějším faktorem zajišťujícím **turbidostatický typ regulace** velikosti hostitelské populace. Při turbidostatickém typu regulace spouští zvětšení populace procesy vedoucí k eliminaci části populace. Naproti tomu při **chemostatickém typu regulace** spouští zvětšení populace procesy omezující rychlost množení. Jestliže dojde v důsledku náhodné fluktuace ke zvětšení velikosti populace hostitelské populace, zefektivní se procesy přenosu parazita z jedince na jedince, díky čemuž je velikost populace opět redukována na původní hodnotu. Návrat na původní hodnotu může být buďto přímý, nebo se děje prostřednictvím tlumených či netlumených oscilací. Když byly na určitých lokalitách experimentálně redukovány pomocí antihelmintik počty hlístic druhu *Trichostrongylus tenuis*, došlo zde přerušení populačního cyklu bělokura skotského *Lagopus scoticus*. Na kontrolních lokalitách pravidelné populační cykly (střídání populačního minima a maxima) i nadále pokračovaly.
- Regulační působení parazitů umožňuje, že jednotlivé druhy volně žijících organismů nejsou v přírodě natolik početné, aby zcela vyčerpaly příslušné zdroje v prostředí. Působení parazitů tak umožňuje současnou koexistenci různých druhů odlišujících se schopností čerpat stejné zdroje a zároveň odolností vůči různým parazitům. Obecně platí, že přítomnost parazitů snižuje mezidruhovou kompetici o zdroje, čímž pozitivně ovlivňuje místní biodiverzitu. V určitých případech, a to zejména pouze v lokálním měřítku, zase paraziti ovlivňují biodiverzitu spíše negativně. Známý je fenomen tzv. parazitární arbitráže, zprostředkování kompetice mezi dvěma různými hostitelskými druhy nebo zásadní ovlivnění jejího výsledku. Například potemníky druhu *Tribolium confusum* vytlačí v přímé kompetici potemníky *T. castaneum*, když je však v prostředí přítomen parazit *Adelina tribolii* (Apikomplexa), je výsledek mezidruhové kompetice přesně opačný. Dva druhy zemědělských škůdců, motýlů *Plodia interpunctella* a *Ephestia kuehniella*, mohou dlouhodobě koexistovat na stejném stanovišti. Každý z nich může rovněž dlouhodobě koexistovat s parazitoidem, lumkem *Venturia canescens*. Když se však na stejné lokalitě vyskytnou všechny tři druhy společně, jeden z motýlů vymře.



- Paraziti se patrně výrazně uplatňují při vymezení areálů výskytu jednotlivých druhů, včetně areálu výskytu člověka. Na rozsáhlých územích Afriky zabraňuje výskyt trypanosom chovu vysoce užitkových plemen dobytka. Díky tomu se zde prakticky nemůže udržet početnější zemědělská populace. Lidské trypanosomy mohou omezit areál výskytu člověka i přímo. Když byla na začátku století přesídlena část lidské populace v Ugandě do oblastí výskytu spavé nemoci, redukovala se četnost dané populace z 6,5 milionu na 2,5 milionu. V současnosti v Severní Americe dochází k expanzi areálu výskytu jelence běloocasého *Odocoileus virginianus*. Tento druh je přirozeným hostitelem helminta *Parelaphostrogylus tenuis*. Zatímco jelenci parazit příliš naškodí, ostatní jelenovité i některé další druhy kopytníků likviduje. Z území obsazeného jelencem tak rychle mizí ostatní jelenovitá zvěř, přičemž parazit přetrvává na dané lokalitě i dlouho poté, co na ní byli jelenci eradikováni.

- **Hnízdní parazitismus u ptáků**

- Pojem hnízdni parazitismus se používá především u ptáků a někteří autoři dokonce používají tento termín pro označování tohoto jevu výlučně u ptáků. Vnitrodruhový hnízdni parazitismus se vyskytuje např. u kachen a pěvců, mezidruhový u kukaček (Cuculidae), šplhavců (Indicatoridae), pěvců (Ploceidae, Estrildidae, Icteridae) a jednoho druhu kachny (Anatidae). Známe asi 100 druhů obligátních hnízdni parazitů, přičemž hnízdni parazitismus vznikl několikrát nezávisle. Nejznámějším hnízdni parazitem je u nás obecná kukačka (*Cuculus canorus*). Hostiteli jsou pěvci krmící mláďata hmyzem. Celkem kukačka parazituje asi u 100 druhů pěvců, ale v určitém území je to vždy jen několik druhů. Kukačka je parazitismu velice dobře přizpůsobena. Vejce kukačky jsou menší než u neparazitických druhů kukaček a často jsou barevně podobná hostiteli. Mají silnější skořápku a kratší dobu inkubace než u neparazitických druhů. Samice při kladení sežere 1-2 vejce hostitele. Pokud hostitel zjistí, že jeho hnízdo je parazitováno, kukaččí vejce vyhodí nebo snůšku opustí. Jednotlivé kukačky proto parazitují vždy jeden druh hostitele a vejce tohoto druhu vzhledově napodobují. Pokud se mláďe kukačky vylíhne, není už hostitelem rozpoznáno. Do dvou dnů potom vyhodí vejce či mláďata hostitele. Dostatečný příjem potravy si zajistí žadoněním, které odpovídá svou intenzitou celému hnízdu hostitele, a také větší vnitřní plochou zobáku, která "rodiče" stimuluje ke krmení. Otázkou zůstává, jak samice pozná, kam má klást svá vejce, když vejce svého hostitele v mládí nevidí (vejce vyhazuje ještě slepé mláďe). Předpokládá se imprinting na hostitele nebo na jeho prostředí. Další otázka je, jak se udržují v populaci "kmeny" (gentes) specializované na jednoho hostitele: barva vejce kukačky je pravděpodobně řízena geny lokalizovanými na samičím pohlavním chromozomu.
- Celkem existuje asi 50 druhů parazitických kukaček - polovina všech kukaččích druhů. V Evropě se vyskytuje ještě dešťová kukačka (*Clamator glandarius*), často parazitující straky. Její mláďe ale nelikviduje své adoptivní sourozence.
- Odlišnou životní strategii mají američtí vlhovci (Icteridae). Též nelikvidují potomstvo hostitele a jejich vejce nejsou mimetická. Přesto je hostitel většinou akceptuje. Druh *Molothrus ater* je generalista nejen na úrovni druhu, ale i jedince. Zvláštní „spolupráce“ se vyvinula mezi druhem *Scaphidura oryzivora* a jeho hostitelem. Mláďe hnízdniho parazita likviduje z mláďat hostitele parazitické muší larvy (*Philornis*), a pokud mouchy hostitele ohrožují, je parazit v jeho hnízdě spíše tolerován.

# Sociální parazitismus u hmyzu

- U hmyzu se různé formy sociálního parazitismu, včetně parazitismu hnízdního vyskytuje zejména u eusociálních druhů a tedy především u blanokřídlých.
- Parazit vykořisťuje práci členů society, jejichž altruistické chování je jinak určeno příbuzným. Například zhruba 200 druhů mravenců žije v nějakém typu symbiózy, která může být fakultativní či obligátní. Rozlišujeme 2 typy soužití:
- **Složená hnízda:** vyskytují se u nepřibuzných druhů, snůšky jsou oddělené. Parazit krade potravu cizím dělnicím ze sousedství, nebo menší parazit žije ve stěnách mraveniště hostitele a krade mu potravu, případně žere jeho potomstvo. Jindy dva druhy žijí ve společném hnízdě a jeden ovládá druhý, případně parazit žije ve hnízdě hostitele a je jím krměn regurgitací.
- **U smíšených kolonií** rozlišujeme dočasný a trvalý typ sociálního parazitismu.
  - U **dočasných sociálních parazitů** je oplozená královna přijata do hnízda hostitele, zabije hostitelskou matku a kolonie je postupně ovládnuta dělnicemi parazita.
  - **Trvalý sociální parazitismus** má dva typy:
  - **otrokářství** (dulose) jeden druh využívá pro práci ve vlastní kolonii mravenčí dělnice jiných druhů. Otrokáři získávají dělnice z cizích mravenišť, na něž pořádají nájezdy. Ukořistěné larvy a kukly pak vychovávají a dospělé dělnice jim slouží. Tito paraziti často nejsou sami schopni získávat potravu či založit hnízdo. Ke svému životu mohou mít i morfologická přizpůsobení, např. srpovité čelisti u rodu *Polyergus*, sloužící k prokousnutí hlavy bráncích se dělnic z napadeného mraveniště.
  - **inkvilinismus** parazitický druh celý život tráví v hnízdě hostitele, kromě hledání nových kolonií u mladých oplozených matek. Produkuje hlavně sexuální kastu a často vůbec neprodukuje dělnice, takže vlastně již nejde o eusociální hmyz. Parazit buď koexistuje v hnízdě s hostitelskou královnou, často přímo na jejím těle, nebo ji zabije.
- Sociální parazitismus vznikl pravděpodobně mezi blízkými příbuznými druhy, neboť tam je nejmenší riziko rozpoznání parazita hostitelem. Při průniku do hnízda královny některých druhů používají mimikry, např. zabijí dělnici a navoní se jejím pachem, nebo samy produkují látky atraktivní pro dělnice, které pak parazita donesou do hnízda a dokonce někdy zabijí svou královnou. Nejvyšší výskyt tohoto parazitismu v mírném pásu je dán zřejmě extrémní rizikovostí zakládání nových mravenišť.
- Hnízdní parazitismus se vyskytuje i u včel, a to celkem u 15 % druhů. Včela naklade vejce do hnízda jiného druhu, přičemž ona sama nebo vylíhlá larva zlikviduje vejce či larvu hostitele. Parazitická včela se často podobá svému hostiteli. Generalisté na druhové úrovni jsou na úrovni individuální specialisty, tj. kladou vejce vždy k jednomu druhu hostitele, podobně jako u kukačky.

- Z makroevolučních a zároveň makroekologických procesů jsou parasitismem zřejmě významně ovlivněny **procesy vznikání a zanikání druhů**. Srovnávací studie prováděné na savcích i na krytosemenných rostlinách ukazují, že mezidruhová kříženci jsou mnohem vnímavější k infekcím a infestacím než příslušníci obou rodičovských druhů. Je proto možné, že selekční tlak ze strany parazitů je důležitým faktorem udržujícím druhovou kohezi pohlavně se rozmnožujících druhů. Některé druhy parazitů jsou schopny přímo vyvolávat vznik mezidruhové bariery. Nejznámějším případem jsou parazitické bakterie rodu *Wolbachia* vyskytující se u velkého množství druhů hmyzu, koryšů i nematodů. Nakažení a nenakažení jedinci se velmi často mezi sebou nemohou plodně rozmnožovat. Častý je zejména případ, že nenakažení samci nemohou plodně rozmnožovat s nakaženými samicemi. Jestliže dvě různé linie wolbachii infikují dvě různé populace určitého druhu, vytvoří se mezi těmito populacemi účinná reprodukční bariera, díky níž se původní druh rozpadne na dva druhy dceřiné. Někteří biologové předpokládají, že nesmírná druhová bohatost hmyzu a nematodů je právě důsledkem činnosti wolbachii.
- Paraziti, zejména pak viry, jsou považováni za velmi významný faktor vymírání druhů. Druhy vymírají buďto hromadně, současně s mnoha dalšími druhy vyskytujícími se na příslušném území, v důsledku náhlých ekologických katastrof, nebo naopak jednotlivě, zdánlivě bez jakékoli vnější příčiny. Druhá varianta vymírání, průběžné vymírání nazývané rovněž vymírání na pozadí, je co do celkového počtu zasažených druhů významnější, než mnohem spektakulárnější vymírání hromadné. Vůči vymírání na pozadí jsou mnohem vnímavější druhy s denšími prostorově nestrukturovanými populacemi. Právě tento typ druhů je samozřejmě mnohem snáze zničen epidemií (pandemií) vyvolanou parazitem, vůči kterému nejsou jeho příslušníci rezistentní. Nejpravděpodobnějšími původci takovýchto pro druh zhoubných pandemií jsou viry, mohou se zde ale uplatňovat i jiné typy parazitů. Vymření populací v důsledku epidemie je ostatně i v současnosti druhou nejčastější příčinou vymření známých druhů (hned po zlikvidování příslušných lokalit činností člověka).

- **Parazitické rostliny**

- Parazitický způsob života se vyskytuje i u rostlin. Celkem 1 % druhů krytosemenných rostlin je parazitických, tj. asi 3000 druhů z 15 čeledí. Parazitismus se zde vyvinul několikrát nezávisle. Parazity najdeme mezi nejrůznějšími životními formami rostlin, od letniček přes trvalky, keře, liány i stromy. Jejich hostiteli jsou jiné rostliny. Podle přítomnosti či nepřítomnosti chlorofylu je dělíme na **hemiparazity** a **holoparazity**, podle místa připojení na hostitele na **kořenové** a **stonkové**. Spojení s cévním systémem hostitele se nazývá haustorium. Jeho původ je nejasný, vzniklo pravděpodobně z kořenů, neboť jeho funkce jsou obdobné: absorpce látek z hostitele, uchycení na něm, skladování zásobních látek.
- V životním cyklu je nejcitlivějším stadiem semenáček, který se musí napojit na hostitele, jinak hyne. Stimulem ke klíčení jsou chemické signály hostitele - produkty degradace ligninu.
- Parazitické rostliny se vyskytují na celém světě, ale nejvíce holoparazitů najdeme v tropických lesích. Hemiparaziti jsou častí v mediteránu a na slunných otevřených stanovištích. U nás se vyskytují zástupci několika čeledí. *Pedicularis* (všivec), *Euphrasia* (světlík), *Odontites* (zdravínek) *Rhinanthus* (korkhel) a *Melampyrum* (černýš) jsou hemiparaziti, holoparaziti jsou *Lathraea* (podbílek) a *Orobanche* (záraza). Parazitičtí zástupci z čeledi Scrophulariaceae jsou dnes řazeni do čeledi Orobanchaceae. Rod *Orobanche* je hospodářsky významný, patří sem parazit tabáku. Jednotlivé druhy *Orobanche* se liší hostitelskou specifitou, některé jsou generalisty parazitujícími většinu druhů určité čeledi, jiné pouze zástupce určitého rodu, a specialisté pouze druh jediný. Na jednoděložných parazituje jiný zástupce čeledi, *Striga*. Ze Starého světa byla zavlečena do Spojených států. Může způsobovat až úhyn hostitele, kterému předchází schnutí a žloutnutí. *Striga* má funkční chlorofyl, přesto i plně vyvinutá saje z hostitele organické látky.
- V Evropě a Severní Americe se vyskytuje rod *Cuscuta* (Cuscutaceae). Tento liánovitý holoparazit v dospělosti zcela ztrácí kontakt s půdou. Rotující úponky mohou napadat další rostliny a též mezi nimi přenášet viry. Hostitel je oslaben a může uhynout.
- Kosmopolitně je rozšířen rod *Viscum* (Viscaceae) - jmelí. Parazituje na větvích stromů. Bobule jsou uzpůsobeny k přenosu ptáky, s jejichž trusem se lepivá semena dostanou na další stromy. Jmelí je stálezelený keř. Pokud je hostitel silně napaden, může strádat a postupně odumírat. Náš druh *Viscum album* se dělí na tři poddruhy (někdy považované za druhy) s různou hostitelskou specifitou, nikdy jej však nenajdeme na dubech. Tam parazituje ochmet - *Loranthus* (Loranthaceae). Je to opadavý keř, jehož žluté bobule jsou opět roznášeny v trusu bobuložravých ptáků. Někteří zástupci této čeledi mají květy opylované ptáky. Australské aridní druhy ochmetu mimetizují listy svého hostitele, což je zřejmě ochrana proti fytofágům. Parazit je ukryt mezi nepoživatelnými listy hostitele, např. akácie nebo eukalyptu.
- V jihovýchodní Asii se vyskytují holoparazitické rostliny rodu *Rafflesia* (Rafflesiaceae), jejichž jednopohlavné květy patří mezi největší na světě. Květ je jediná vnější část parazita, vše ostatní je uvnitř hostitele. Opylující hmyz lákájí zápachem připomínajícím hniijící maso.

# Parazitičtí obratlovci

- Ačkoli je parazitismus jako životní strategie velice rozšířen, v rámci obratlovců se s jinými jeho formami než se sociálním parazitismem setkáváme poměrně málo. Ektoparaziticky žijí některé druhy mihulí. Jejich způsob získávání potravy je přechodem mezi predací a parazitismem. Vzhledem k tomu, že jejich oběť může přežít, patří mihule nejspíše mezi mikropredátory, i když se velikostí těla blíží hostiteli. Mihule jsou vodní živočichové. Larvy zvané minohy žijí zavrtány v substrátu a živí se filtrací. Potravou dospělých je krev či tkáň ryb. Na tělo hostitele se přichycují kruhovitým ústním otvorem opatřeným zuby. Parazitické druhy migrují po proudu řek do moře či do jezer a dospělé mihule se před rozmnožováním opět vracejí. Některé druhy v dospělosti vůbec nepřijímají potravu a migrace u nich neprobíhá. Předpokládá se, že tyto neparazitické „satelitní“ druhy se odštěpily od parazitů, protože jsou si morfologicky blízké. Takovou dvojicí je například *Lampetra fluviatilis* – parazitický druh, a *L. planeri* – v současnosti jediný druh vyskytující se na území ČR. *Petromyzon marinus* také již z naší fauny vymizel. Ve dvacátých letech minulého století tento druh pronikl Wellandským kanálem do Kanadských velkých jezer a vyhubil zde sivena. Obrovské hospodářské ztráty ukončilo chemické hubení larev mihulí. Endoparaziticky se vyvíjí potěr jiné naší ryby, hořavky duhové *Rhodeus sericeus*. Samice vstříkne několik jiker do žaberní dutiny mlžů především rodu velevrub (*Unio*). Teprve zde dochází k oplození mlíčím samce a zde se také následně přichyceny na žábřácích vyvíjí 20-30 dnů zárodky hořavky. Pikantním detailem je, že larvy těchto mlžů se vyvíjejí jako ektoparazité přichycení na povrchu různých druhů ryb, tedy přinejmenším teoreticky i na svém parazitovi hořavce.

# Koinobiont x idiobiont

## **Koinobiont**

Parazit, který svému hostiteli po určité době povolí další vývoj.

## **Idiobiont**

Parazit, který svému hostiteli znemožní další vývoj (typicky parazitoid napadající imobilní stadia – vajíčka, kukly).