

Evoluční ekologie interagujících druhů

Ekologie interagujících druhů

- ▶ Kompetice o běžné zdroje, druh je potravou jiného druhu, jeden druhu může být prospěšný pro jiný nebo několik dalších druhů
- ▶ Adaptace ke kompetici
- ▶ Predace – úspěšné strategie získávání kořisti, kořist strategie úniku
- ▶ Parazitismus – adaptace parazitů k překonání obranných mechanismů hostitele, hostitel strategie úniku parazitovi

Kompetice

- ▶ Kompetice mezi jedinci je mechanismem, který zvyšuje adaptivní znaky mezi druhy (Darwin)
- ▶ G. F. Gause (1934) – experimentální studie kompetice mezi prvoky
- ▶ Role kompetice v přírodní selekci (vliv na abundanci a distribuci druhů)
- ▶ Jakým způsobem druhy kompetují o zdroje?
- ▶ Kompetice jako mechanismus, který vysvětluje jak můžou některé druhy koexistovat a jiné ne
- ▶ Některé faktory favorizují zvyšování kompetiční schopnosti, jiné evoluci znaků, které redukují kompetici

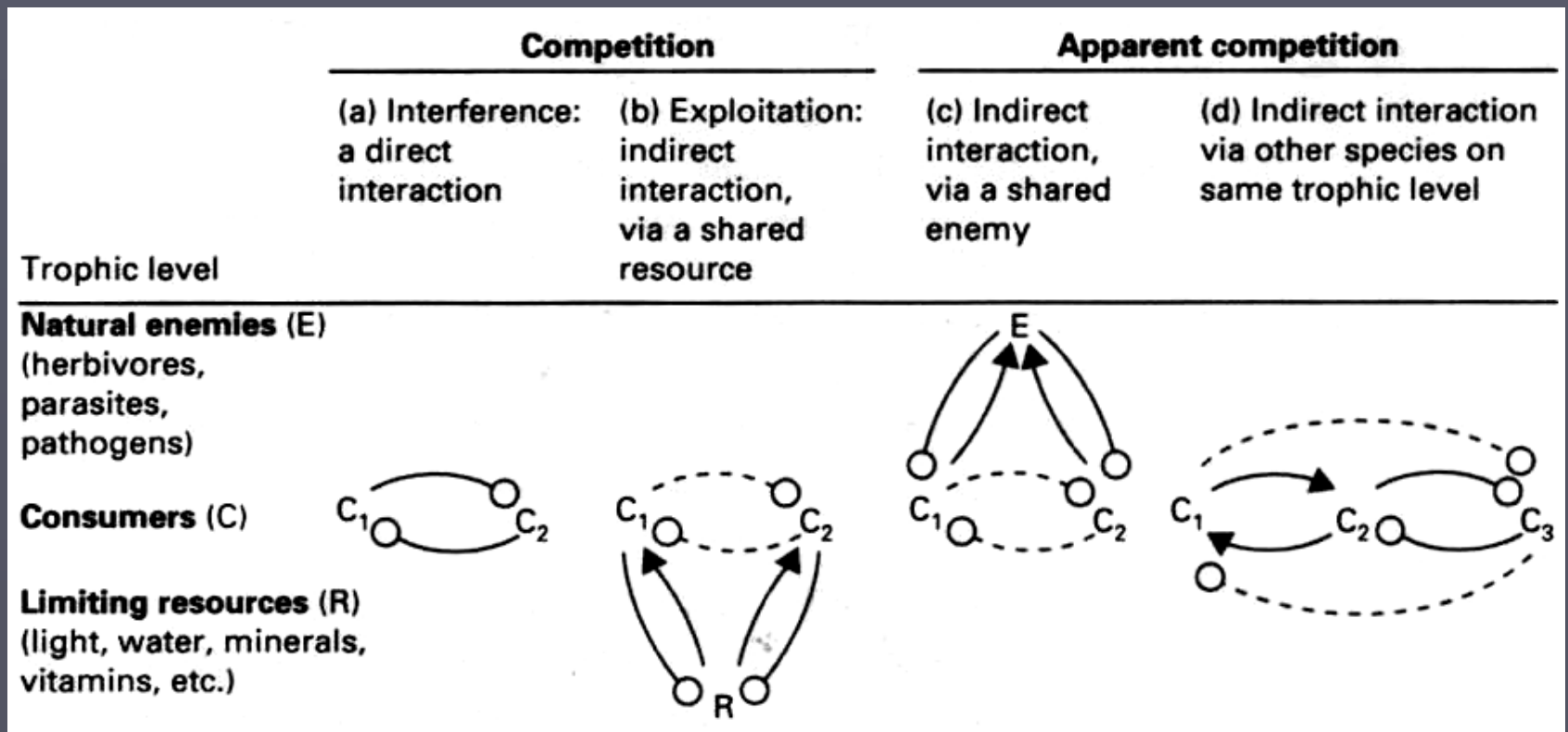
Ekologické a evoluční procesy kompetice

- ▶ nevyhnutelný důsledek zvyšování populační velikosti a limitace zdrojů
- ▶ redukuje přežívání a/nebo fekunditu
- ▶ **Interspecifická versus intraspecifická**
- ▶ redukce nebo eliminace interspecifické kompetice – u jednoho druhu se vyvine znak, který zamezí kompetici mezi 2 druhy
- ▶ **Soutěživá (scramble) kompetice** - nějak se podělí
- ▶ **Soubojová (contest) kompetice** - vítěz bere vše, asymetrická kompetice – kompetice o prostor, teritorialita, hlídat území něco stojí: výhody musí přesáhnout náklady



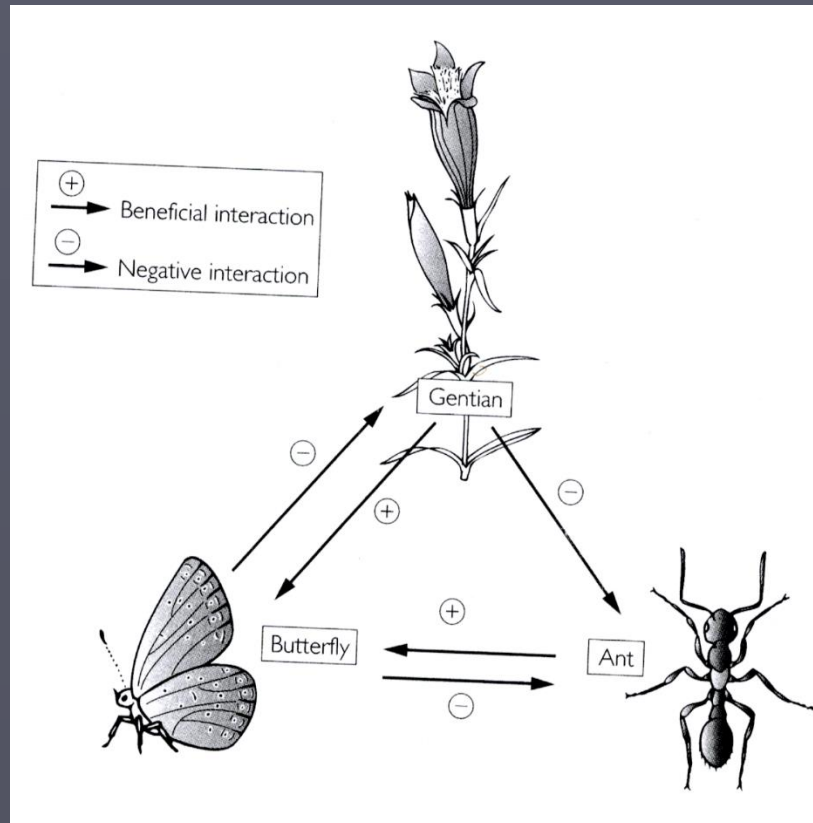
Ekologické a evoluční procesy kompetice

- ▶ **Zdánlivá kompetice**
- ▶ predátorem zprostředkovaná kompetice
- ▶ Dva druhy se vzájemně negativně ovlivňují, přičemž mezi nimi nedochází k přímé kompetici



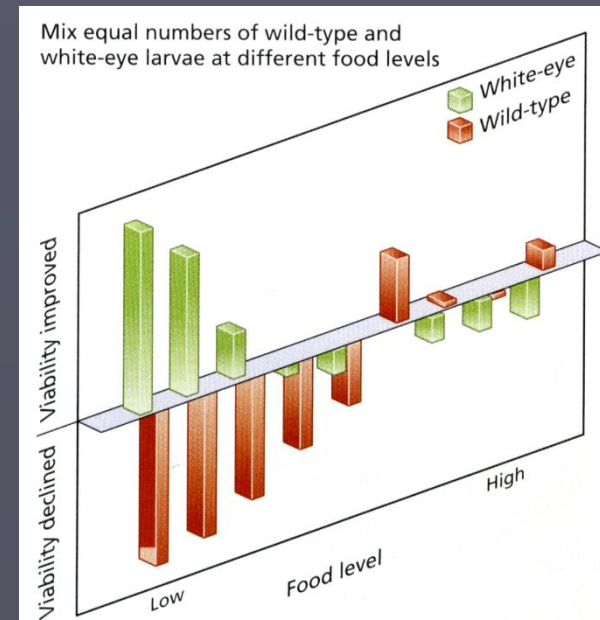
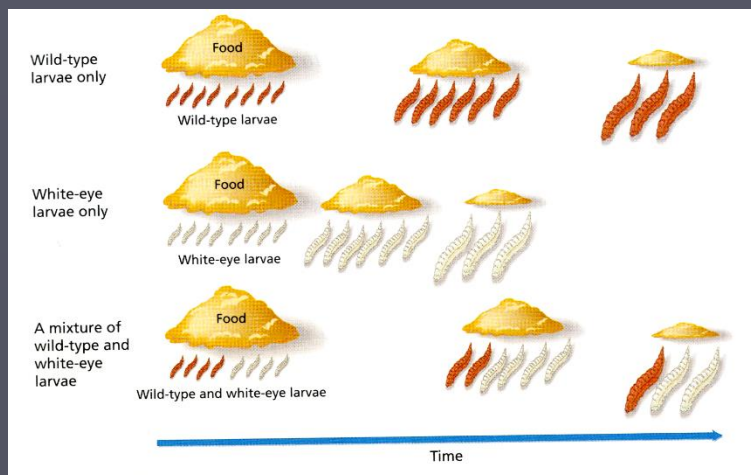
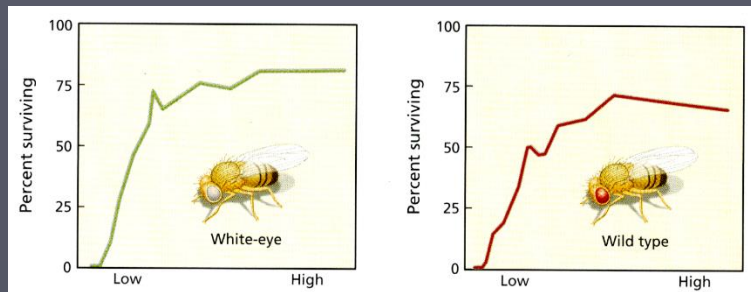
Zdánlivá kompetice

- Př. Komplex interakcí *Gentiana cruciata* (hořec křížatý), *Myrmica schenki* a *Maculinea rebeli*



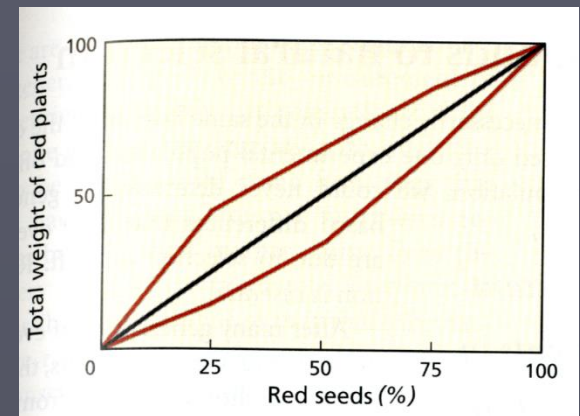
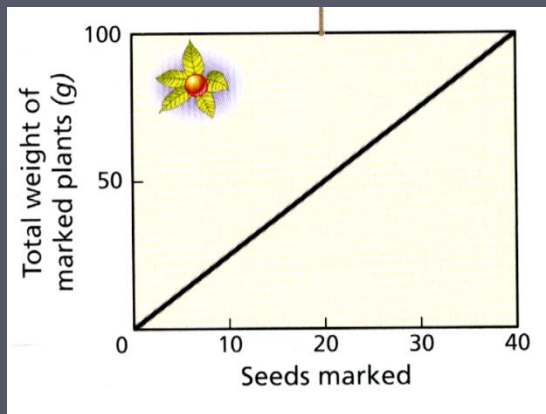
Kompetice o zdroje mezi jedinci ovlivňuje fitness

- ▶ ekologicky: zapříčiněná limitací zdrojů
- ▶ evolučně: schopnost získat adekvátní zdroje ovlivňuje fitness
- ▶ Geneticky podmíněné rozdíly ve schopnosti kompetice můžou vést k evoluci zvyšování této schopnosti



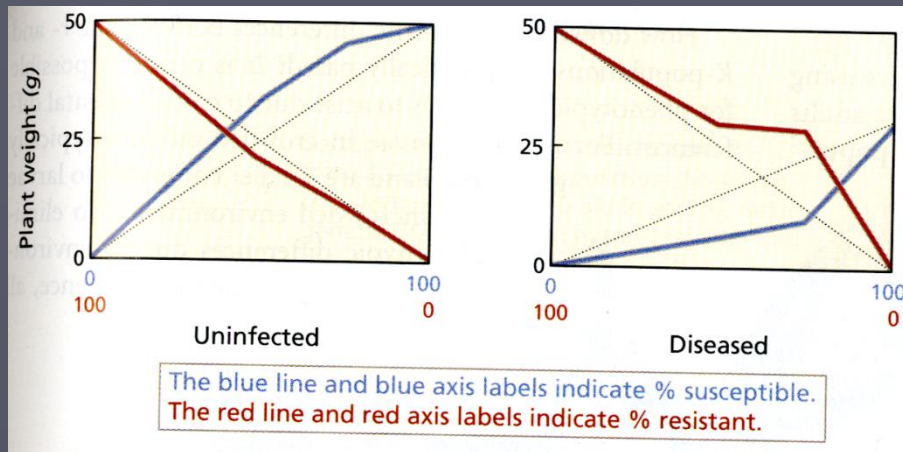
Podzemní struktury rostlin jsou v kompetici o mikroorganizmy, vodu a důležité živiny

► Kompetice u rostlin



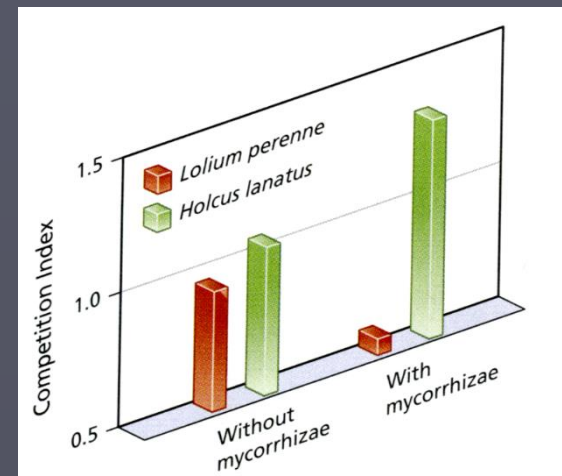
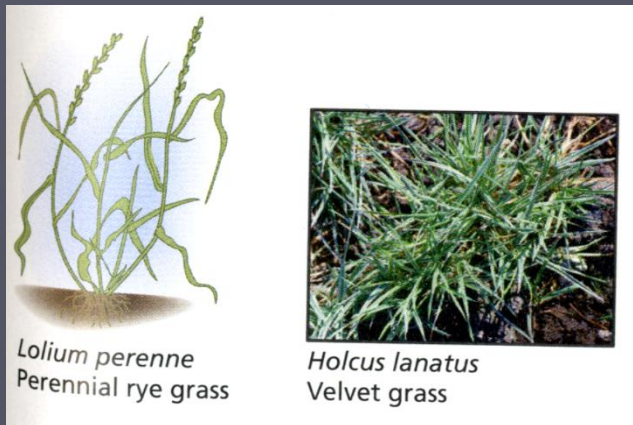
Změna směru kompetice v důsledku parazitace

- ▶ Interakce rostlin s houbama – někdy prospěšné, jindy patogeny
- ▶ Rzi (Uredinales, Pucciniales) - parazitické stopkovýtrusné hyby



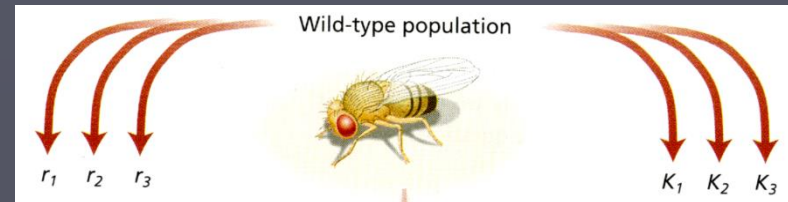
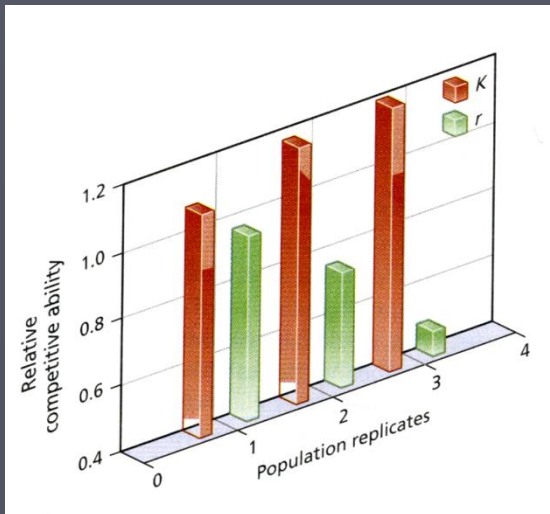
Změna směru kompetice v důsledku symbiotické interakce

- Mykoríza = symbióza hub a kořenů vyšších rostlin, absorpce fosforu a draslíku



Odpověď intraspecifické kompetice k přírodní selekci

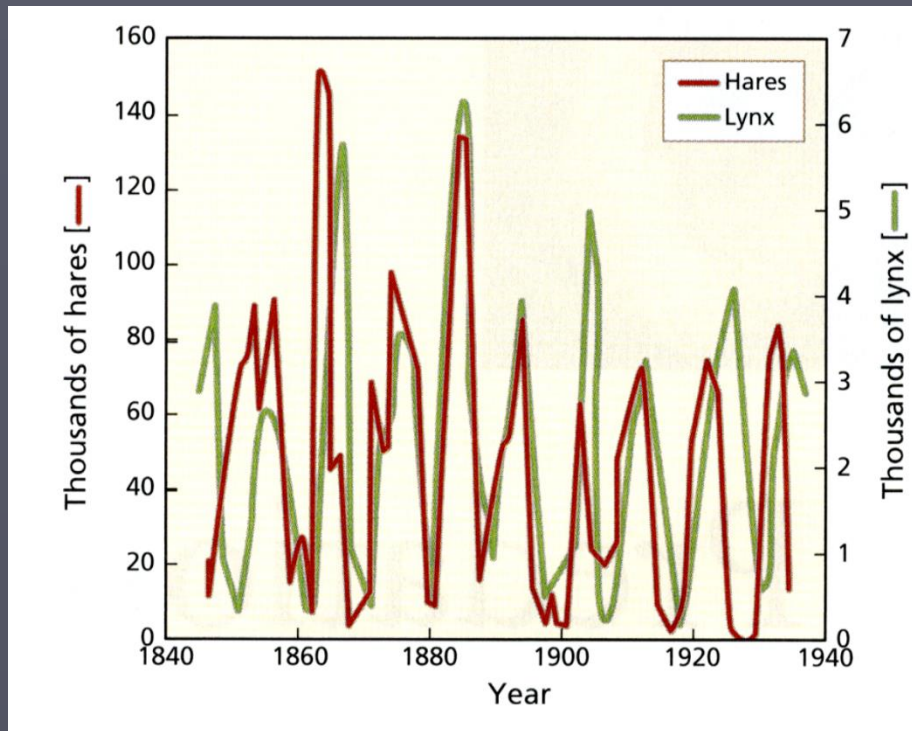
- ▶ Je schopnost kompetice ovlivněná přírodní selekcí?
 1. schopnost kompetice ovlivňuje přežívání = fitness
 2. genetická variabilita pro schopnost kompetice
- ▶ Genetické rozdíly v populaci – výsledek přírodní selekce nebo genetického driftu
- ▶ Př. Experiment evoluce kompetiční schopnosti u drozofily



Predace

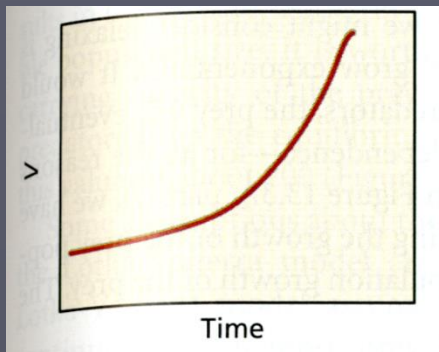
Predátor x kořist

Populační dynamiky propojené

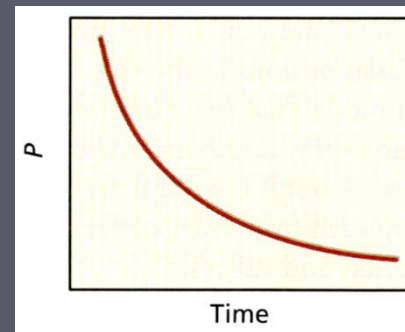


Lotka-Volterra model pro dynamiku predátor-kořist predikuje cykly

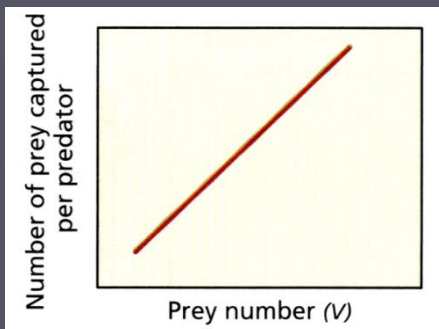
- Predikuje nestabilní cykly, co neodpovídá reálním populacím



$$\Delta V = rV$$

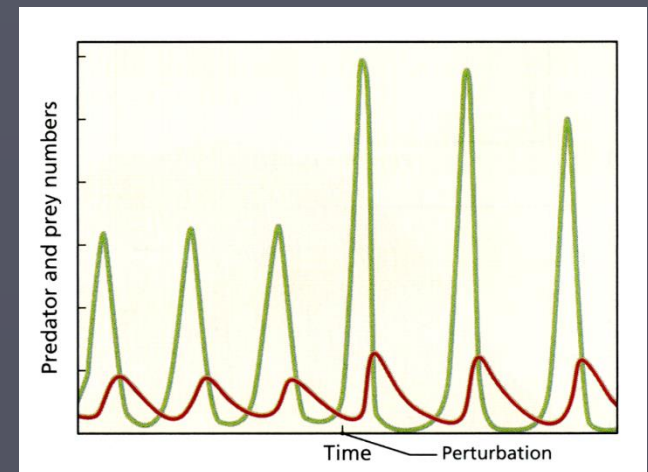


$$\Delta P = -dP$$



$$\Delta V = rV - cVP$$

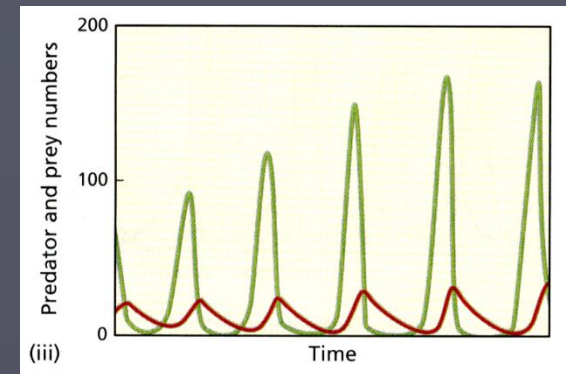
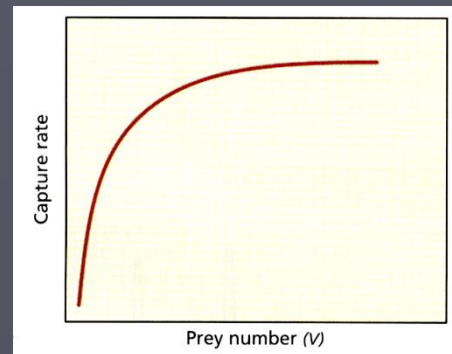
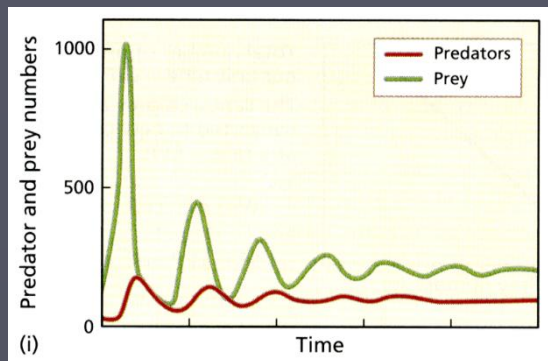
$$\Delta P = kVP - dP$$



Více realistický model inkorporuje na hustotě závislou dynamiku kořisti a nasycení predátora

- ▶ 1. Populace kořisti roste exponenciálně, v případě absence predátora na hustotě závislý růst
- ▶ 2. Predátor je kořistí saturován nebo kořist zpracovává = cykly jsou stabilní, po perturbaci se vrátí v čase k původním cyklům

$$\Delta V = rV \left[1 - \frac{V}{K} \right] - cVP$$



Více realistická funkční odpověď

Jak být predátorem?

- ▶ Predátor je konfrontován s mnoha rozhodnutími
 - impakt na přežívání vlastní i potomků
 - predátor může mít nepřítel -> minimalizuje čas pro získávání potravy s cílem redukce možné expozice nepřítelovi
 - kterou potravu bude ignorovat a o kterou bude usilovat?




Hledají predátoři potravu optimálně?


- ▶ **Optimálně** = 1. minimalizace času hledání potravy
nebo 2. získání maximální energie z úsilí věnovaného hledání potravy
- ▶ Potravní chování – výsledek přírodní selekce – zvyšování fitness
- ▶ **Některé faktory brání optimálnímu chování....**
- ▶ 1. Genetické zákonitosti (př. Mendelovská segregace)
- ▶ 2. fitness je determinováno více faktory (evoluce potravního chování s evolucí reprodukčního chování a kompetiční schopnosti)



Optimalizovat energii získanou za jednotku času nebo minimalizovat čas strávený hledáním potravy?


► Strategie minimalizace času


- Čas čekání = čas mezi setkání s kořisti
- Doba manipulace = chycení a konzumace kořisti





Take only  = (waiting time) + (handling time)
= $(1/5) + (1/2) = 0.7$ hrs

Take  and  = $(1/6) + [(5/6)(1/2) + (1/6)(1)] = 0.75$ hrs



Take only  = (waiting time) + (handling time)
= $(1/0.5) + (1/2) = 2.5$ hrs

Take  and  = $(1/0.6) + [(0.5/0.6)(1/2) + (0.1/0.6)(1)] = 2.25$ hrs

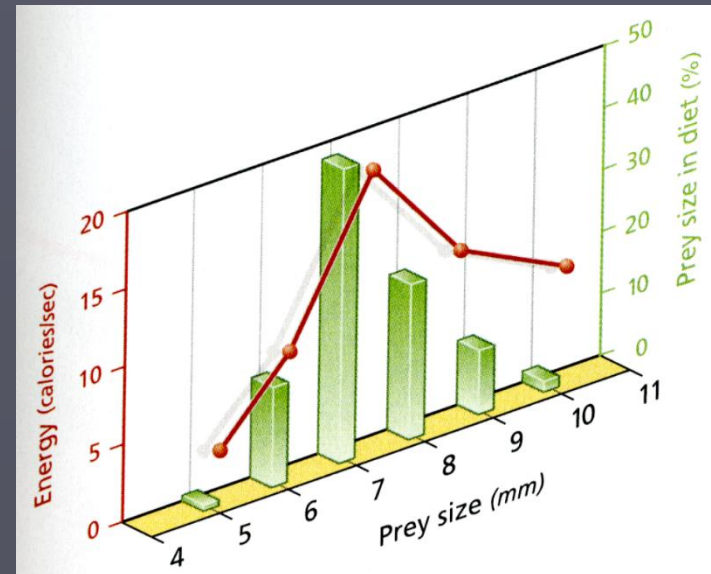
	P_A	P_B
Case 1	5.0	1.0
Case 2	0.5	0.1

Optimalizovat energii získanou za jednotku času nebo minimalizovat čas strávený hledáním potravy?

- ▶ Strategie maximalizace energie získané za jednotku času
- ▶ Modifikace selekce kořisti ve směru získání největší energie za jednotku času

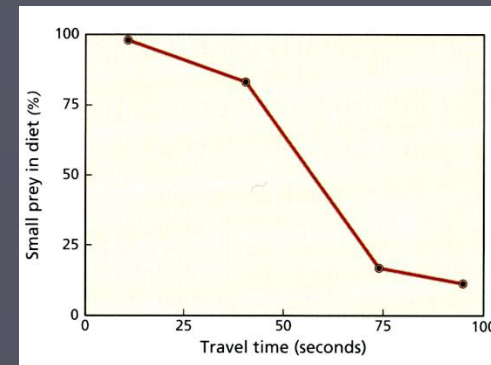
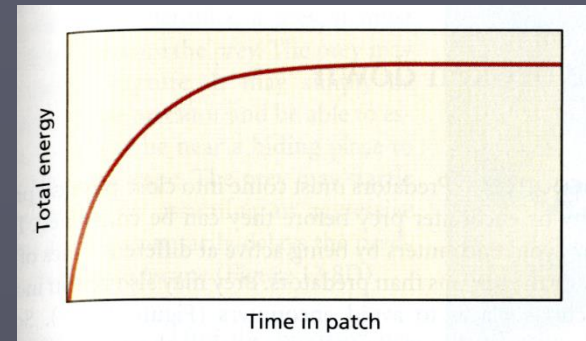
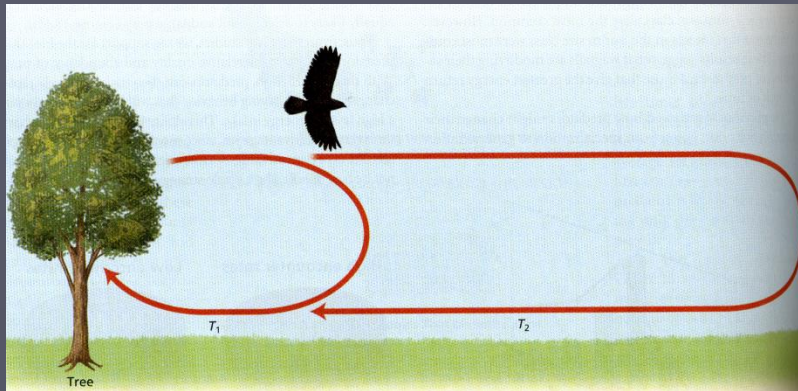


Motacilla alba



Získáš více potravy, čím dále cestuješ

- ▶ Čas strávený z centrálního místa na místo získávání potravy - určuje strategii minimalizace času nebo maximalizace energie



Merops apiaster (vlha pestrá) cílevědomě mění potravu se vzdáleností od hnízda

Jak předejít tomu, že se stanem kořistí?

- ▶ **Setkání** – aktivita kořisti v jinou dobu než u predátora, nenápadná pro predátora, odejít dříve než predátor
- ▶ **Detekce** – morfo struktury nebo barvy podkladu, náhlé a neočekávané pohyby pro predátora
- ▶ **Identifikace** – kořist produkuje nebo konzumuje toxické látky – nejedlá pro predátora (u některých pouze mimikry)



Jak předejít tomu, že se staneme kořistí?

- ▶ **Přiblížení** – kořist rychlejší než predátor, agresivní postoj
- ▶ **Podmanění kořisti** - skořápky, sliz, žihadla, trny, odhazování částí těla, „zle chutnají“
- ▶ **Požítí kořisti** – již bez možností úniku, ale negativní vliv na zdraví predátora -> přírodní selekce favorizuje vyhýbání se kořisti



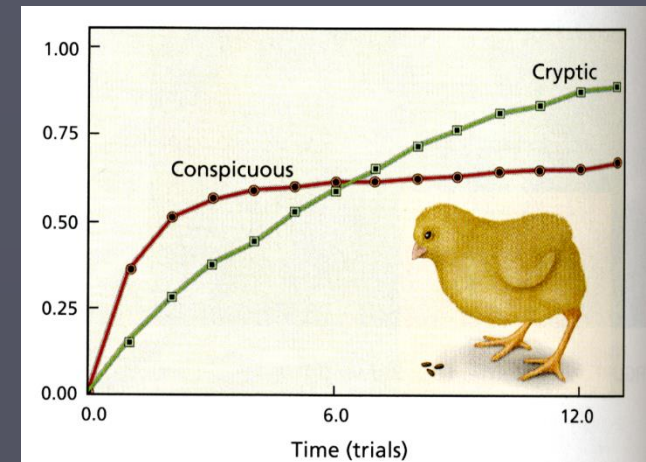
Kořist může předcházet predaci: je obtížné ji najít

- ▶ **Kryptické zbarvení** – zbarvení podkladu, neviditelný pro predátora
- ▶ **Aposematické zbarvení** – barvy černá, červená, žlutá = indikace nejedlosti, zvukové nebo pachové signály



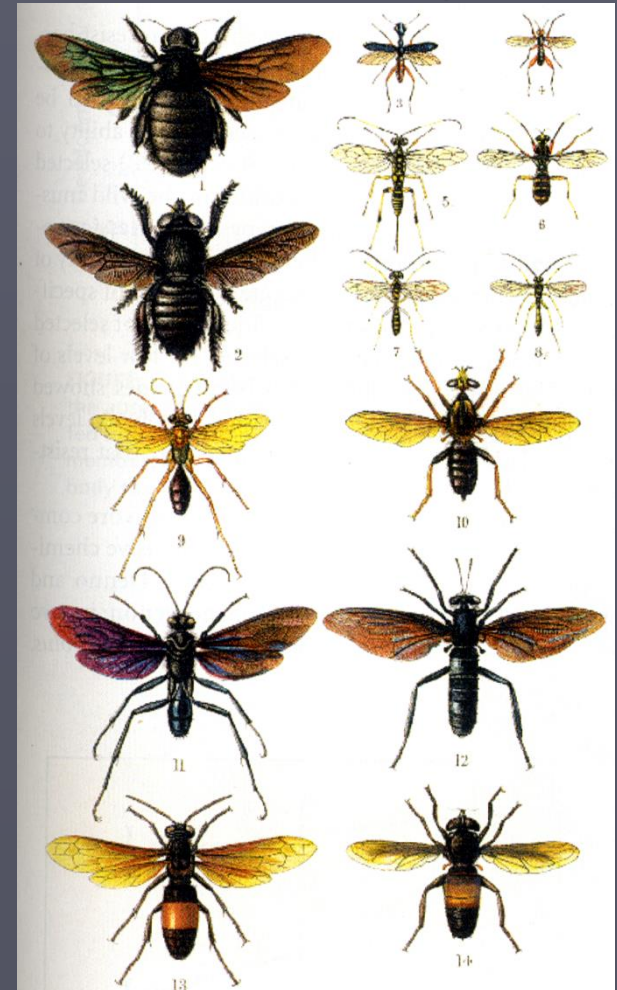
Umbonia crassiformis

- ▶ Predátor se vyhýbá viditelně nejedlé kořisti rychleji než krypticky zbarvené nejedlé



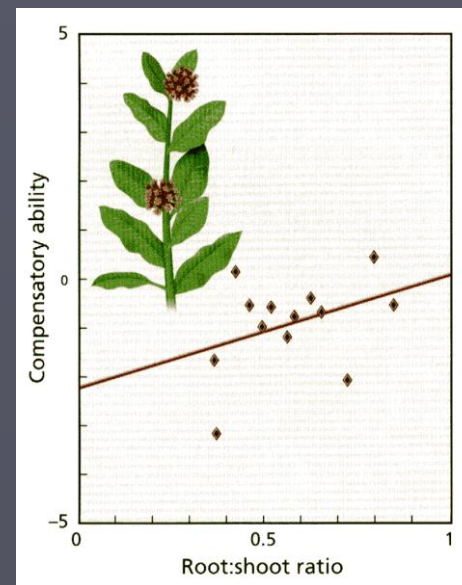
Kořist může předcházet predaci: má vzhled nejedlé kořisti

- ▶ Predátor se vyhýbá podobně vypadajícím druhům kořisti, protože jedna byla nejedlá
- ▶ **Müllerianské mimikry** – oba druhy jsou stejně nechutné a stejně běžné
- ▶ **Batesianské mimikry** – jeden je jedlý (imitátor), druhý nejedlý (model)

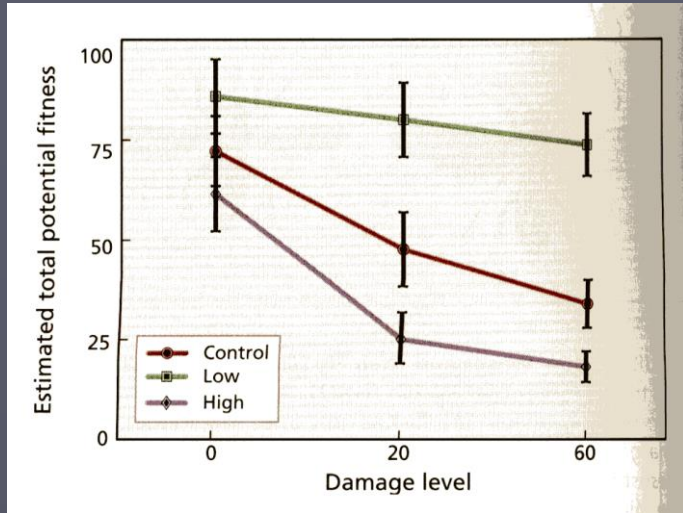


Interakce rostlina - herbivor

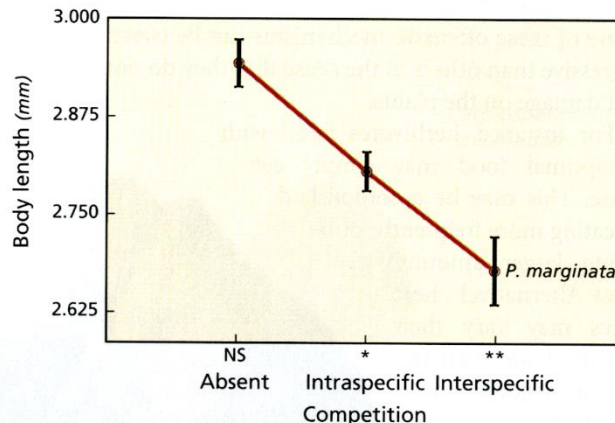
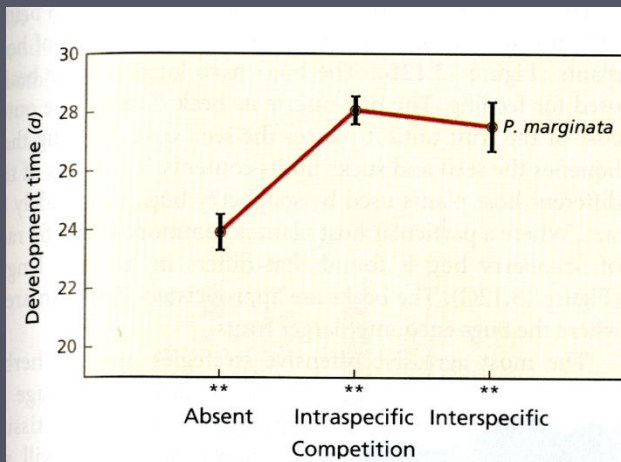
- ▶ Strategie obrany vůči herbivorům:
- ▶ 1. rezistence – toxické složky, není redukováno fitness
- ▶ 2. tolerance poškození – květy a plody i po poškození, fitness redukováno
- ▶ Kompenzační schopnost = rozdíl mezi fitness poškozené a nepoškozené rostliny
- ▶ Někdy efekt herbivorů pozitivní – lepší reprodukce



Kompromis mezi schopnosti rezistence a tolerance herbivorů u rostlin



Experiment *Brassica rapa* –
 linie s různou rezistencí – toxické glykosidy
 Vysoká míra rezistence = redukováná tolerance



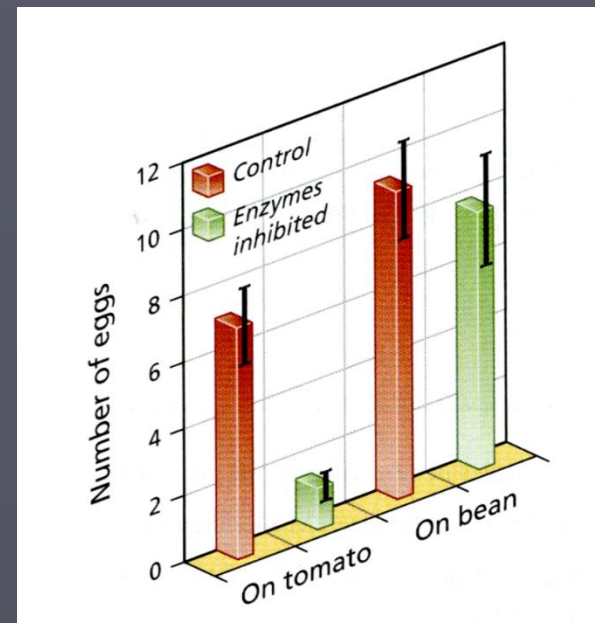
Prokelisia marginata
P. dolus (Hemiptera)

Býložravci využívají různé strategie, aby předešli obraně rostlin

- ▶ Morfologické, fyziologické a behaviorální adaptace, které zvyšují reprodukční úspěch herbivora
- ▶ **Enzymatická detoxikace** toxických komponentů produkovaných rostlinami – enzymy součástí cytochrom P-450 systému

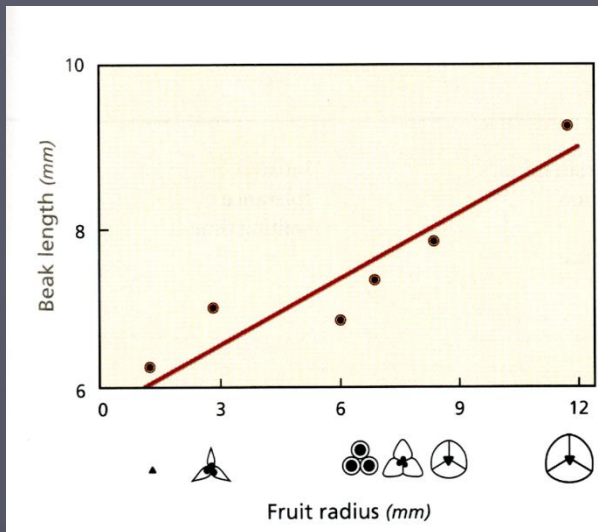


Tetranychus urticae
sviluška chmelová

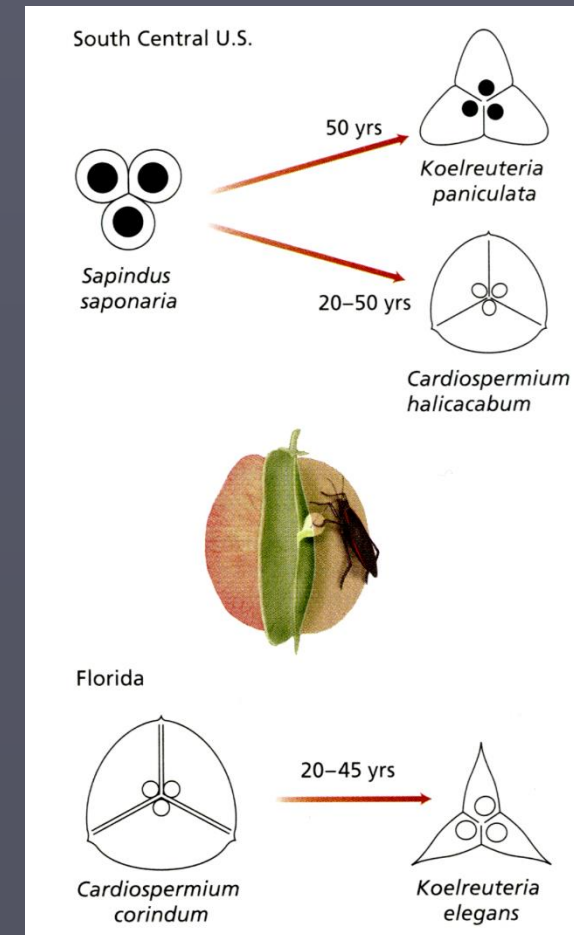


Býložravci využívají různé strategie, aby předešli obraně rostlin

► Morfologické adaptace



Rhopalidae (Hemiptera)
Jadera haematoloma
jedinečný příklad
rychlé evoluce
= evoluce v procesu



Parazitizmus

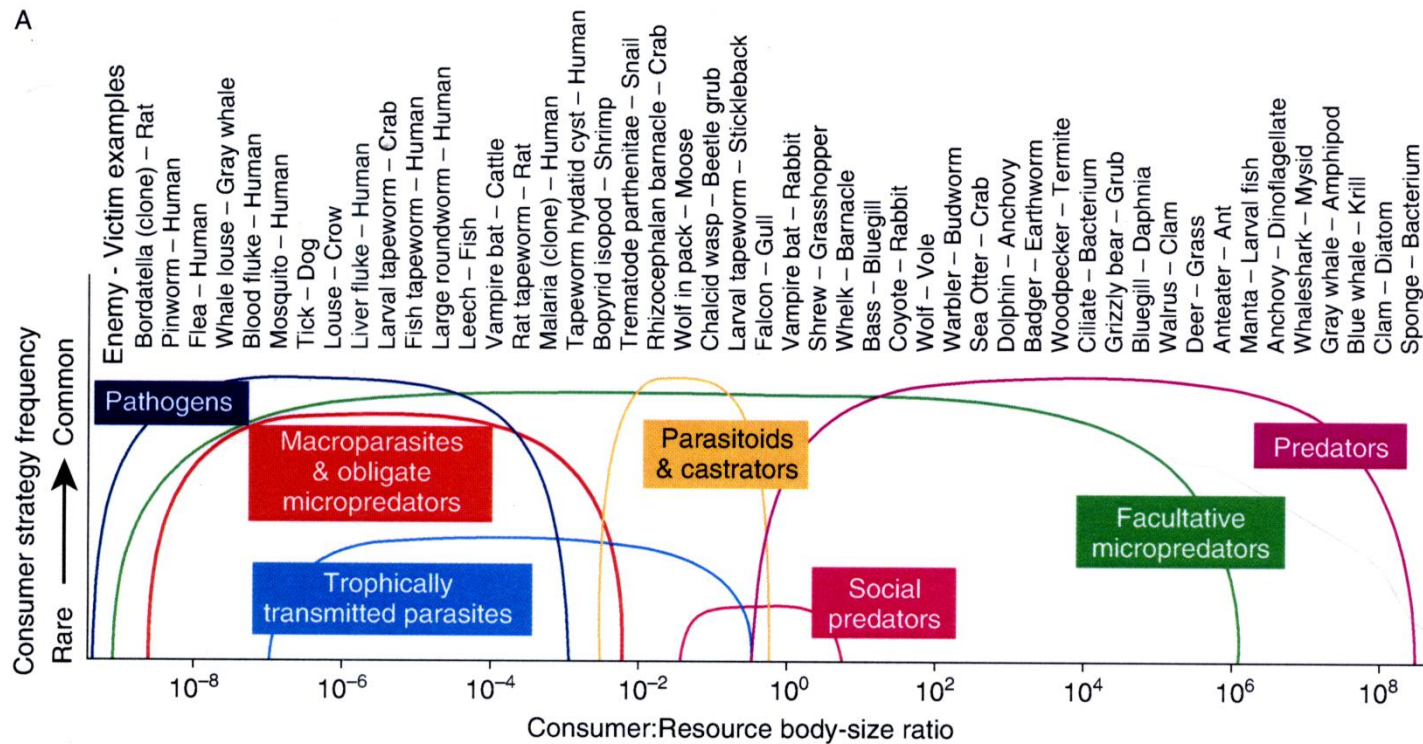
Parazit - žije po celý život nebo část svého života na těle nebo uvnitř těla jiného organismu (=hostitele)

- ▶ **užitek pro parazita a poškození pro hostitele** (redukce přežívání a fertilita)
- ▶ Někdy hostitel nepřežívá (troficky přenosní parazité)
- ▶ Jednoduché vs. složité vývojové cykly
- ▶ Parazit specificky vázán na hostitele (**specialista**) nebo bez preference hostitele (**generalista**)

Evolučně-ekologické vymezení parazita

- ▶ Počet napadených obětí během života parazita
- ▶ Vliv parazita na biologickou zdatnost hostitele
- ▶ Vztah mezi intenzitou nákazy a mortalitou hostitele
- ▶ Výhodnost smrti hostitele pro parazita

Velkost konzumenta versus kořisti

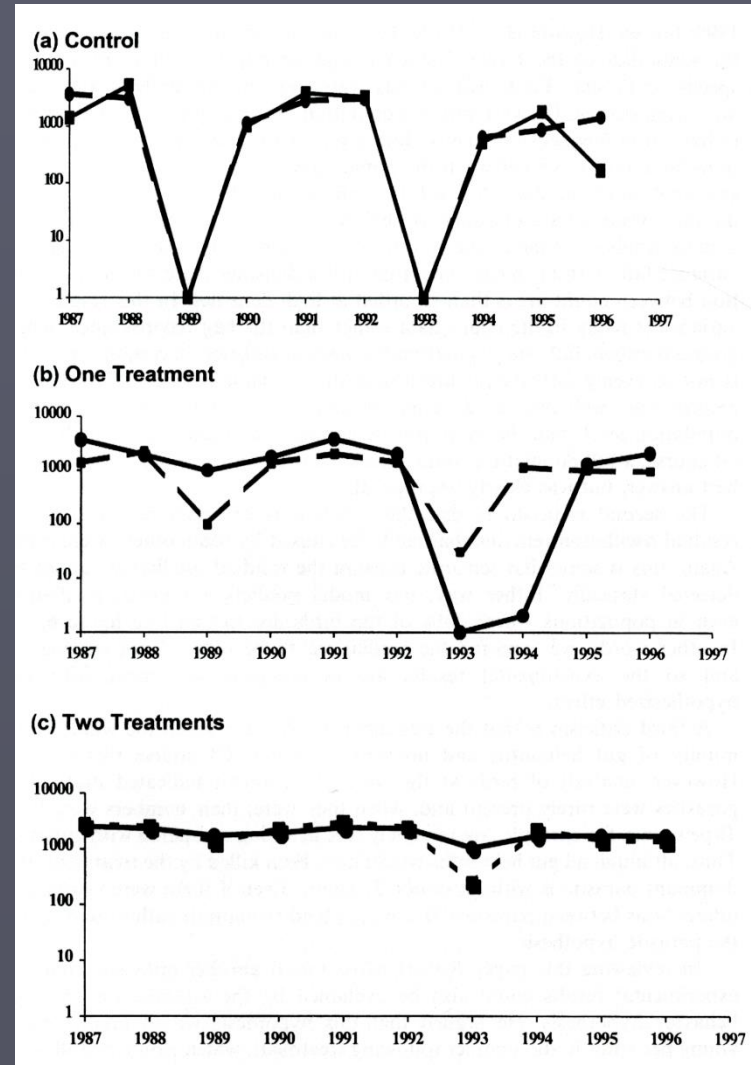


Efekt parazita na dynamiku hostitele

- Redukce počtu parazitu snižuje míru populační fluktuace hostitele

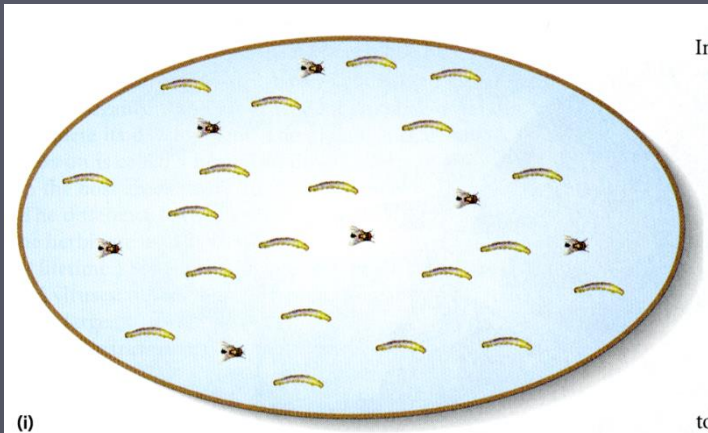


Lagopus lagopus scoticus
bělokur skotský



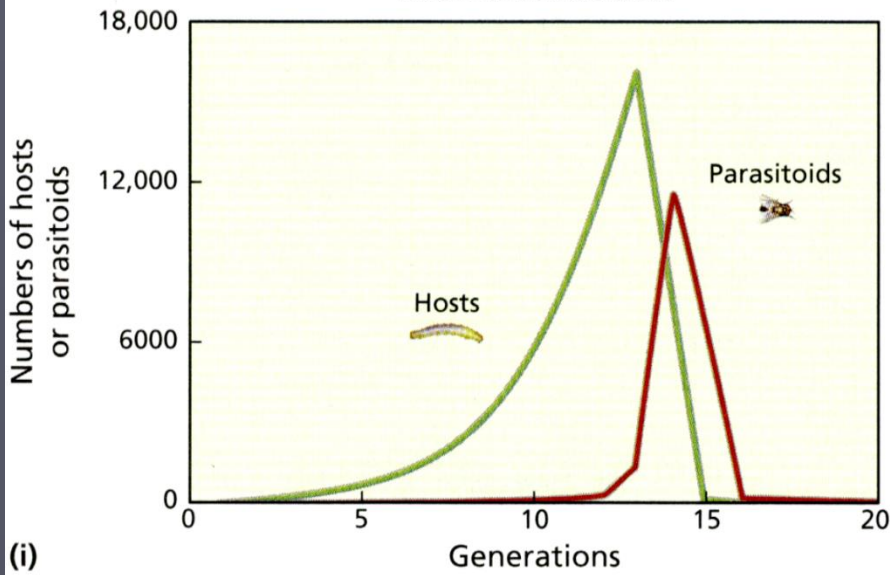
Parazitoidi nemůžou být tak efektivní ve vyhledávání hostitele, pokud chtějí předejít extinkci

- ▶ Dynamika parazitoid-hostitel podobná parazit-hostitel
- ▶ Rozdíl přímý vztah mezi reprodukcí parazitoida a smrtí hostitele
- ▶ Důležitá je nerovnoměrná (agregovaná) distribuce parazitoida pro koexistenci obou partneru interakce



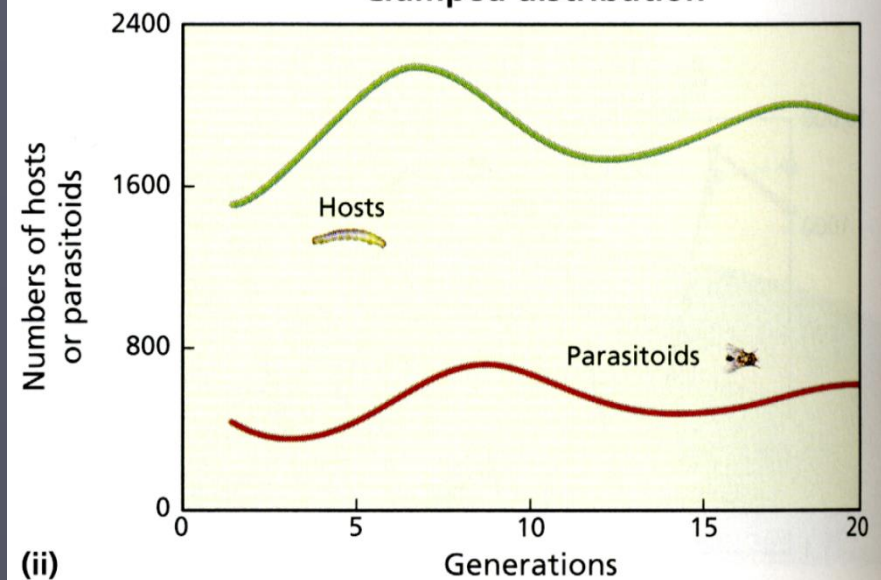
Parazitoidi nemůžou být tak efektivní ve vyhledávání hostitele, pokud chtějí předejít extinkci

Even distribution



(i)

Clumped distribution



(ii)

Parazitoidi nemůžou být tak efektivní ve vyhledávání hostitele, pokud chtějí předejít extinkci

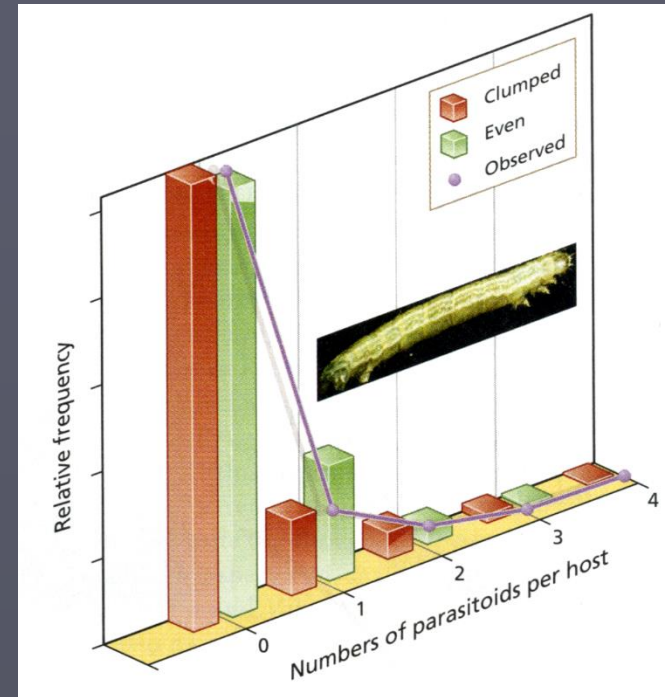
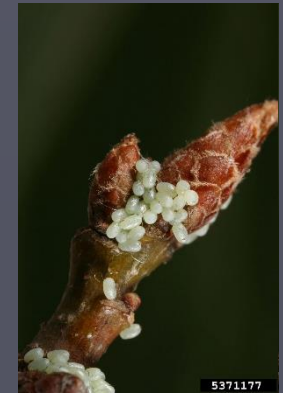
- ▶ Př. Parazitoid *Cyzenis albicans* (Tachinidae) u píďalky podzimní



Cyzenis albicans

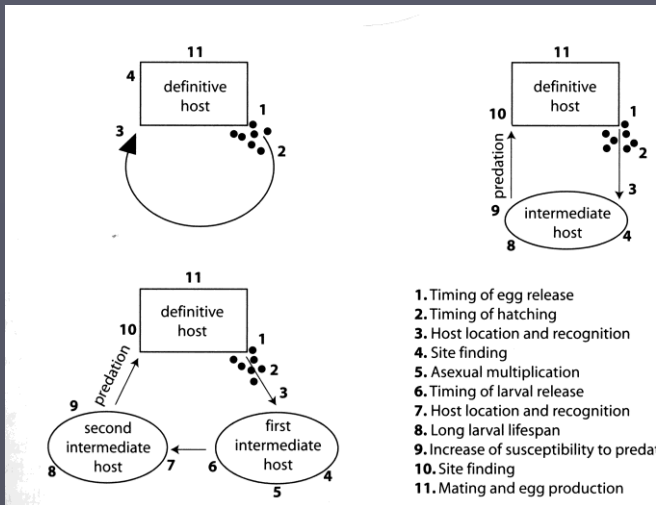


Operophtera brumata - Píďalka podzimní

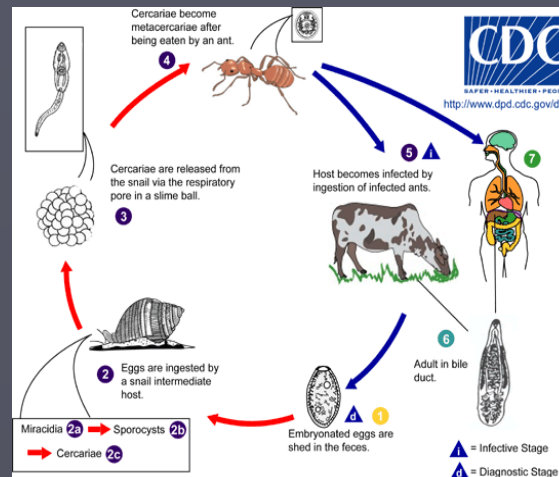


Paraziti jsou často specializováni z hlediska habitatů a vývojových cyklů

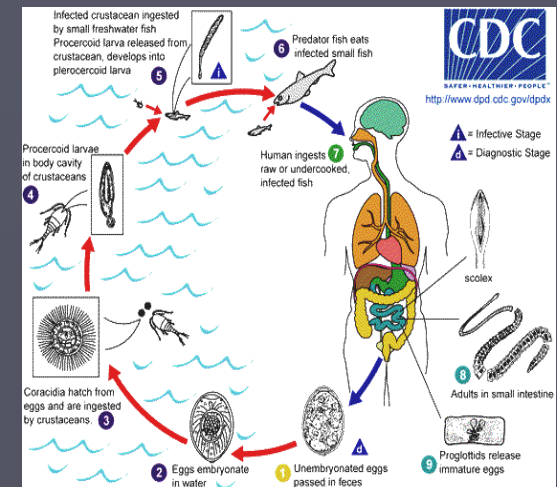
- Extremní specializace je spojená s vývojovými cykly



Trematoda
Dicrocoelium dendriticum



Cestoda
Diphyllobothrium latum



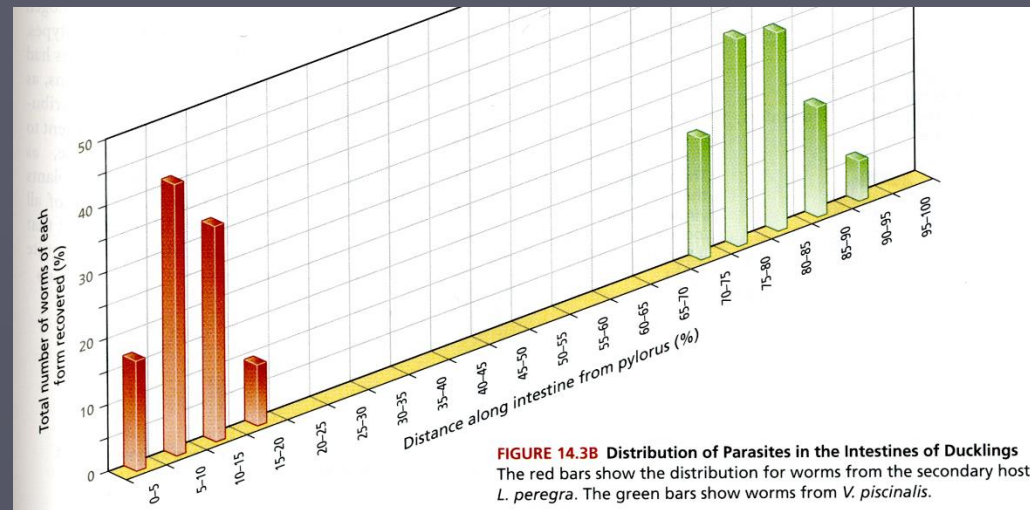
Evoluční úspěšnost parazita

- ▶ Strategie vyhledávání hostitele
- ▶ Strategie vniknutí do hostitele a uchycení
- ▶ Adaptace vůči nepříznivému hostitelskému prostředí
- ▶ Schopnost uživit se
- ▶ Schopnost bránit se imunitnímu systému
- ▶ Schopnost reprodukce v hostiteli a schopnost disperze

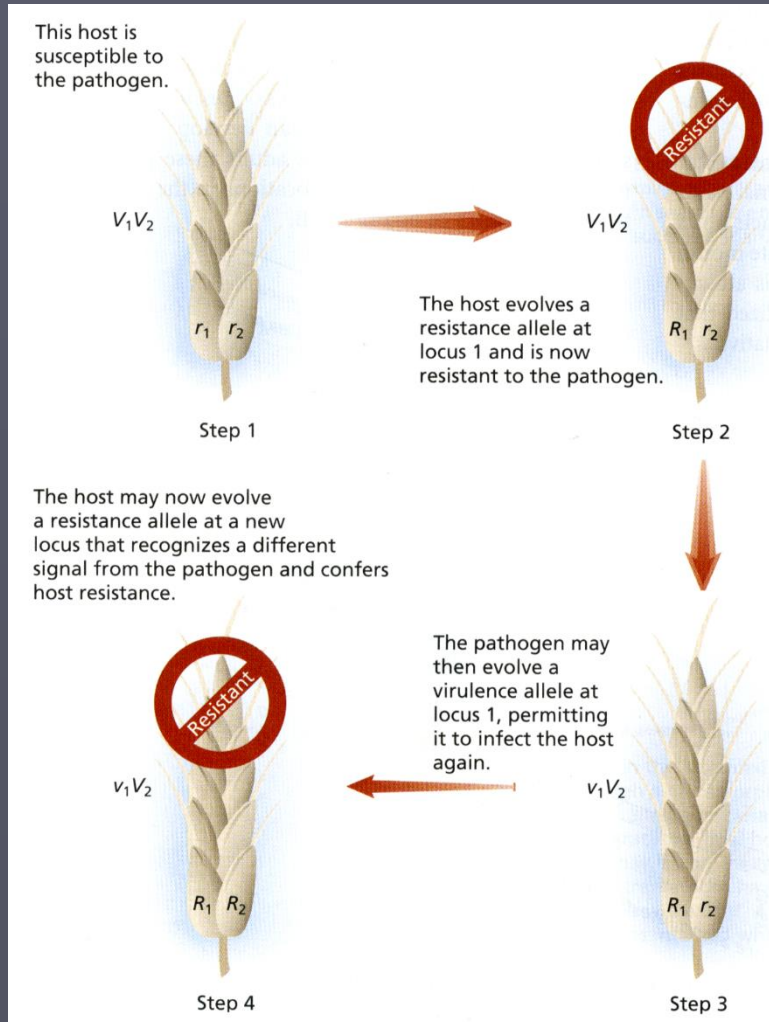
- ▶ =>pro parazita může být složité u více hostitelských druhů
- ▶ =>geneticky diferencované populace = specialisti

Někdy parazit generalista představují různě specializované populace

- ▶ *Echinoparyphium recurvatum* (Trematoda)
- ▶ *Lymnaea peregra* a *Valvata piscinalis* – dva meziphostitelé
- ▶ „Sibling“ species



Hostitel vyvíjí genetickou rezistenci vůči parazitům, parazit vyvíjí způsob jak zdolat tuto rezistenci

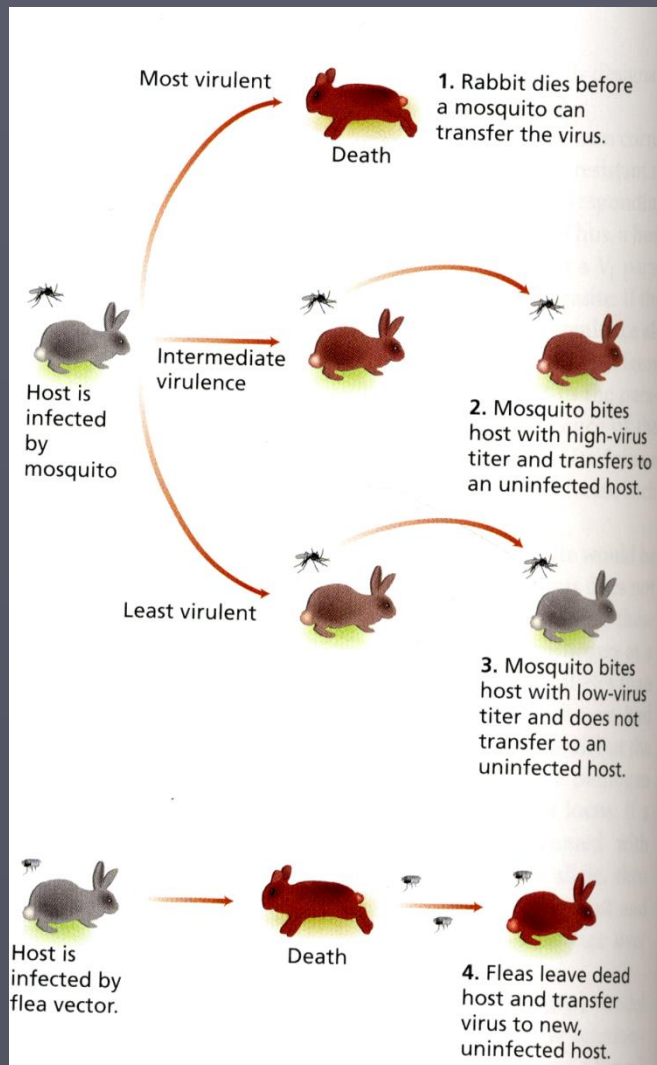


Systém gen pro gen (alely rezistence versus alely virulence)

Nebylo by lepší, kdyby parazit vyvinul alely pro virulenci pro každý lokus?

Nebylo....

Koevoluce hostitelů a parazitů závisí taky na ekologických faktorech



- ▶ introdukce králíků do Austrálie, přemnožení, introdukce *Myxoma* viru v 1950

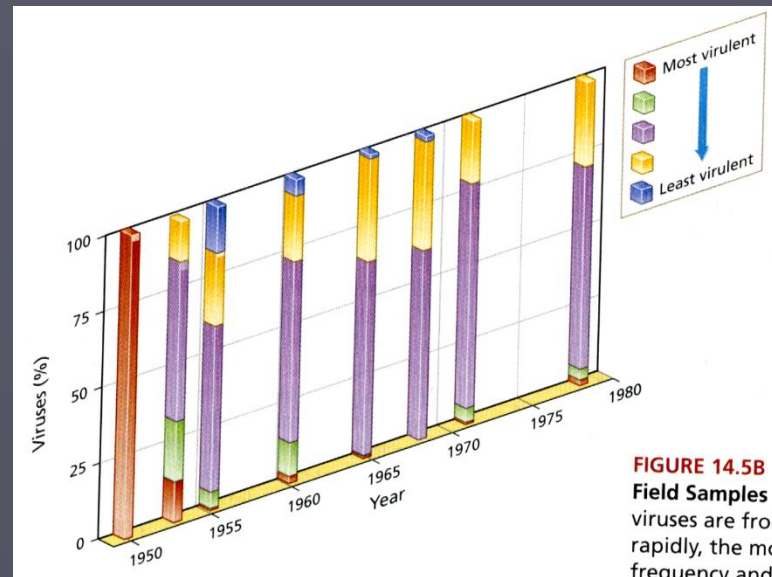


FIGURE 14.5B Field Samples of Myxoma Virus in Australia, 1950-1980. As the virus became less virulent, the frequency and

Mutualistické interakce

- ▶ Transport, potrava, ochrana
- ▶ Někdy jednostranné využití bez vlastních investic = komenzalizmus
- ▶ **Potravní mutualizmus - Transportní mutualizmus - Ochranný mutualizmus**
- ▶ čistící ryba příležitostně požírá hostitelskou tkáň, hostitelská ryba příležitostně zkonsumuje čističe, orchideje napodobují nektar-produkující rostliny



Mutualizmus může zahrnovat reciprokou výměnu důležitých živin

- ▶ Dusík fixující bakterie
- ▶ Mykorrhiza
- ▶ Lišejníky
- ▶ Mravenci *Attini* a zahrádky hub, role bakterie *Streptomyces* inhibující *Escovopsis*



Mutualizmus může zahrnovat transport jedinců nebo gamet

- ▶ Transport gamet – opylovači



- ▶ Transport semen př. *Garrulus glandarius*



- ▶ Transport organizmů př. *Necrophorus humator*



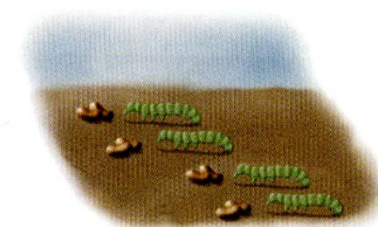
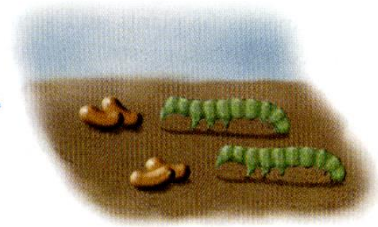
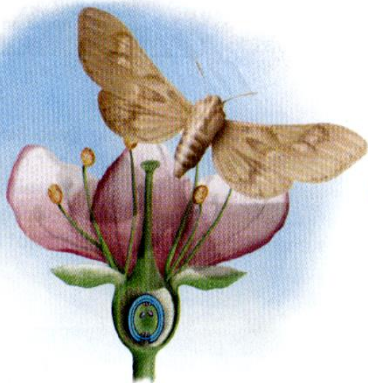
Mutualizmus může poskytnout ochranu vůči predátorům a kompetitorům

- ▶ Parazitismus na potomstvu
- ▶ Příklad: *Psarocolius* (Icteridae) parazitovaný *Molothrus* (Icteridae) – mimetická a nemimetická vajíčka v závislosti na přítomnosti parazita, strategie akceptace parazitických mláďat z důvodu zvýšení přežívání mláďat



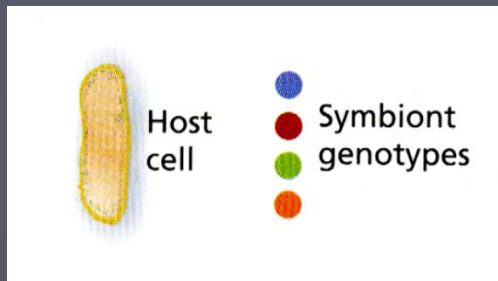
Mutualizmus se často vyvíjí jako přímý důsledek negativní interakce mezi více druhy

- ▶ Mnoho mutualistických interakcí se vyvíjelo původně jako antagonistické interakce
- ▶ Mnoho mutualistických interakcí začleňuje 3 a více druhů, včetně antagonistického páru
- ▶ Př. Evoluce mutualizmu mezi motýlem (skvrnovníčkovití) a jukou (chřestovité)

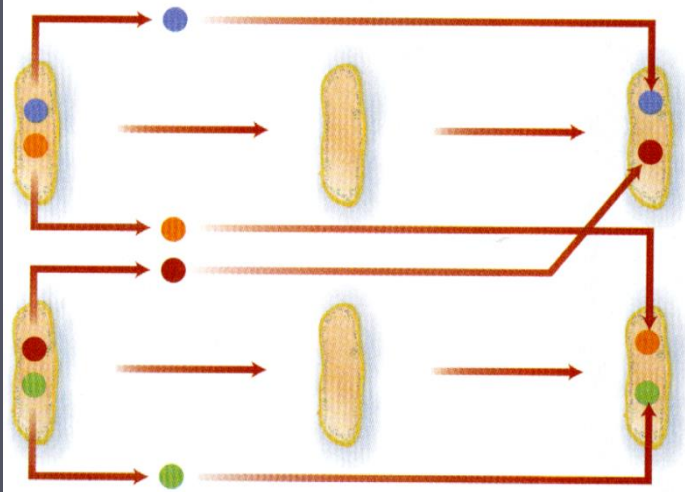


Evolve mutualizmu může být usnadněná, když se reprodukce hostitele a symbionta shodují

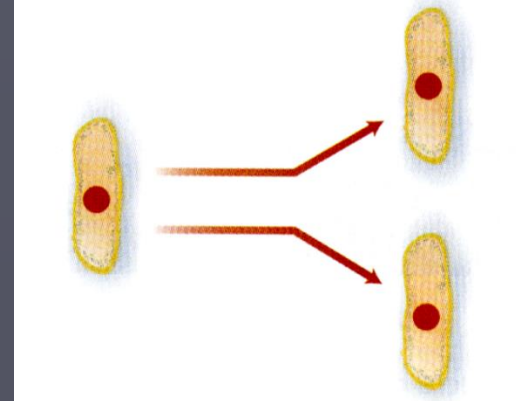
- Různé způsoby transmise symbionta



Indirect transmission



Direct transmission



Evolve mutualizmu je usnadněná výběrem stejné reprodukční strategie hostitele a symbionta

- ▶ Hostitelské fitness – hostitel vybírá stejnou strategii jak symbiont
- ▶ Fitness symbionta s nepřímým přenosem – symbiont atakuje
- ▶ Fitness symbionta s přímým přenosem – symbiont spolupracuje

