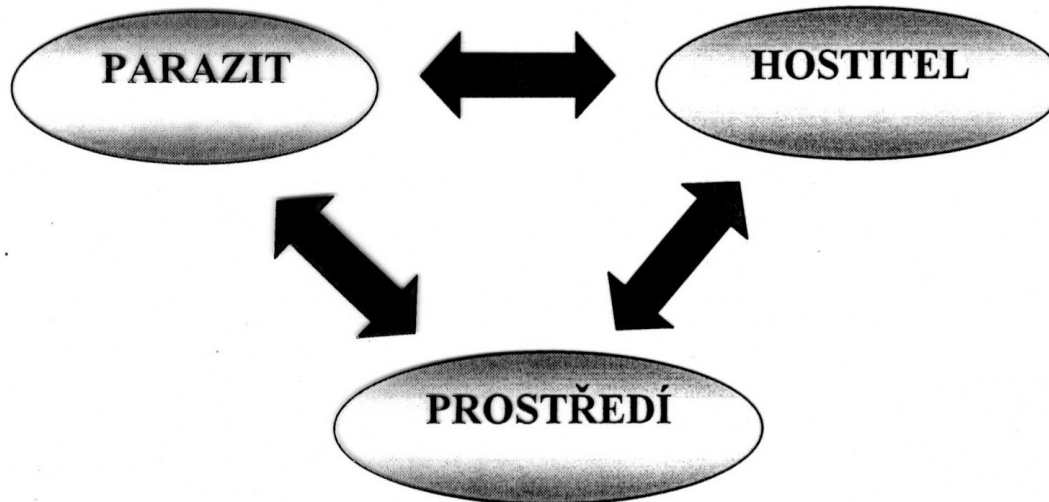


# Populace parazitů

# Životní cykly a populace parazitů

Parazit  $\Leftrightarrow$  Hostitel  $\Leftrightarrow$  Prostředí



**Populace parazita** se bude vyskytovat v různých typech prostředí

1. a 2. řádu  $\Rightarrow$  v závislosti na **typu životního cyklu** cizopasníka bude mít různou **prostorovou strukturu**

# Populace parazitů

**Epidemiologie** = studium týkající se ekologických aspektů nemocí s cílem vysvětlit jejich šíření, rozmístění, prevalenci a incidenci.

Incidence (v epidemiologii) = počet nových případů onemocnění za jednotku času (míra růstu onemocnění).

## Dnes:

Epidemiologie = kvantitativní věda založená na aplikaci řady statistických metod a matematického modelování umožňujících velmi efektivní vyhodnocení terénních nebo experimentálních dat.

- Dynamika parazitárních (infekčních) onemocnění = jedno z nejstarších odvětví biomatematiky.
- Řada paralel s Lotkovými a Volterovými modely dynamiky vztahů predátor-kořist.

# Populace parazitů

## Z historie:

V.A. Dogel (1964) = první moderní ekologie cizopasníků, komplexní chápání systému P-H-H

J.C. Holmes (1961, 1962) = klasické práce o interspecifické kompetici  
*Hymenolepis diminuta* a *Moniliformis dubius* ve střevě krysy.

G. MacDonald (1965) = poprvé použit matematický model při studium P-H vztahů

H.D. Crofton (1971) = vypracoval standardní metodu kvantitativního studia parazitismu

R.M. Anderson & R.M. May (1974 – 1985) = vypracovali moderní teorii matematicko-epidemiologických modelů parazitismu

# Populační ekologie parazitů

**Epidemiologie** = studium dynamických vztahů mezi populací parazita a populací hostitele.

**Populace** = soubor organismů (parazitů i hostitelů) téhož druhu vyskytujících se v určitém prostoru a čase spojených reprodukčními vztahy.

Platí to pro parazita i pro hostitele !!!

**Co zde je jednotka studia ?**

**Parazit nebo hostitel ?**

# Charakteristiky populace parazitů

**Prevalence** = procento hostitelů napadených daným druhem cizopasníka; tj. počet parazitovaných hostitelů dělený celkovým počtem vyšetřených hostitelů krát 100.

Stanovuje se dvojím způsobem:

- 1) přímým vyšetřením cizopasníků (pitvou, krevní roztěr, serologie)
- 2) sledováním emise infekčních stádií (koprologicky)

**Intenzita invaze** = počet jedinců daného druhu parazita na/v hostiteli

**Střední intenzita** = průměrný počet parazitů na jednoho napadeného hostitele; tj. celkový počet parazitů dělený počtem napadených hostitelů.

# Charakteristiky populace parazitů

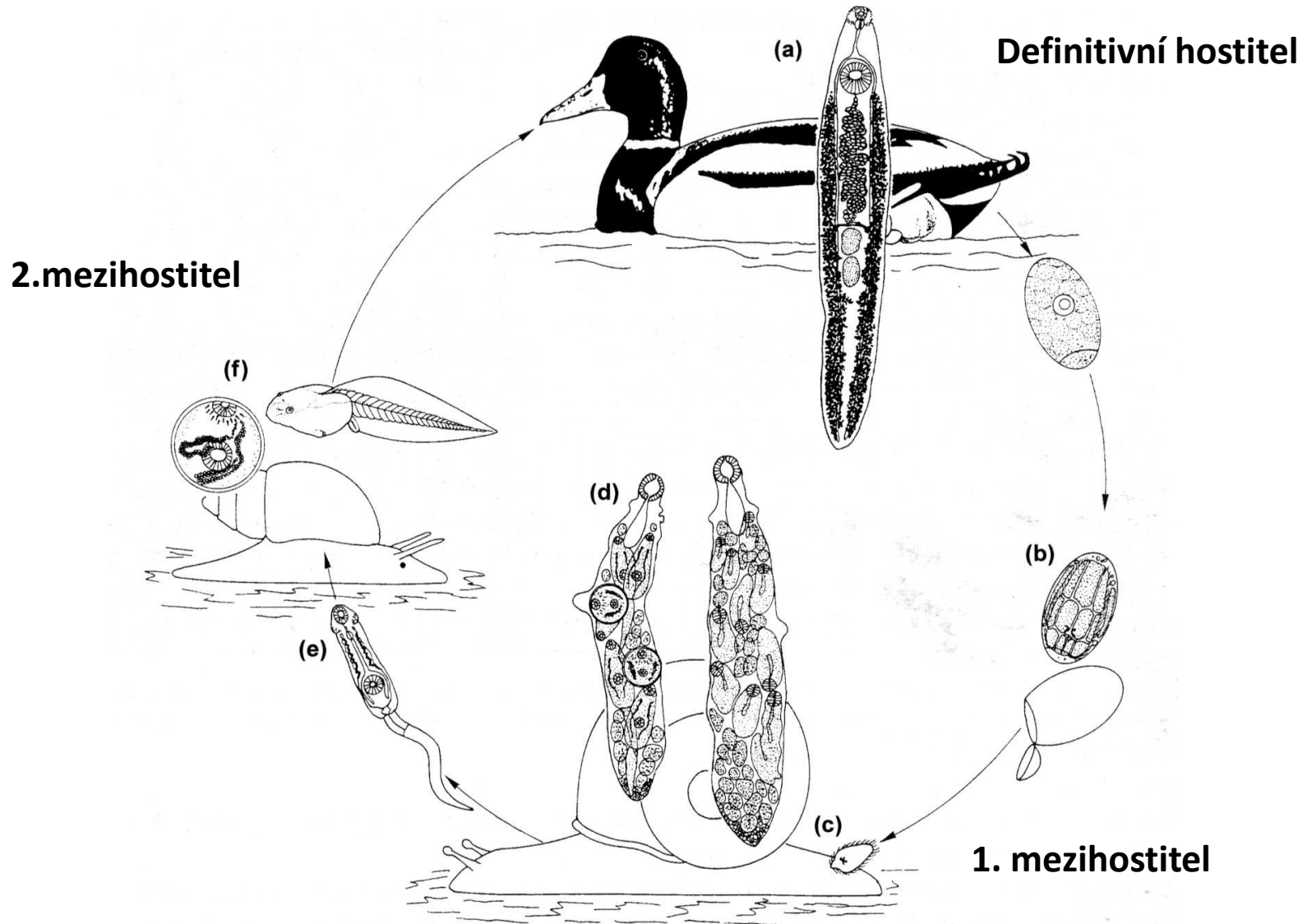
**Abundance** = průměrný počet jedinců daného druhu parazita z celkového počtu všech vyšetřených hostitelů (tedy napadených i nenapadených); celkový počet parazitů dělený cyklovým počtem všech vyšetřovaných hostitelů

**Incidence** = počet nových případů nakažených jedinců hostitele v daném časovém období z počtu nenakažených jedinců hostitele na počátku studovaného období. Často zaměňován z prevalencí.

**Denzita** = počet jedinců daného druhu cizopasníka na jednotku plochy, objemu nebo váhy hostitelského organismu.

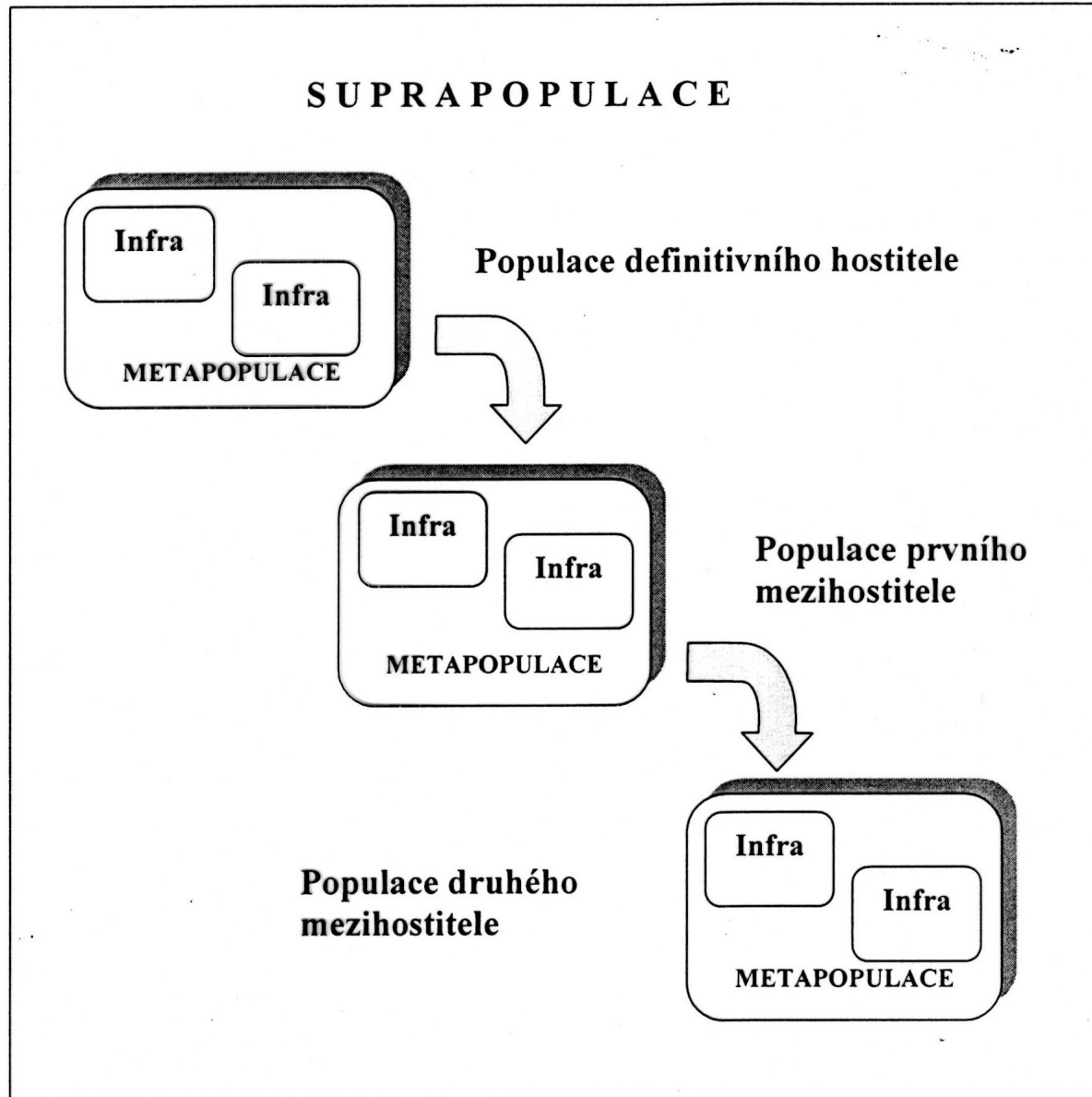
**Distribuce** = rozmístění cizopasníků; má čtyři různé úrovně. (zoogeografické rozšíření, hostitelká specifičnost, frekvenční distribuce a lokalizace na/v hostiteli).

# Schéma populace parazita: motolice Echinostoma revolutum





# Schéma populace parazita



# Základní termologie

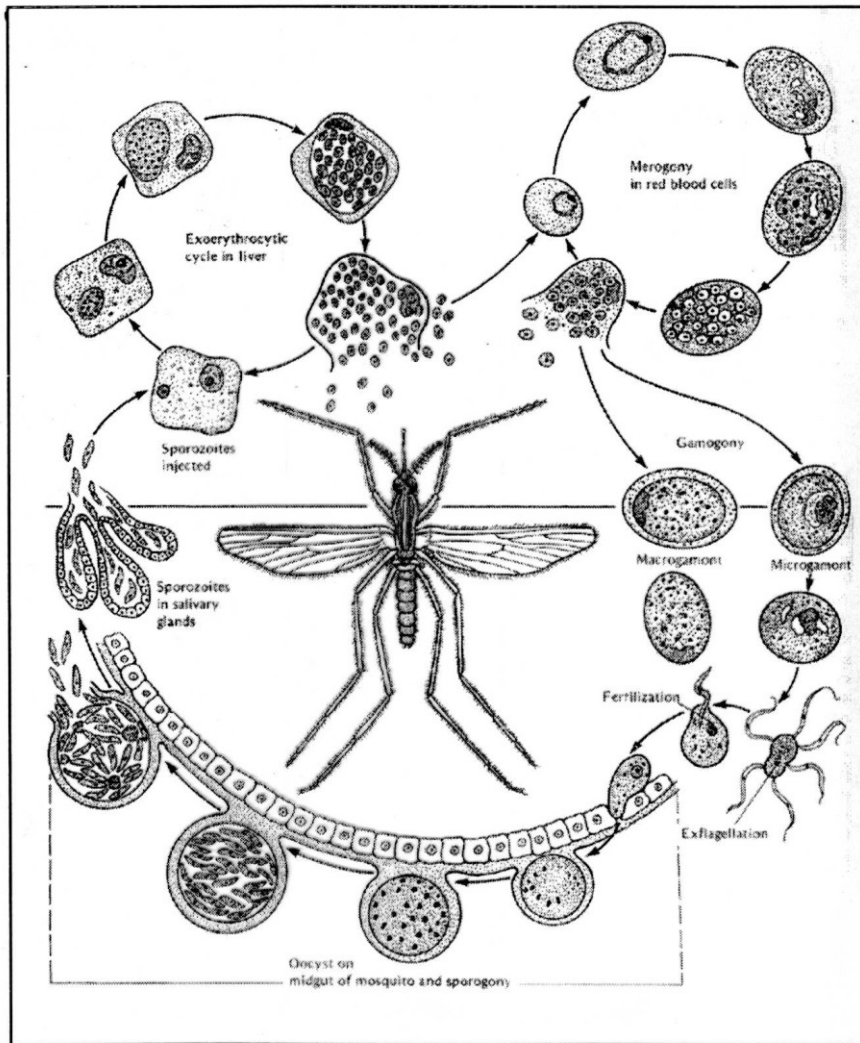
**Infrapopulace** = soubor všech cizopasníků určitého druhu nacházejících se na/v jednom individuu daného hostitelského druhu

**Metapopulace** = soubor všech infrapopulací určitého druhu parazita na/ve všech individuích určitého druhu hostitele daného ekosystému

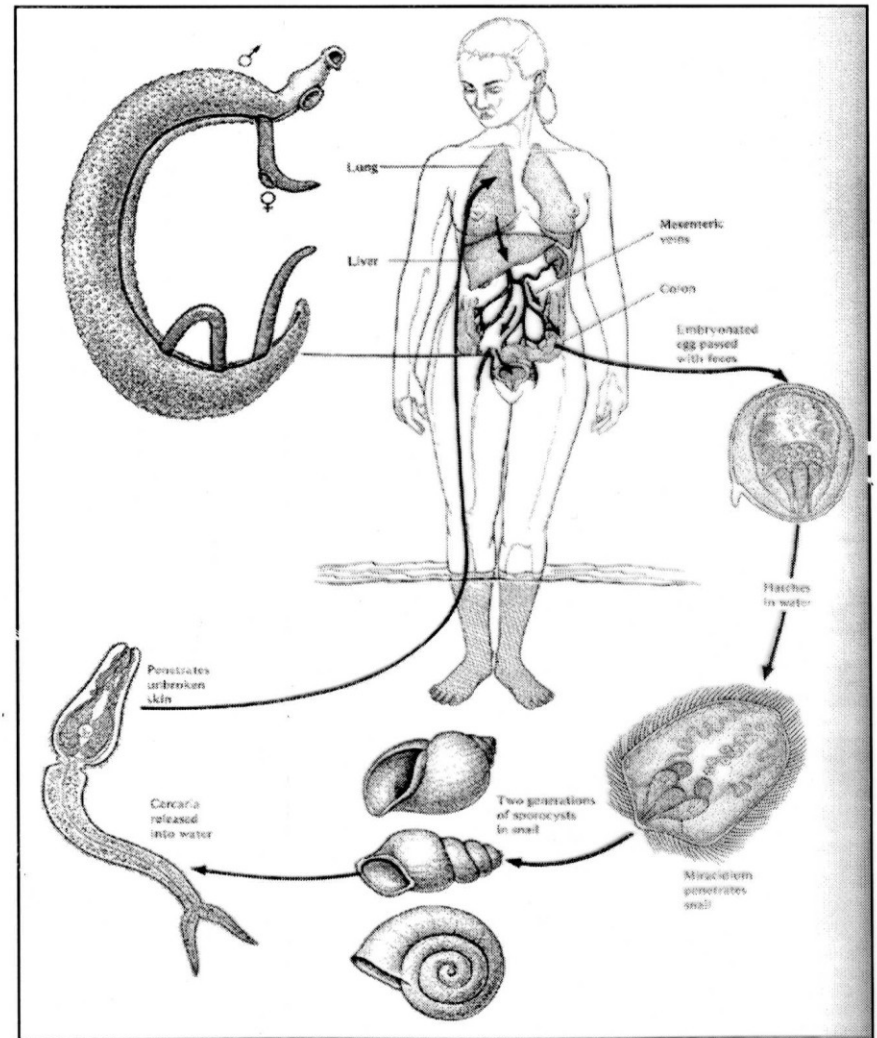
**Suprapopulace** = soubor všech cizopasníků určitého druhu ve všech stádiích vývoje nacházejících se na/ve všech hostitelím a mezihostitelích daného ekosystému

# Epidemiologie cizopasníků

## Malárie



## Schistosómosa



# Epidemiologie cizopasníků

**MIKROPARAZITI** = množí se na/v hostiteli (viry, bakterie, houby a prvoci)

**MAKROPARAZITI** = vyvíjejí a rostou na/v hostiteli, ale nemnoží se  
(helminti a členovci)

**Velikost zde není rozhodující !**

mšice = mikroparaziti rostlin (množí se na jejich povrchu)

houby = makroparaziti (nemnoží se dokud hostitel není mrtev)

# 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 (orgánech).

**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)
- Živorodá monogenea rodu Gyrodactylus

## 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..., Gyrodactylus)
  - 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, klíšáta, roztoči
  - Vejcorodá monogenea – např. Diplozoidae
- **Makroparaziti rostlin**
  - padlí, rzi, sněť obilná,
  - minující a hálkotvorný hmyz
  - kokotice, záraza

# Makroparaziti - přenos

- **Šíření přímé**

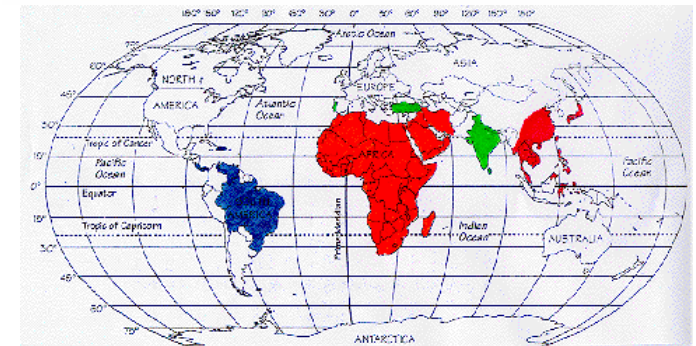
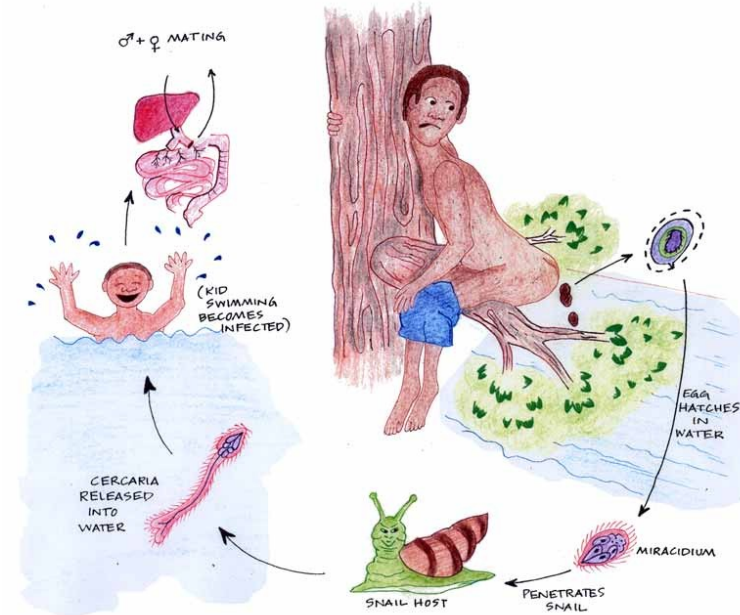
- Monogenea – ektoparazité především ryb (objoživelníků, kytovců...). Nové hostitele vyhledávají plovoucí larvy nebo dospělci.
- Vši – na hostiteli, přenos přímým kontaktem.
- Blechy – larvy v „hnízdě“ hostitele, dospělec aktivně vyhledává hostitele.
- Houby – šíření spórami, přímý kontakt s rostlinou.
- 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 (až 300 km).

# 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.

# Epidemiologie cizopasníků

**Epidemiologie** = studium týkající se ekologických aspektů nemocí s cílem vysvětlit jejich šíření, rozmístění, prevalenci a míru růstu onemocnění

**Epidemiologie** = kvantitativní věda → matematické modelování

## Mikroparaziti

Přímo se množí  
na/v hostiteli

## Makroparaziti

Vyvíjejí se a rostou  
na/v hostiteli,  
ale nemnoží se

Velikost zde není rozhodující !

# Epidemiologické modely

## Mikroparazit šířený vektorem - Malárie

$$R_p = \beta^2 \frac{N_v}{N_h} f_v f_h L_v L_h$$

- $N_v$  a  $N_h$  = hustota přenašeče (V) a hostitele (H)
- $f_v$  a  $f_h$  = podíly infikovaných (V) a (H), kteří přežívají
- $L_v$  a  $L_h$  = časová období, po která jsou (V) a (H) nakažliví
- $\beta^2$  = míra přenosu; přenos infekce do (H) i z (H)

## Makroparazit s nepřímým přenosem - Schistosomosa

$$R_p = (\lambda_1 L_1 f_{a1}) (\beta_1 N_1 L_{i1} f_{i1}) (\lambda_2 L_2 f_{a2}) (\beta_2 N_2 L_{i2} f_{i2})$$

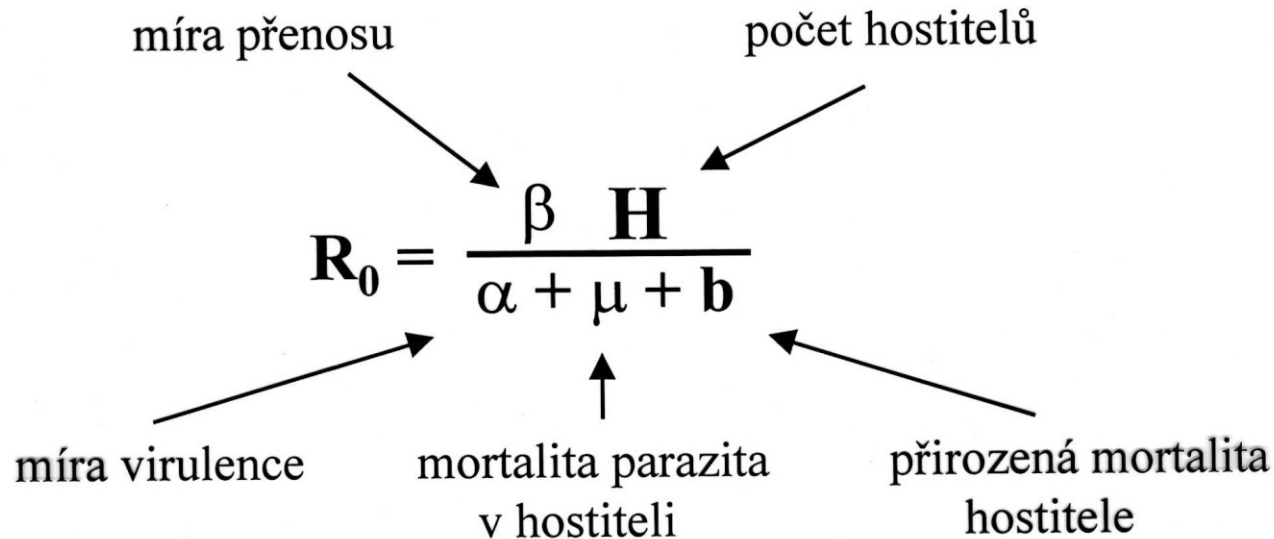
- $\lambda_1$  a  $\lambda_2$  = rychlost produkce vajíček na dospělé samici a počet cercárií na napadeného plže
- $N_v$  a  $N_h$  = hustota definitivního hostitele (DH) a mezhospitele (MzH)
- $\beta_1$  a  $\beta_2$  = rychlost přenosu cercárií na (DH) a z miracidií na (MzH)
- $L_{i1}$  a  $f_{i1}$  = očekávané délky života a podíl přežívajících do stádia schopného nákazy



# Základní reprodukční rychlost

Práh přenosu:  $R_p = 1 \Rightarrow R_p > 1$  nemoc se bude šířit  
 $R_p < 1$  nemoc vyhasne

**Co určuje hodnotu  $R_p$  ?**



Inverzní vztah reprodukční rychlosti ( $R_0$ ) a virulence ( $\alpha$ )

# Základní epidemiologické modely

**Mikroparaziti**  
šíření přímo  
(*Entamoeba histolytica*)

**Makroparaziti**  
šíření přímo  
(*Ascaris lumbricoides*)

**Mikroparaziti**  
šíření vektorem  
(*Plasmodium*)

**Makroparaziti**  
s nepřímým  
přenosem  
(*Schistosoma*)

# Základní epidemiologické modely

## Mikroparaziti

- Mikroparaziti přenášeni přímo  
Příklad: *Cryptosporidium bailei*  
(Apicomplexa: Eimeridida)
- Mikroparaziti přenášeni vektorem  
Příklad: *Plasmodium spp.*  
(Apicomplexa: Haemosporidida)

## Makroparaziti

- Makroparaziti šířeni přímo  
Příklad: *Ascaris lumbricoides*  
(Nematoda: Ascaridida)
- Makroparaziti s nepřímým přenosem  
Příklad: *Schistosoma spp.*  
(Platyhelminthes: Digenea)

# Populační dynamika parazitismu

## Mikroparaziti přenášení přímo:

$R_p$  (základní reprodukční rychlost) = průměrný počet nových případů onemocnění, která vznikají z každého nově napadeného hostitele.

$R_p = 1$  je tedy práh přenosu  $\Rightarrow R_p > 1$  nemoc se bude šířit  
 $R_p < 1$  nemoc vyhasne

**Co tedy určuje  $R_p$  ?**

# Mikroparaziti přenášení přímo (1)

- 1)  $R_p$  stoupá s hustotou jedinců náchylných k infekci ( $N$ )
- 2)  $R_p$  stoupá s rychlostí přenosu ( $\beta$ ); tedy s počtem kontaktů hostitelů a s nakažlivostí choroby, tedy s pravděpodobností, že kontakt povede k přenosu
- 3)  $R_p$  stoupá s podílem hostitelů, kteří přežijí dostatečně dlouhou dobu na to, aby se sami nakazili ( $f$ )
- 4)  $R_p$  stoupá s průměrným časovým obdobím, po které zůstává nakažený hostitel nakažlivým ( $L$ ).

# Mikroparaziti přenášení přímo (2)

Celkově tedy:  $R_p = \beta N f L$

**Velikost populace**

*versus*

**Práh kritické hustoty ( $N_T$ )**

Platí, že  $R_p = 1 \Rightarrow N_T = \frac{1}{\beta f L}$

# Mikroparaziti přenášení přímo (3)

- Vysoká hodnota  $\beta$  = vysoce nakažlivá choroba
- Vysoká hodnota  $f$  = není pravděpodobnost, že zničí hostitele
- Vysoká hodnota  $L$  = dlouhé období nakažlivosti

Celkově tedy bude vysoké  $R_p \Rightarrow N_T$  bude nízké

$\Rightarrow$  (1) při velkých hodnotách  $R_p$  může cizopasník přežít i v malé populaci.

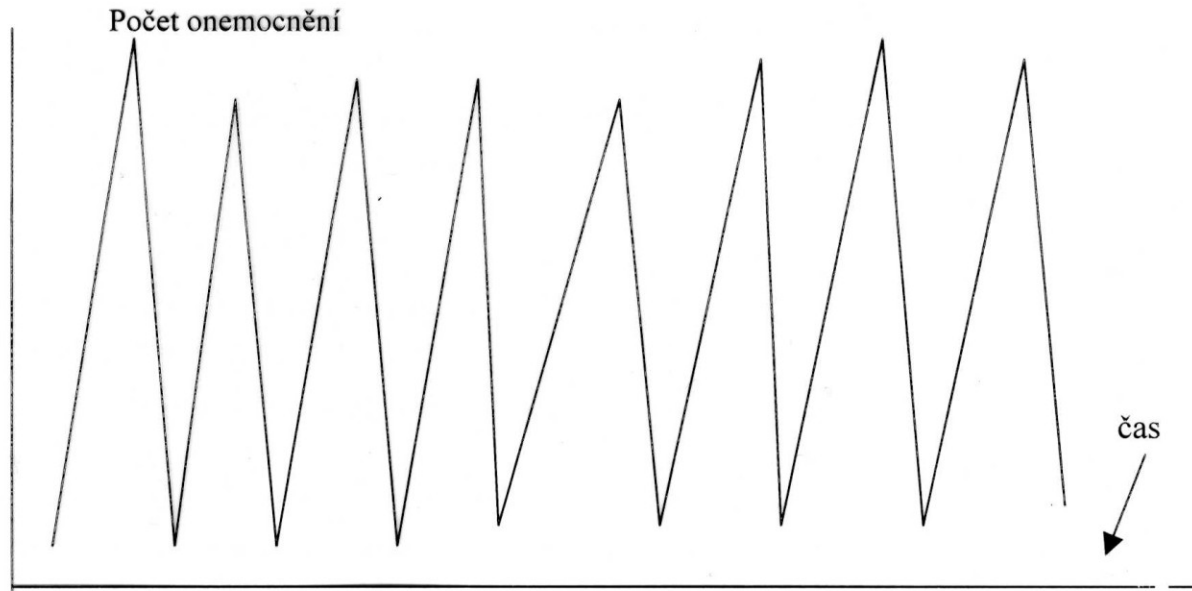
$\Rightarrow$  (2) při malých hodnotách  $R_p$  může cizopasník přežít pouze ve velké populaci.

# Mikroparaziti přenášení přímo (4)

- (1) Nádorovitost kořenové zeleniny – hlenka *Plasmodiophora* = malé populace
- (2) Nemoc s nízkou nakažlivostí, nebo ničící svého hostitele = velké populace  
(*Spalničky mají endemický výskyt v populace větší než 500 000 jedinců*)

$N$  = počet jedinců v populaci hostitele náchylných k onemocnění  $\Rightarrow$  imunita snižuje hodnotu  $N$ , a tím i  $R_p \Rightarrow$  pokles onemocnění, který roste až po přílivu nových jedinců ( $B + I$ )  $\Rightarrow$  vzniká cyklus:

..... vysoký výskyt  $\Rightarrow$  málo náchylných jedinců  $\Rightarrow$  nízký výskyt  $\Rightarrow$  mnoho náchylných jedinců  $\Rightarrow$  vysoký výskyt ....





# Mikroparaziti přenášení vektorem (1)

Do výpočtu  $R_p$  vstupují charakteristiky parazita i hostitele:

tedy: 
$$R_p = \beta^2 \frac{N_v}{N_h} f_v f_h L_v L_h$$
 kde je:

$N_v$  a  $N_h$  = hustota přenašeče a hostitele (komár *versus* člověk)

$f_v$  a  $f_h$  = podíly infikovaných vektorů a hostitelů, kteří přežívají

$L_v$  a  $L_h$  = časová období, po která zůstávají přenašeči a hostitelé nakažliví

$\beta$  = míra účinného přenosu (např. četnost bodnutí komára) vedoucí ke vzniku infekce (invaze)  $\Rightarrow \beta^2$  – kousnutí přenáší infekci **do** hostitele i z hostitele

# Mikroparaziti přenášení vektorem (2)

Životní cyklus malárie

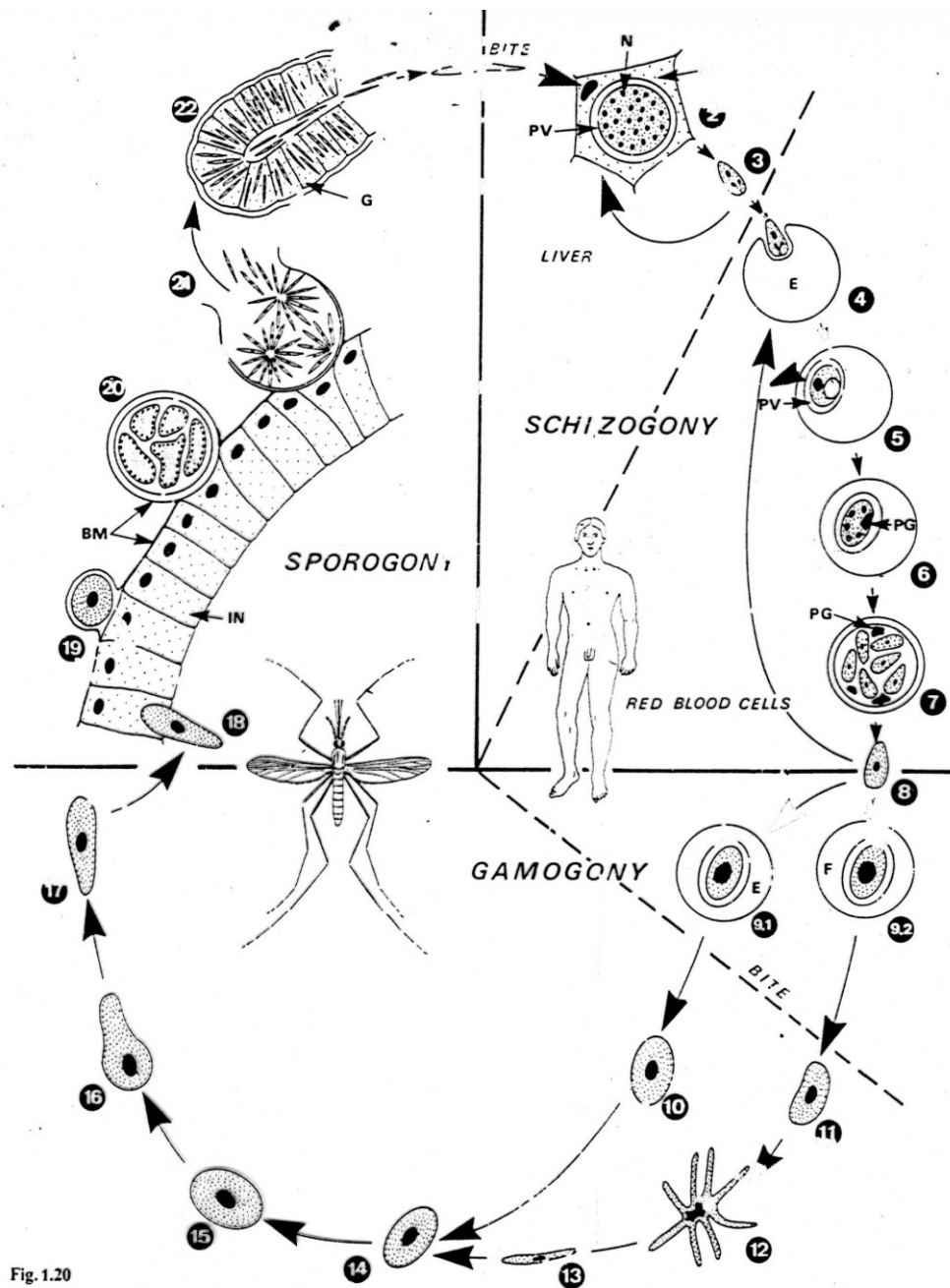


Fig. 1.20

# Mikroparaziti přenášení vektorem (3)

Práh přenosu ( $R_p = 1$ ) závisí na poměru:

tedy: 
$$\frac{N_v}{N_h} = \frac{1}{\beta^2 f_v f_h L_v L_h}$$

Šíření nemoci  $\Rightarrow$  poměr přenašečů a hostitelů musí překročit kritickou úroveň

$\Rightarrow$  regulace choroby  $\Rightarrow$  snížení počtu přenašečů

$\Rightarrow$  výskyt patogenních organismů v populacích přenašečů je nízký

# Mikroparaziti přenášení vektorem (4)

Výskyt parazitů v přenašečích je obecně nízký !

Příklad:

Endemické oblasti malárie  $\Rightarrow$  postiženo  $> 50 \%$  lidské populace

jen 1-2% populace přenašeče (komára)

Vysoká míra přežití hostitele = patogenní organismus má sklon se hromadit (relativně vysoké  $L_h$ )

Přirozená míra přežití přenašeče je nízká = inkubační doba parazita v hostiteli je dlouhá v porovnání s očekávanou délkou života přenašeče.

# Mikroparaziti přenášení vektorem (5)

## Příklad:

Inkubační doba malárie (*Plasmodium*) v komárovi je 10-12 dní

Očekávaná délka doba života komára je asi 1 týden.

Úspěšná ochrana tedy spočívá v tom, že je nutno zabít miliony nenakažených přenašečů

# Makroparaziti šíření přímo (1)

Předmět studia makroparazitů = jednotliví paraziti

$R_p$  = počet potomků zplozených dospělým parazitem během reprodukčního období jeho života a dospěvšího do věku, kdy se mohou reprodukovat.

Práh přenosu vymezen podmínkou:  $R_p = 1$

Platí tedy:  $R_p = (\lambda L_a f_a) \times (\beta N L_i f_i)$  kde:



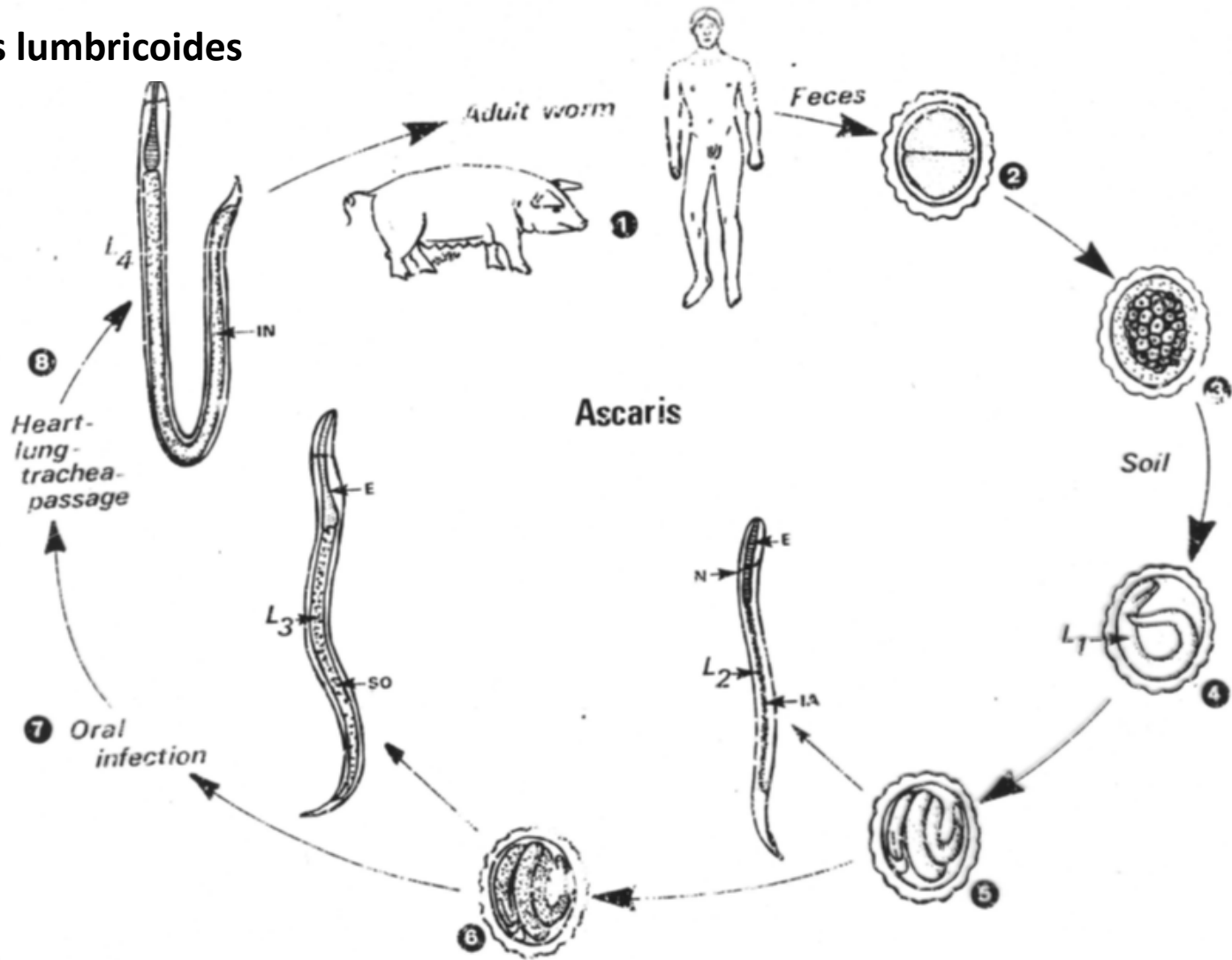
**Reprodukční  
příspěvek  
dospělého  
parazita**



**Reprodukční  
příspěvek  
invazního  
stádia**

# Makroparaziti šíření přímo (2)

*Ascaris lumbricoides*



# Makroparaziti šíření přímo (3)

$\lambda$  = rychlost produkce vajíček na dospělého jedince

$L_a$  = očekávaná délka života dospělého parazita v hostiteli  
(závisí jak na jeho rychlosti mortality, tak na rychlosti mortality parazita)

$f_a$  = podíl těch parazitů v hostiteli, kteří se dožijí pohlavní zralosti

$\beta$  = rychlost přenosu

$N$  = hustota jedinců

$L_i$  = očekávaná délka života invazního stádia mimo hostitele  
(závisí na jeho rychlosti mortality i na míře kontaktu s novým hostitelem)

$f_i$  = je ta část přenosného stádia, která se stává nakažlivou



# Makroparaziti šíření přímo (4)

U mnoha střevních parazitů je způsob přenosu a délka života invazních stádií ovlivněn způsobem pohybu a chováním hostitele.

Vlivy na skutečnou reprodukční rychlost parazita:

- omezení délky života
- dospívání
- reprodukce v hostiteli (závisí na hustotě)

Hustota ( $p/h$ ) ovlivňuje  $\lambda$ ,  $L_a$  a  $f_a \Rightarrow$  tyto parametry rostou na základě konkurence, nebo díky imunitní reakci hostitele

Paraziti přenášení nejkratší cestou mají obrovské rozmnožovací schopnosti ( $\lambda$  je velmi velké).

# Makroparaziti šíření přímo (5)

## Příklad:

měchovec (*Necator*) = 15 000 vaj./den

škrkavka (*Ascaris*) = 200 000 vaj./den

⇒ Kritické prahové hustoty těchto cizopasníků jsou velmi nízké

⇒ Tito cizopasníci mají endemický výskyt v populacích člověka (společenstva lovců, sběračů)

# Makroparaziti s nepřímým přenosem (1)

Základní reprodukční rychlost u této skupiny makroparazitů závisí na velkém počtu údajů (příklad – *Schistosoma haematobium*):

$$R_p = (\lambda_1 L_{a1} f_{a1}) (\beta_1 N_1 L_{i1} f_{i1}) (\lambda_2 L_{a2} f_{a2}) (\beta_2 N_2 L_{i2} f_{i2})$$

$\lambda_1$  a  $\lambda_2$  = rychlost produkce vajíček na dospělou samici a počet cercárií na infikovaného plže

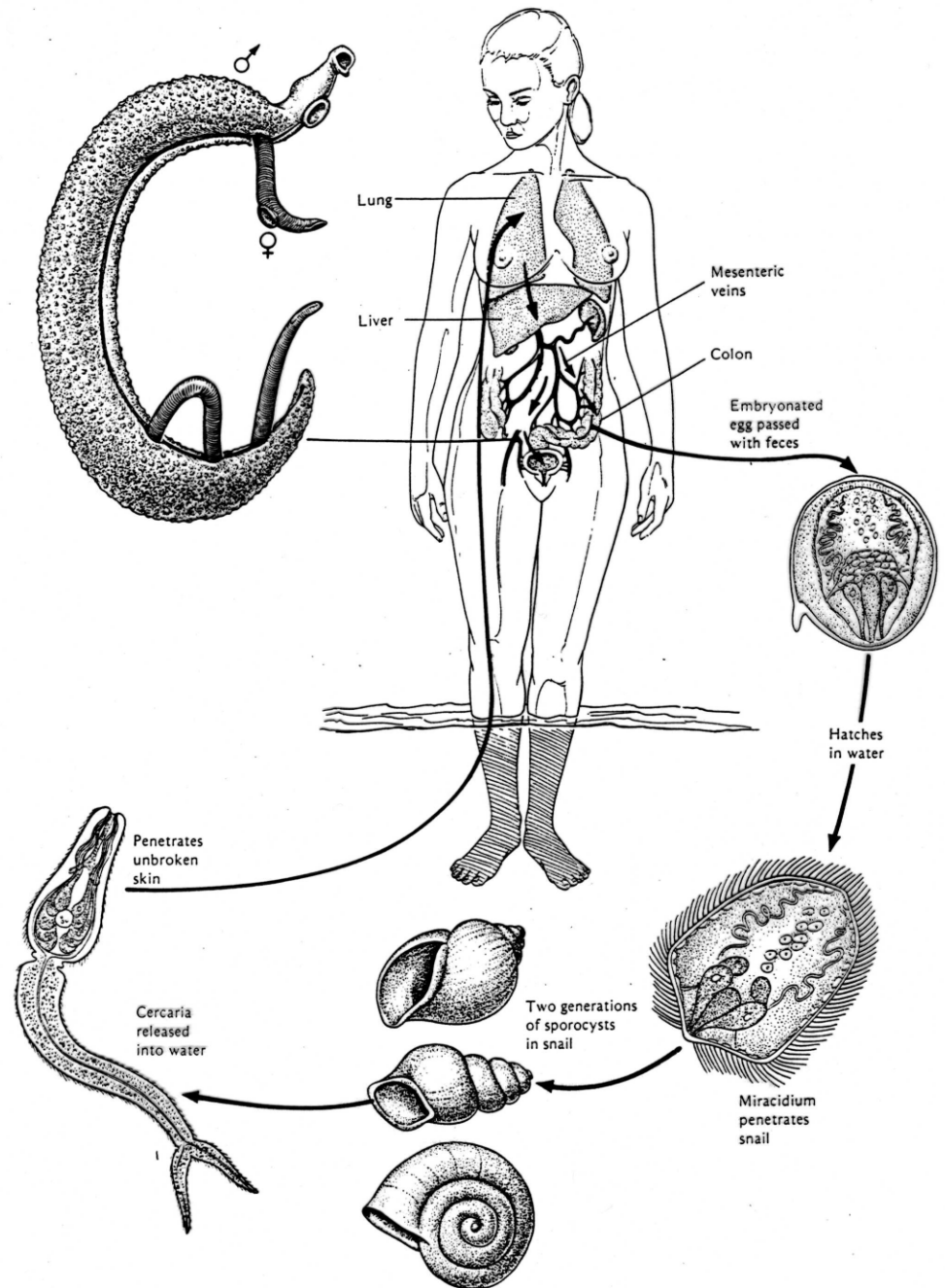
$N_1$  a  $N_2$  = hustota hostitele (člověka) a hustota mezihostitele (plže)

$\beta_1$  a  $\beta_2$  = rychlost přenosu z cercárií na hostitele a z miracidii na plže

$L_{i1}$  a  $f_{i1}$  = očekávané délky života a podíl přežívajících do nakažlivého stádia v případě dospělých parazitů, miracidii, nakažených plžů a cercárií.

# Makroparaziti s nepřímým přenosem (2)

Životní cyklus *Schistosoma heamatobium*



# Makroparaziti s nepřímým přenosem (3)

Tato rovnice umožňuje pochopit epidemiologii nemoci.

Příklad: Šíření schistosomózy je omezeno =  $f_{a2}$  je nízké (tj počet infikovaných plžů, kteří přežijí a uvolní cercárie). Vývoj cercárií v plži = 28 – 30 dní; plži sami žijí jen 14 – 54 dnů).

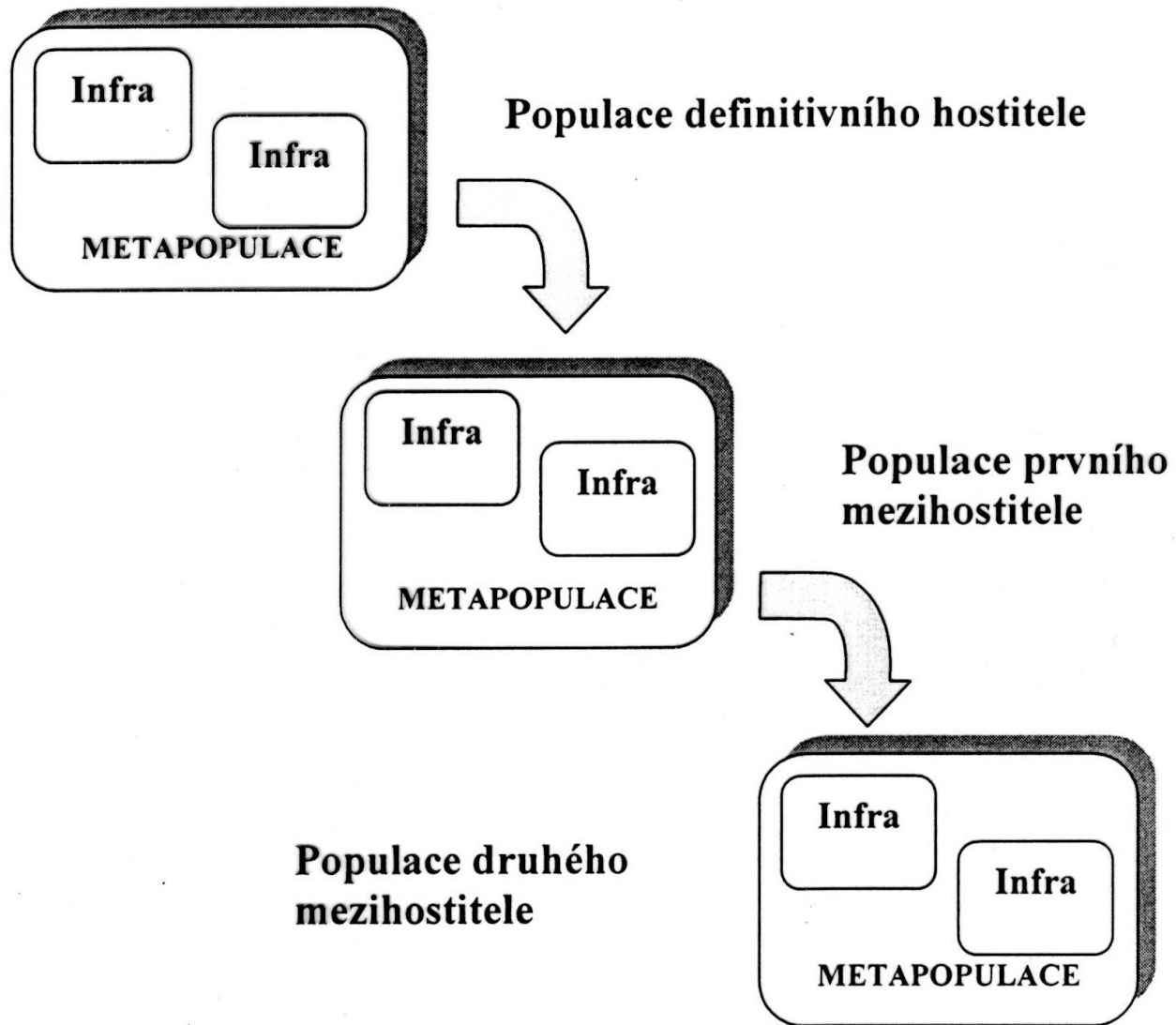
**U přímo přenášených makroparazitů je klíčová závislost na hustotě !**

Prahová hustota závisí na součinu:  $N_1 \times N_2 \Rightarrow$  na hojnosti lidí a plžů

Důvod k tomu je obou směrný přenos volně žijících invazních stádií.

Populaci lidí snižovat nelze  $\Rightarrow$  **regulace schistosomózy** jde proto cestou snižování hustoty plžů.

# SUPRAPOPULACE



# 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.



# 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.**

# 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.**

# 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 intrapopulací 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 intrapopulaci založit díky možnosti samooplození i jediný parazit a infekce libovolnou dvojicí parazitů může dokonce zajistit plnohodnotný outcrossing (oplození vajíček jednoho jedince spermiemi jiného jedince).
- U parazitů gonochoristů má prostorová izolovanost intrapopulací vliv na početní zastoupení samců a samic v právě narozeném potomstvu – posun ve prospěch samic.

# 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 (Rychlosti) $R_0$**

- 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 nezmnožuje 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 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, již 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 plžního 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

- 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.
  - Toxoplasma – „myši chodí za kočkami, lidé skáčou pod auta“...

# Vliv parazita na chování hostitele

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



Děkuji za pozornost