



**Vše, co jste chtěli vědět o sexu
a ještě trochu více**



***Co je hlavním projevem pohlavního
rozmnožování?***

Prokaryota

Transformace

Transdukce

Konjugace

Eukaryota

Crossing over

Segregace

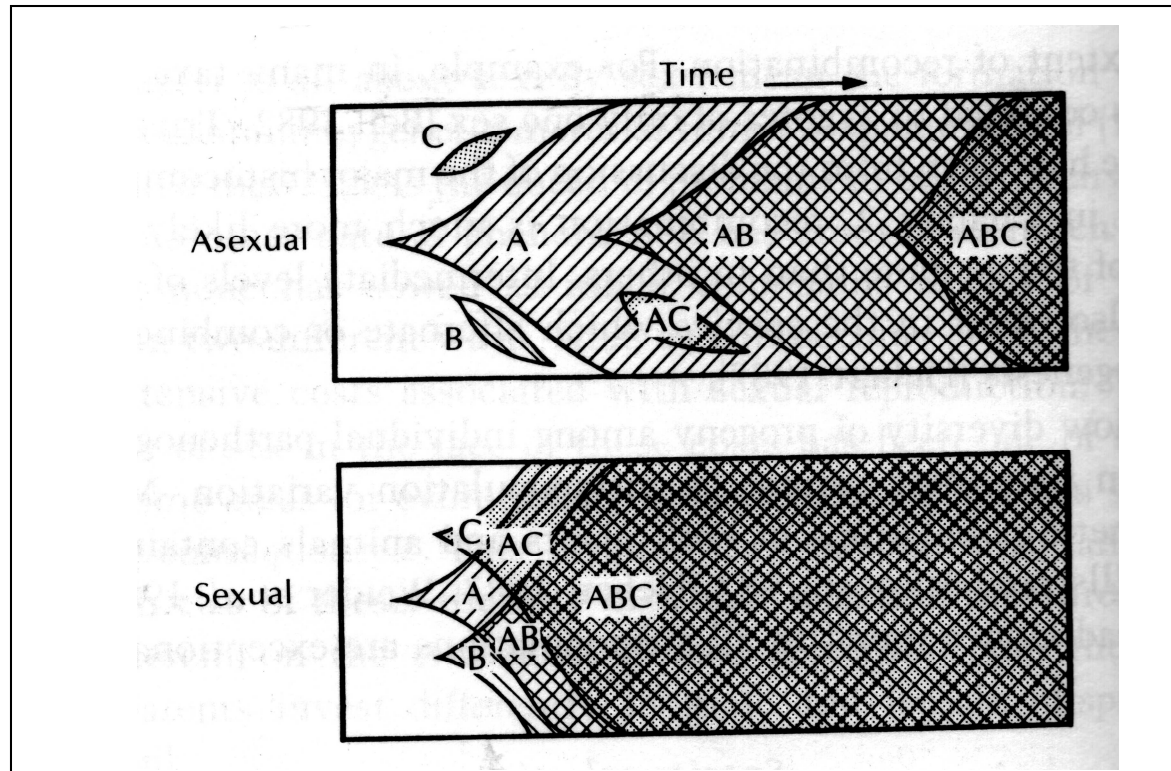
- Funkcí pohlavního rozmnožování je tvořit nové genotypové kombinace
- K čemu je to dobré ??????

Vysvětlení na úrovni populací:

Populace s pohlavním rozmnožováním se rychleji přizpůsobí změnám prostředí

Populace s nepohlavním rozmnožováním hromadí škodlivé mutace, jinak odstranitelné při rekombinaci

Fisherova-Mullerova hypotéza



After Maynard Smith 1987.

S pohlavním rozmnožováním může být výhodná mutace zkombinována s ostatními výhodnými mutacemi rychle (rychlejší adaptace)

U nepohlavního rozmnožování se výhodné mutace fixují postupně

Pohlavní rozmnožování

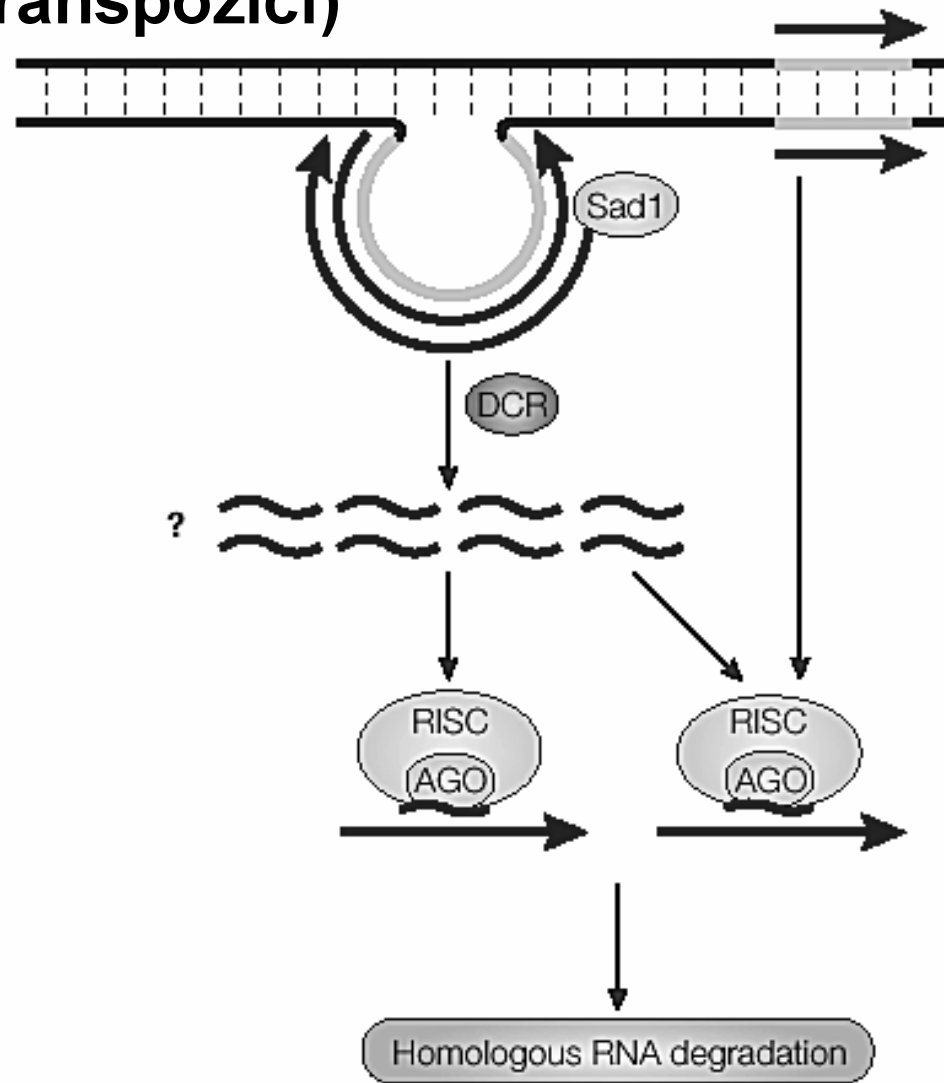
fyzická rekombinace chromozómů

- oprava DNA
- nové kombinace alel

- meioza
- syngamie (druhá fáze kombinace alel)

Rekombinace původně pravděpodobně sloužila jako způsob, jak opravit poškozenou DNA, vzájemné kombinování alel při meioze je až využití existujícího jevu

RNAi degraduje nezpárovanou DNA během meiozy (eliminace transpozicí)



Největší energetická daň za
pohlavní rozmnožování je
udržování meiotického aparátu a
tvorba samců



- Nevýhody pohlavního rozmnožování:
 - V gametách je pouze polovina naší genetické informace
 - Při rekombinaci ničíme osvědčený genotyp
 - Hledání partnera a energetické výdaje s tím související jsou obrovské
 - Možnost přenosu parazitů

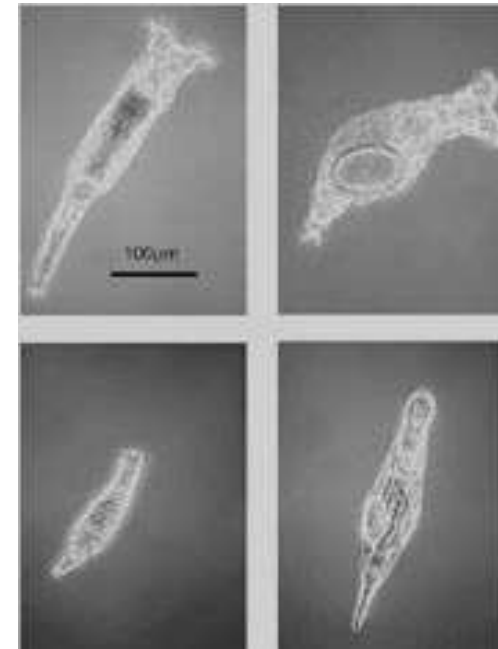
Anisogamie

V podstatě jediné obecné pravidlo týkající se pohlavního rozmnožování je, že pohlaví s většími gametami je samičí



Batesmanovo pravidlo

- Když jedno pohlaví investuje do rozmnožování výrazně více, příslušníci druhého pohlaví bojují mezi sebou navzájem o jeho přízeň.

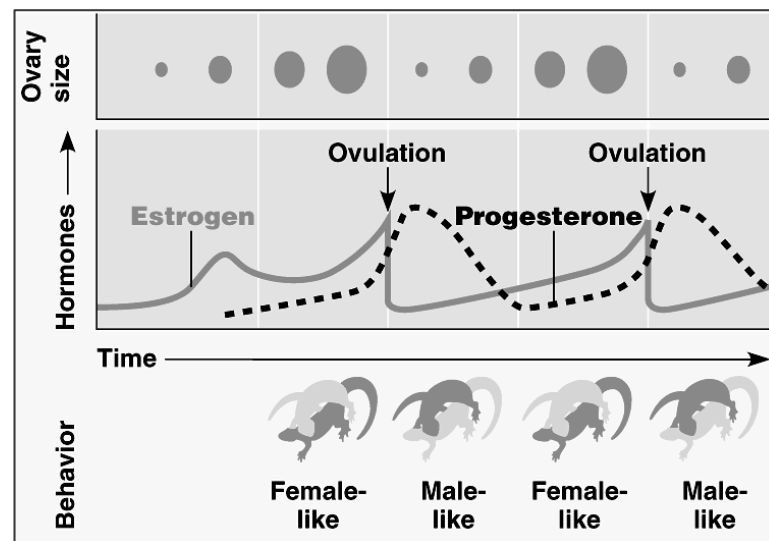


**Některí vírníci se nepohlavně
rozmnožují nejméně 50 milionu
let.**

Obratlovci: některé ryby, obojživelníci a ještěrky se rozmnožují partenogeneticky (**zdvojení počtu chromozómů, jež následuje po meióze**)

15 druhů ještěrek rodu *Cnemidophorus* se rozmnožuje výhradně **parthenogeneticky**. Ačkoli se nevyskytují u těchto druhů žádní samečci, samičky potřebují k rozmnožování napodobit sexuální chování příbuzných druhů, které se rozmnožují pohlavně

Během „páření“ jedna samice napodobuje samce (příště to může být naopak). Samčí chování se vyskytuje po ovulaci, když je hladina estrogenu nízká, samičí potom se zvyšující se hladinou estrogenu.



Červená královna aneb závody ve zbrojení

- U nepohlavního rozmnožování je potenciální parazit už přizpůsoben genotypu hostitele.
- U pohlavního rozmnožování musí parazit reagovat na nový genotyp.

Wolbachia

- Častý endosymbiont členovců (pouze v některých případech kooperují)
- Parazituje na obou pohlavích, přenáší se pouze maternálně =>

Výskyt v samečkovi je nežádoucí.

Wolbachia

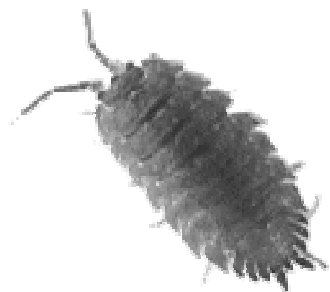
- Evoluční imperativ zvýšit relativní nebo absolutní počet samičích potomků.
- Jak toho dosáhnout:
 - Snížit počet samečků
 - Zvýšit počet samiček

***Wolbachia* dosahuje svého cíle třemi
způsoby:**

-feminizace genetických samečků

-partenogeneze

-zabíjení samečků



Feminizace

- genetičtí samci se vyvinou v samice prostřednictvím inhibice syntézy androgenů
- v některých populacích změna poměru samčích a samičích potomků ve prospěch samic (celkové množství potomků zachováno)
- Některé populace koryšů tvořené pouze samicemi, které jsou genetickými samci!
Wolbachia



Zabíjení samců

- poměr samčích a samičích potomků změněn ve prospěch samic, počet potomků redukován.



Partenogeneze

Trichogramma

BLANOKŘÍDLÍ- Z oplodněných vajíček vznikají samičky, z neoplozených samci. *Wolbachia* způsobí zdvojení chromozomové sádky a tudíž vzniknou samice.

-změněn poměr samic a samců

Některé druhy, které byly považovány za nepohlavně se rozmnožující, začaly po inkubaci s antibiotiky produkovat samce a začaly se pohlavně rozmnožovat

Determinace pohlaví

- V závislosti na prostředí (ESD)
- Systém pohlavních chromozomů (samičky=XX, WZ; samečci=XY, ZZ)
- Komplexní determinace

Table 2-3 Chromosomal Determination of Sex in *Drosophila* and Humans

Species	<i>Sex chromosomes</i>			
	XX	XY	XXY	XO
<i>Drosophila</i>	♀	♂	♀	♂
Human	♀	♂	♂	♀

Note: O indicates absence of a chromosome.

Želvy jako systém mnoha typů determinace pohlaví

**Obecně želvy prezentovány jako organismy
bez pohlavních chromozomů s
enviromentální determinací pohlaví**

Chelidae - XY rod *Platemys*

Kinosternidae - XY rod *Staurotypus*

Bataguridae - XY rod *Siebenrockiella* a ZW u *Kachuga smithii*

Neobvyklý fenomén spojený s výskytem pohlavních chromozomů

- **Ptakopysk**- 5 chromozomů X a 5 Y, které vždy segregují dohromady



Další fenomény:

- **Arrhenotokie** – samečci se vyvinou z neoplozených vajíček.
- **Pseudoarrhenotokie** – samečci se vyvinou z oplozených vajíček, u kterých je následně samčí paternální sada chromozomů zničena nebo inaktivována.

Jak se vyvinuly pohlavní chromozomy ?

**Pohlavní chromozomy se vyvinuly z páru autozomů,
nezávisle, během evoluce opakovaně
a to jak u rostlin, tak u živočichů**



Nettie Maria Stevens
(1861-1912)

Tenebrio molitor
(F = AAXX, M = AAXY)
potemník moučný, *Coleoptera*

*Studies in spermatogenesis, with
especial reference to the accessory
chromosome...*

OBJEV POHLAVNÍCH CHROMOSOMŮ (1905)



Pohlavní chromozomy se vyvinuly jak u rostlin, tak u živočichů.

Papaya

Silene latifolia

Human



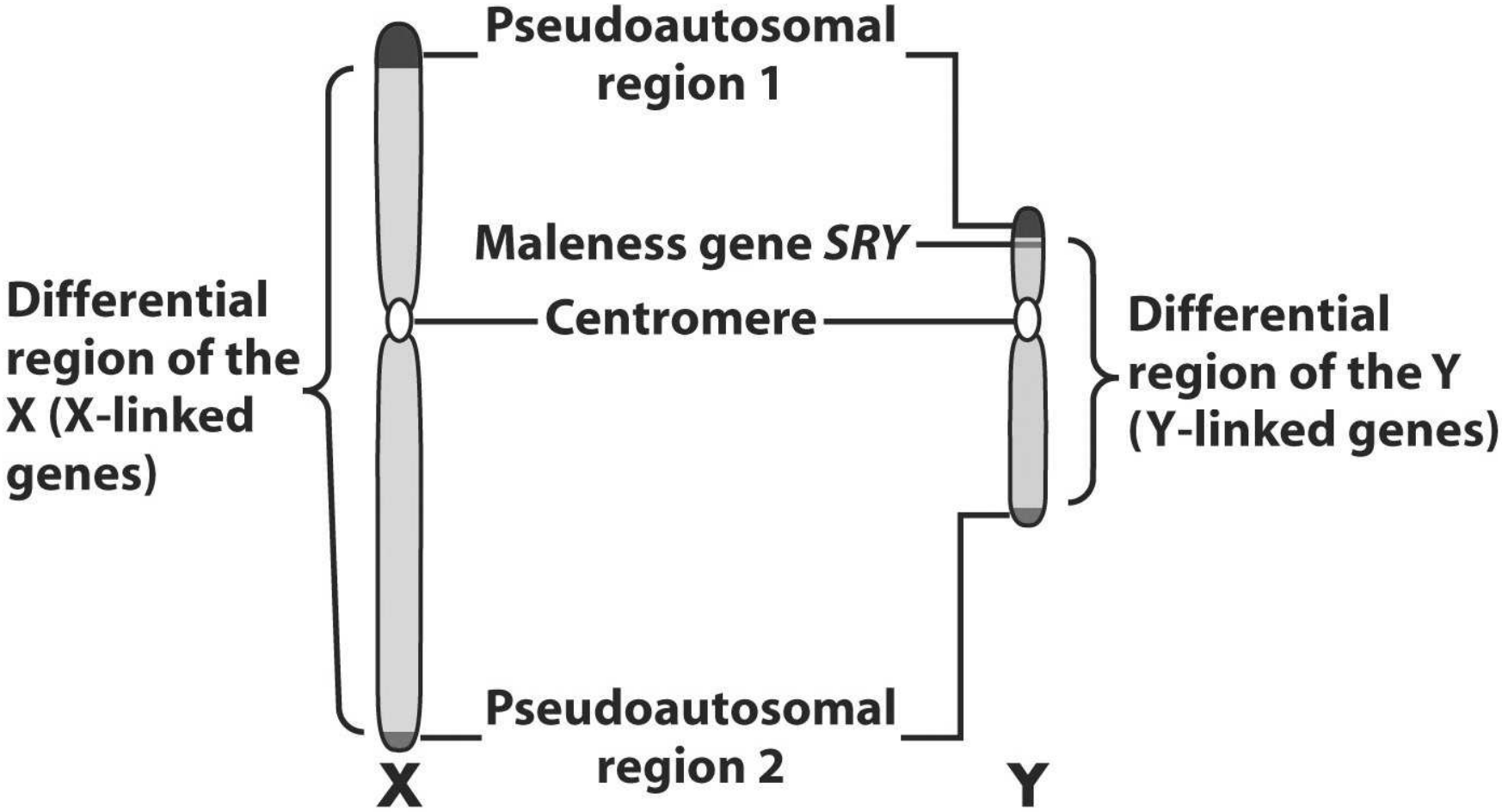
Silene latifolia



Papaya

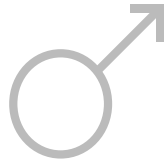


Lidské pohlavní chromozomy



Lidské pohlavní chromozomy

samec



X Y



samice

X X

X chromozom obsahuje stovky funkčních genů

Y chromozom obsahuje méně než sto genů

- SRY gen, hlavní gen pro vývoj samečka
- několik genů pro samčí fertilitu
- několik genů nesouvisejících s projevem pohlavnosti

X a Y chromozom rekombinují pouze na dvou krátkých pseudoautozomálních oblastech

Vzestup a pád chromozómu Y

**Vznik chromozomu
Y vytvořením dominantní
alely výhodné
pro vývoj samečka**

**→ Alely podobné funkce se přesouvají
na proto-Y**



**Akumulace
mutací v blízkosti těchto
alel**

**← Ztráta rekombinace s X
chromozomem**



**Akumulace mutací podél
nerekombinující oblasti**

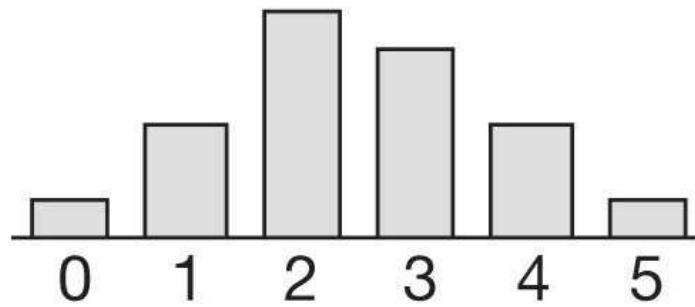
→ Degenerovaný Y

Zánik chromozómu Y

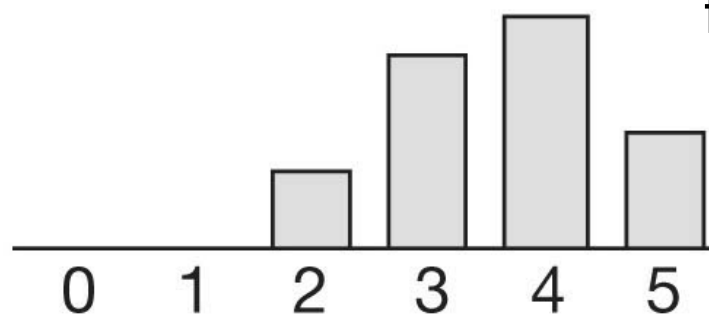
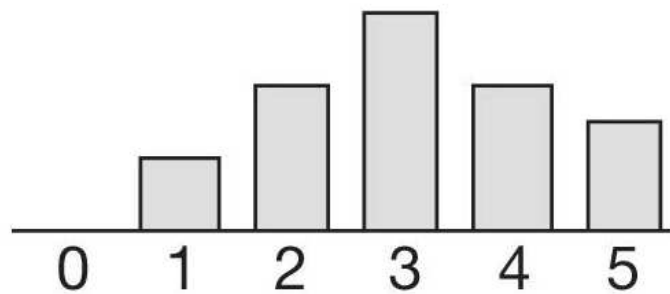


Mullerova rohatka

Muller's ratchet



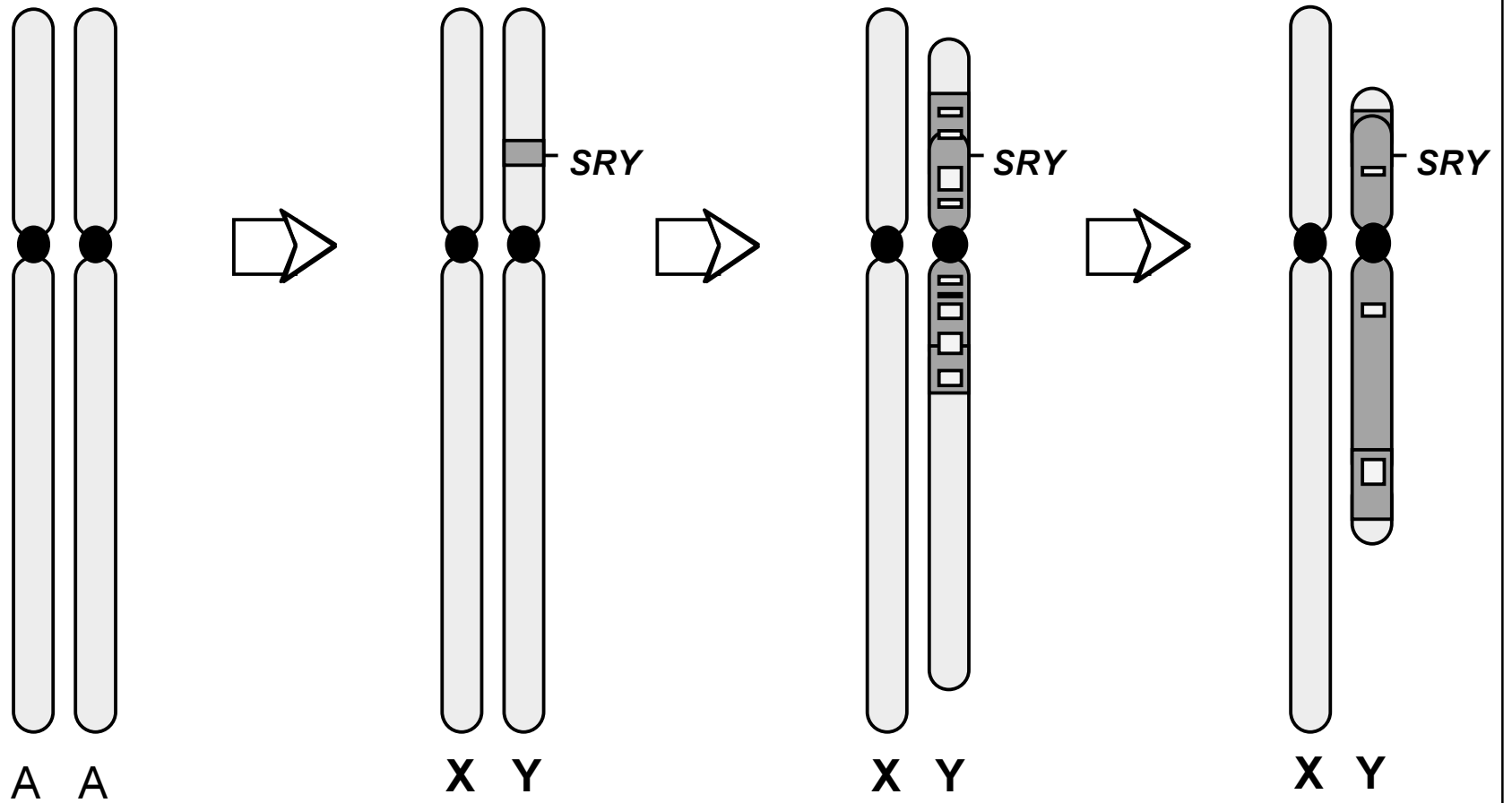
Počet jedinců



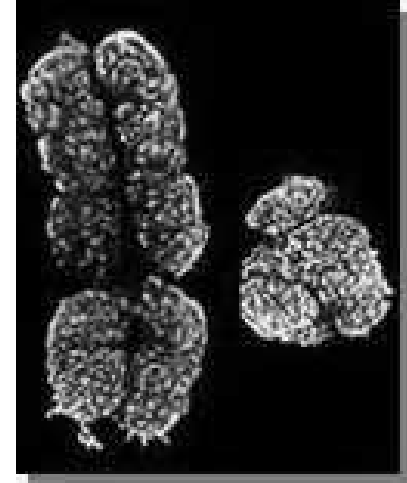
Počet mutací

Mírně škodlivé a neutrální mutace nejsou rekombinací odstraňovány a jsou na Y chromozómu kumulovány. Genetickým driftem je potom v populaci nejpravděpodobněji fixován chromozóm s nejčastěji se vyskytující mutační zátěží.

Evolve pohlavních chromozomů



Budoucnost lidských pohlavních chromozomů

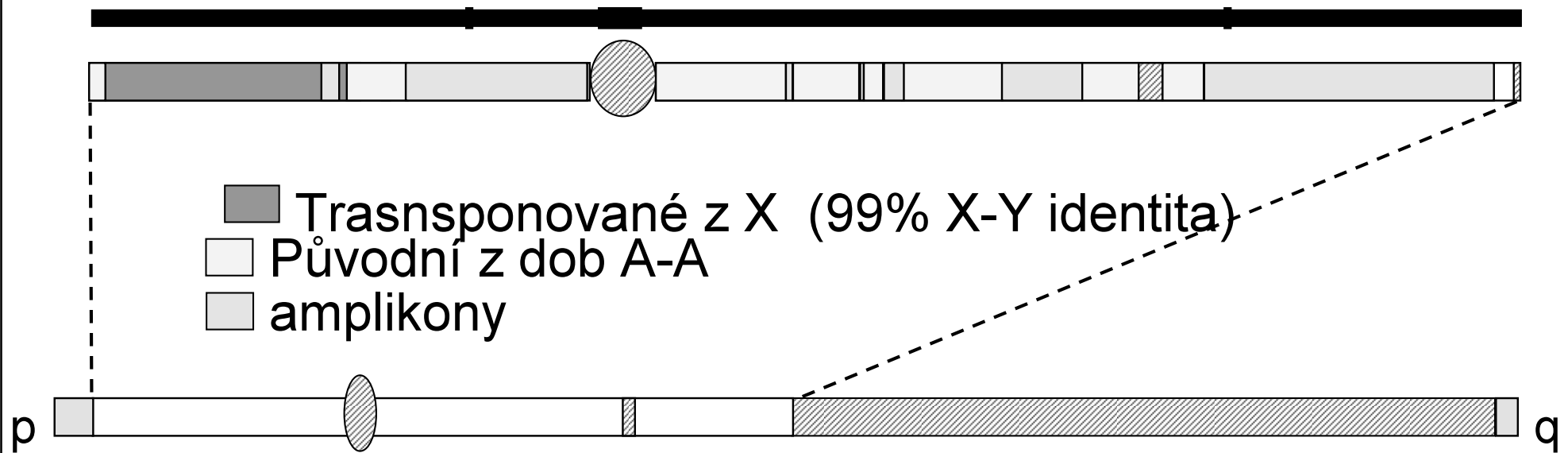


Geny z chromozomu Y postupně mizí díky degenerativním procesům

Původně bylo na Y chromozomu 1500 genů, ale během evoluce dlouhé cca. 300 milionů let zbylo posledních několik desítek

Pokud budou pokračovat degenerativní procesy stejnou rychlostí, lidský chromozom Y zmizí za 10 mil. let

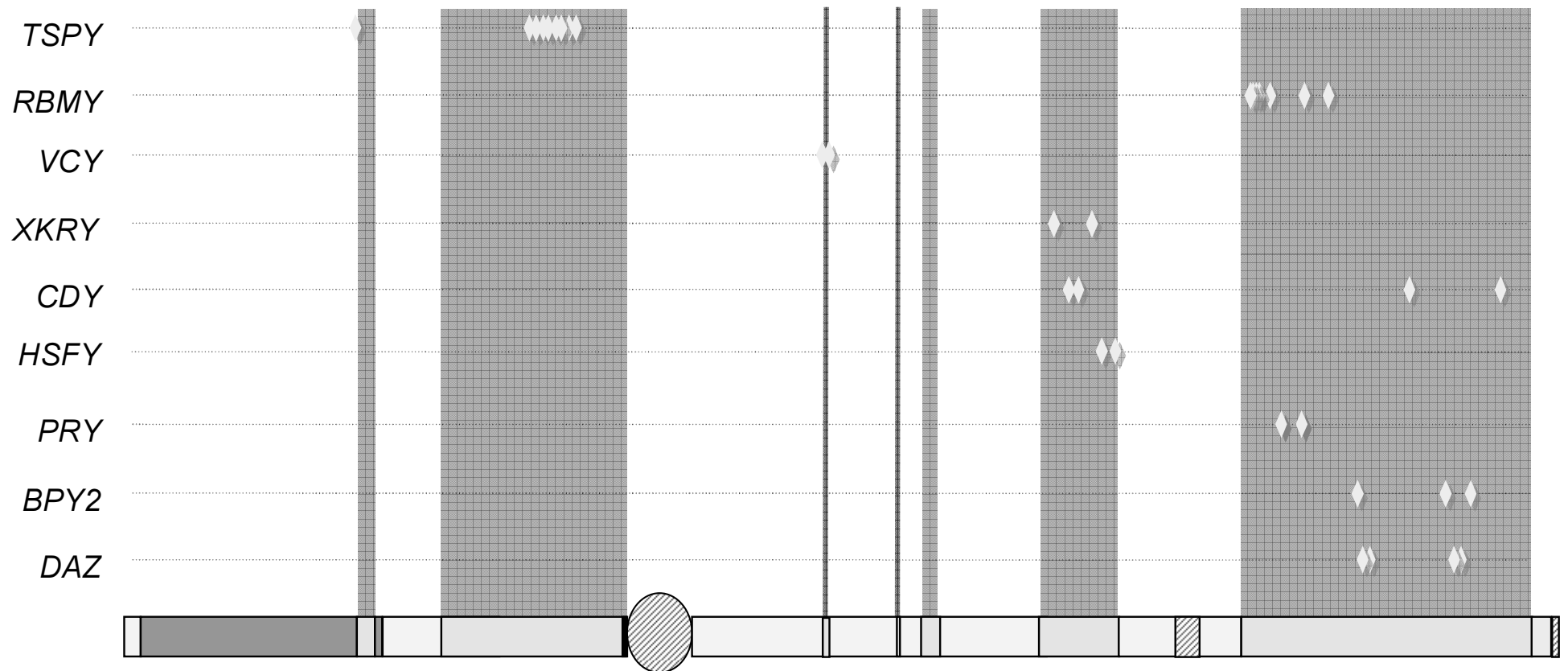
Euchromatin na chromozomu Y



Y-specifické repetitivní bloky genů představují třetinu euchromatinu chromozomu Y

MSY

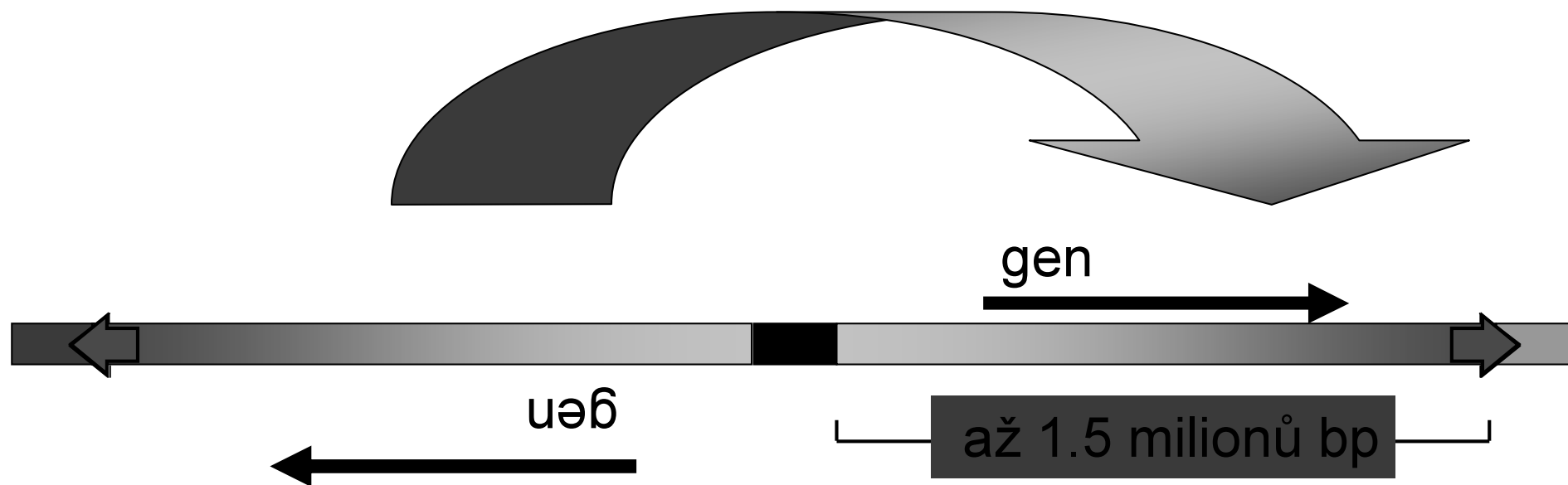
9 genových rodin pro spermatogenezi: 60 genů, všechny v amplikonech



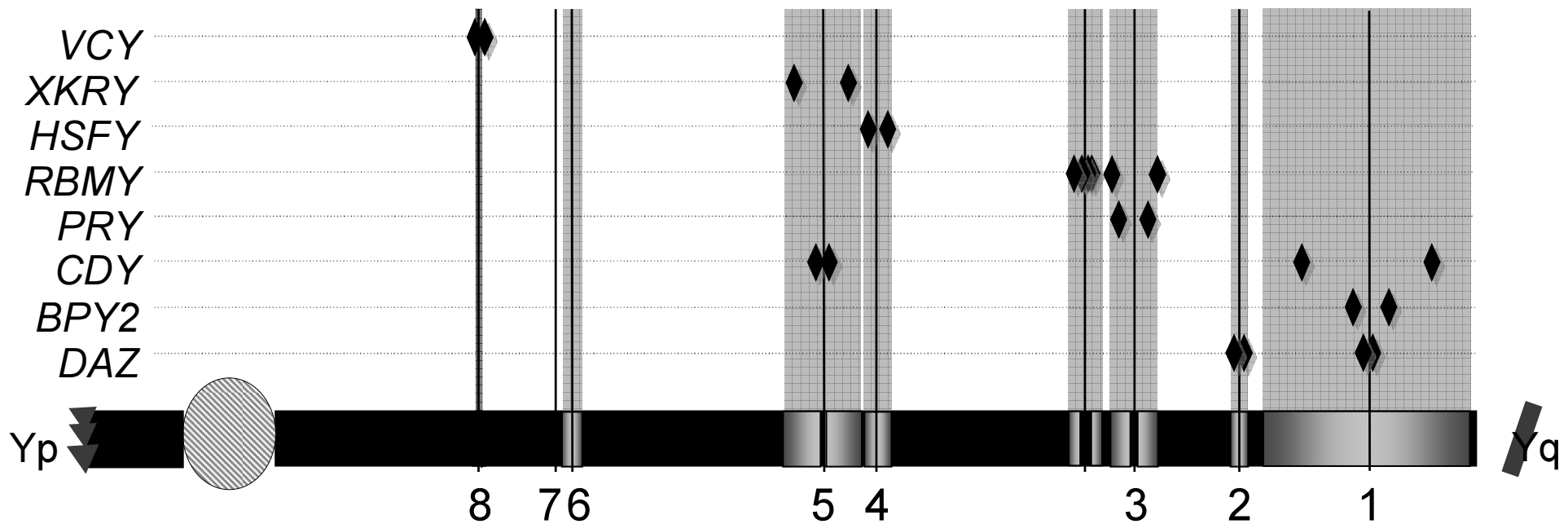
Skaletsky *et al.*, *Nature* 423: 825 (2003)

Většina těchto amplikonů tvoří palindromy

99.9% - 99.99% identické

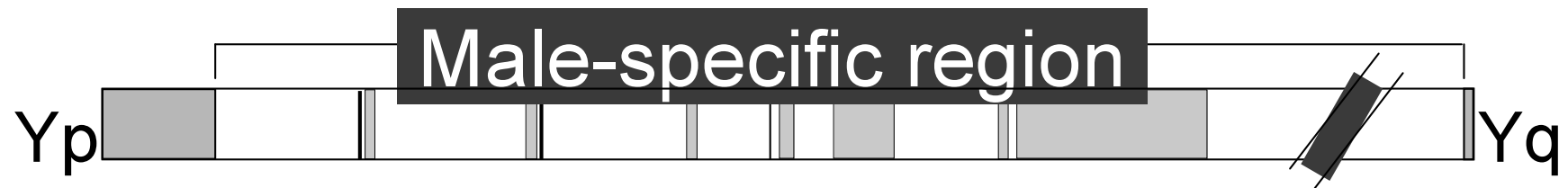


8 palindromů tvoří 25% euchromatinu MSY



Skaletsky *et al.*, *Nature* 423: 825 (2003)

Dva způsoby rekombinace na chromozomu Y



1. X-Y crossing-over v PAR oblasti
2. Y-Y genová konverze v palindromech

Dva pohledy na MSY

genetická „poušť“

~76 protein kódujících genů →
27 různých proteinů

kumulace repeticí

genově bohaté palindromy

Ztráta rekombinace a
postupná
funkční degenerace

genová konverze →
zachování integrity genů