

Reprodukční mechanismy rostlin

Radim J. Vašut
2013



Outline

I. Paradox sexuálního rozmnožování
(„Paradox of sex“)

II. Apomixie

III. Taraxacum jako model pro studium
apomixie

Rozmnožování u rostlin

I. Sexuální rozmnožování

- alogamie
- autogamie

II. Klonální rozmnožování (= apomixie)

- vegetativní
- apomixie s.str.
- (přechodné)



„Paradox
of sex“:

"cost of males"

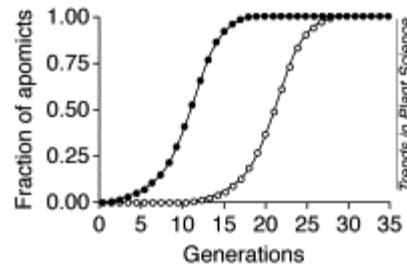
Albrecht Dürer, Adam a Eva
(Museo del Prado, Madrid)



"cost of males"

John Maynard Smith 1971

- DVOJNÁSOBNÁ CENA SEXU
- vytvoření druhého pohlaví (které se navíc vůbec nerozmnožuje)
- kompetice o zdroje (potravy)
- investice do „rande“
- investice do páření
- cost of meiosis (neefektivní přenos genů, „genome dilution“)
-



van Dijk, van Damme 2000



„Tangled Bank Hypothesis“

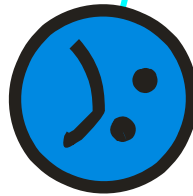
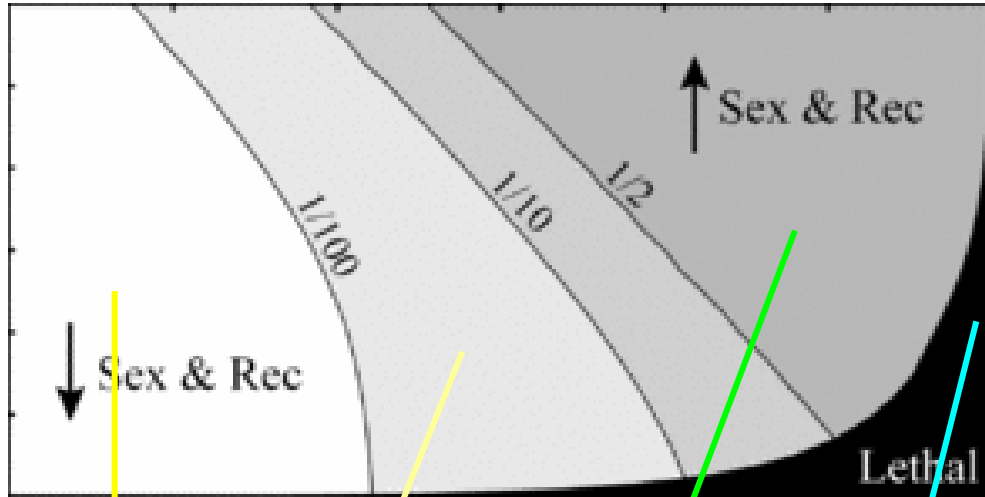
Michael Ghiselin, 1974



Indus river Delta

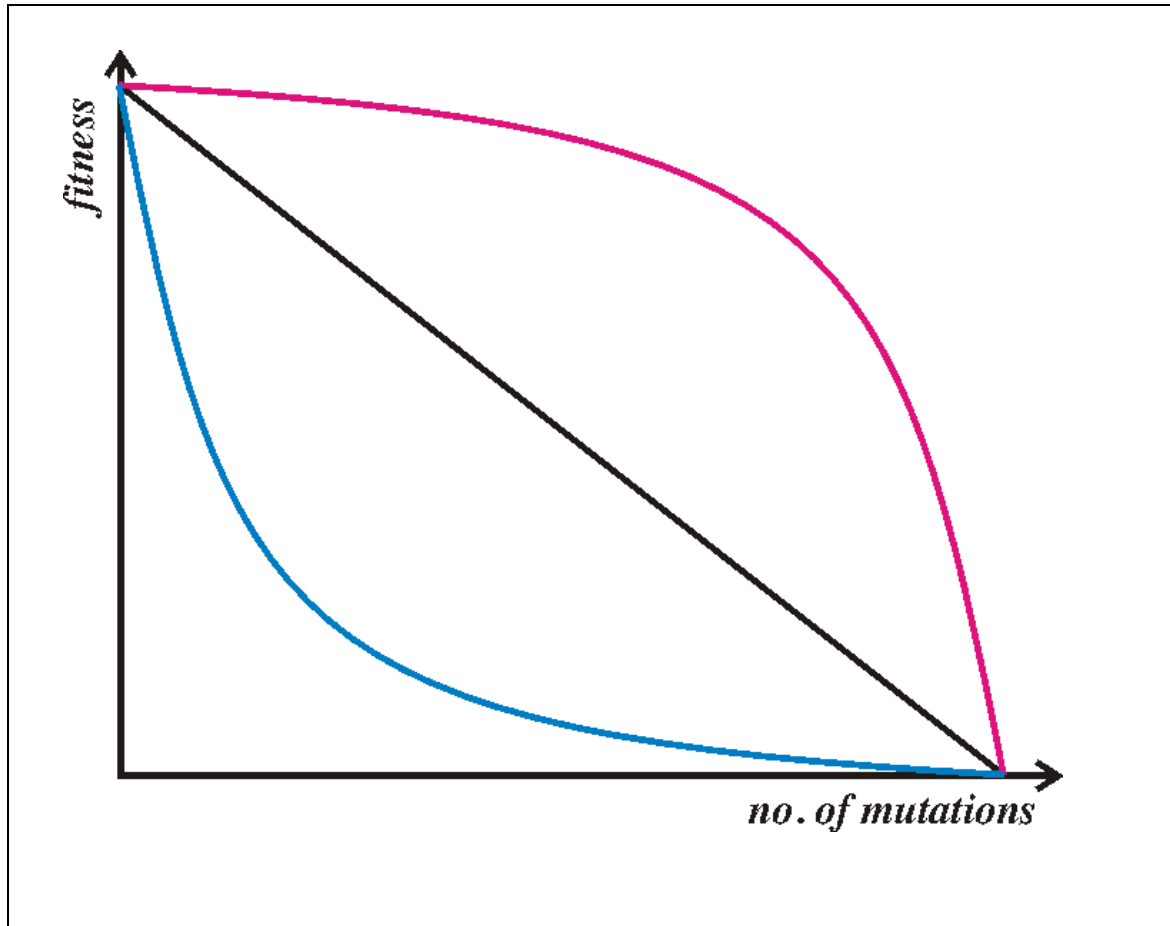
„Muller's ratchet “

Hermann Joseph Muller, 1964



„Kondrashov's Hatchet“

Leigh van Valen, 1973



„Red Queen Hypothesis“

Leigh van Valen, 1973

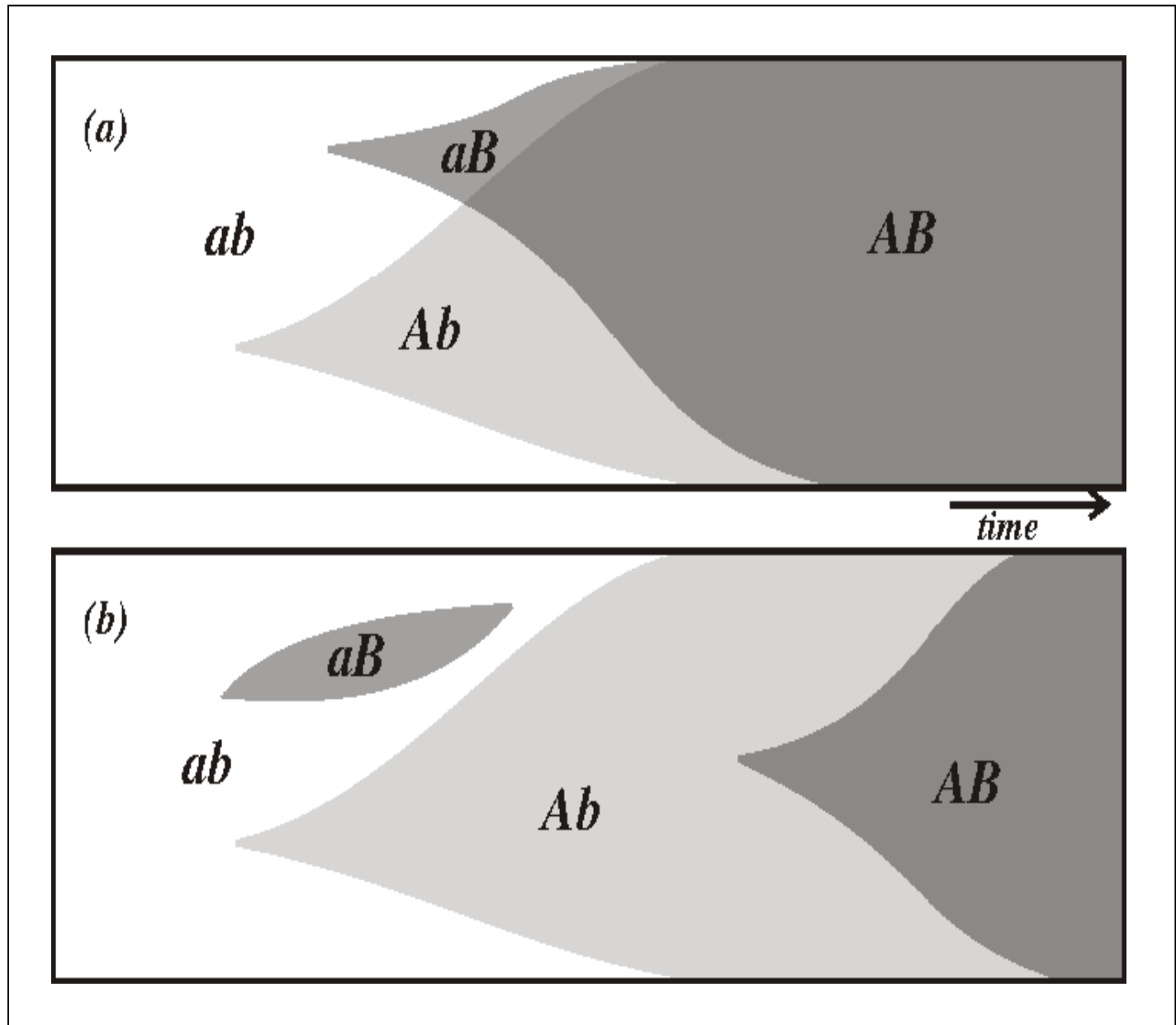
"It takes all the
running you can do,
to keep in the
same place."

constant 'arms race'



Lewis Carroll, Alice in Wonderland

„Red Queen Hypothesis“



Apomixie

Klonální rozmnožování pomocí semen

Neúplný sex: nedokončená megasporogeneze

Raunkiaer, 1903



Apomixie u Krytosemenných

Ve 140 rodech

- široce rozšířená
- přesto vzácná

Rosaceae

Poaceae

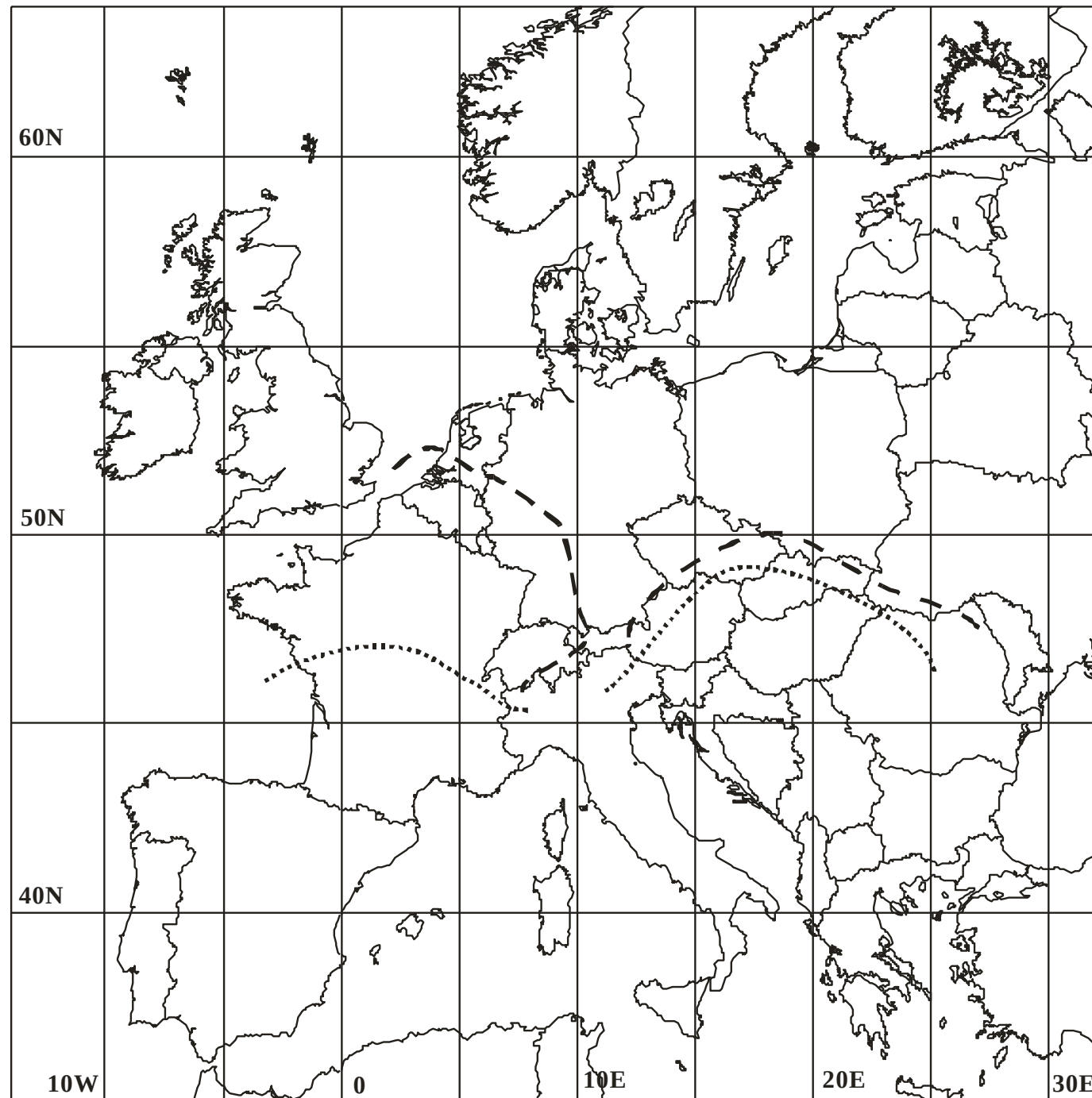
Asteraceae

Vázána na polyploidii



Geografická partenogeneze

Rozšíření sex-apo
pampelišek v EU



Hlavní typy apomixie

a) diplosporie

b) aposporie

c) (embryonie)

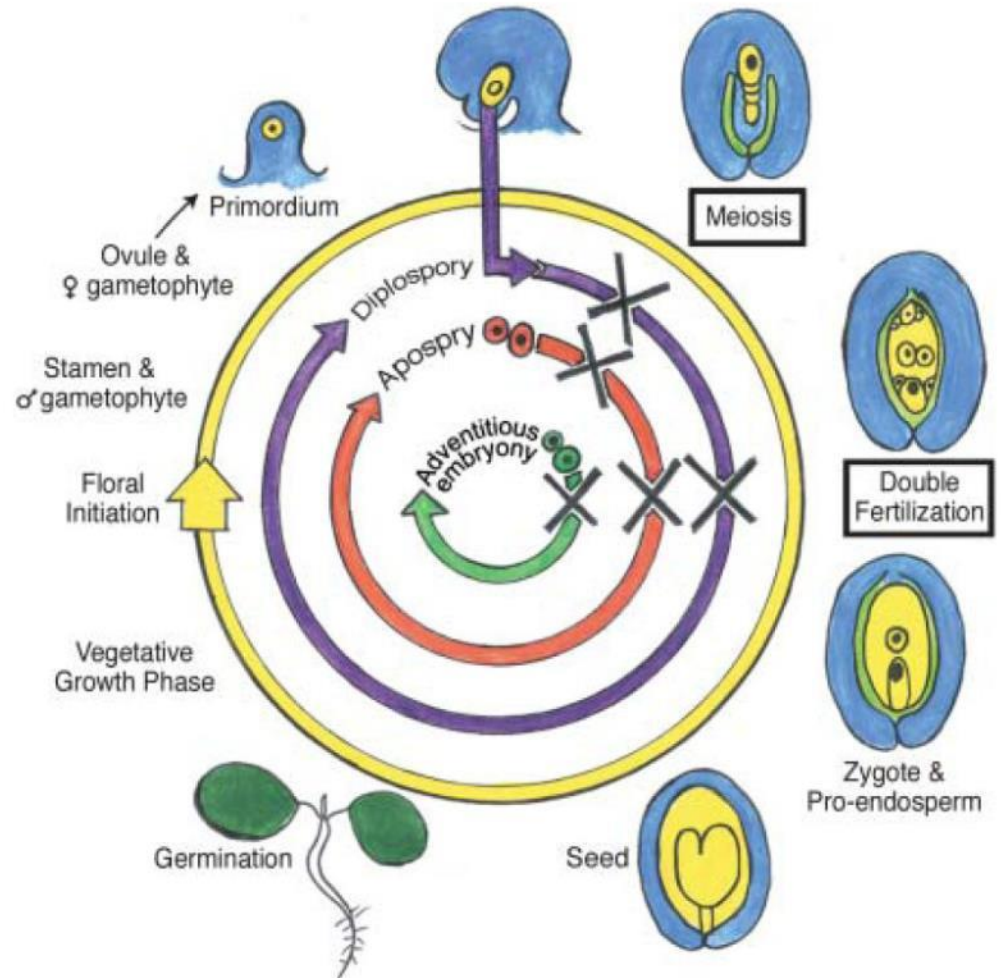


Figure 1. Initiation and Progression of Apomictic Mechanisms Relative to Events in the Sexual Life Cycle of Angiosperms.

Aposporie

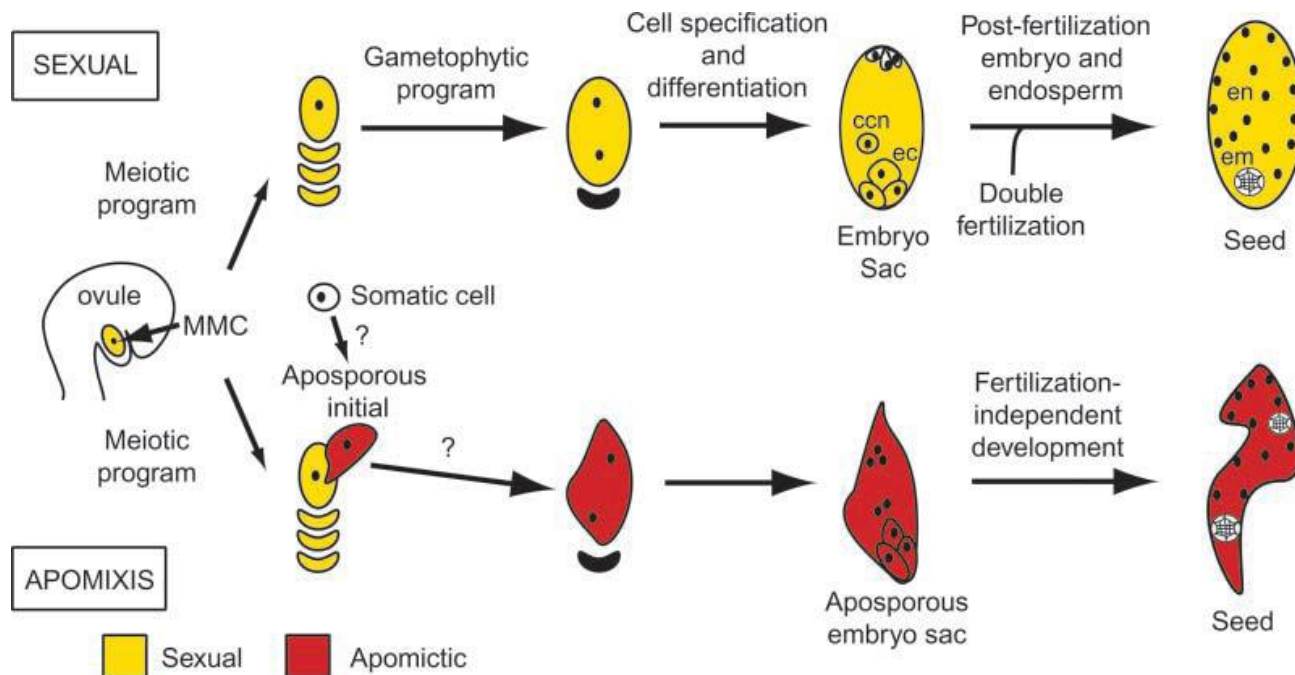
Meiotická diplosporie

Především *Rosaceae* a
Asteraceae

2 geny regulující apospori

- *Diplosporie (DIP)*
- *Partenogeneze (PAR)*

„Gametofyt tvořen z
vegetativních buněk
sporangia“
- analogicky některé
severoamerické kapradiny



Diplosporie

a) Mitotická diplosporie

Antennaria, Hieracium, Trisetum, Arabis

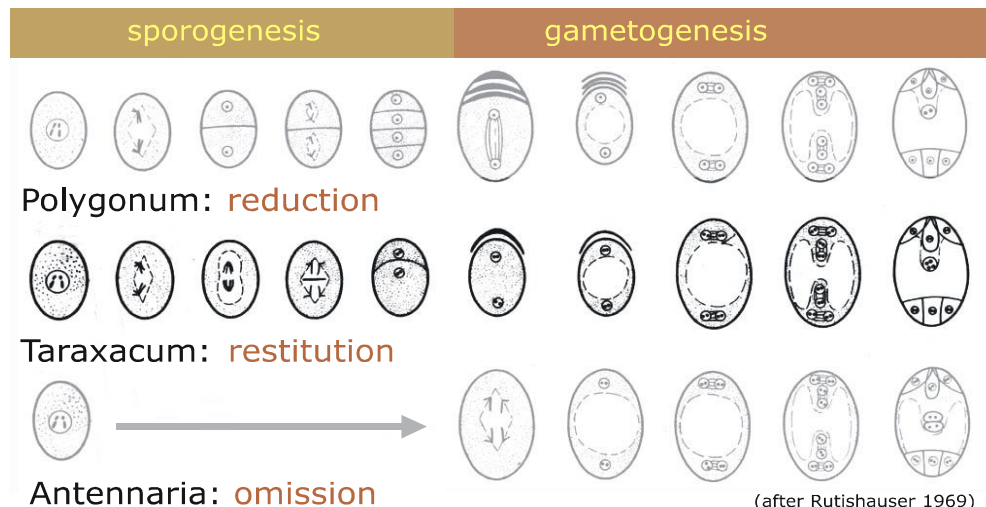
b) Meiotická diplosporie

Taraxacum, Chondrilla, Youngia

3 geny regulující apospori

- *Diplosporie (DIP)*
- *Partenogeneze (PAR)*
- ? (AUT??)

Typ nejbližší meióze



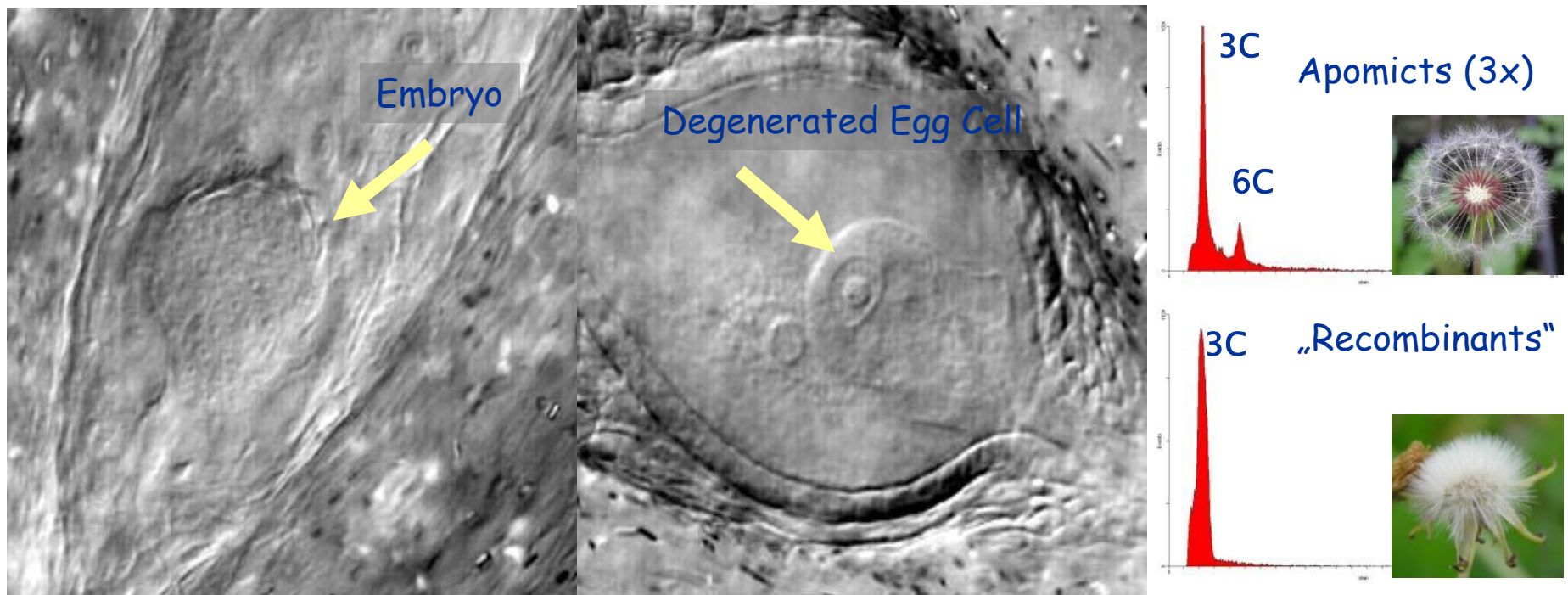
(after Rutishauser 1969)



Segregace apomixie (*Taraxacum*)

Diplosporická apomixie – příklad pampelišek

- Diplosporie **DIP** (microsatellites)
- Partenogeneze **PAR** (Nomarski DIC mic)
- Autonomní tvorba endospermu **END** (FCSC)



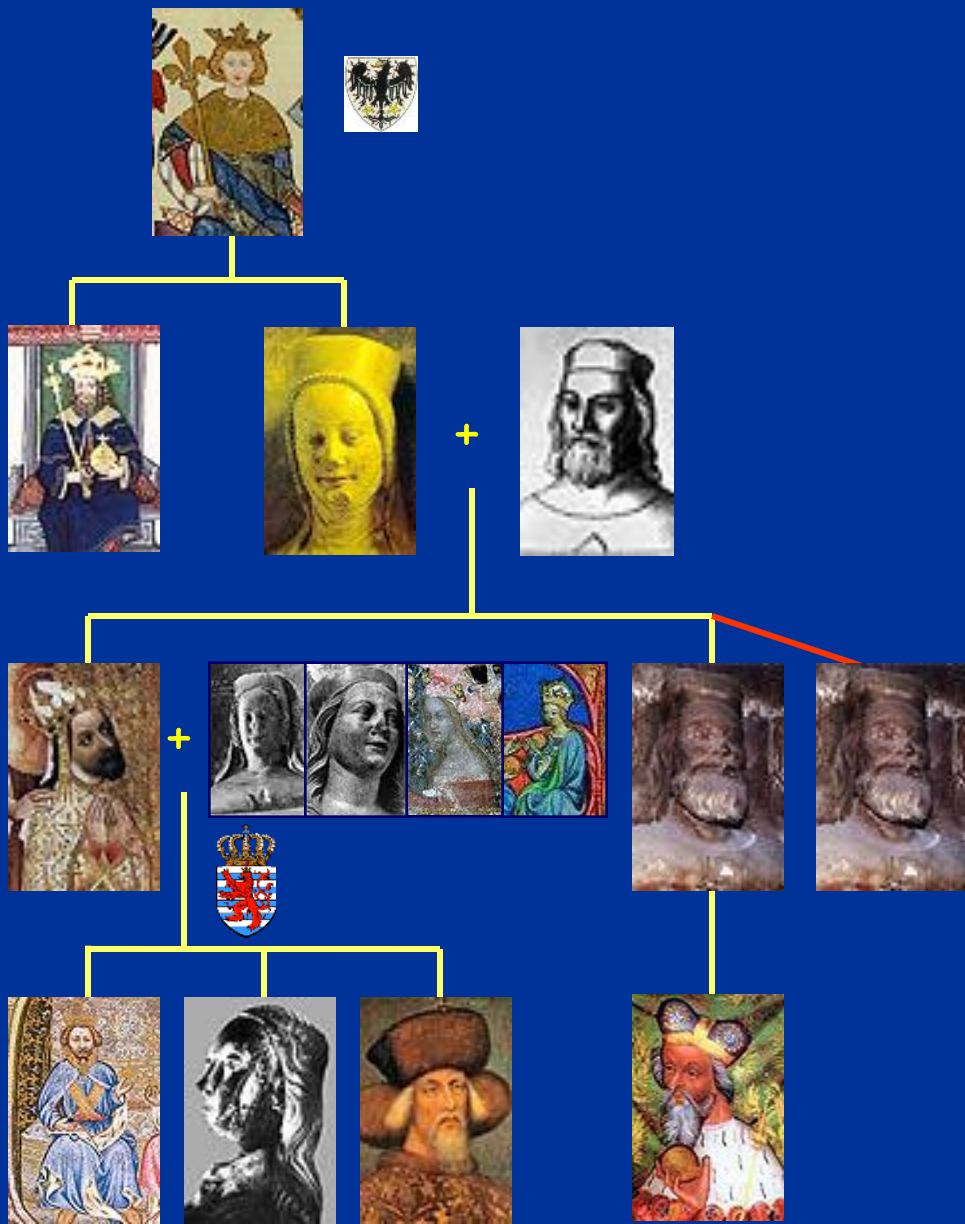
Geny nejsou ve vazbě, mohou vznikat rostliny, které dané rostliny nesoucí jen určité geny. V přírodě extrémně vzácné.

Genetické důsledky apomixie



- Genetický uniformní potomstvo
- Evolučně vývojová slepá větev

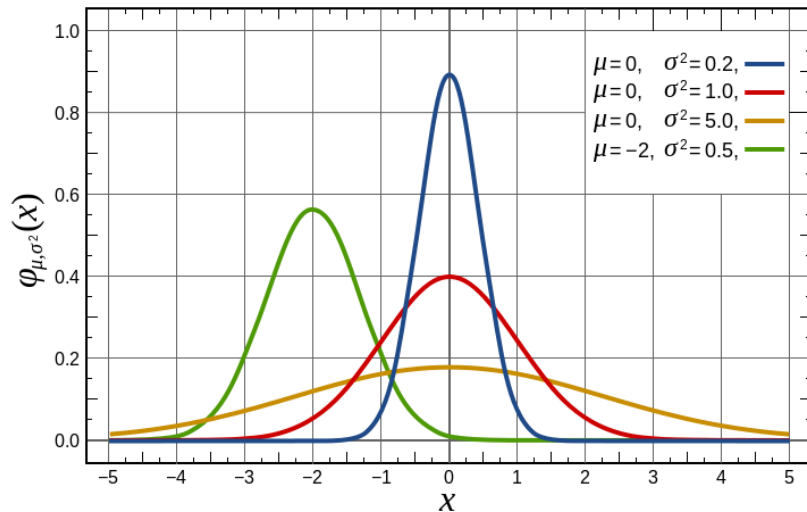
Rodokmen Lucemburků



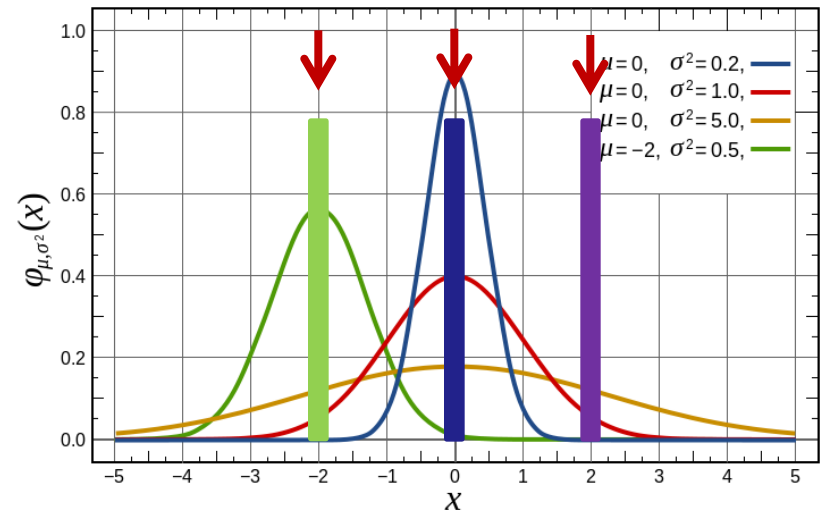
Eliška Přemyslovna Apomiktická



Variabilita apomiktů



Variabilita sexuálních druhů (genetická, morfologická, ...)



Variabilita sexuálních druhů (genetická, morfologická, ...)

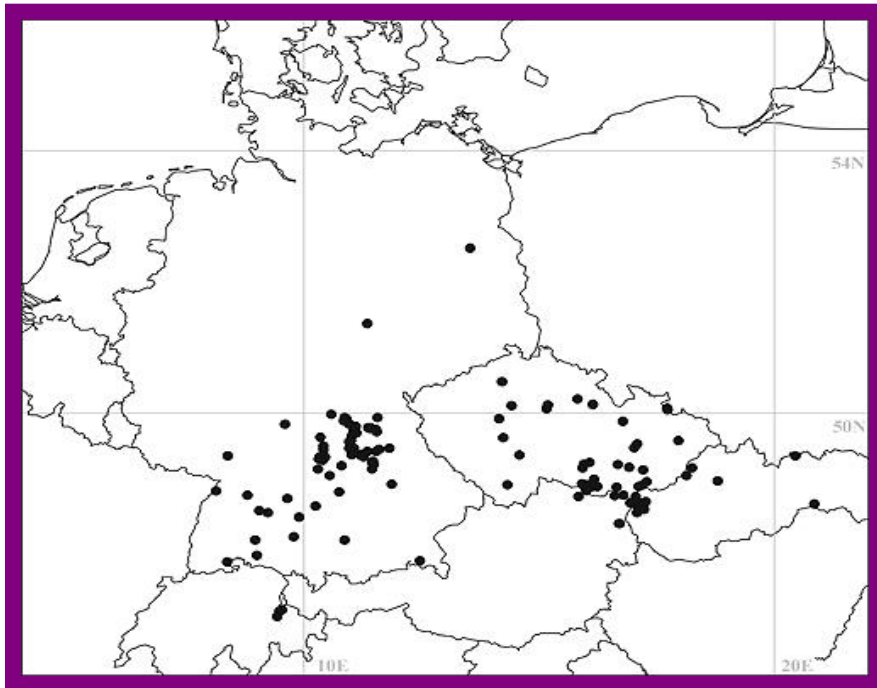


Důsledky pro taxonomii

- Reprodukční izolace
- Morfologická stálost
- Obvykle dobrý geografický areál

➡ *Dobrý biologický druh*

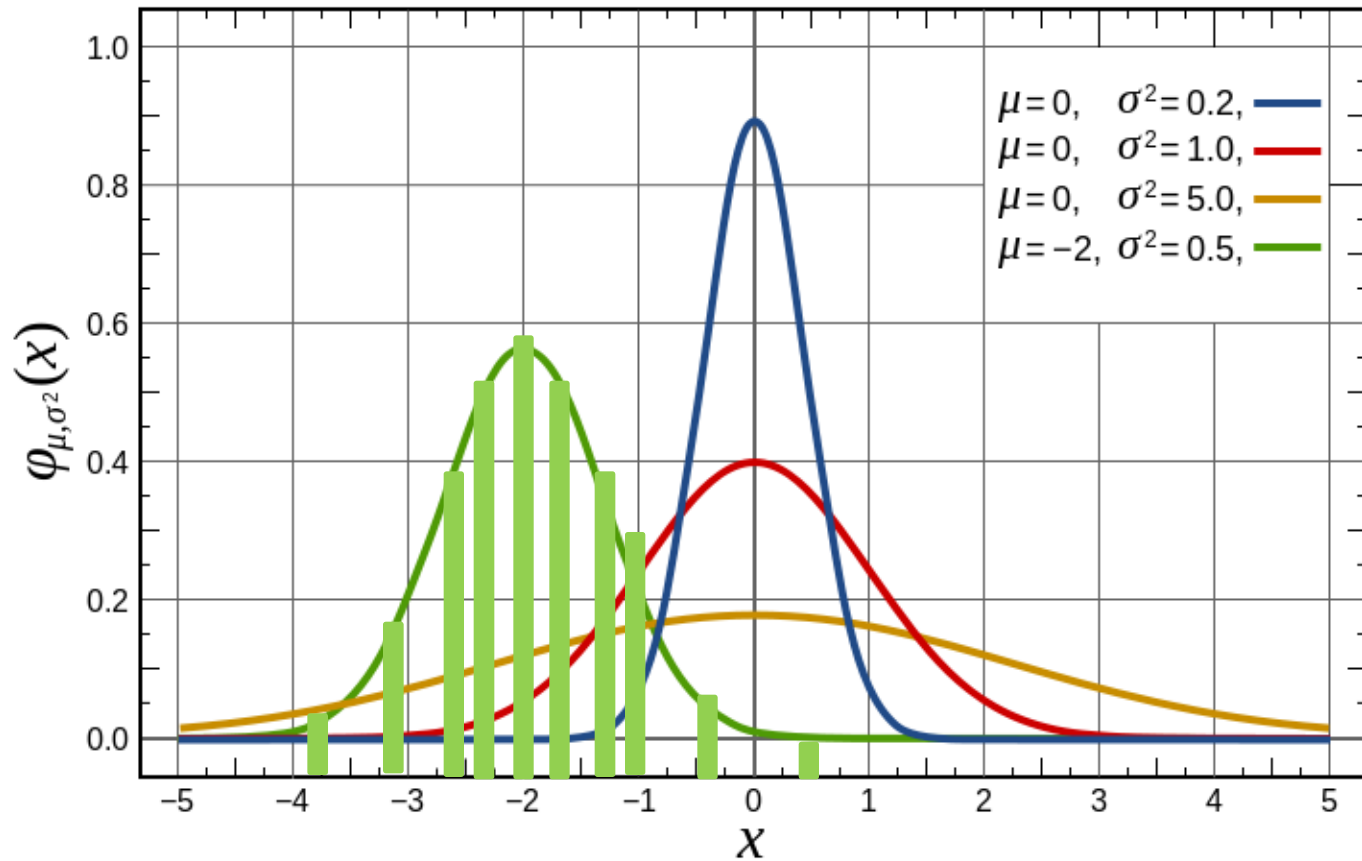
....ale....



Taraxacum prunicolor Schmid, Vašut et Oosterveld

- 
- Apomiktické druhy jsou nepřehledné
 - Určit je mohou pouze specialisté
 - Jejich zavádění (alespoň v některých skupinách) není užitečné
 - „l'art pour l'art“ ?

Variabilita apomiktů

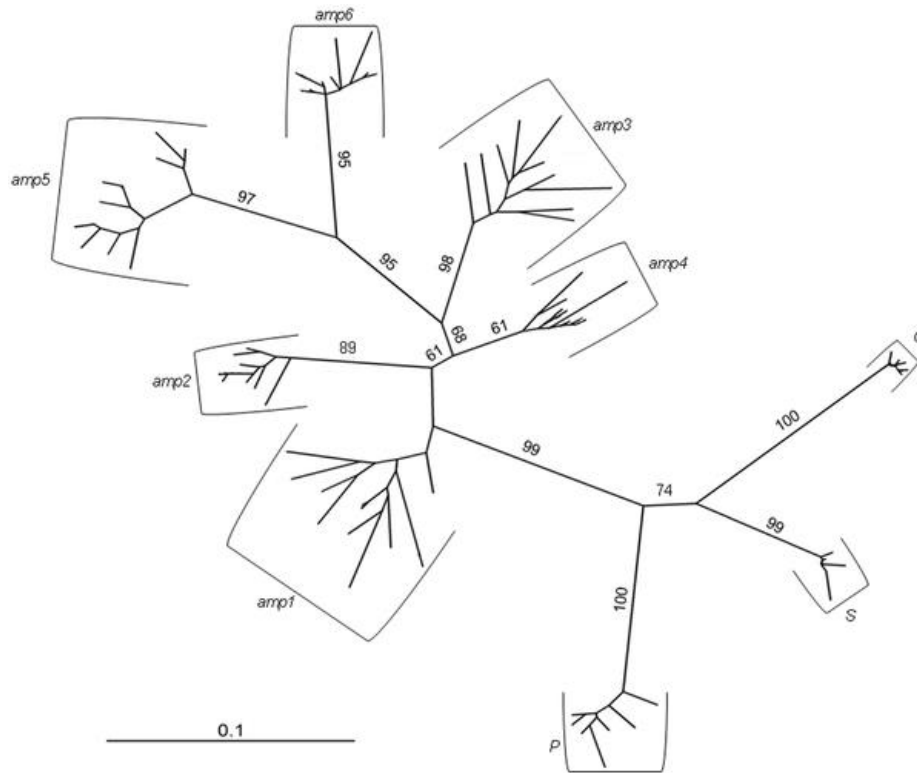


Variabilita populace apomiktů

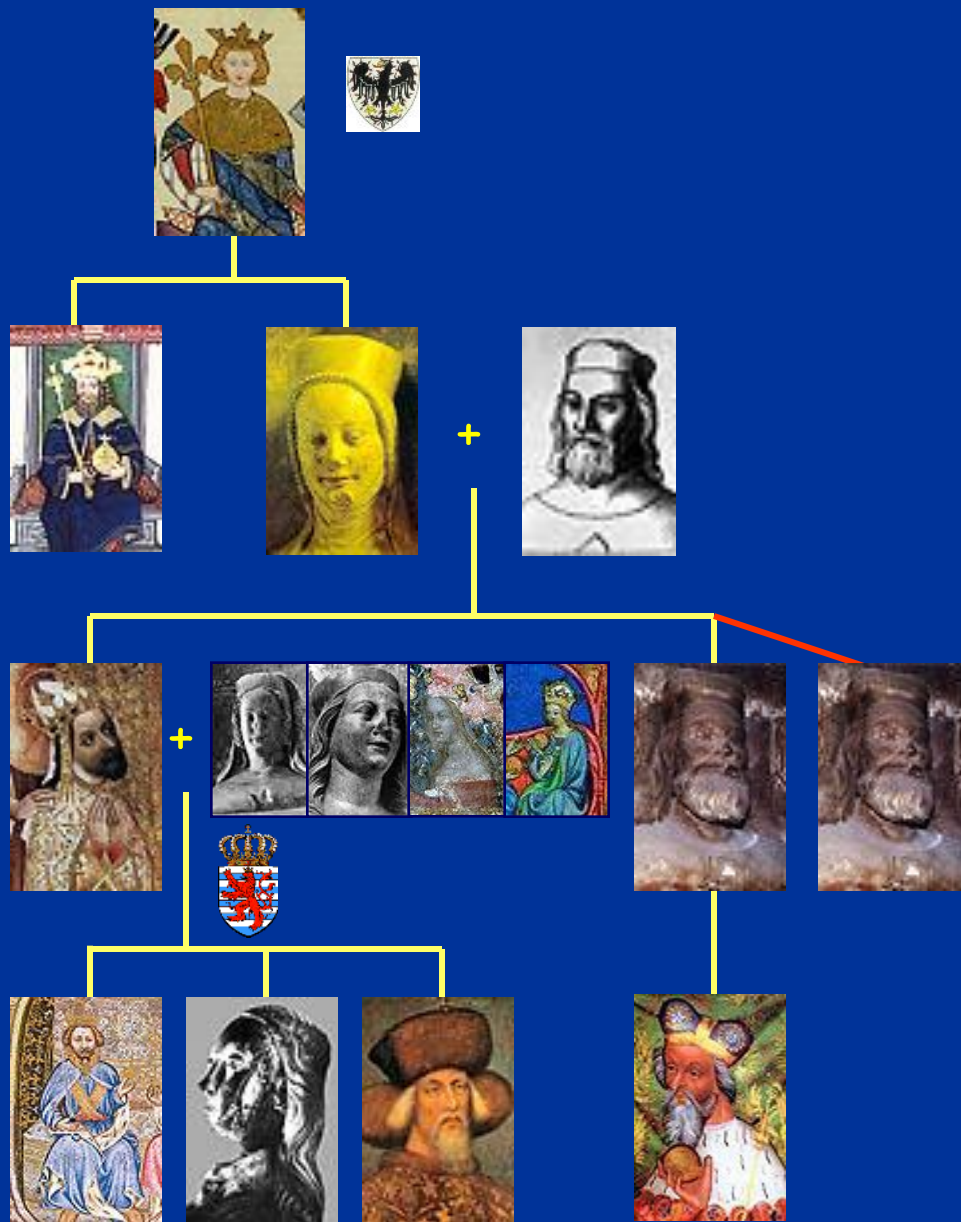
Variabilita apomiktů

Genetická variabilita apomiktů
(*Taraxacum amplum* z okruhu
T. officinale agg.)

Mikrodruhy geneticky diskrétní
Jsou tvořeny shlukem
podobných genotypů -
„genetických kamarádů“ (tzv.
„clone mates“)



Rodokmen Lucemburků



Eliška Přemyslovna Apomiktická

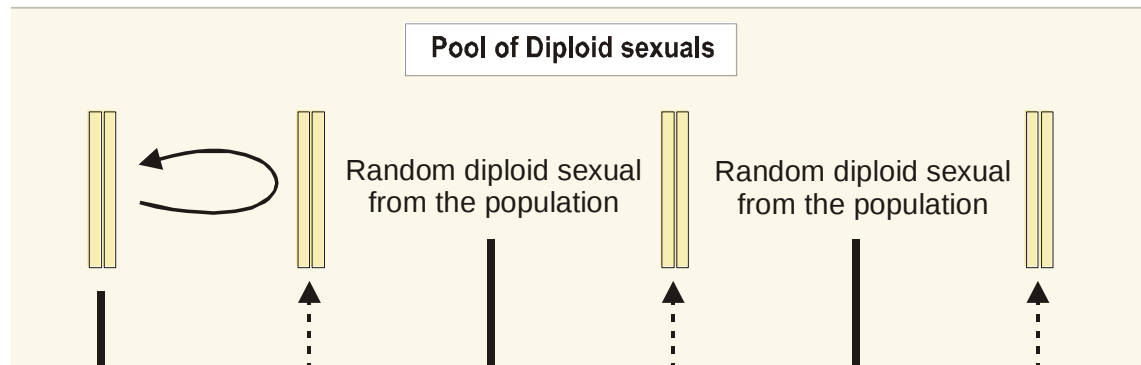
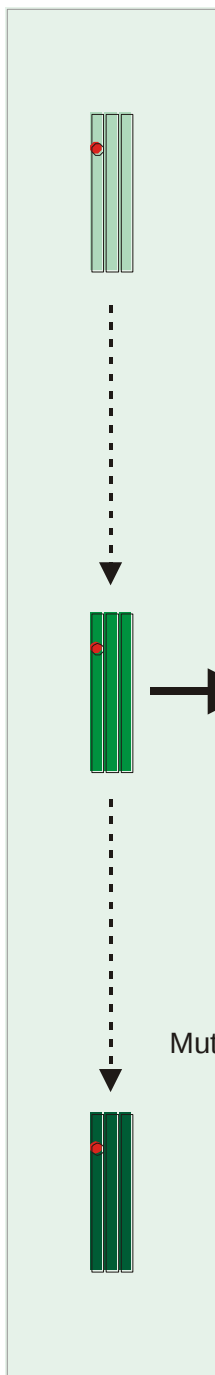


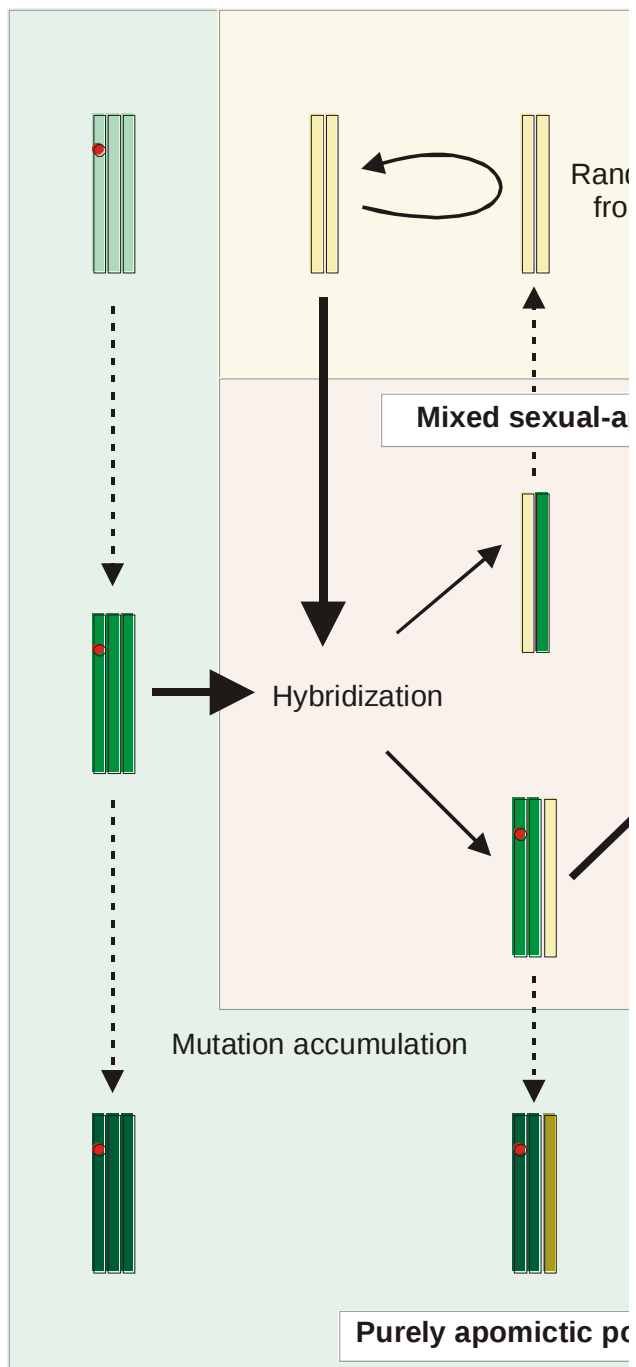
Genetické důsledky apomixie

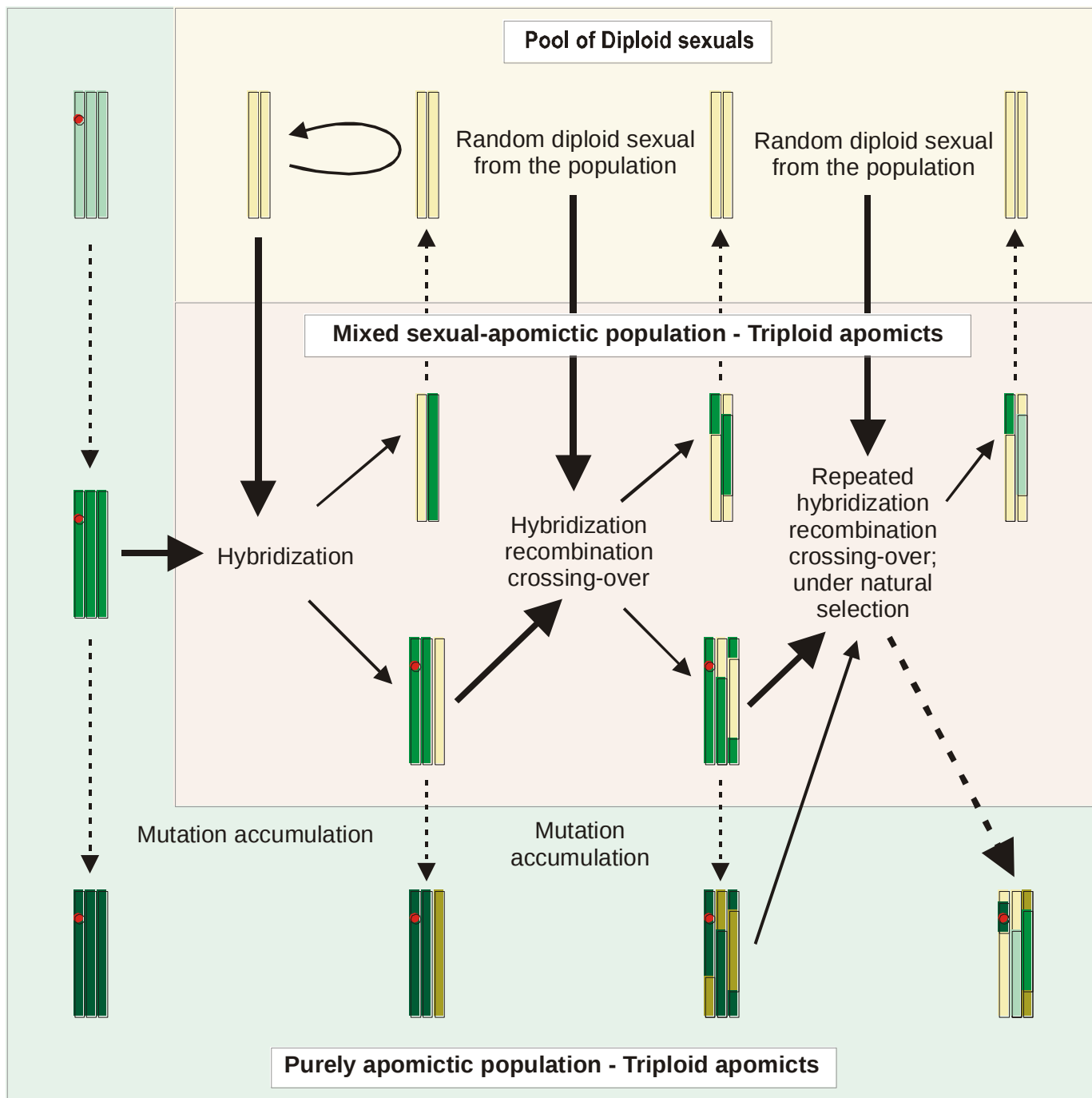
- Genetický uniformní potomstvo
- Evolučně vývojová slepá větev

• **SEX – APO cyklus (2x – 3x cyklus)**

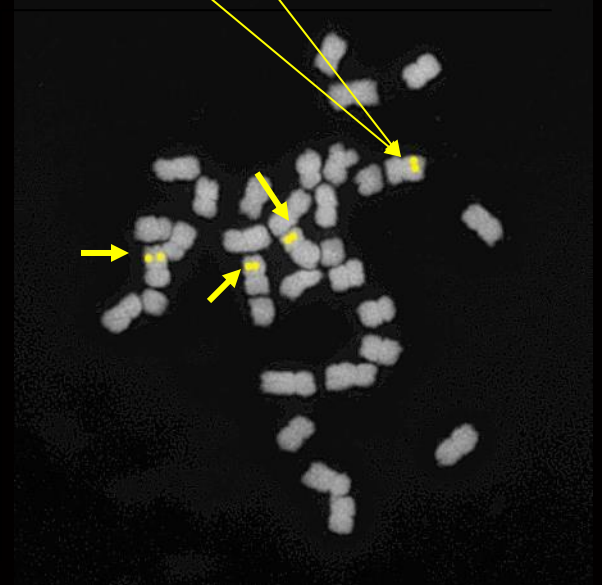
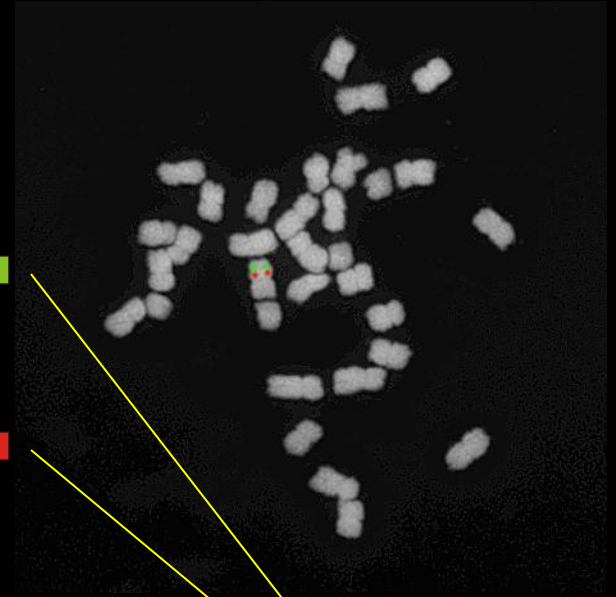
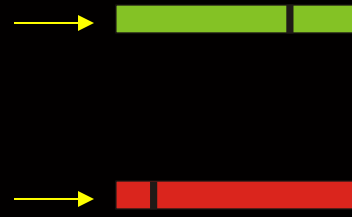
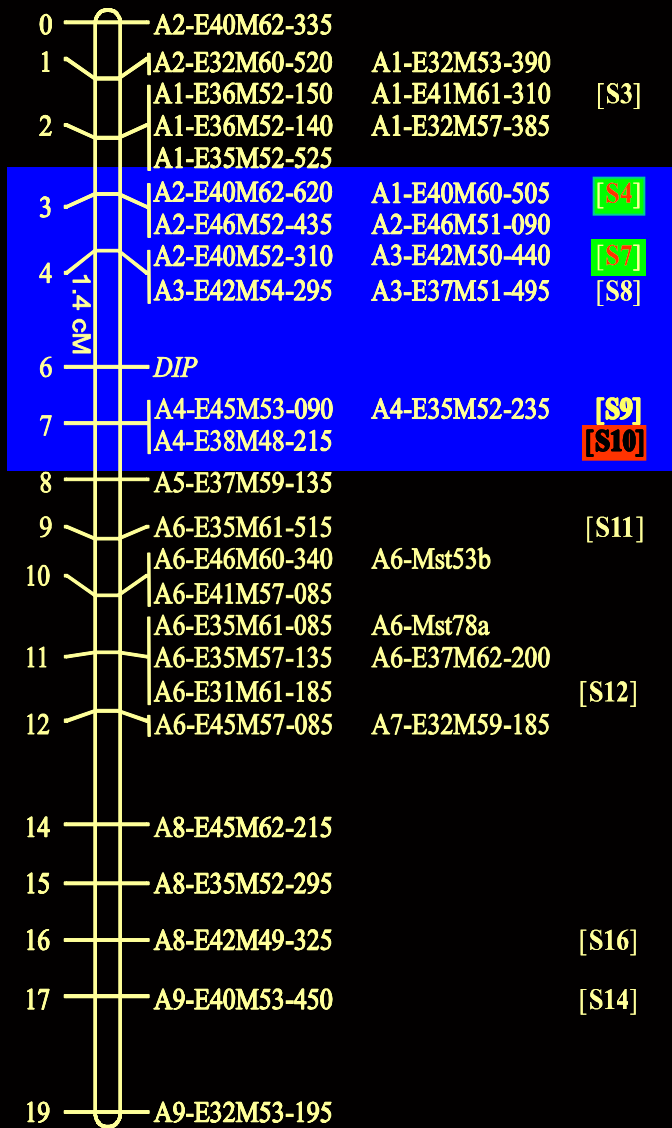
van Dijk 2003, Vašut, van Dijk et al. in prep.







A) Lokalizace *DIP* v genomu

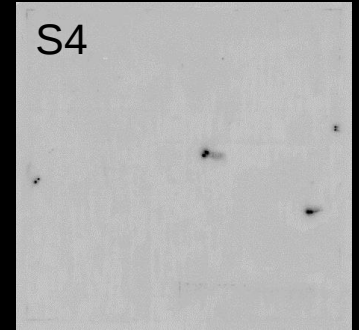
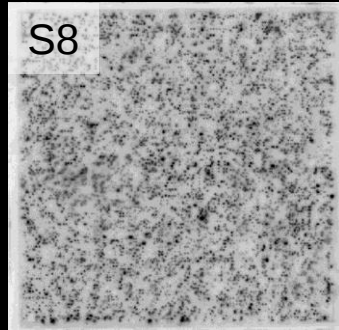
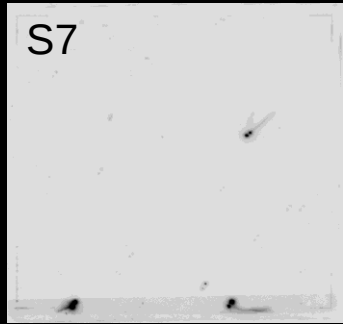


18.6 cM

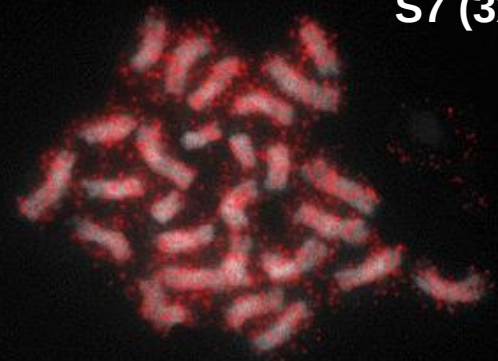
Vijverberg *et al.* TAG 2004

DIP BACs obsahují repetitivní sekvence

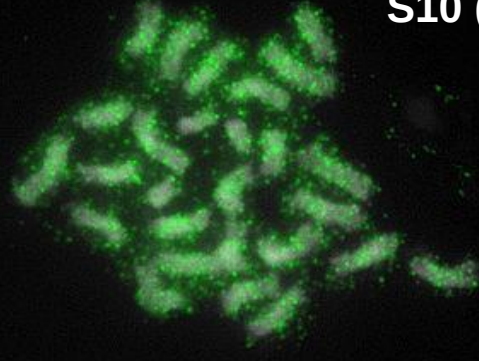
- BACs close to *DIP* are highly repetitive



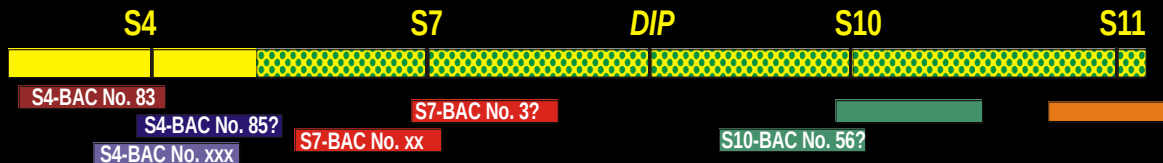
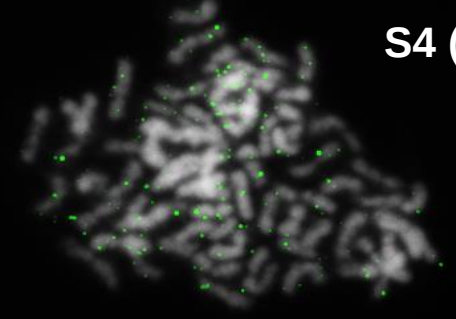
S7 (3x)



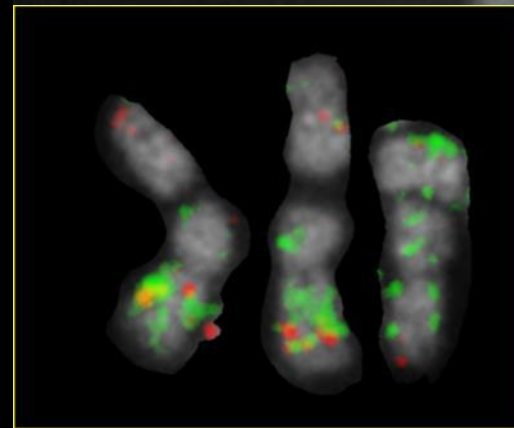
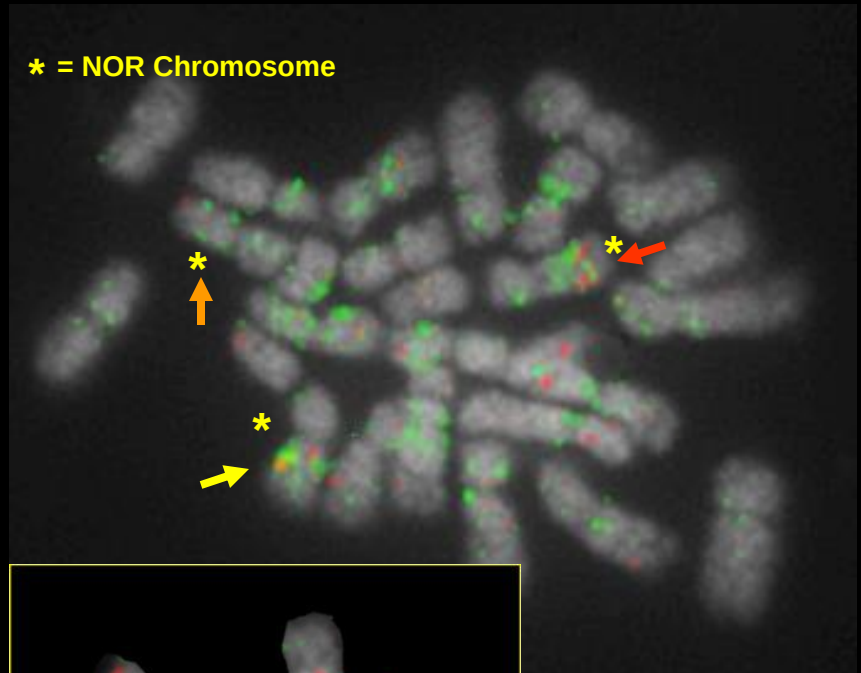
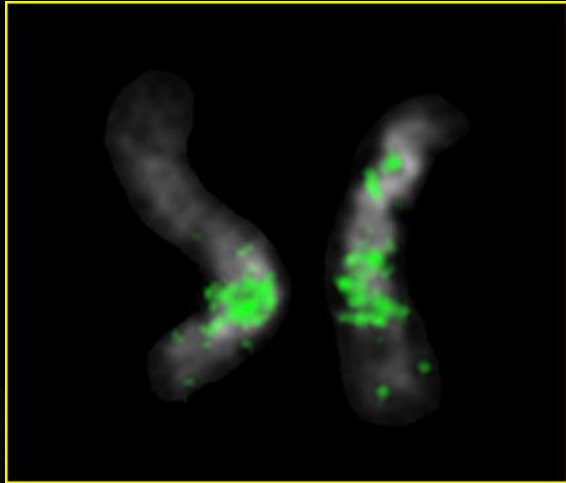
S10 (3x)



S4 (4x)



DIP BACs obsahují repetitivní sekvence,
kondenzovány do určitých segmentů

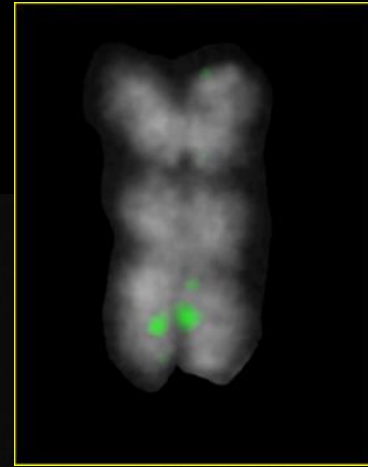
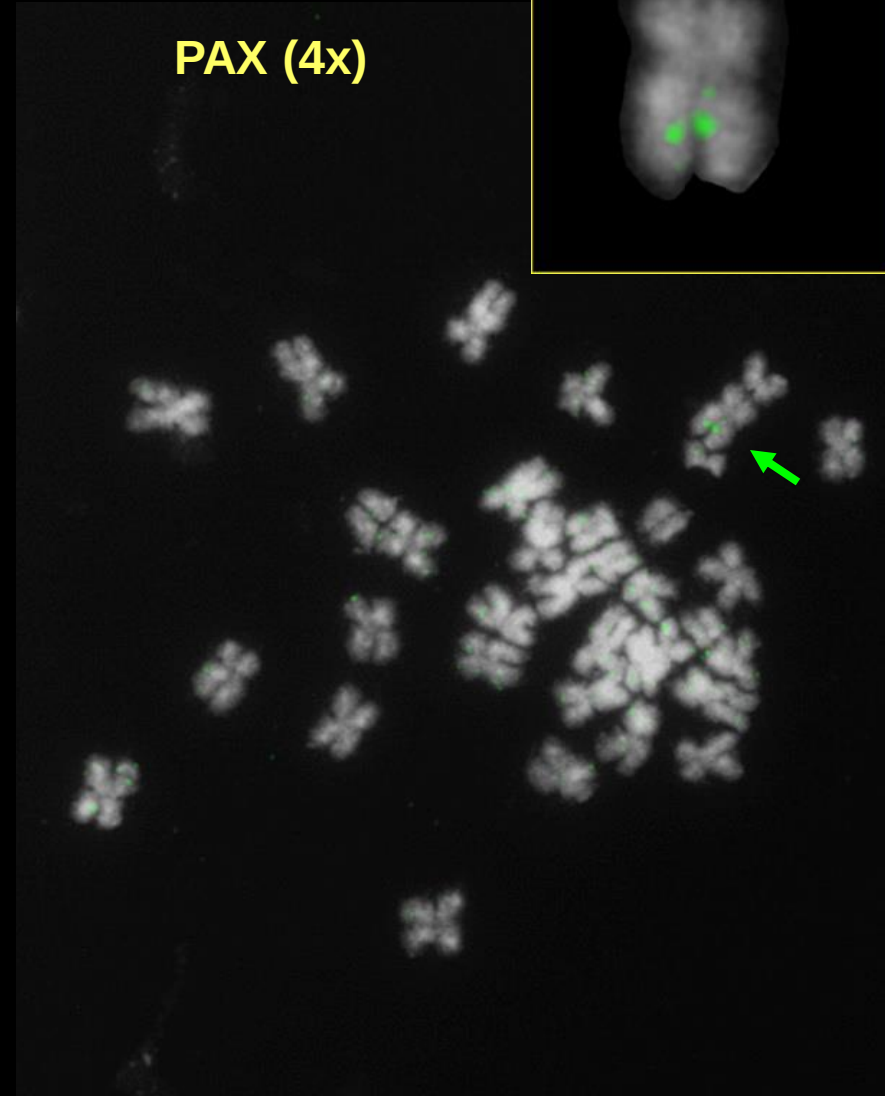


DIP je na NOR chromozómu

AS68 (3x)

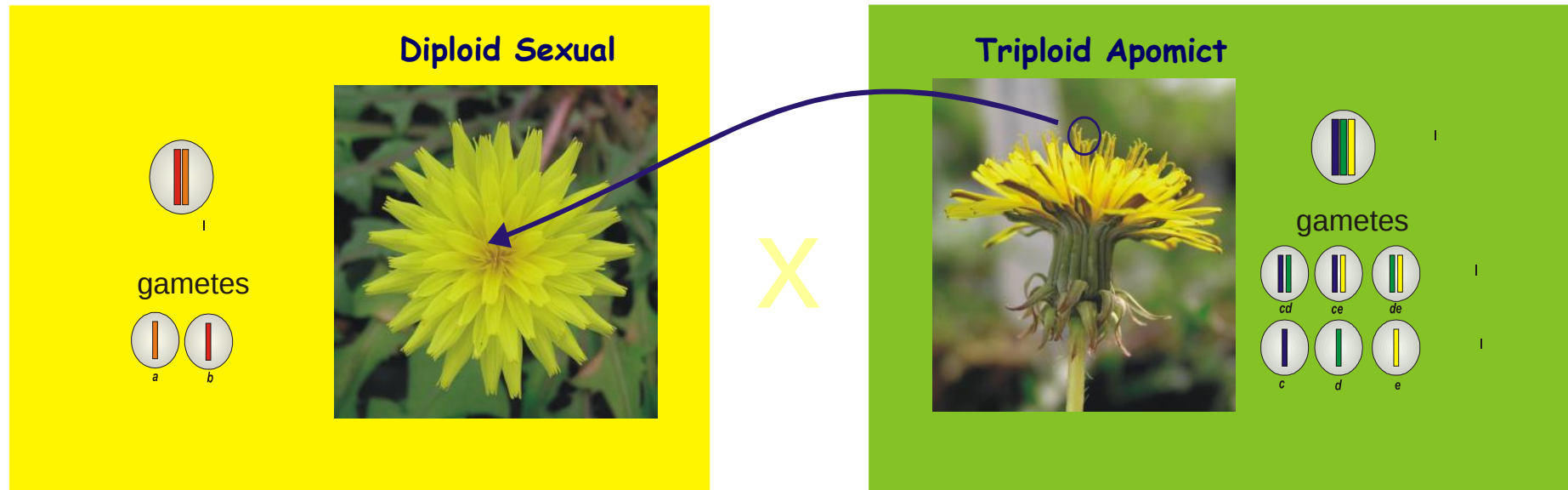


PAX (4x)



B) Segregace mikrosatelitů

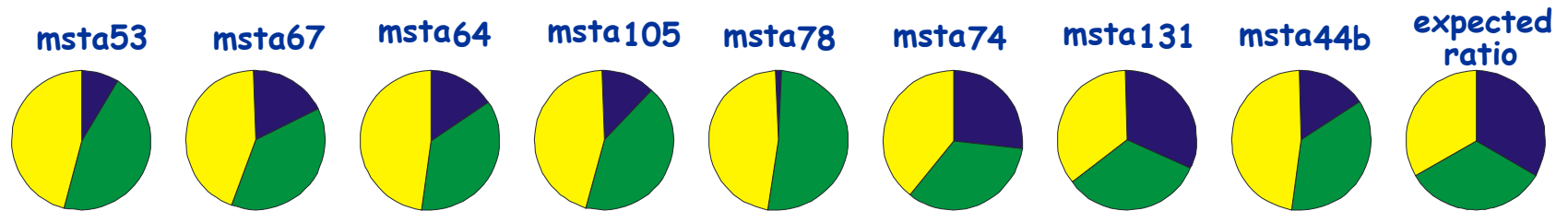
Microsatellites analysed in order to see how the chromosomes segregates in male meiosis



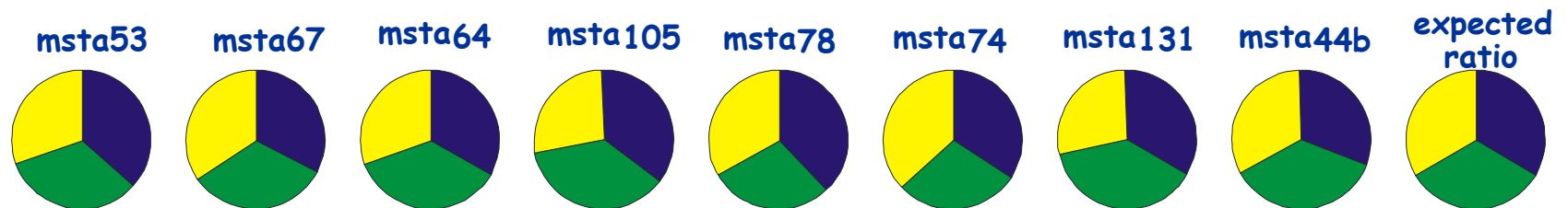
- Two SSR markers are linked to *DIP*, one to *PAR*
- *DIP* and *PAR* belong to different linkage groups
- Significant absence of alleles linked to *DIP* and *PAR* has been observed in haploid pollen grains

B) Segregace mikrosatelitů

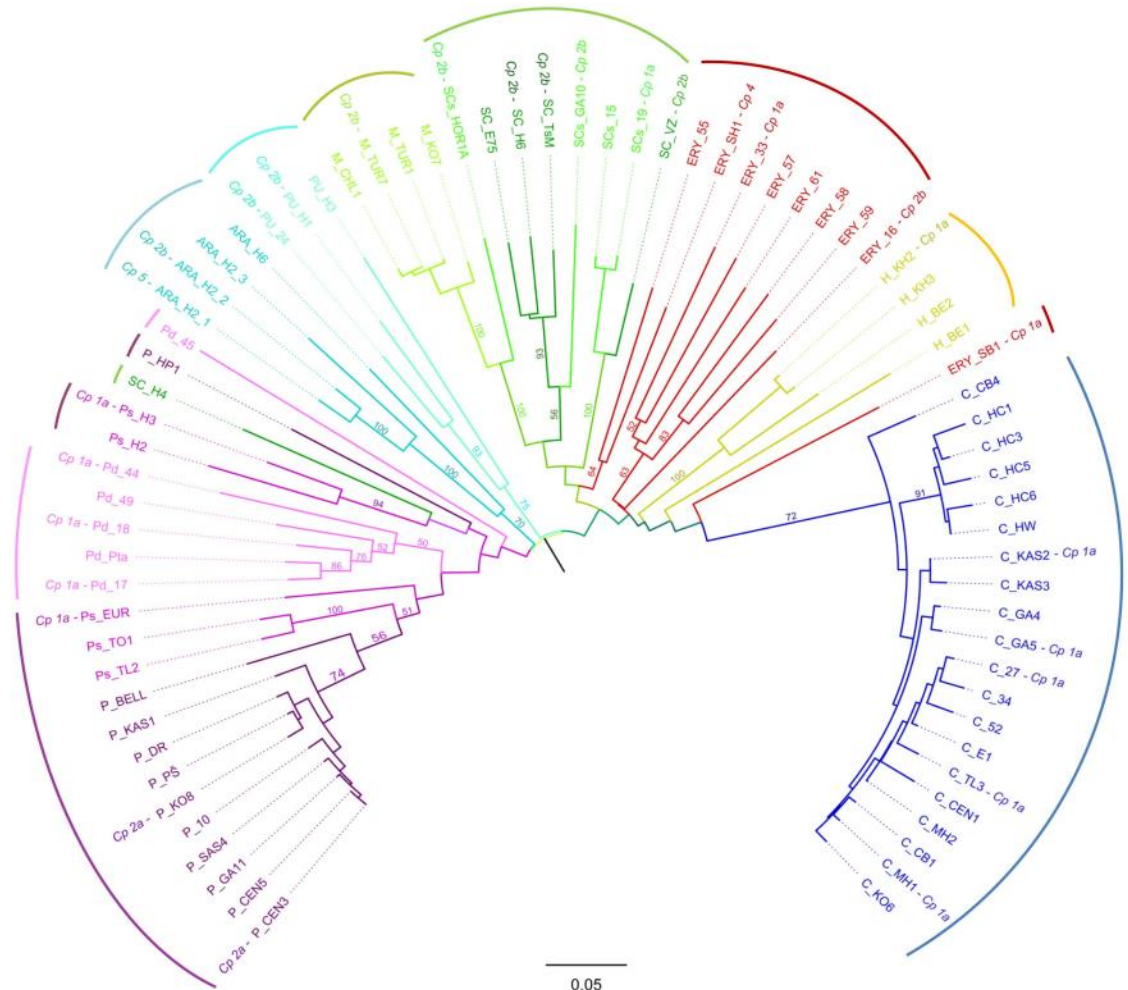
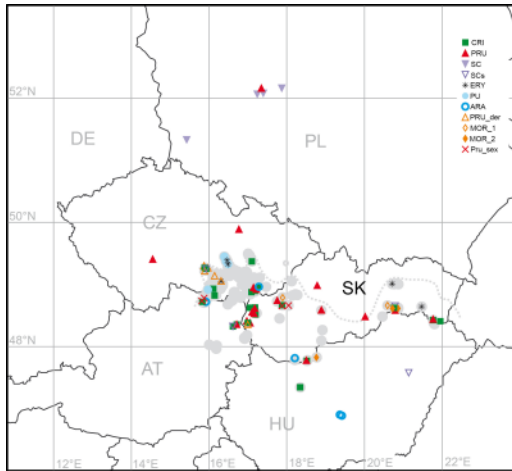
distribution of single alleles in haploid pollen grains of triploid apomict



distribution of single alleles in diploid pollen grains of triploid apomict

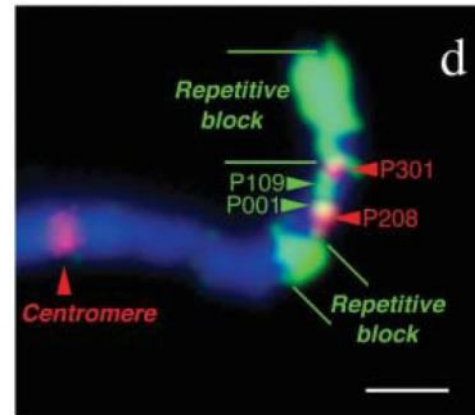
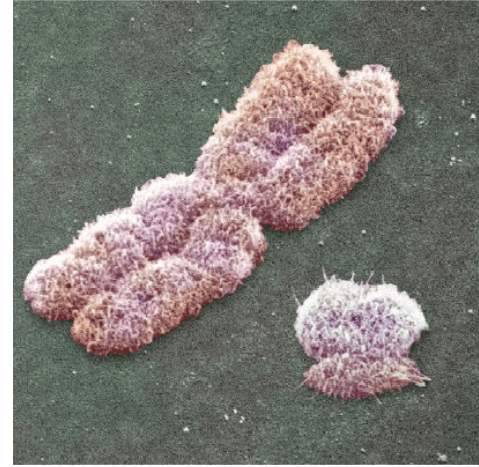


C) Detekce hybridizace v přirozených populacích



Paralela APO regionu s Y-chromozómem

- Determinace Sexu
- Rekombinační suprese
- Akumulace mutací
- Absence funkčních genů
- Delší fylogenetické stáří



Apomixie v rodu *Taraxacum*

Meiotická diplosporie

3 geny regulující apomixii

- *Diplosporie (DIP)*
- *Partenogeneze (PAR)*
- ?

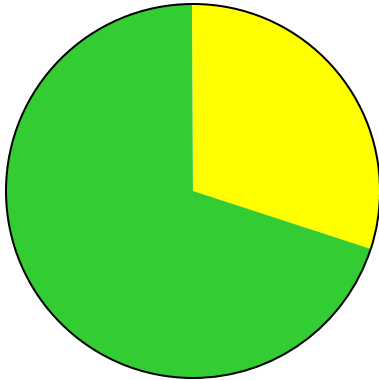
ca. 55 sekcí - většinou
apomikté



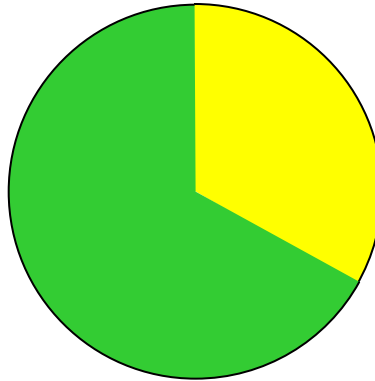
Segregace apomixie u pampelišek

3x

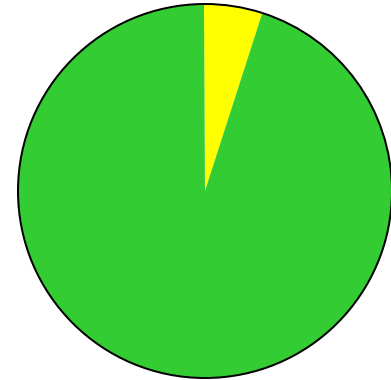
DIP (3x)



PAR (3x)



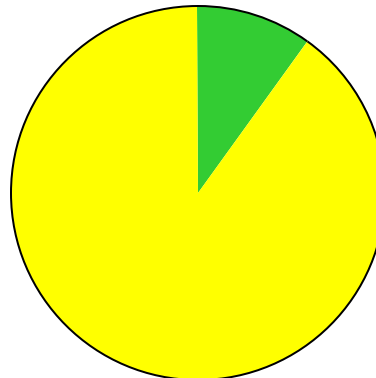
END (3x)



DIP (2x)



PAR (2x)



END (2x)

?

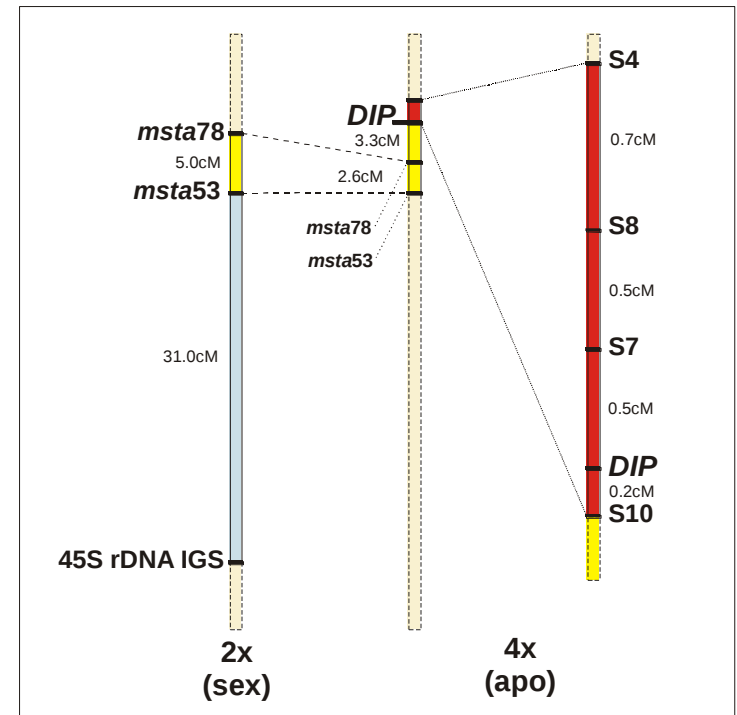
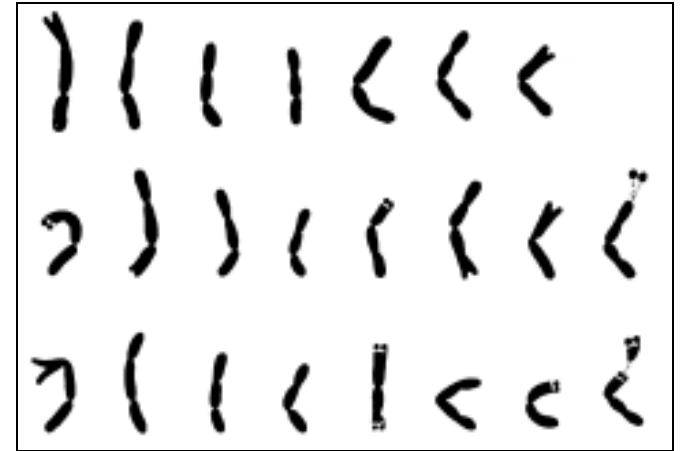
2x

Kde leží *DIP* region?

Nepřímý důkaz, že

- *DIP* je na NOR chromozómu:
- absence 1 NOR chromozómu
- Slabá vazba s 45S rDNA

(Sørensen, van Dijk)



Van Dijk 2004

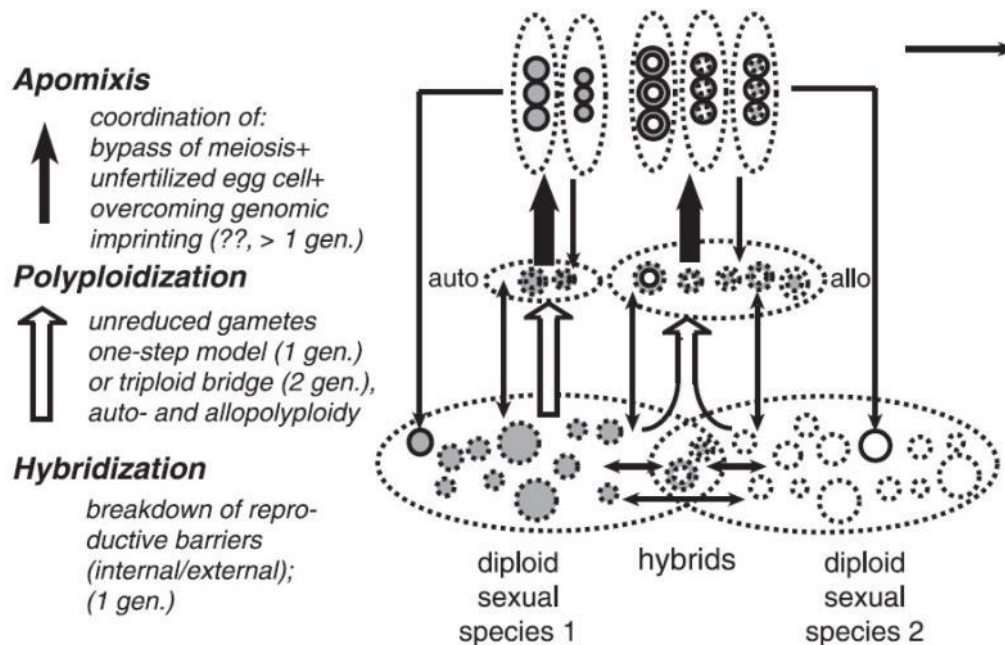
Vijverberg, unpubl.

Evolve apomixie

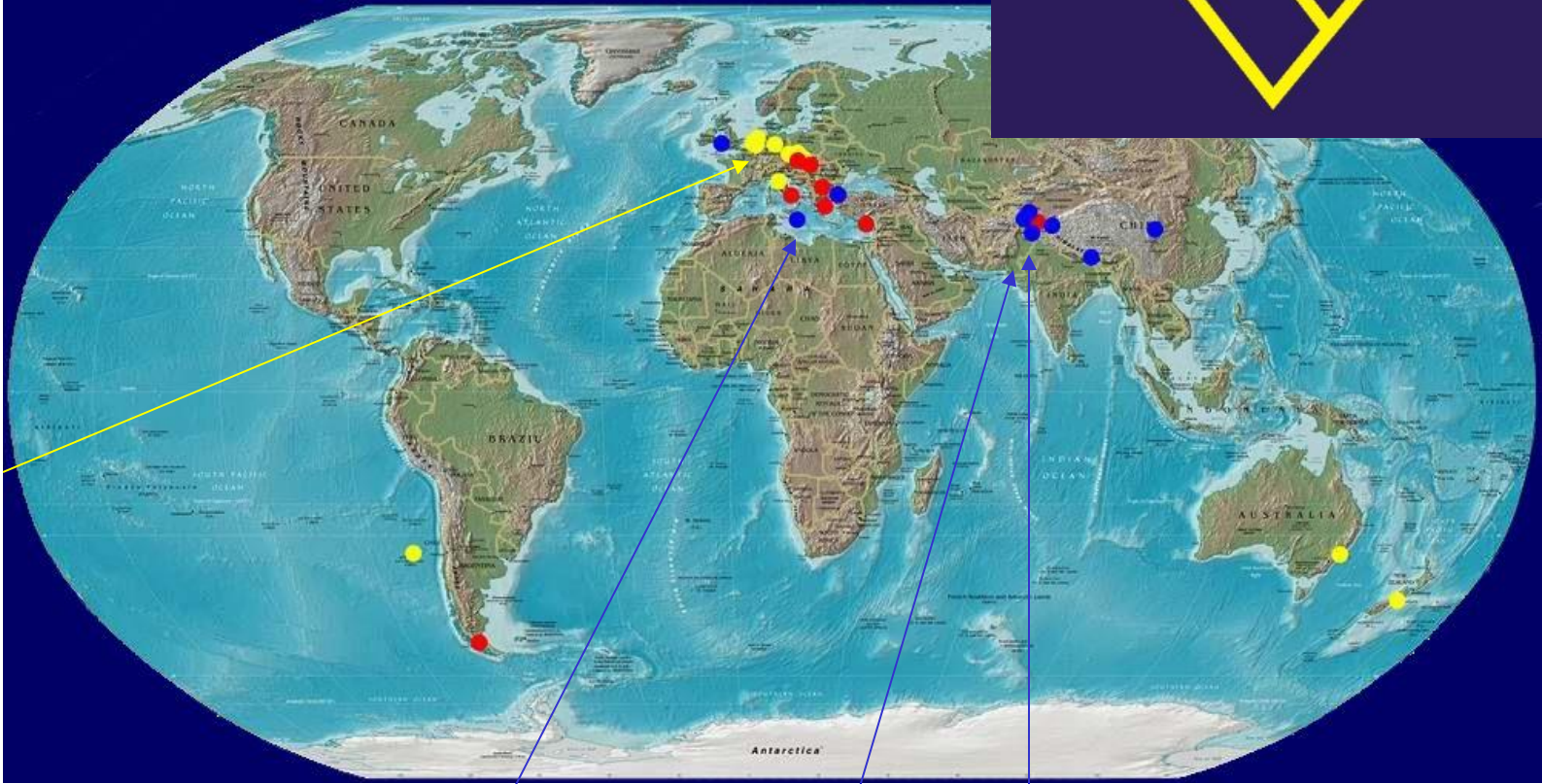
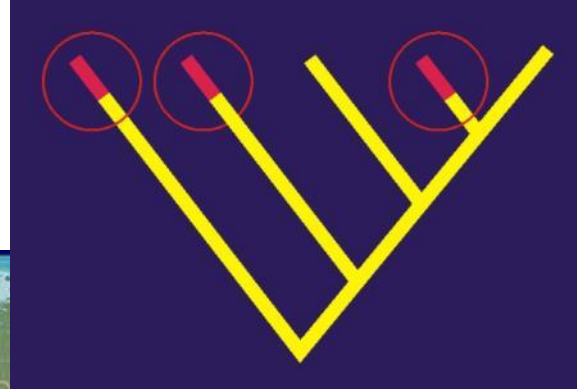
Dominantní gen (převažující názor)

Recesivní gen (Mogie, Richards)

Hybridizace (Carman)



Apomixie v rodu *Taraxacum*



Ruderalia



Erythrosperma



Alpina



Antarctica



Tibetana



Scariosa



Parvula



Leucantha



Mongolica

$2n = 3x$

DIP locus - příbuzné taxony

$2n = 4x$



T. sect. Erythrosperma
(stř. Evropa)



Erythrosperma



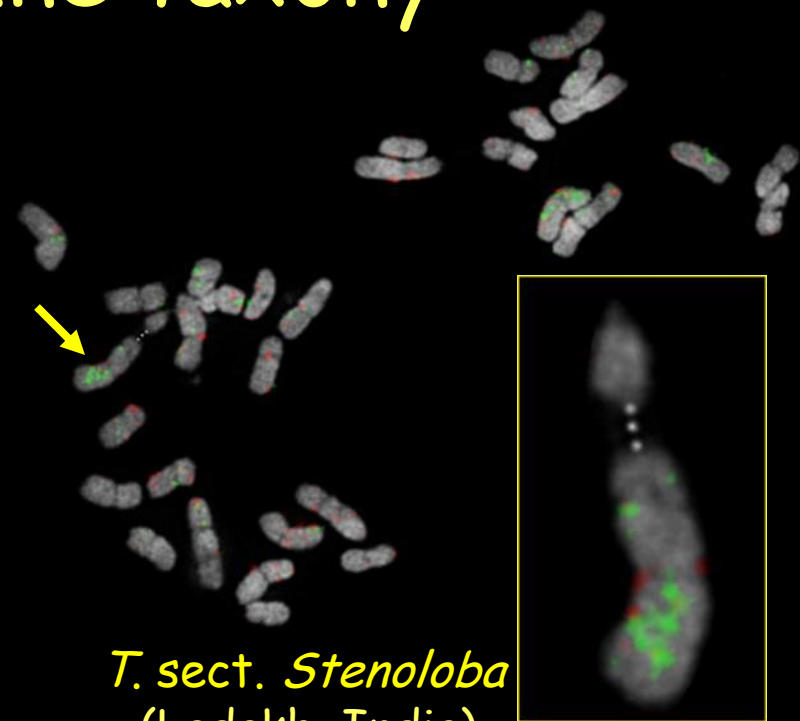
Stenoloba



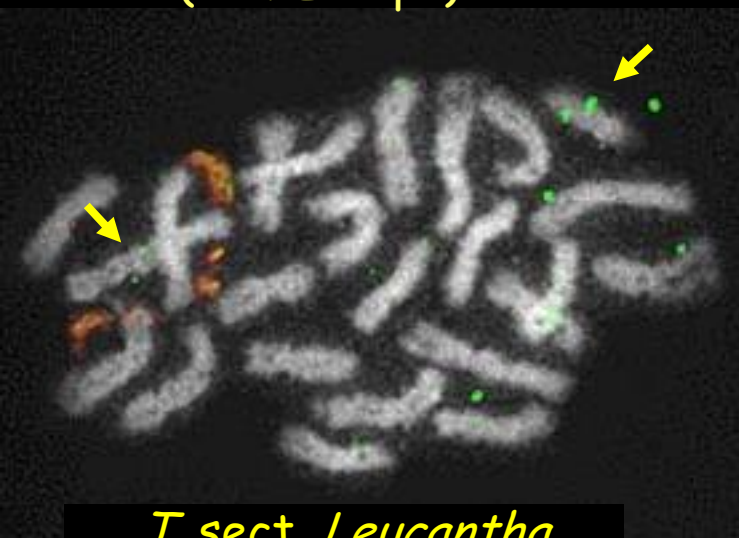
Scariosa



Leucantha



T. sect. Stenoloba
(Ladakh, India)



T. sect. Leucantha
(Ladakh, India)



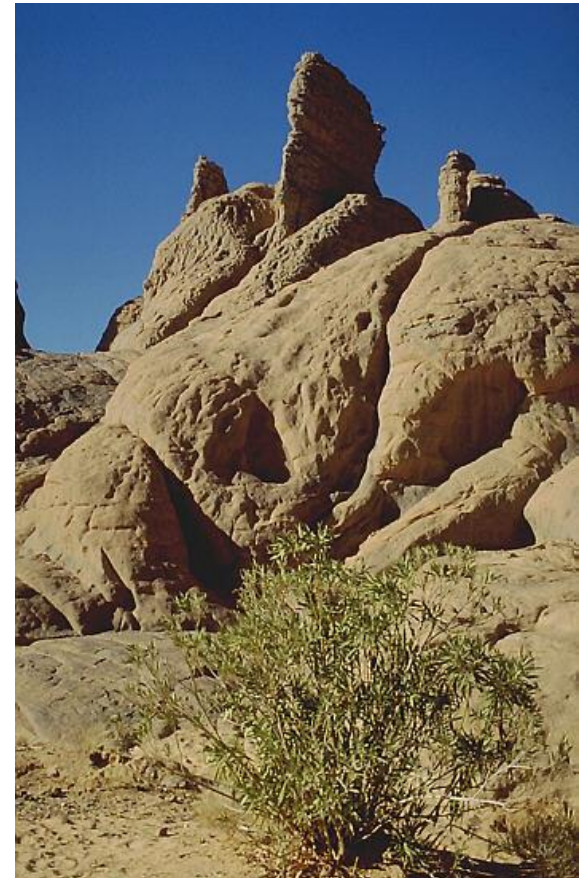
T. sect. Scariosa
(Malta)

Jsou samečci nepotřební?

Male apomixis - Androgenesis

Jádro vajíčka je po splynutí gamet
nahrazeno vajíčkem z pylové
láčky

Cupressus dupreziana
(Alžírsko)



Literatura

