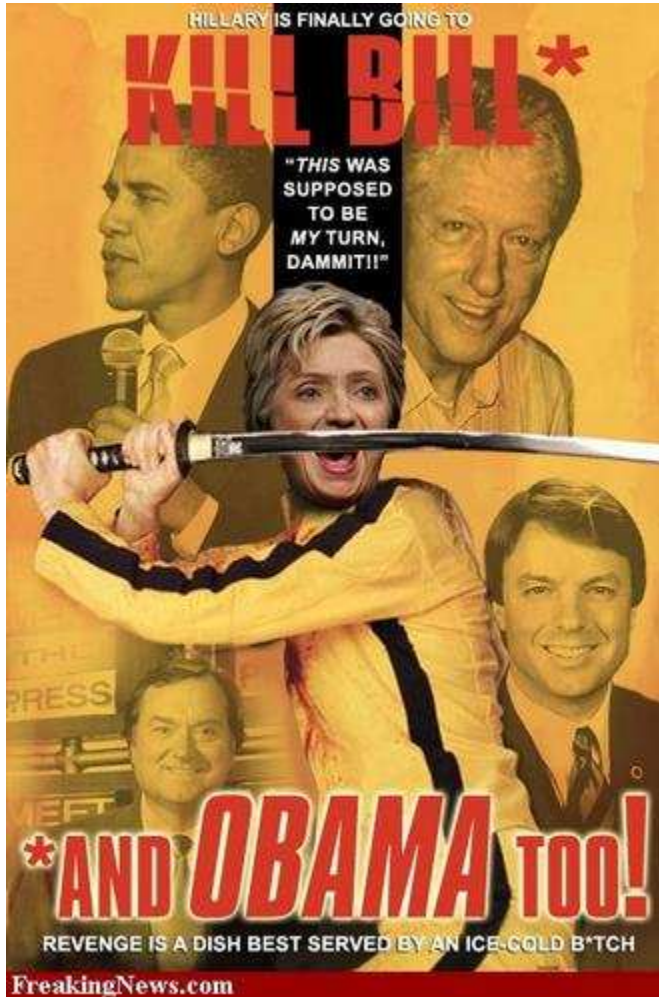


# KONFLIKT A KOOPERACE I.

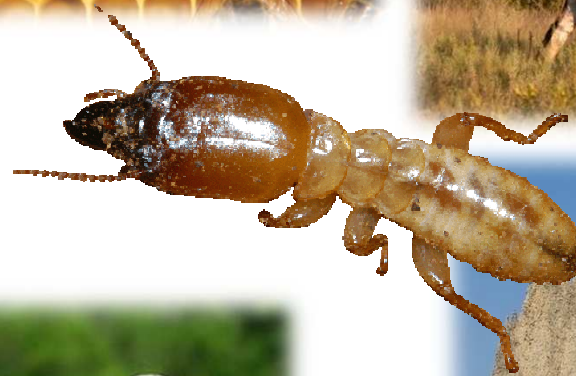
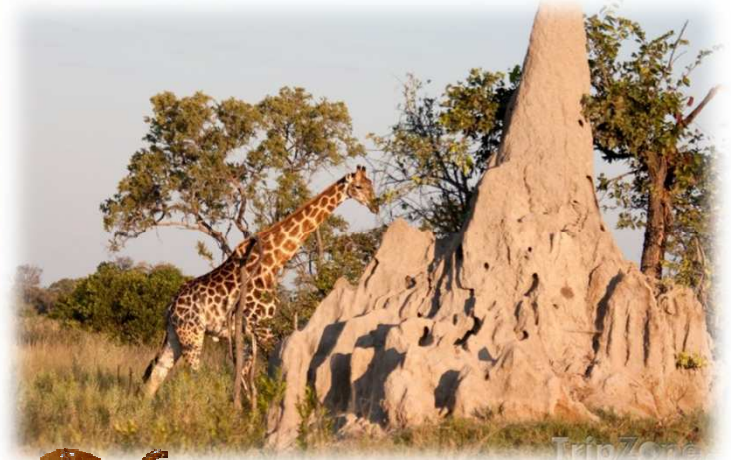


přírodní výběr je v podstatě kompetitivní proces  $\Rightarrow$

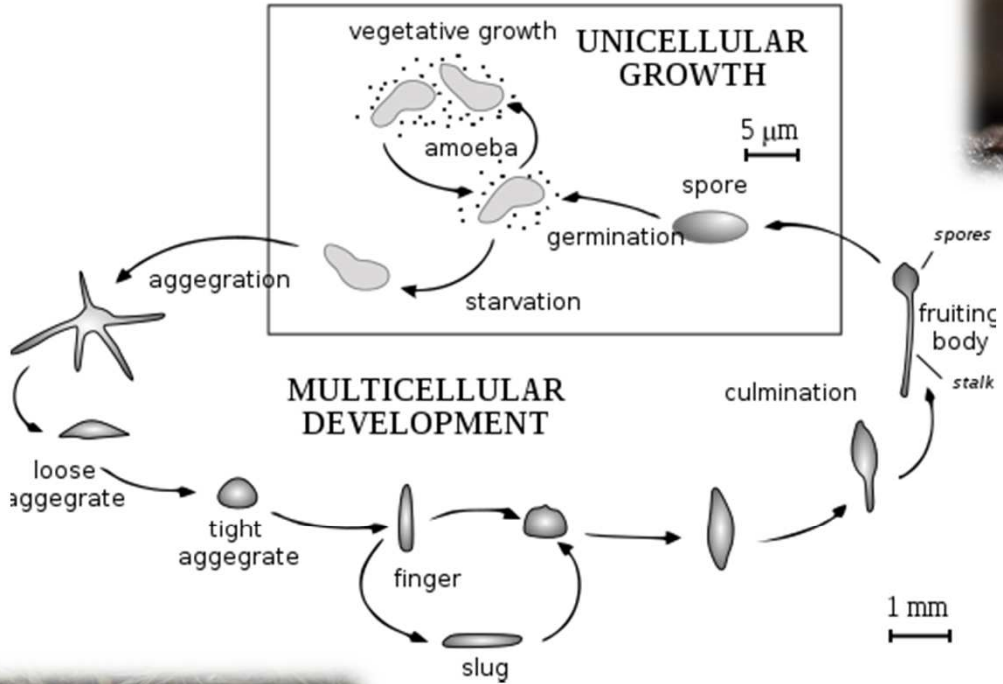
kooperace mezi organismy je jedním z nejzvláštnějších rysů živé přírody

sociální hmyz, člověk

mutualismus



# Př.: hlenky (*slime molds*)



# Jak se navzdory konfliktu mezi organismy může kooperace vyvinout?

Charles Darwin: „*struggle for life*“

ale i spolupráce mezi krávou a teletem (kooperace mezi příbuznými)

neodarwinismus: evoluce v populacích, selekce působí na jedince

× tento předpoklad ale spíše implicitní, až do 60. let 20. stol.  
(př. Wrightova „interdémová selekce“)

Darwin, Wallace, Konrad Lorenz atd.: „prospěch druhu“, „přežití druhu“....

William Forster Lloyd (1833) → **Garrett Hardin** (1968):

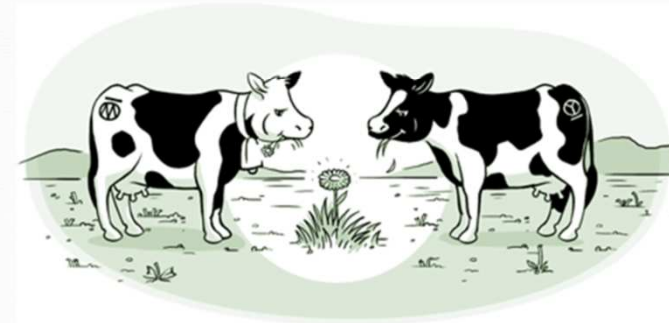
**Tragédie obecné pastviny** (*Tragedy of the commons*)

přidání 1 ovce do stáda ⇒ přímý užitek vlastníkovi  
× náklady (úbytek pastvy) rozložen na celou skupinu

⇒ pokud se lidé chovají z hlediska svého prospěchu nezávisle a racionálně, nakonec nutně dojde k vyčerpání zdrojů



**Garrett Hardin (1968)**  
**Tragedy of the Commons**



Řešením dobrovolné omezení ze strany pastevců →

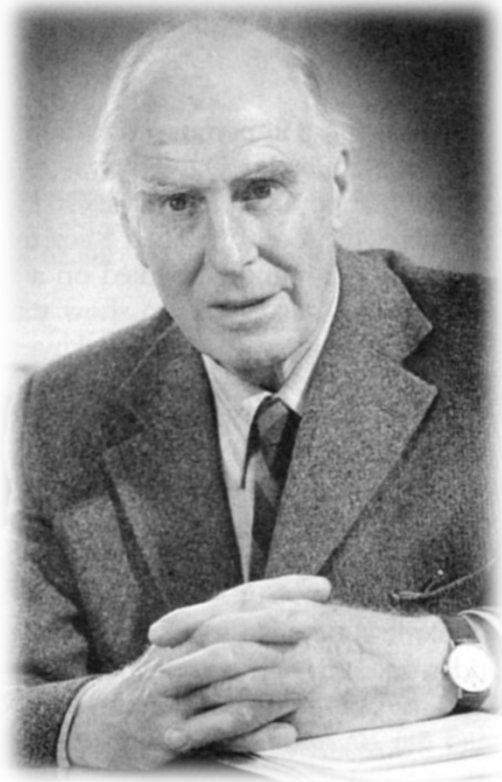
**Proč by takové chování měl podporovat přírodní výběr?**

## 1962 – Vero Copner Wynne-Edwards:

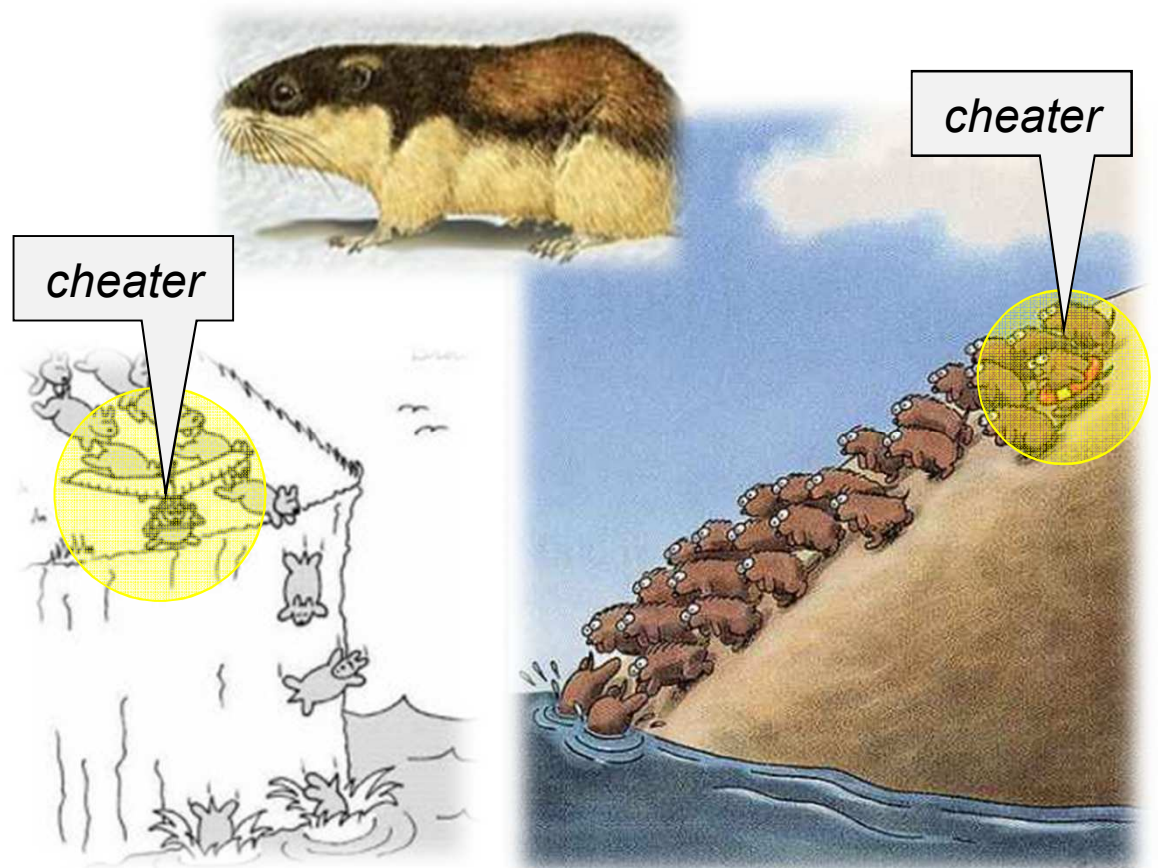
*Animal Dispersion in Relation to Social Behaviour*

shlukování do hejn, disperze, omezení plodnosti, altruismus

kooperace vysvětlena jako selekce celých skupin spíše než  
individuální výběr (v krajní podobě „adaptace pro přežití druhu“)

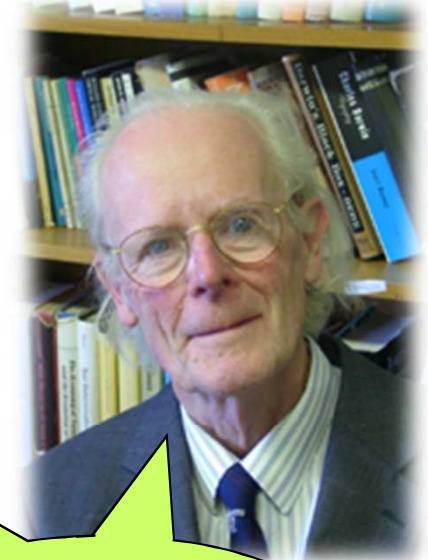
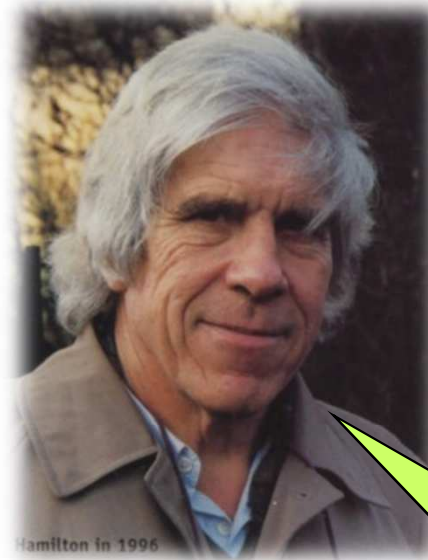


V. C. Wynne-Edwards



reakce:

1964: William D. Hamilton,  
John Maynard Smith



příbuzenský  
výběr

1966: George C. Williams



1976: Richard Dawkins



důležité jsou  
geny!

# SKUPINOVÁ SELEKCE (*group selection*)

V.C. Wynne-Edwards:

disperze proto, aby nedošlo k vyčerpání zdrojů  
produkce méně potomstva než potenciálně možné

varovný křik ptáků, hejna ryb





## „stotting“

gazela Thomsonova, antilopa skákavá, jelenec ušatý, vidloroh americký atd.



**Výhoda pro jedince!**

<https://www.youtube.com/watch?v=qr5Sru8gGSk>

<https://www.youtube.com/watch?v=jMliB9DnRXg>

strážní hlídky timálie šedé (*Turdoides squamiceps*)  
a surikat (*Suricata suricatta*)

*T. squamiceps*



alfa  
samec

**Výhoda pro jedince!**

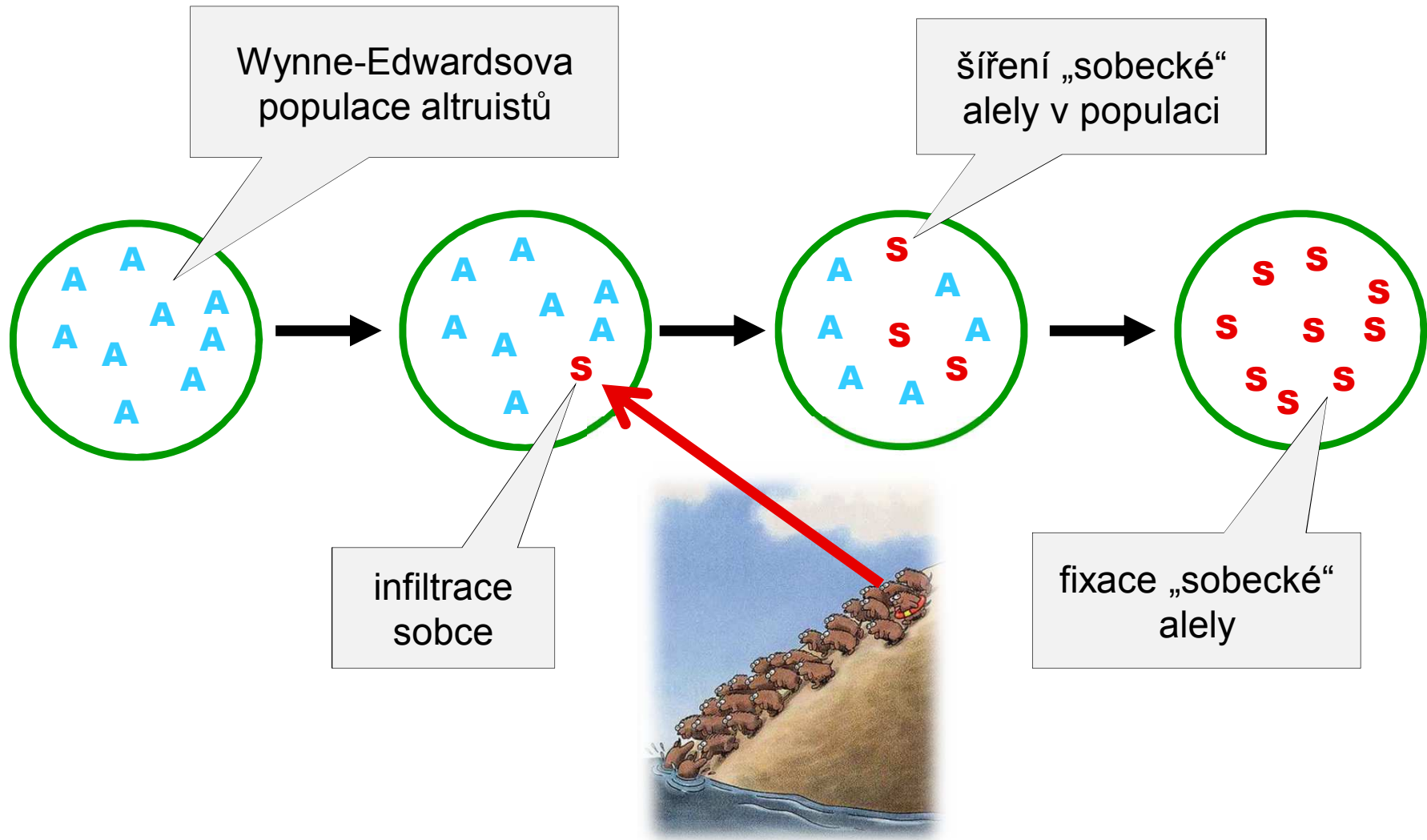


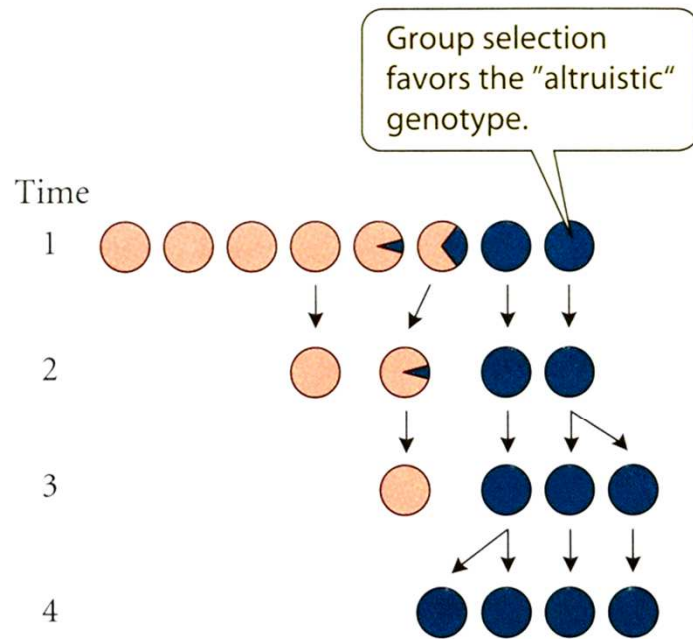
stráž

*Suricata suricatta*

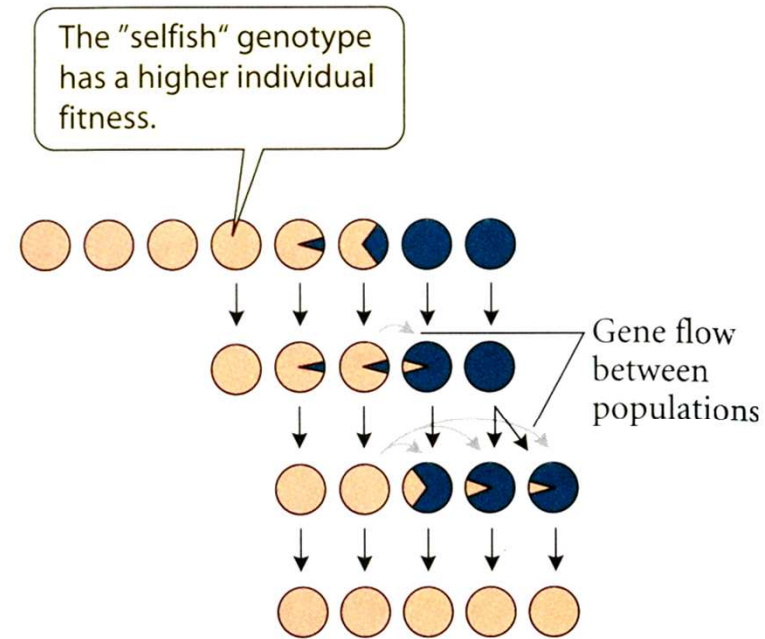
## Teoretické důvody proti skupinové selekci:

**altruismus** = chování zvyšující fitness příjemce a současně snižující fitness dárce (donora)





Wynne-Edwards: Altruistic behavior will evolve because group selection favors it (i.e., more “selfish” populations go extinct.)



Williams: Within-population selection favors the “selfish” allele and increases it more rapidly than whole-population events, so the “selfish” allele will become fixed.

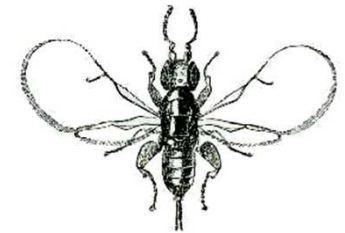
Nízká heritabilita skupiny ve srovnání s heritabilitou jedinců a krátký generační čas jedince ve srovnání se skupinou ⇒ změny na úrovni individuí mnohem rychlejší

⇒ **infiltrace sobeckých jedinců, zánik altruistické populace**

# Podmínky pro skupinovou selekci:

rychlé střídání extinkce a nového vzniku démů

Př.: fíkovnice čeledi Agaonidae („fíkové vosy“)

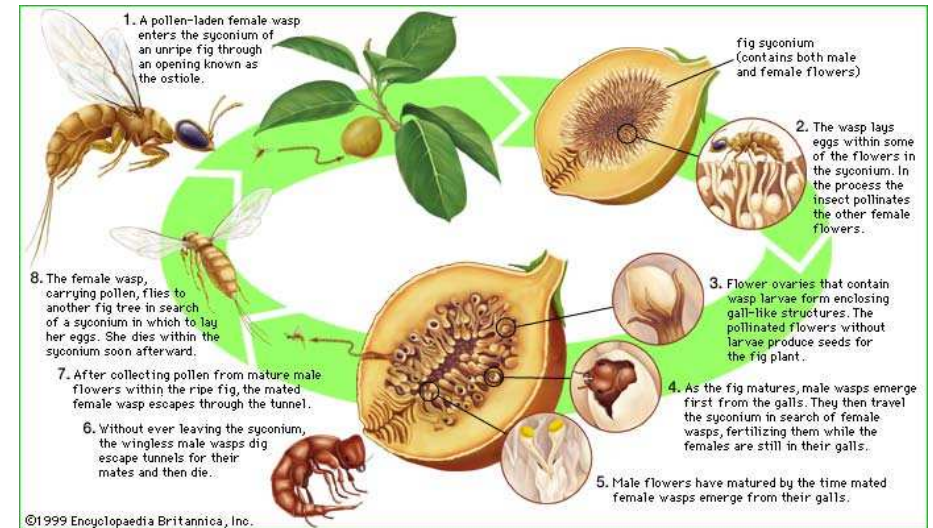


prakticky nulová migrace:

$c$  ... ztráta jedince (*cost*)

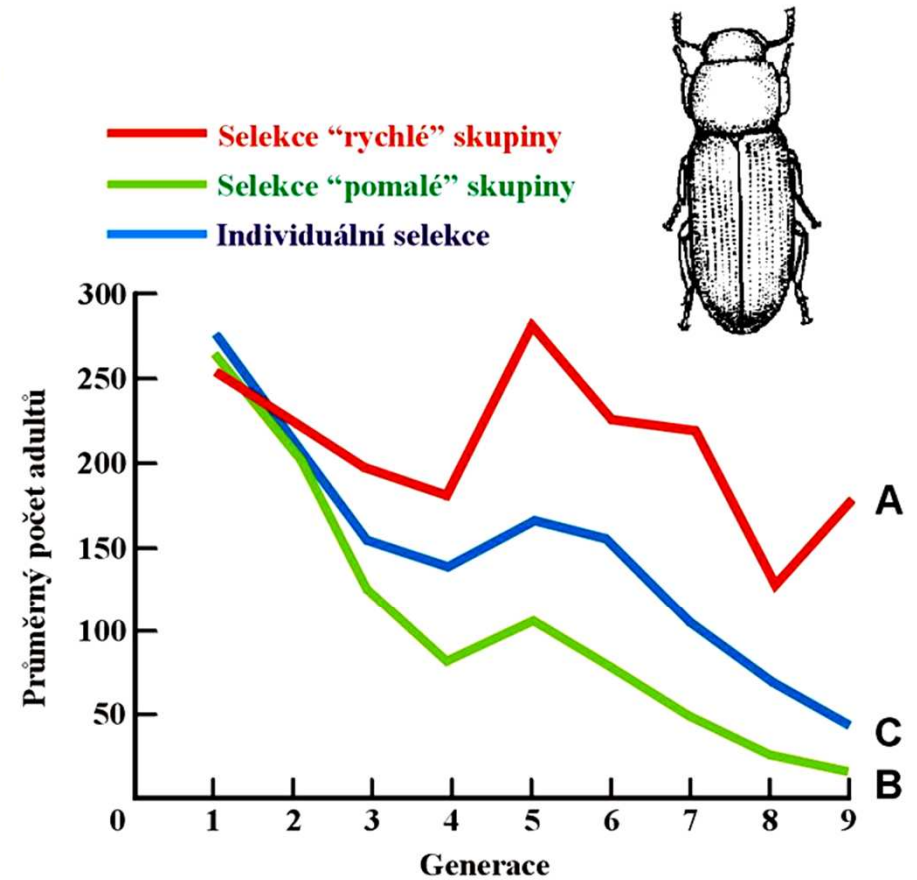
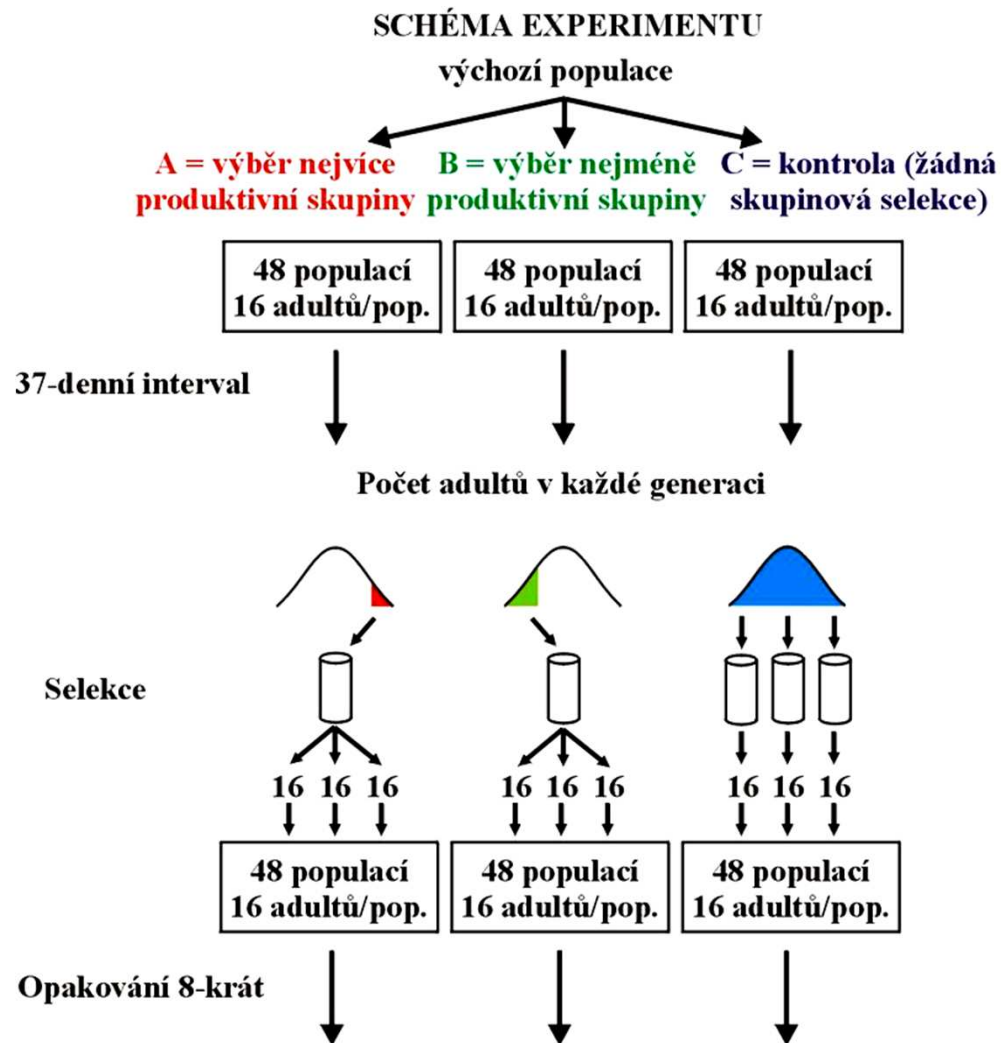
$(b - c)$  ... prospěch skupiny (*benefit*)

ostrovní model: 
$$\frac{b - c}{c} > 2 Nm$$



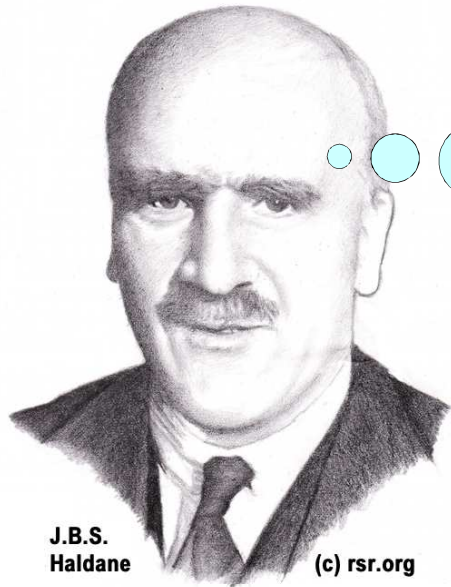
**Závěr: selekce mezi démy (skupinová) bude silnější než selekce uvnitř démů (individuální) pouze je-li prospěch skupiny v porovnání se ztrátou jedince vyšší než průměrný počet migrantů v každé generaci.**

# Michael Wade (1977): experiment se skupinovou selekcí u potměníka moučného (*Tribolium castaneum*)



V přírodě však role skupinové selekce zřejmě minimální

# PŘÍBUZENSKÁ SELEKCE (*kin selection*)



J.B.S.  
Haldane

(c) rsr.org

Kdybych z řeky  
zachránil své dva bratry,  
jako bych zachránil sám  
sebe!



## William Hamilton (1964):

blanokřídlý hmyz: haplo-diploidní systém určení pohlaví:  
samice  $2N$ , samci  $N$

⇒ příbuznost:

dělnice – dělnice =  $\frac{3}{4}$

královna – potomci =  $\frac{1}{2}$

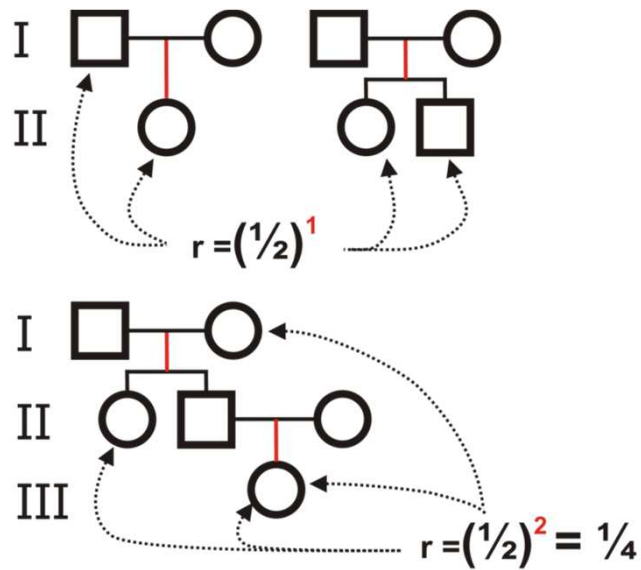
dělnice – trubci =  $\frac{1}{4}$



**inkluzivní fitness** = fitness jedince a jeho příbuzných

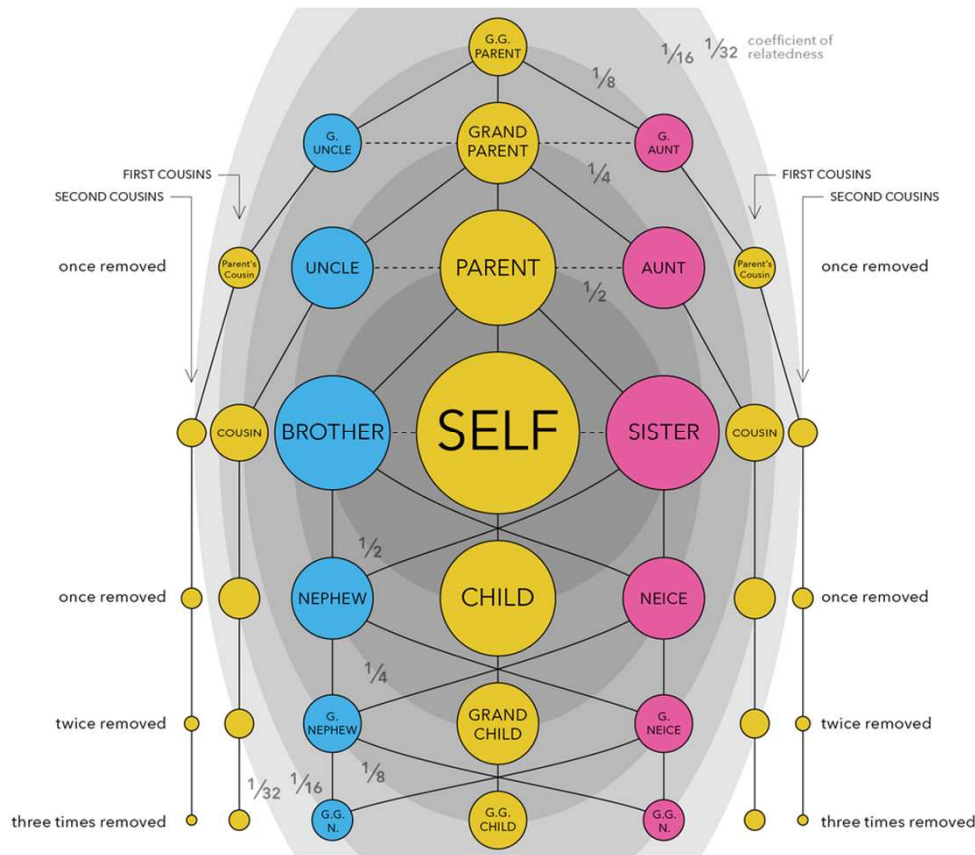
altruismus mezi příbuznými = **příbuzenský altruismus**





# koeficient příbuznosti:

Degree of relationship	Relationship	Coefficient of relationship (r)
0	identical twins; clones	100% <sup>[4]</sup>
1	parent-offspring <sup>[5]</sup>	50% ( $2^{-1}$ )
2	full siblings	50% ( $2^{-2}+2^{-2}$ )
2	3/4 siblings or sibling-cousins	37.5% ( $2^{-2}+2\cdot 2^{-4}$ )
2	grandparent-grandchild	25% ( $2^{-2}$ )
2	half siblings	25% ( $2^{-2}$ )
3	aunt/uncle-nephew/niece	25% ( $2\cdot 2^{-3}$ )
4	double first cousins	25% ( $2^{-3}+2^{-3}$ )
3	great grandparent-great grandchild	12.5% ( $2^{-3}$ )
4	first cousins	12.5% ( $2\cdot 2^{-4}$ )
6	quadruple second cousins	12.5% ( $8\cdot 2^{-6}$ )
6	triple second cousins	9.38% ( $6\cdot 2^{-6}$ )
4	half-first cousins	6.25% ( $2^{-4}$ )
5	first cousins once removed	6.25% ( $2\cdot 2^{-5}$ )
6	double second cousins	6.25% ( $4\cdot 2^{-6}$ )
6	second cousins	3.13% ( $2^{-6}+2^{-6}$ )
8	third cousins	0.78% ( $2\cdot 2^{-8}$ )
10	fourth cousins	0.20% ( $2\cdot 2^{-10}$ ) <sup>[6]</sup>



závislost na stupni příbuznosti mezi dárce a příjemcem  
(= na pravděpodobnosti, že sdílejí společné geny)

**Hamiltonovo pravidlo:**

$$rb > c$$

$r$  = příbuznost;  $b$  = výhoda (*benefit*);  $c$  = znevýhodnění (*cost*)

vztah příbuznosti a skupinové selekce:  $r > \frac{b - c}{c}$

# Eusocialita:



blanokřídlí (Hymenoptera)

termity (Isoptera)



*H. glaber*

savci : rypoš lysý (*Heterocephalus glaber*),  
rypoši rodu *Fucomys* (Bathyergidae)

*Fucomys* sp.



sojka floridská (*Aphelocoma coerulescens*)  
(Florida):  $c = 7\%$ ,  $b = 14\%$



# INTRAGENOMOVÝ KONFLIKT

konflikt mezi jedinci v populaci

konflikt mezi příbuznými jedinci (sourozenci, matka – potomek)

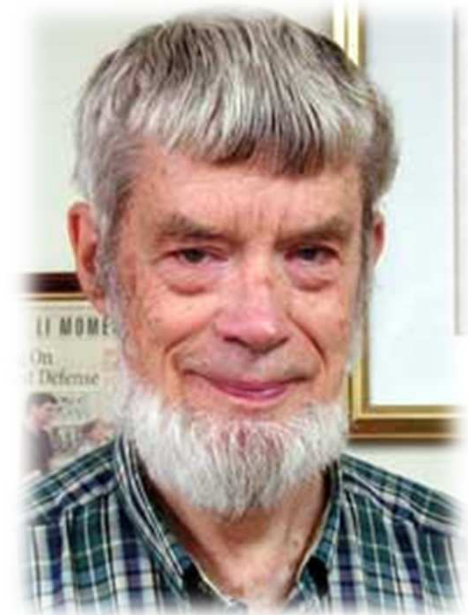
konflikt mezi samcem a samicí (pohlavní výběr)

**kooperace a konflikt na úrovni genomu:**

**George Williams:**

tělo smrtelné × geny (skoro) nesmrtelné

„genový pohled“



## Richard Dawkins:

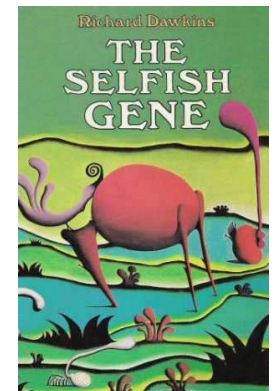
pojem **sobecký gen** (*The Selfish Gene*, 1976):

tělo pouze jako dopravní prostředek, přenosné médium  
(širitel) replikátorů (genů), které se nedokážou šířit samy

proto selekce působí na geny spíše než na celý organismus  
geny spolu nutně musí spolupracovat (analogie s osmiveslicí)

**Pozor! pojem „sobecký“ chápán jako metafora!**

občas se některý genetický element chová „neférově“  
→ **ultrasobecká DNA**





Gregor Mendel

zákon o  
segregaci

***Aa***

***A***

***a***

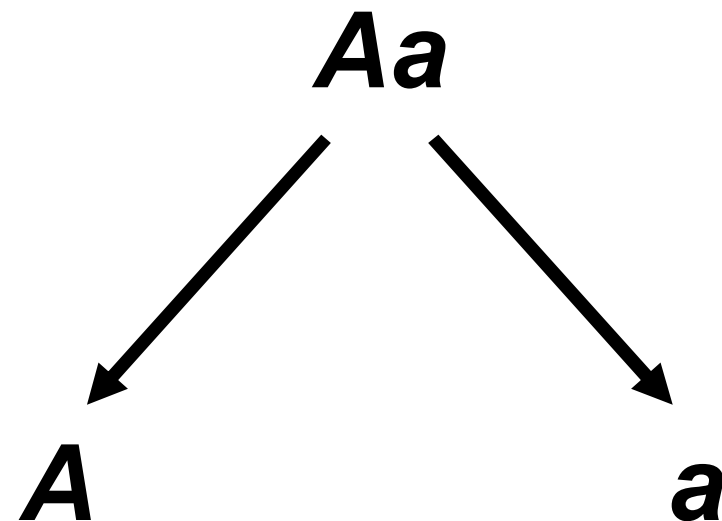
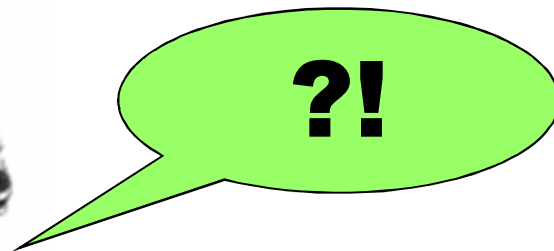
**50%**

**50%**

# Intragenomový konflikt vede k většímu zastoupení některého genomového elementu v příští generaci



Gregor Mendel



„drive“ (tah)

95%

5%

„drag“  
(vlečení)

**vychýlení segregacího (transmisního) poměru**

= *segregation distortion* (SD)

= *transmission ratio distortion* (TRD)

Intragenomový konflikt může mít mnoho podob, např.:

### Interference

= zabránění přenosu alternativní alely

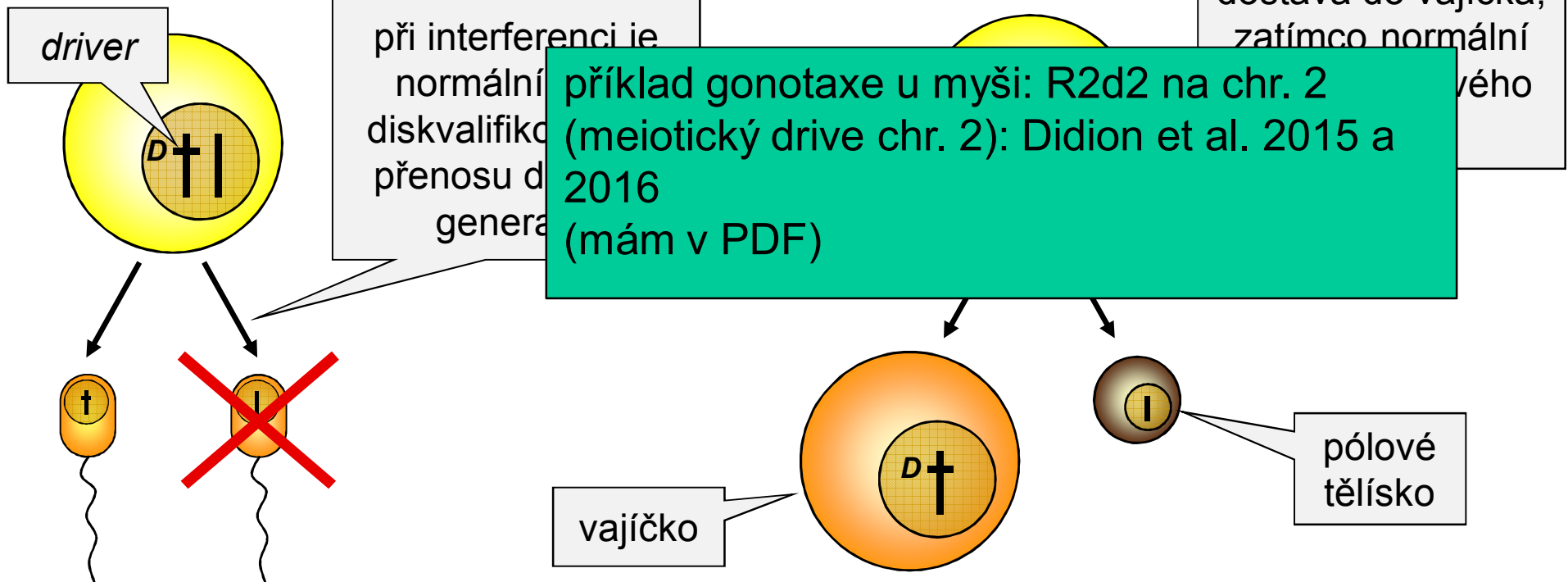
### Gonotaxe

= přednostní přenos do germinální linie

## MEIOTICKÝ TAH (*meiotic drive*)

### Vyšší tempo replikace (*overreplication*)

např. transpozony





# Interference

## 1. Autozomální

*SD* (segregation distorters) geny:

samci *Drosophila melanogaster*

preferenční přenos 95–99%

*distorter a responder*

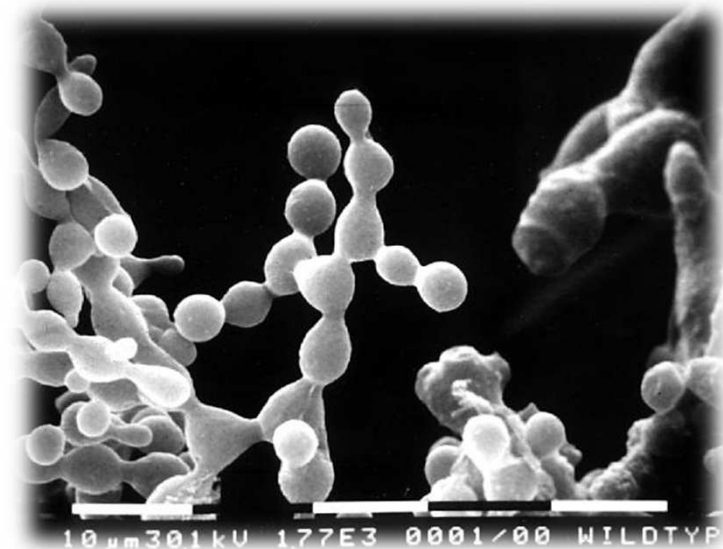
zástava spermatogeneze u buněk  
s diskvalifikovanou alelou

často vznik modifikátorových genů

SD geny = „psanecké geny“

„*Spore killers*“ (*sk* geny):

*Neurospora crassa*



# *t* haplotyp:

samci myši domácí

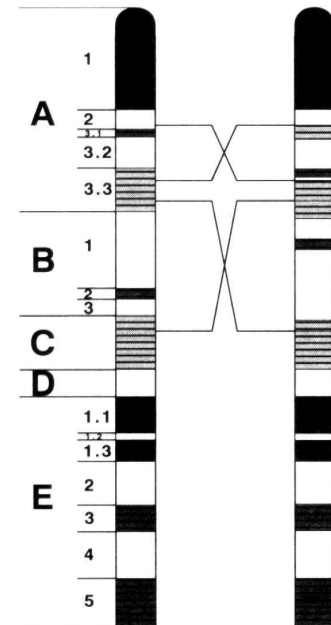
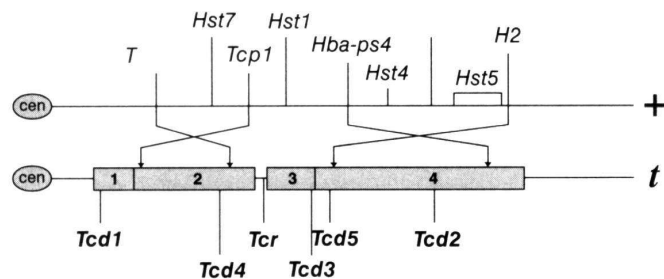
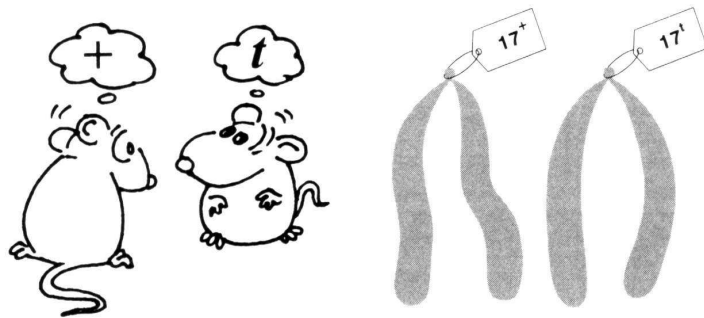
~ proximální třetina chromozomu 17

preferenční přenos 95–99%

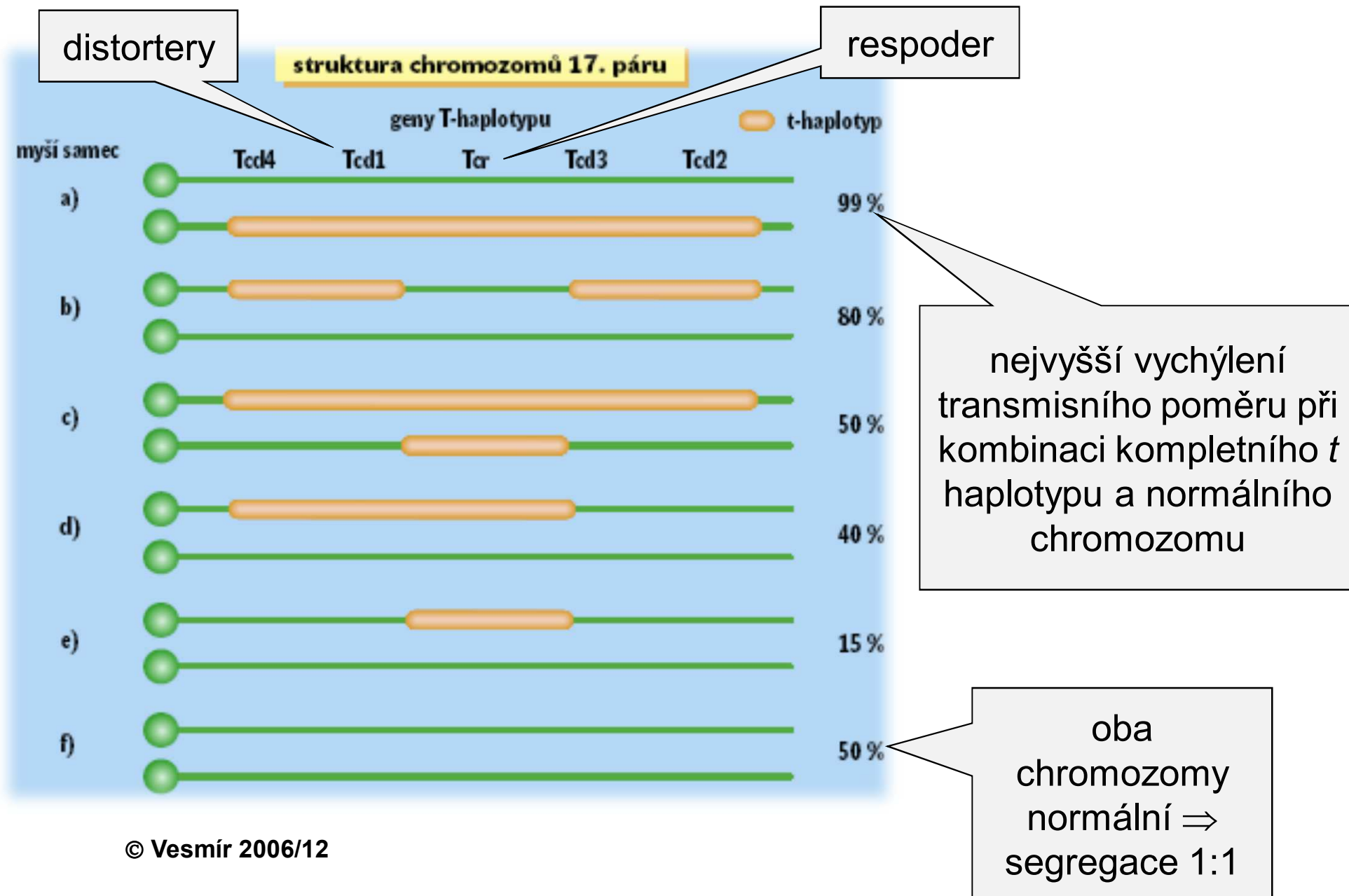
4 paracentrické inverze  $\Rightarrow$  rekombinace jen 2%

*responder* + několik *distorterů*

*t/t* samci sterilní  $\Rightarrow$  více než 15 letálních genů



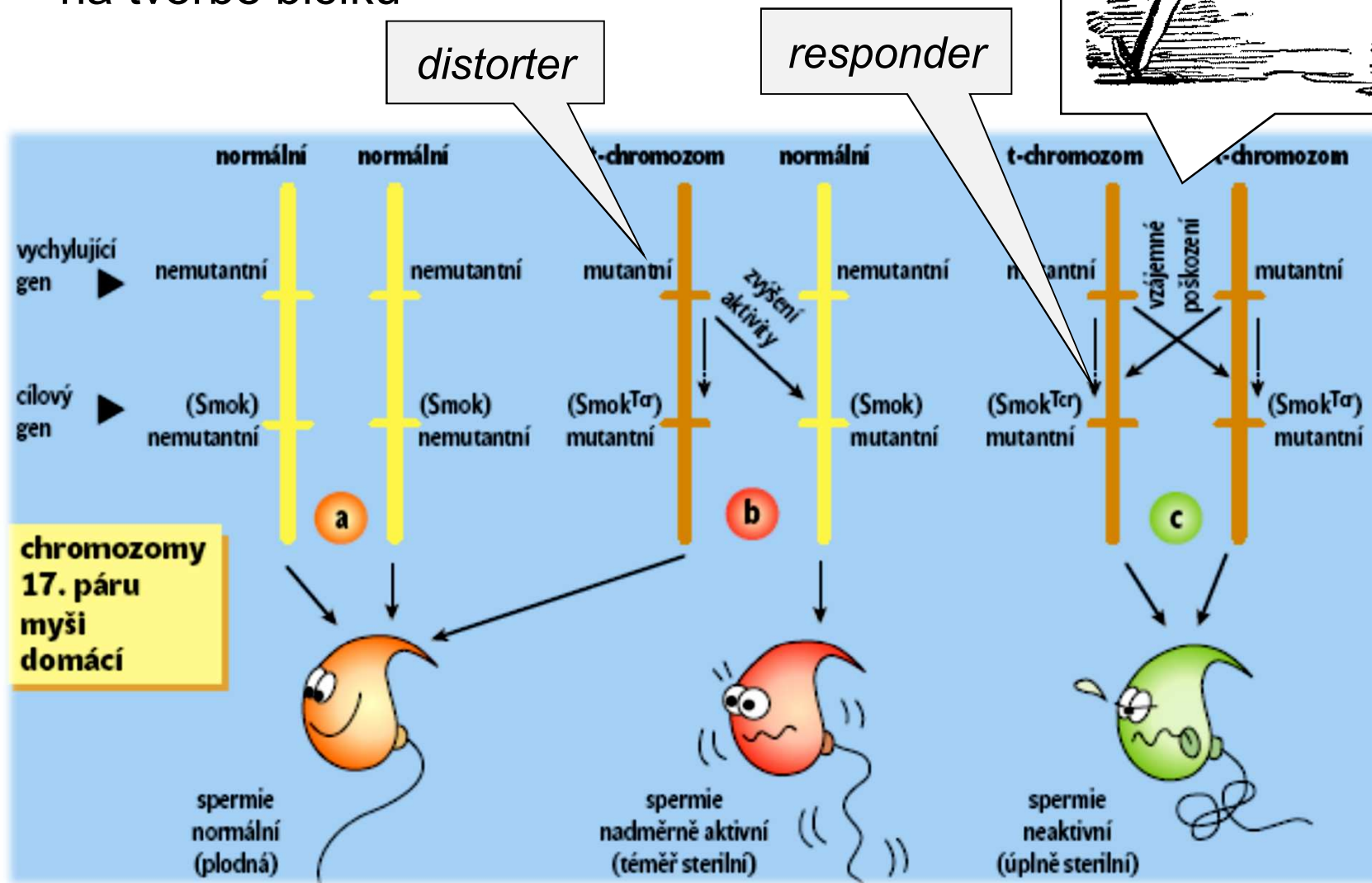
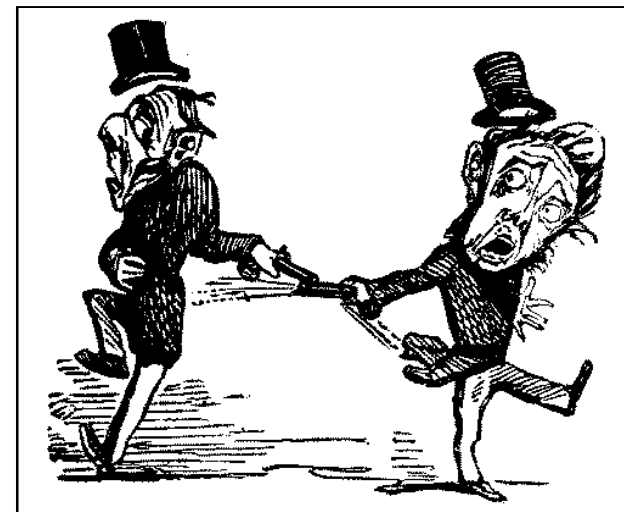
různá genetická struktura vede k odlišným výsledkům tahu:



mechanismus TRD odlišný od octomilky:

*responder* = Smok (fúzovaný gen)

regulace kaskády genů podílejících se na tvorbě bičíku



## 2. Maternal-effect killers

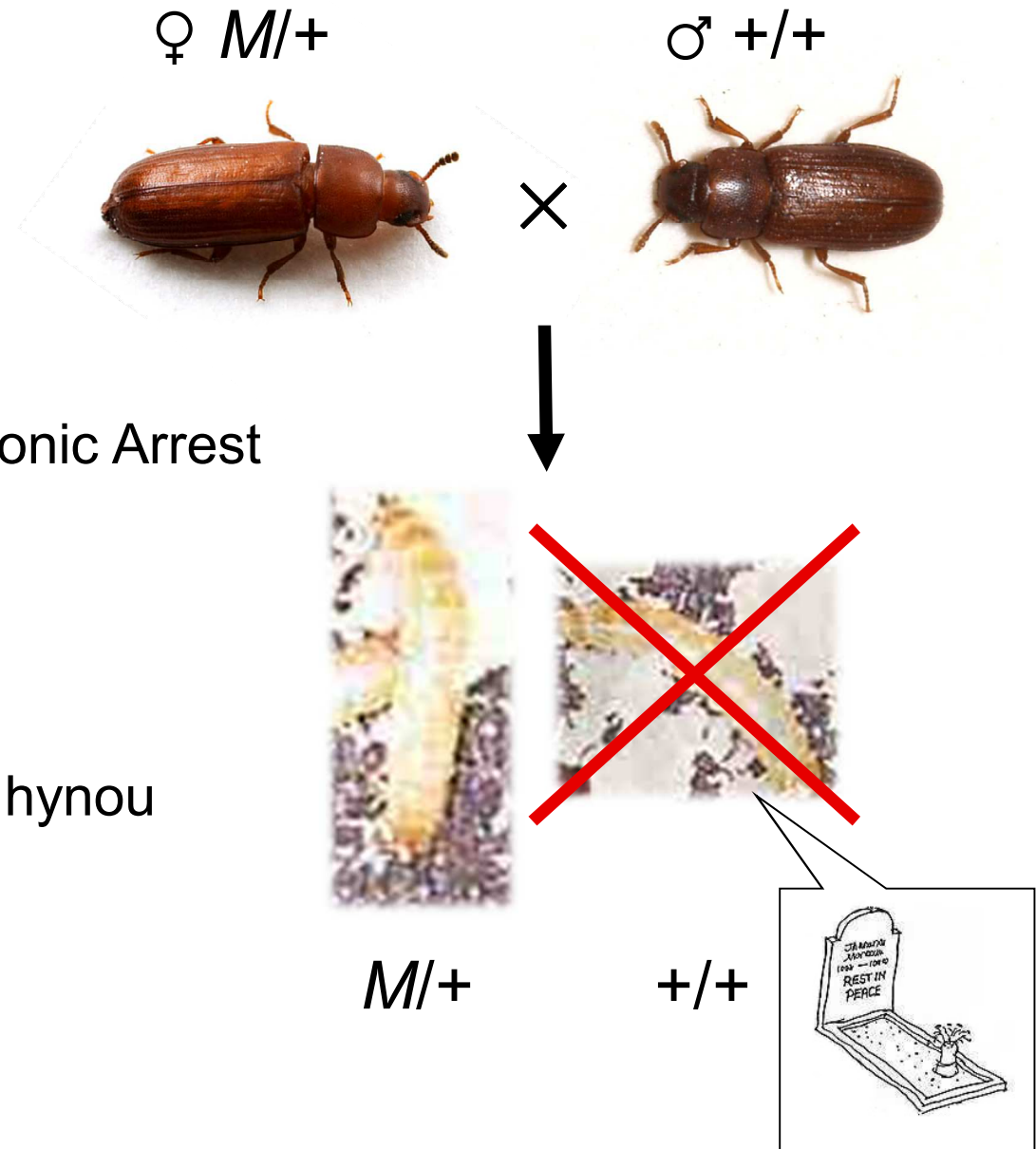
gen *Medea*:

Maternal-Effect Dominant Embryonic Arrest

*Tribolium castaneum*

matka *M/+*

gen likviduje všechny potomky,  
kteří ho nemají – potomci *+/+* hynou  
ve 2. larválním instaru



### 3. Dědičnost ve prospěch jednoho pohlaví (*sex-biased inheritance*)

geny předávané výhradně skrze jedno pohlaví mají zájem o vyšší reprodukci právě tohoto pohlaví ⇒ **vychýlení poměru pohlaví**

tah chr. X ⇒ vychýlení poměru pohlaví ve prospěch samic ⇒ selekce bude podporovat návrat k původnímu stavu

#### **cytoplazmová samčí sterilita**

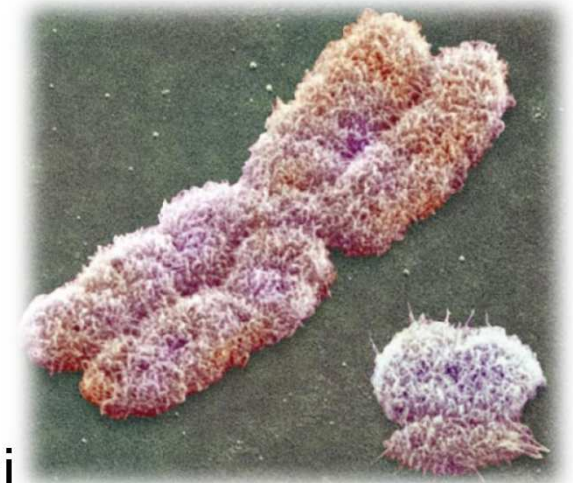
(CMS, *cytoplasmic male sterility*):

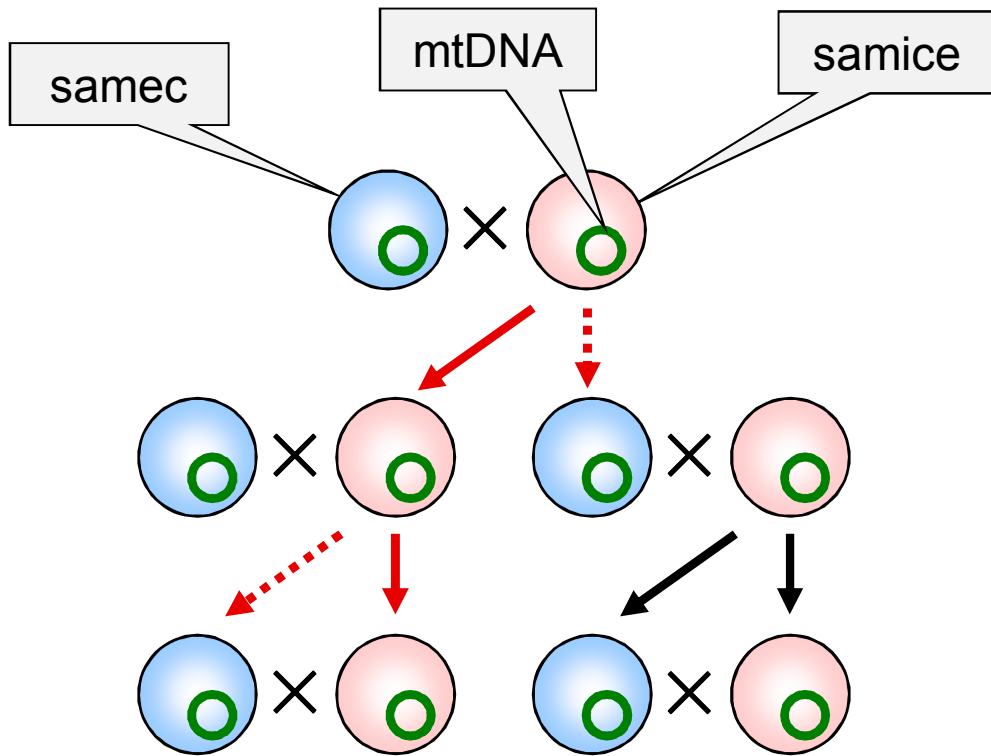
u 5-10% populací jednodomých rostlin

smíšené populace se sterilními samčími rostlinami

tato sterilita způsobena mutantním mitochondriálním genomem

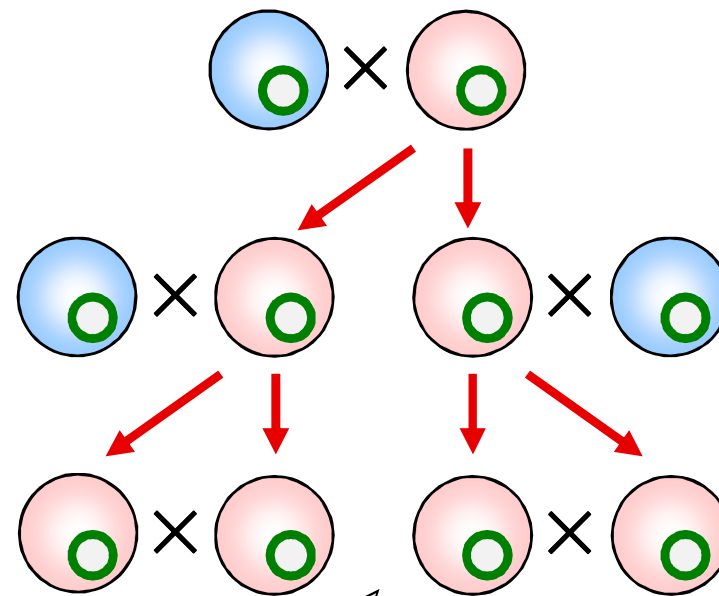
výhoda pokud rostliny se sterilním samčím pohlavím investují zdroje místo do pylu pouze do semen ⇒ přenos většího počtu mitochondrií





jestliže má matka 1 syna a 1 dceru, počet kopií její mtDNA zůstává stále stejný

CMS



jestliže mtDNA způsobí, že jsou produkovány jen dcery, počet jejích kopií se v každé generaci zdvojnásobí

podobný efekt vyvolává bakterie *Wolbachia*  
buněčný parazit členovců  
zabíjí samce, v jejichž buňkách se vyskytuje  
snížení kompetice o zdroje – příbuzenský výběr



kromě zabíjení samců může mít *Wolbachia* i další fenotypové projevy:

**feminizace:** infikovaní samci se vyvíjejí jako samice nebo neplodné pseudosamice

**partenogeneze:** např. u vosy *Trichogramma* jsou samci vzácní (zřejmě v důsledku činnosti wolbachii) → wolbachie pomáhají samicím rozmnožovat se partenogeneticky, tj. bez samců

**cytoplazmatická inkompatibilita:** neschopnost samců s wolbachii rozmnožit se se samicemi, které je nemají, nebo mají wolbachie jiného kmene → **reprodukční bariéra, speciace**



# Vyšší tempo replikace

## Transpozabilní elementy (transpozony)

začlenění kopií na nové místo v genomu  
([Barbara McClintock](#): „skákající geny“ u kukuřice)

obvykle nejsou z genomu odstraňovány  
→ molekulární fosilie

obvykle obrovské množství  
člověk: > polovina genomu

horizontální transfer, i mezi druhy

v některých případech vliv na genovou regulaci



## 1. DNA elementy

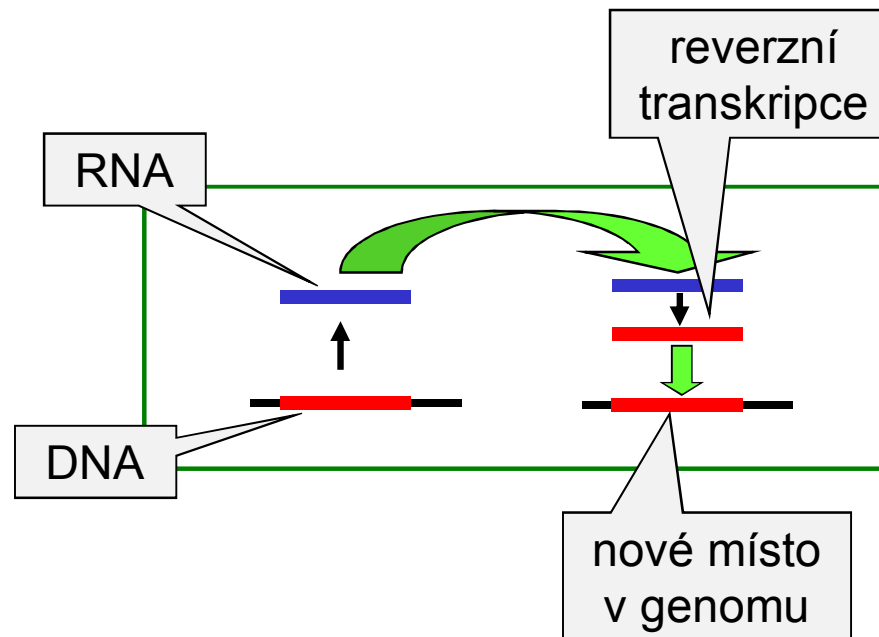
„*cut-and-paste*“

enzym transpozáza

*Ac* a *Ds* elementy u kukuřice (B. McClintock), *mariner* u živočichů,  
*P* elementy u *Drosophila*

## 2. Retroelementy

„*copy-and-paste*“



přes fázi RNA, reverzní transkripce (reverzní transkriptáza)

templát zůstává na původním místě ⇒ zvyšování počtu kopií

## Retroelementy

LTR-retrotranspozony: *copia* u *D. melanogaster*

retropozony: LINE – L1 u člověka: 17% genomu

SINE: krátké, nekódují vlastní reverzní transkriptázu

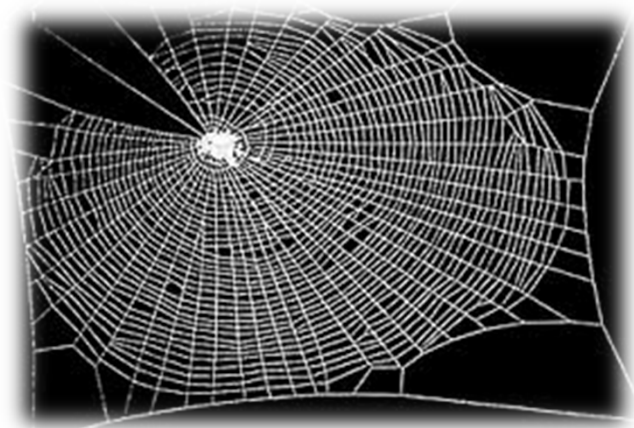
*Alu* sekvence u člověka – 12% genomu; B1 a B2 u myši

### 3. MITE (*miniature inverted-repeat transposable elements*)

*Stowaway, Tourist*

účinky genu mohou zasahovat i mimo organismus –  
**R. Dawkins:** *The Extended Phenotype*

Př.: domečky chrostíků, pavoučí sítě



normální



LSD



meskalin



kofein



chloralhydrát



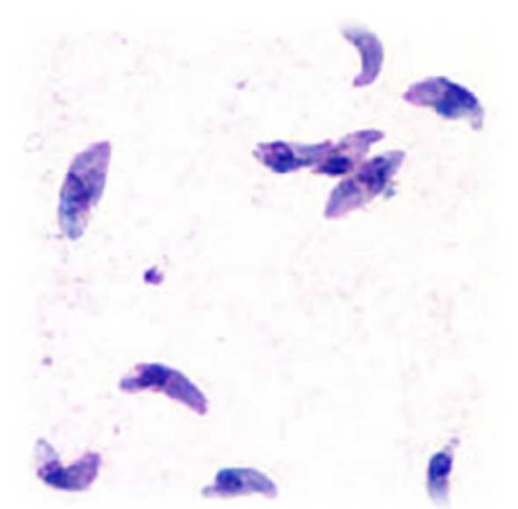
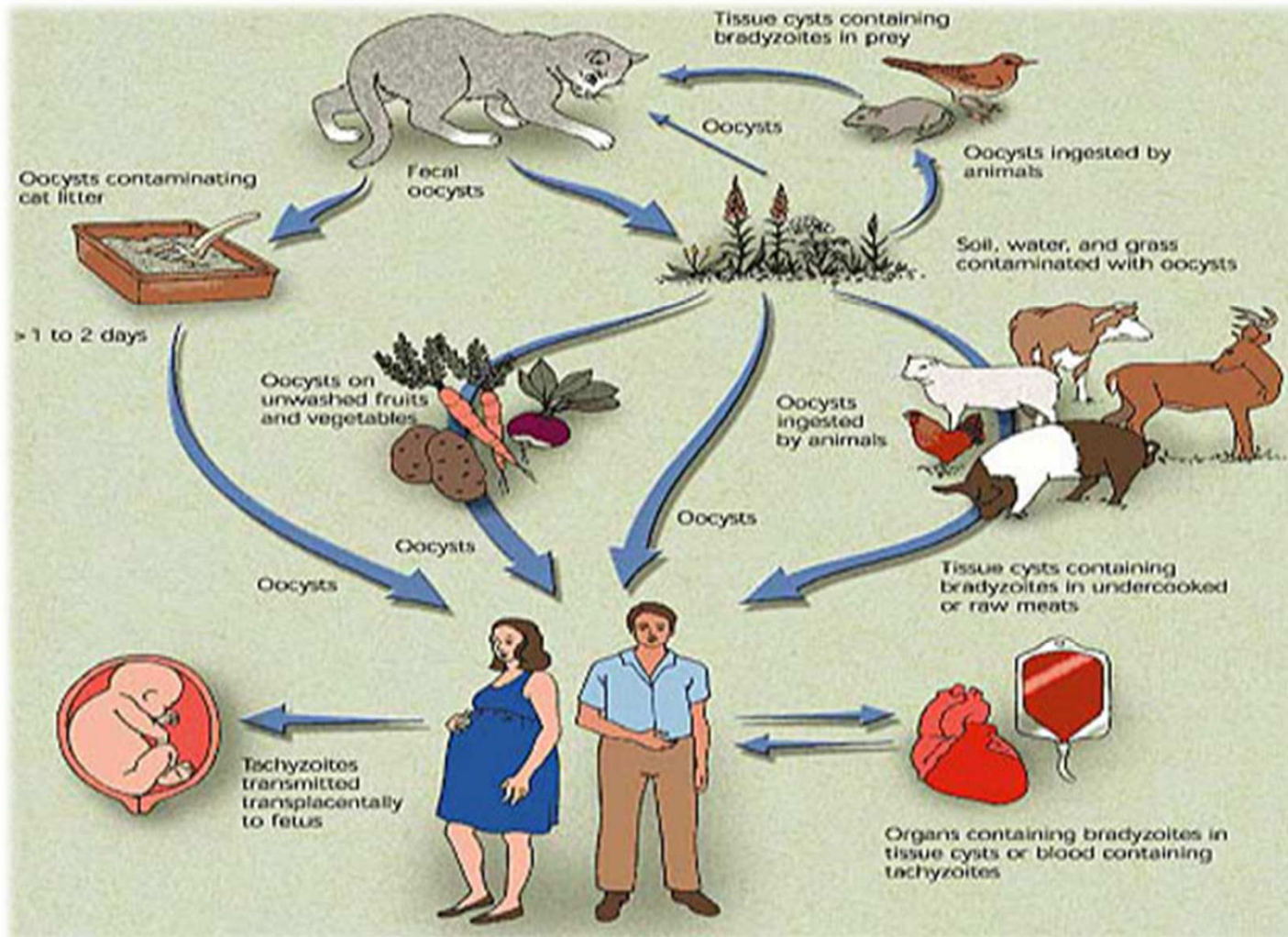
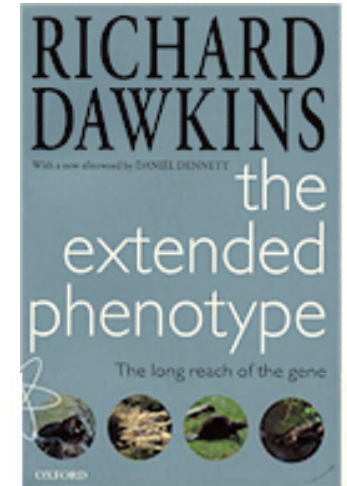
benzedrin



marihuana (THC)

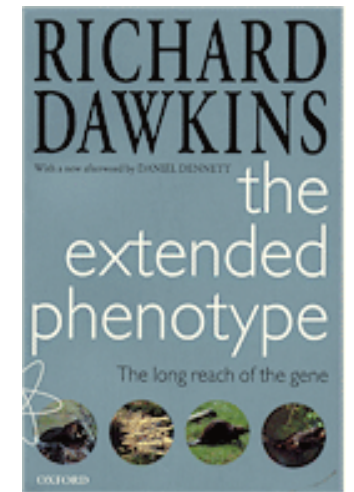
motolice: parazitovaní jedinci vytvářejí silnější ulity

*Toxoplasma gondii*: snížení reakční doby  
hostitele

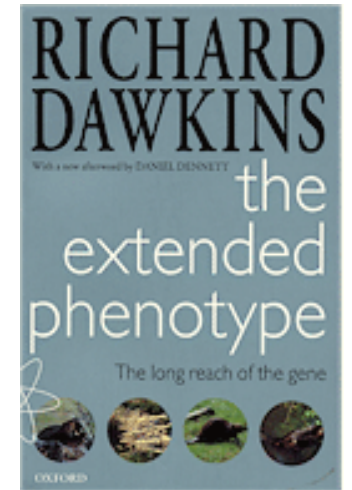


podobně parazitické motolice:

např. abdomen nakaženého mravence *Cephalotes atratus* zčervená, takže připomíná jedlou bobuli (jiné druhy mění chování mravence, který vylézá na vrcholky trav, kde je spasen dobyt看em)

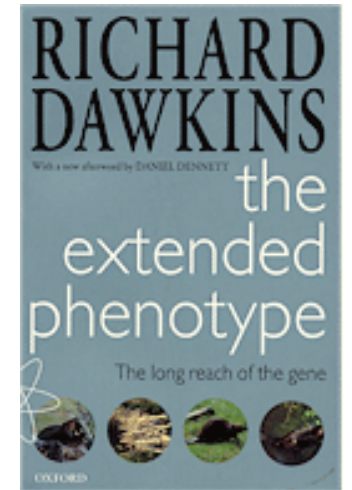


mravenec *Monomorium santschii*: absence dělnické kasty  
→ průnik do cizího mraveniště, „příkaz“ k zabití vlastní královny a adopci cizí



pestrobarvec petrklíčový (*Hamearis lucina*):

na hlavě orgán produkující omamný nektar;  
další pár výpustí, jejichž produkt způsobuje zvýšenou  
agresivitu vůči všemu živému kromě vlastní housenky →  
ochrana („bodyguard“), několikadenní drogová závislost  
mravence, který se od housenky nevzdaluje





# Pavouci se mění v otroky vosiček, tkají sítě podle jejich příkazu

19. září 2012

Vědci z Masarykovy univerzity v Brně přišli na to, že larvy parazitické vosičky dokážou neznámou látkou změnit chování pavouků tak, že jim slouží jako ochránci a potrava zároveň. Pokud se podaří látku izolovat, mohla by být využitelná ve farmacii.

*Neottiura bimaculata*  
*Theridion varians*

*Zatypota*  
*percontatoria*

Larva parazitické vosičky si "osedlala" pavouka snovačku. | foto: Stano Pekár

Normálně si pavouk snovačka buduje klasické terčovité pavučiny. Když se však na něj přisaje larva parazitické vosičky, najednou pavouk začne spřádat sítě zmateně a navíc v nich tvoří zámočky, kde se pak larva zakuklí.

Na podivuhodné chování pavouků napadených těmito larvami přišel tým vědců profesora Stana Pekára z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. Objev publikoval v mezinárodním odborném časopise PLoS One.