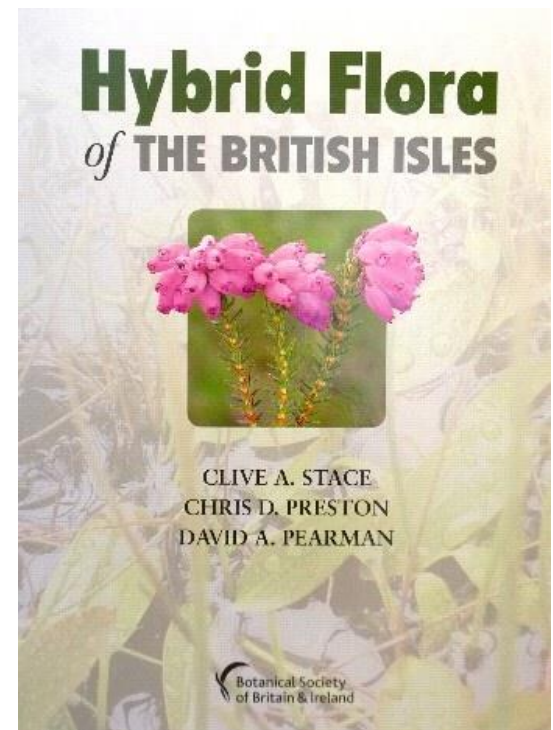


Hybridizace ve světle biosystematických metod

Tomáš Urfus

Hybridizace - vznik vs. zánik taxonů

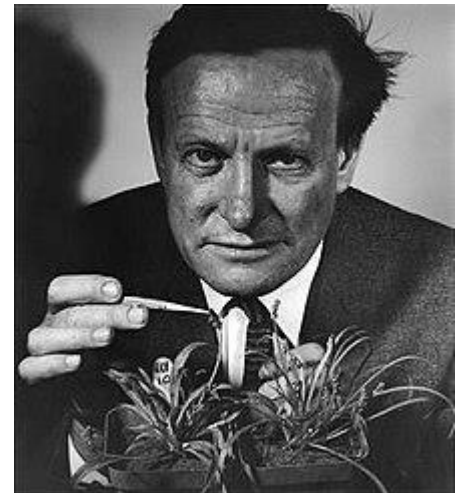
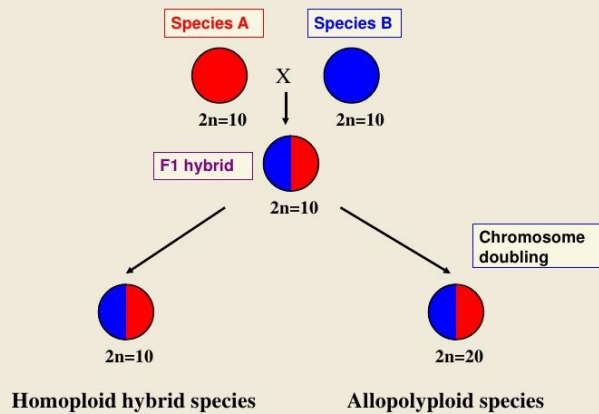
- **slepá ulička (?)**
- 25% flóry Britských ostrovů hybridizuje (Stace et al. 2015: The Hybrid Flora of the British Isles)
- primární hybridi často sterilní



Hybridizace - vznik vs. zánik taxonů

- zdroj variability a mechanismus speciace
- homoploidní vs. heteroploidní hybridizace, allopolyploidie
- reprodukční izolace (vznik bariér, popř. apomixie)

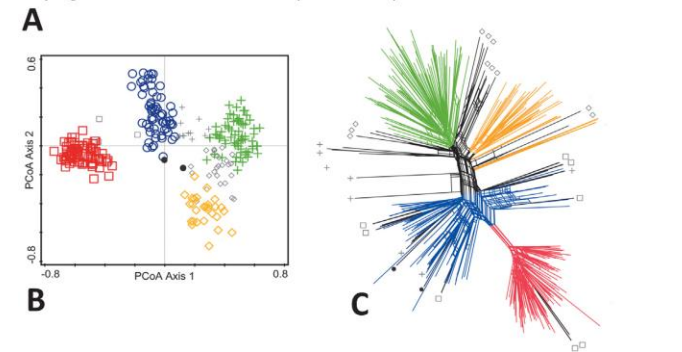
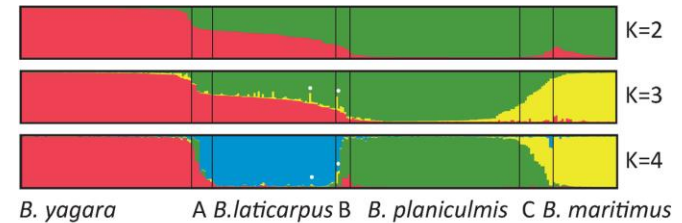
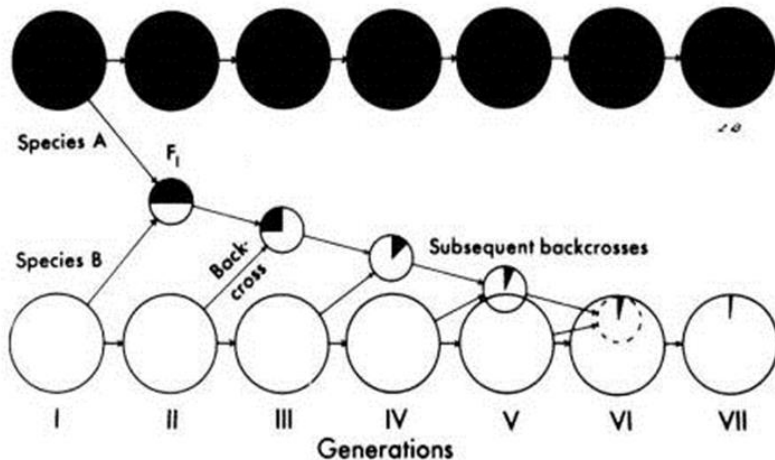
Hybrid speciation



G. L. Stebbins 1906-2000

Hybridizace - vznik vs. zánik taxonů

- zpětné křížení → introgrese
- extrémní důsledek introgrese "chloroplast capture"
- symetrická vs. asymetrická (jednosměrná)
- "demographic swamping" vs. "genetic swamping" (Todesco et al. 2016)
- hybridizace výrazně ovlivněná působením člověka

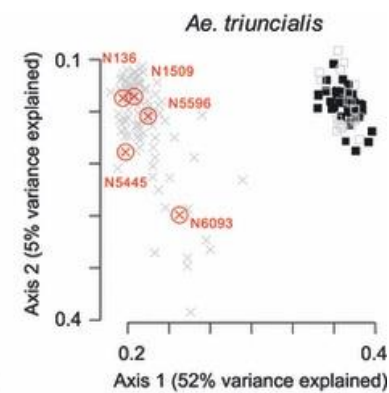
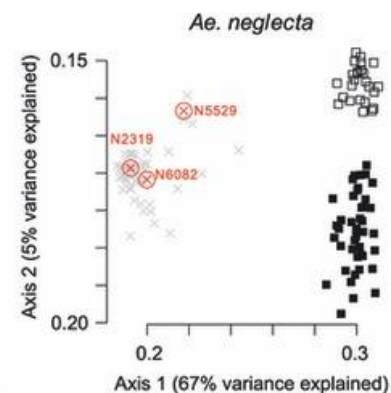
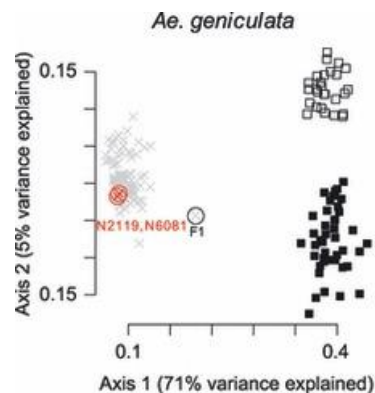


Píšová et al. 2017

Hybridizace - "crop-to-wild"

- "crop-to-wild" - antropohybridizace
- původní druhy ohrožené hybridizací s užitkovými plodinami
- ochranářský a šlechtitelský přesah
- genový tok - potenciální únik genů (rezistence, GMO...)
- *Triticum* × *Aegilops* (Arrigo et al. 2011), *Malus domestica* × *M. sylvestris* (Coart et al. 2006), *Vitis vinifera* subsp. *vinifera* × *V. vinifera* subsp. *sylvestris* (De Andrés et al. 2012), *Coffea arabica* (Aerts et al. 2013)

- potenciálně mnoho dalších *Elymus*, *Hordeum*, *Populus nigra*, *Prunus avium*, *Prunus spinosa*, *Pyrus pyraster*, ... druhy travních směsí



Pilosella

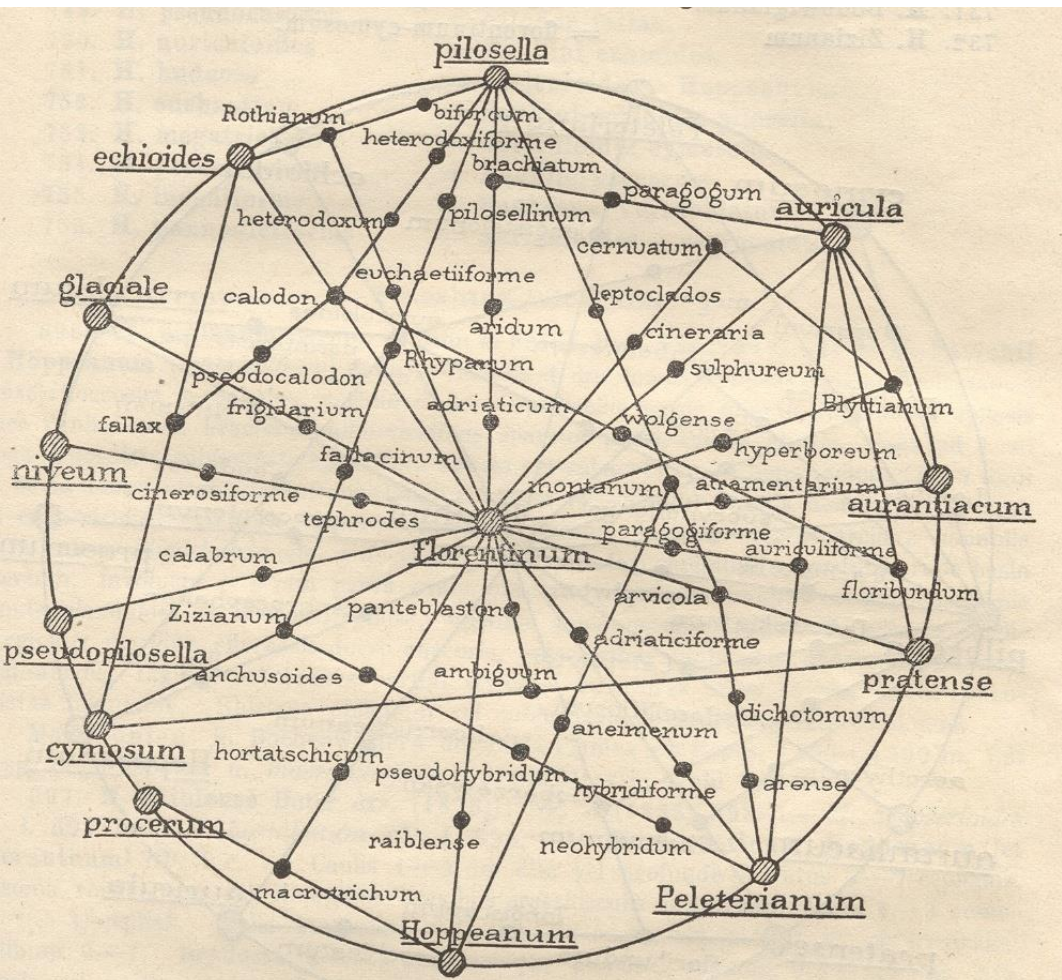


Fig. 94. Species intermediae *H. florentini* (sectionis Praecaltina).

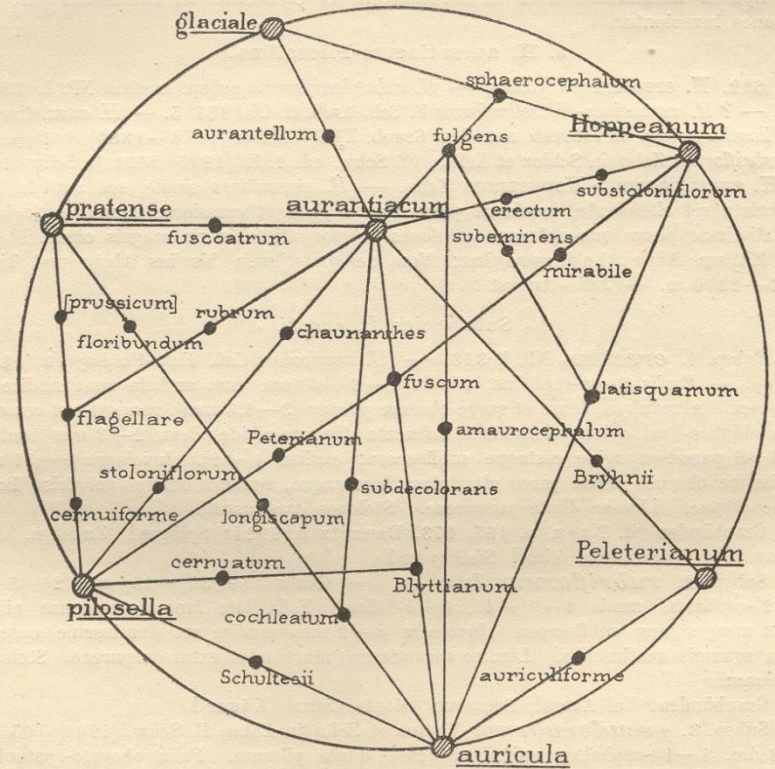


Fig. 85. Species intermediae *H. aurantiaci* (sectionis Pratensina).

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 612. <i>H. erectum</i> | = aurantiacum > Hoppeanum. |
| 613. <i>H. substoloniflorum</i> | = aurantiacum ≤ Hoppeanum. |
| 614. <i>H. Bryhni</i> | = aurantiacum < Peleterianum. |
| 615. <i>H. chaunanthos</i> | = aurantiacum > pilosella. |
| 616. <i>H. stoloniflorum</i> | = aurantiacum ≤ pilosella. |

Pilosella

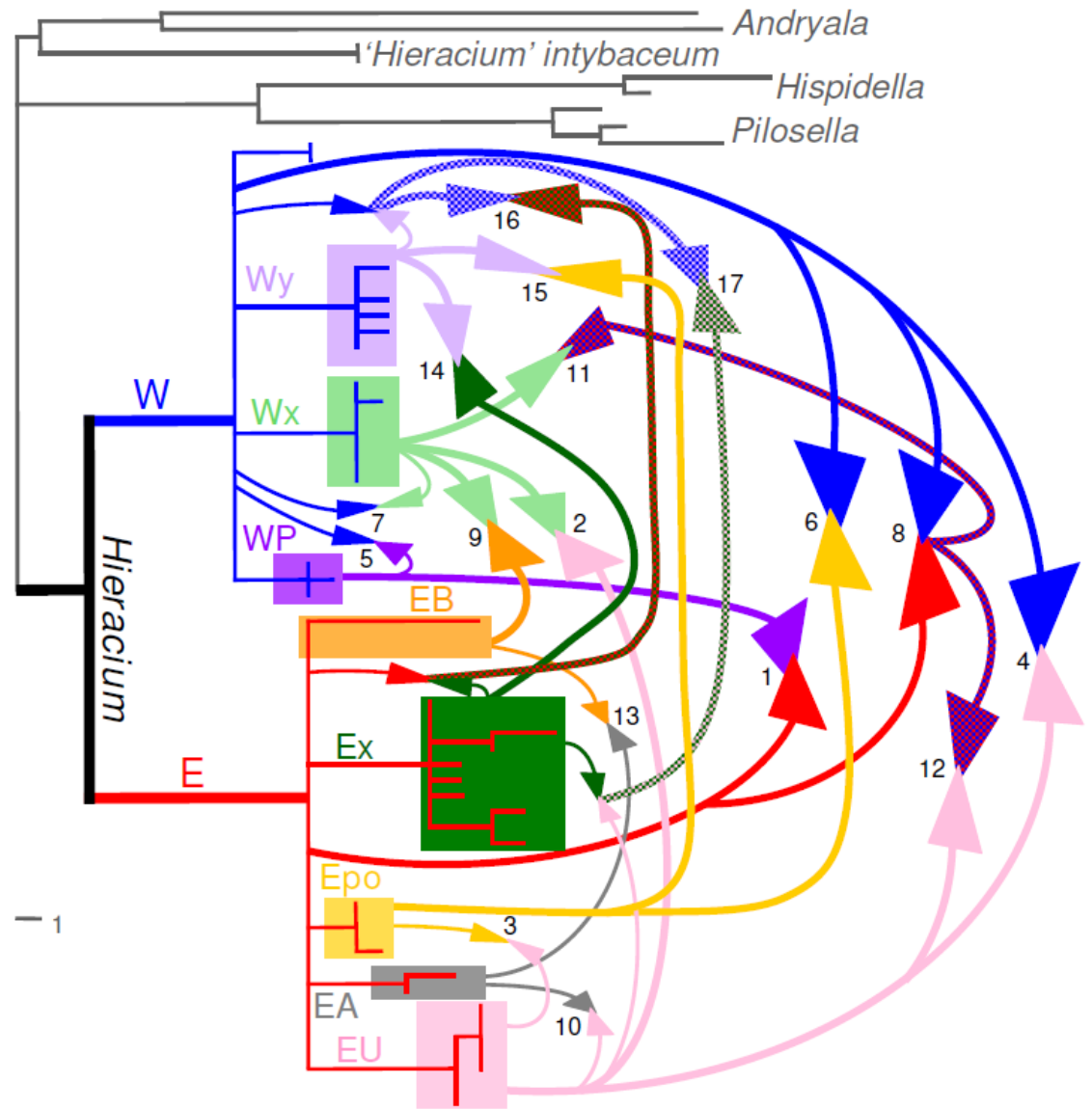


Hieracium iseranum - subendemit krkonošských luk

H. floribundum > *H. pilosella*

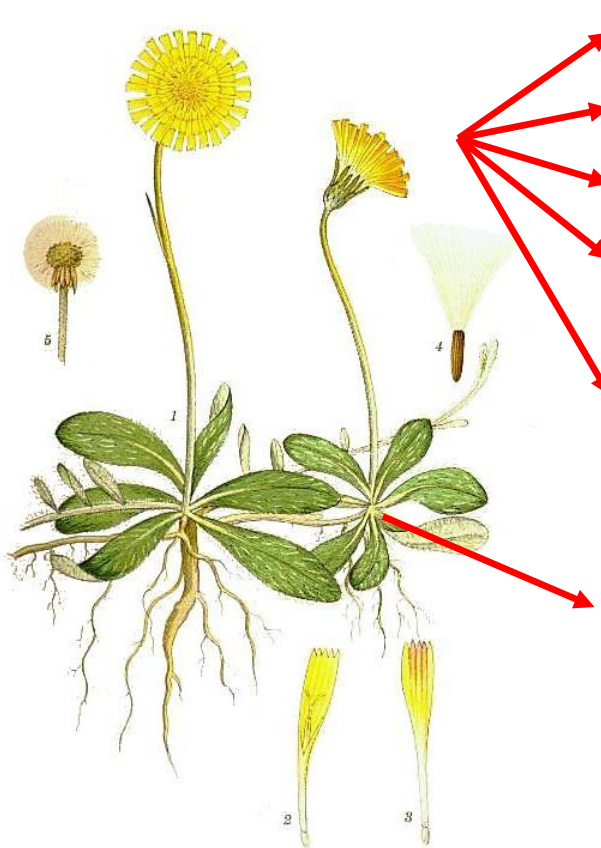
H. floribundum (*H. caespitosum* > *H. lactucella*)

Pilosella



Pilosella

- hybridizace (včetně heteroploidní), polyploidie (2x-9x), apomixie
- velké množství taxonů (základní a hybridogenní druhy)



GRÁFIBLA, HIERACIUM PILOSELLA L.

- "poctivě" vzniklý potomek (sexualita)
- kopie mamky (apomixie)
- ~ poloviční mamka (haploidní partenogeneze)
- "poctivě" vzniklý potomek (ALE 2 díly od tatky nebo od mamky - neredukovaná gameta)
- "poctivě" vzniklý potomek (ALE samosprášená mamka - mentor efekt autogamie)
- kopie mamky (vegetativní)

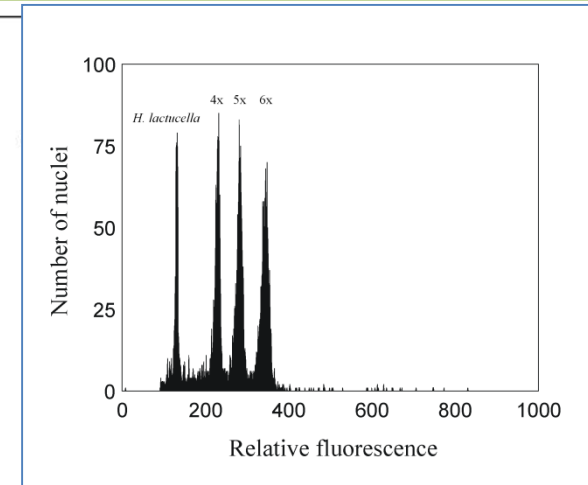
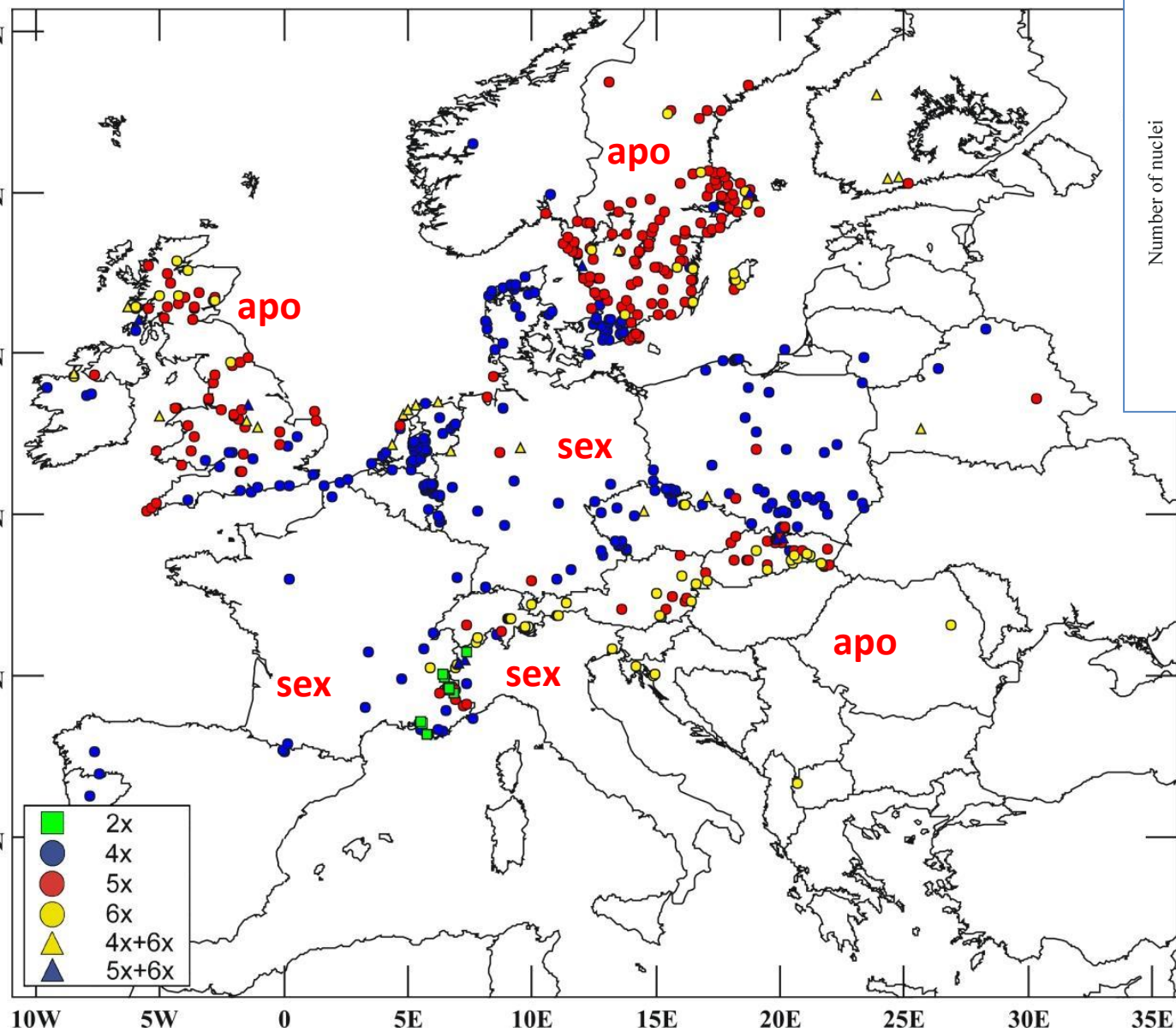
i u úplně sterilních rostlin funkční pyl

Folia Geobot (2014) 49:223–238
DOI 10.1007/s12224-013-9179-8

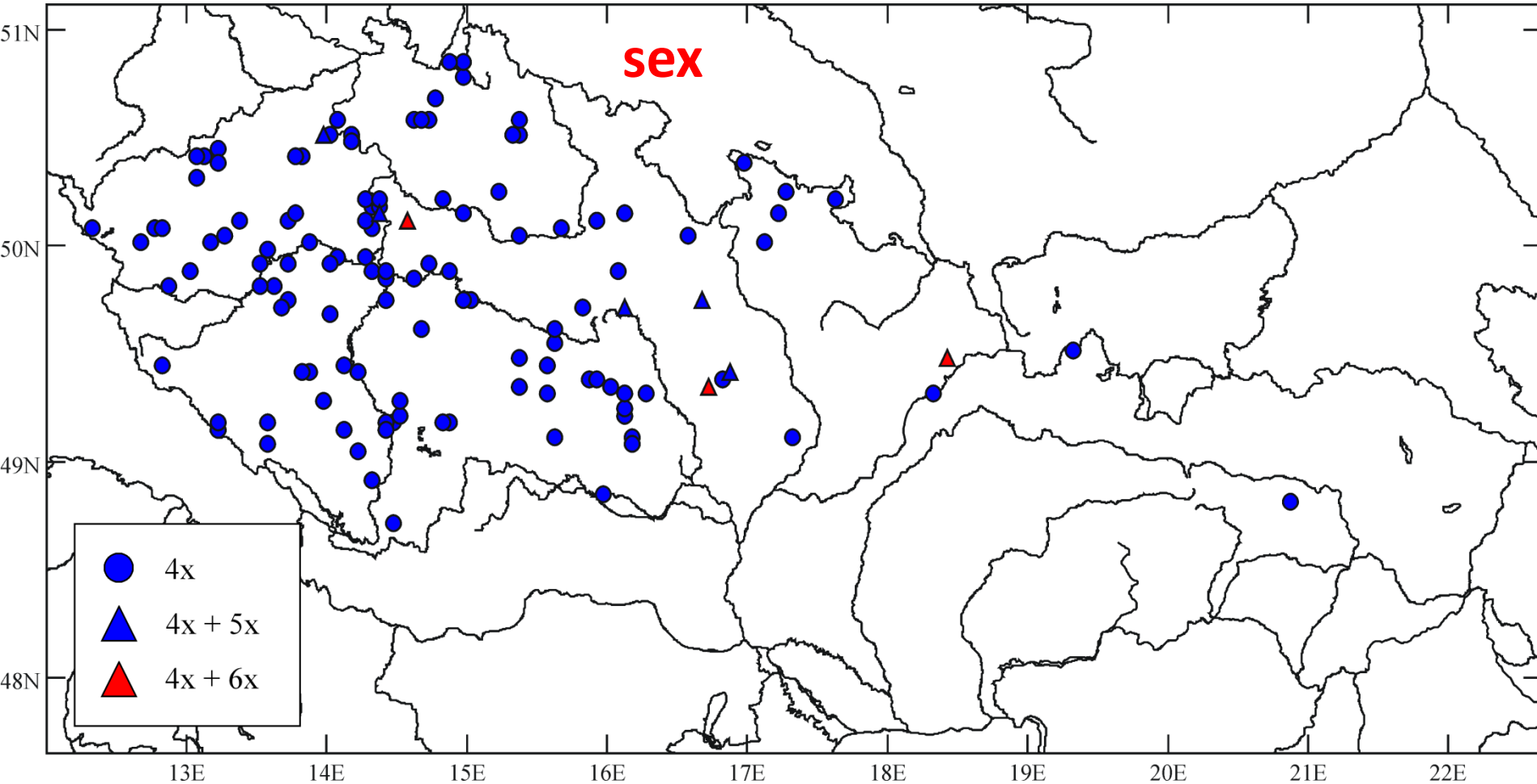
**Hybridization within a *Pilosella* Population:
a Morphometric Analysis**

Tomáš Urfus • František Krahulec •
Anna Krahulcová

Pilosella officinarum - cytogeografie

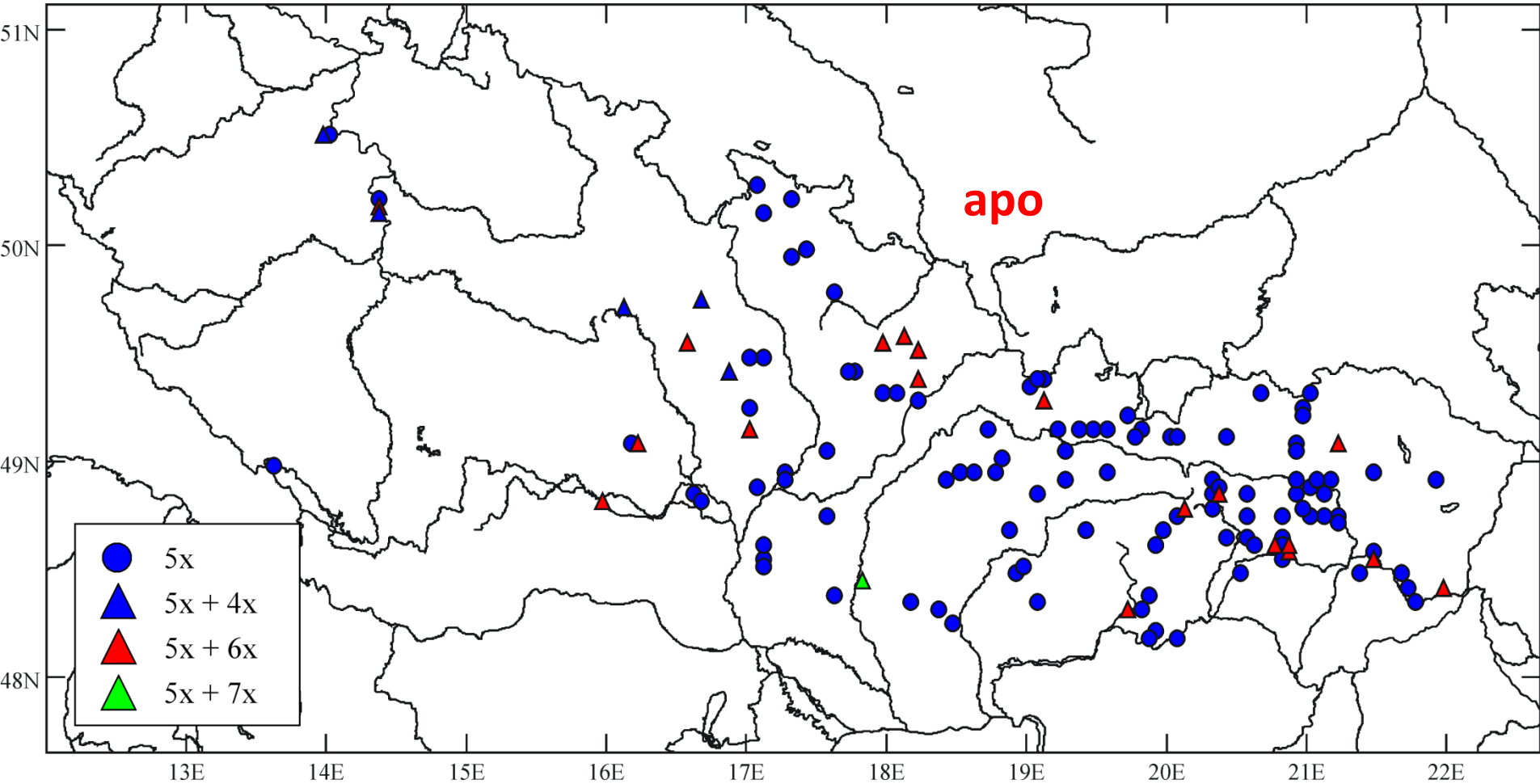


Pilosella officinarum - cytogeografie

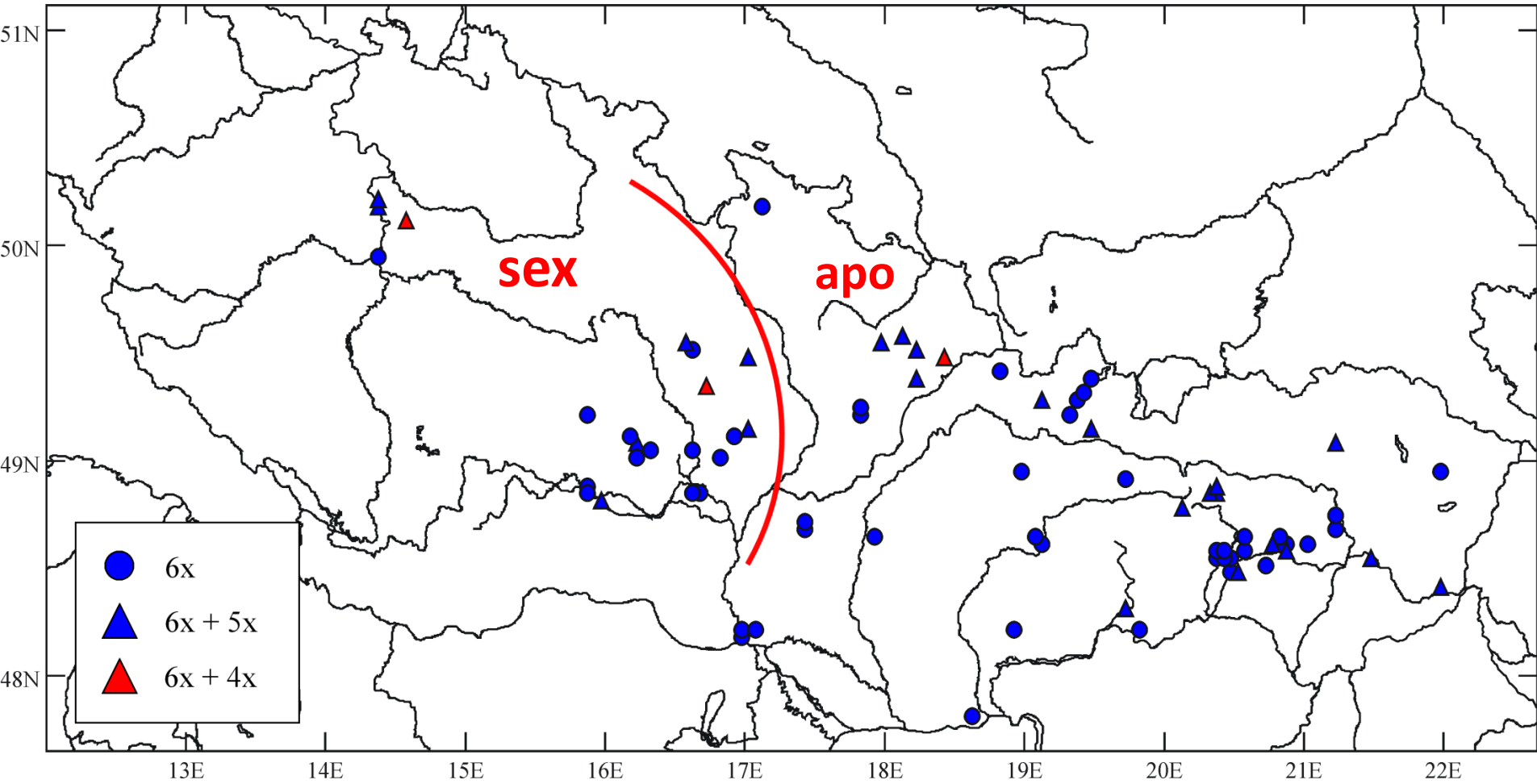


- 1059 rostlin z 336 lokalit
- DNA ploidie pomocí průtokové cytometrie

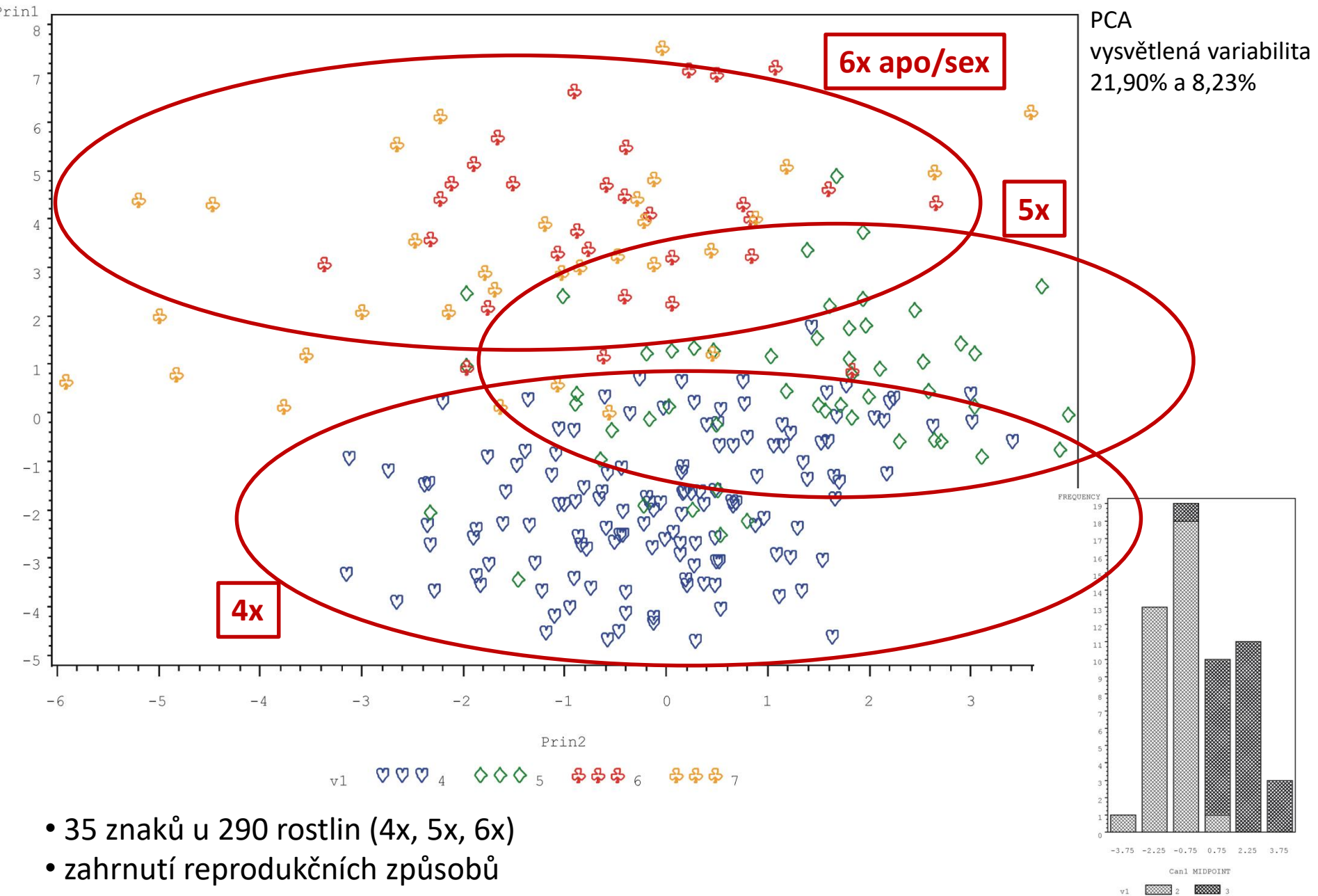
Pilosella officinarum - cytogeografie



Pilosella officinarum - cytogeografie



Pilosella officinarum - morfometrika

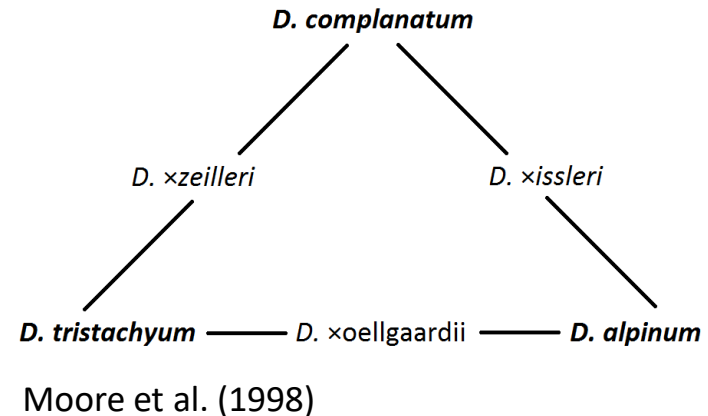
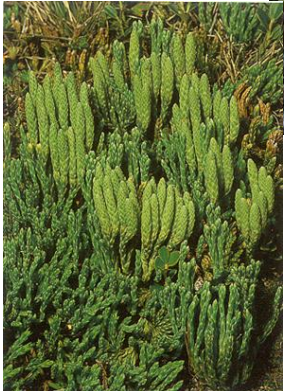
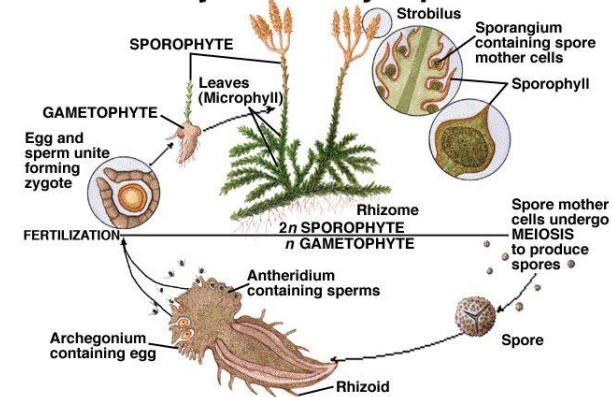


Diphasiastrum

- 3 základní druhy
- 3 hybridní kombinace
- stejná ploidie
- podzemní gametofyt

Randy Moore, Dennis Clark, Darrel Vodopich, Botany Visual Resource Library © 1998 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

Life Cycle of a *Lycopodium*



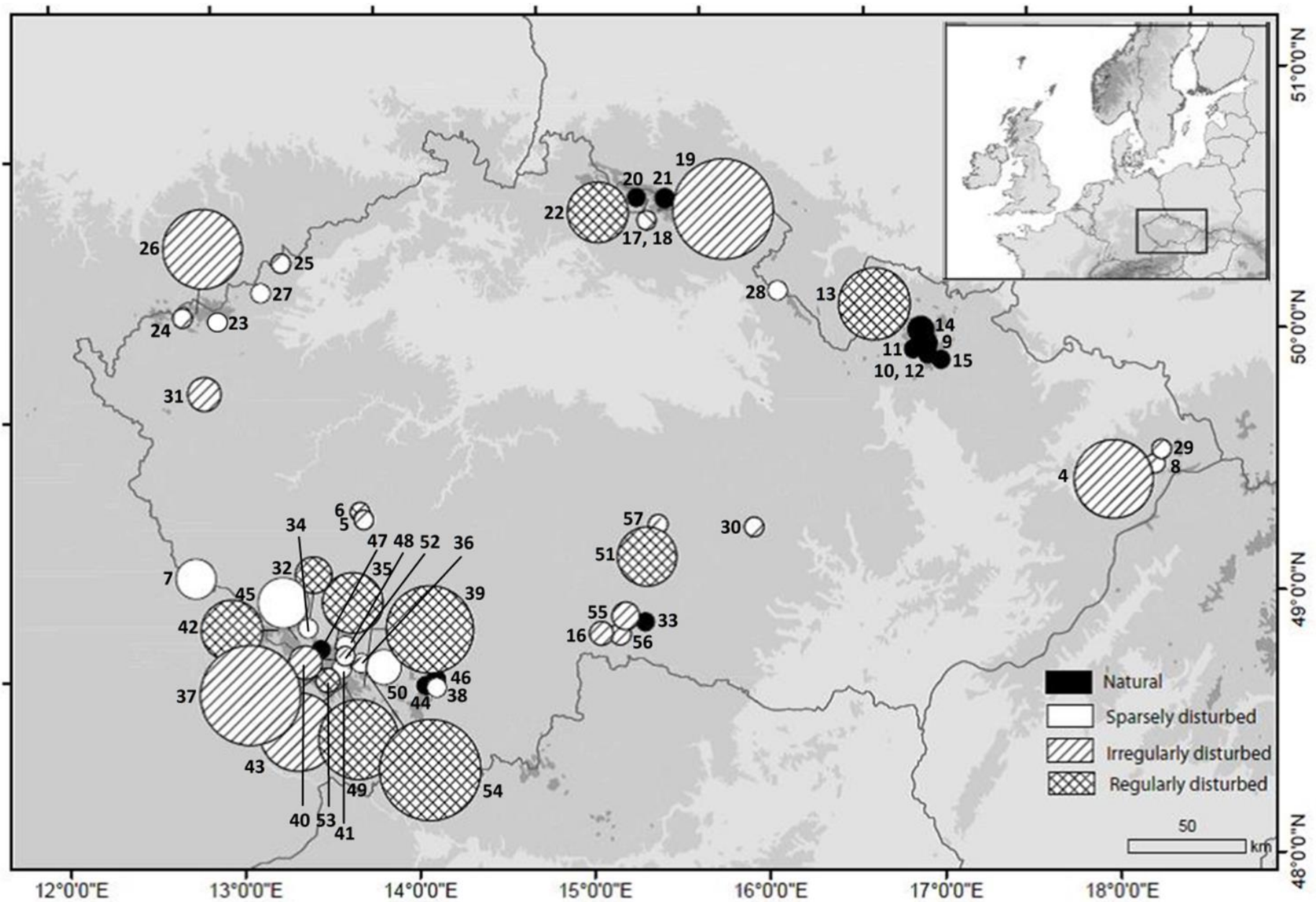
OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

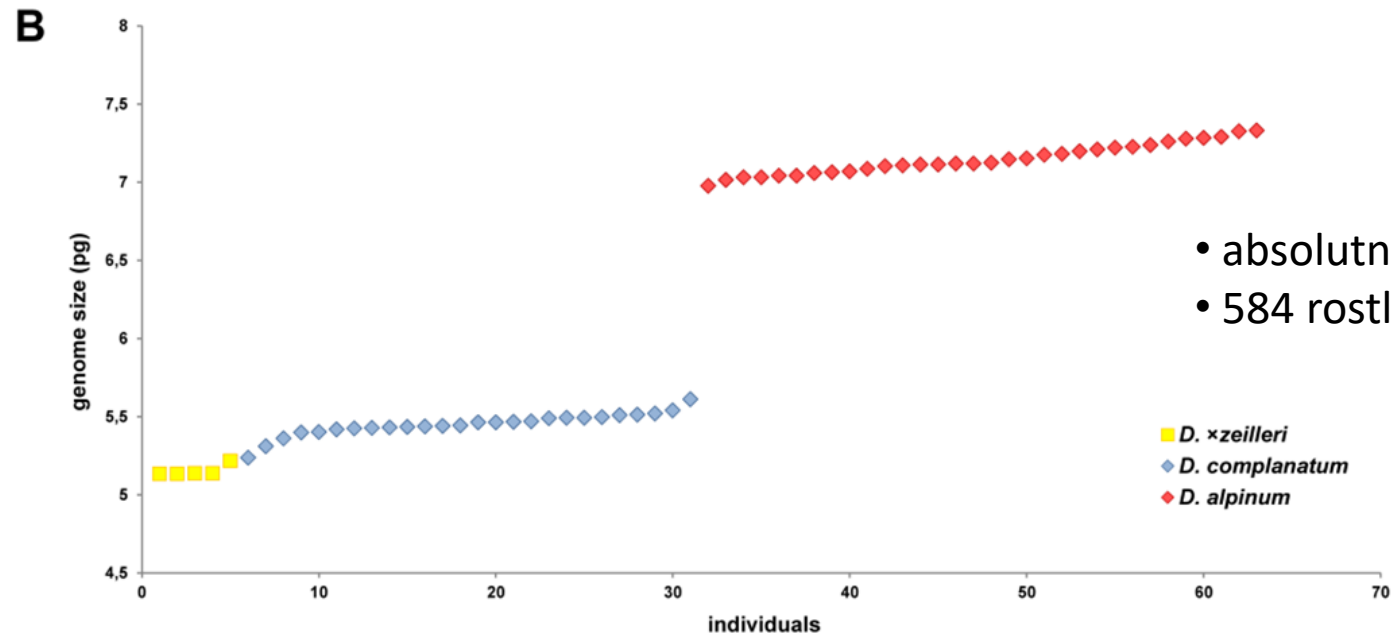
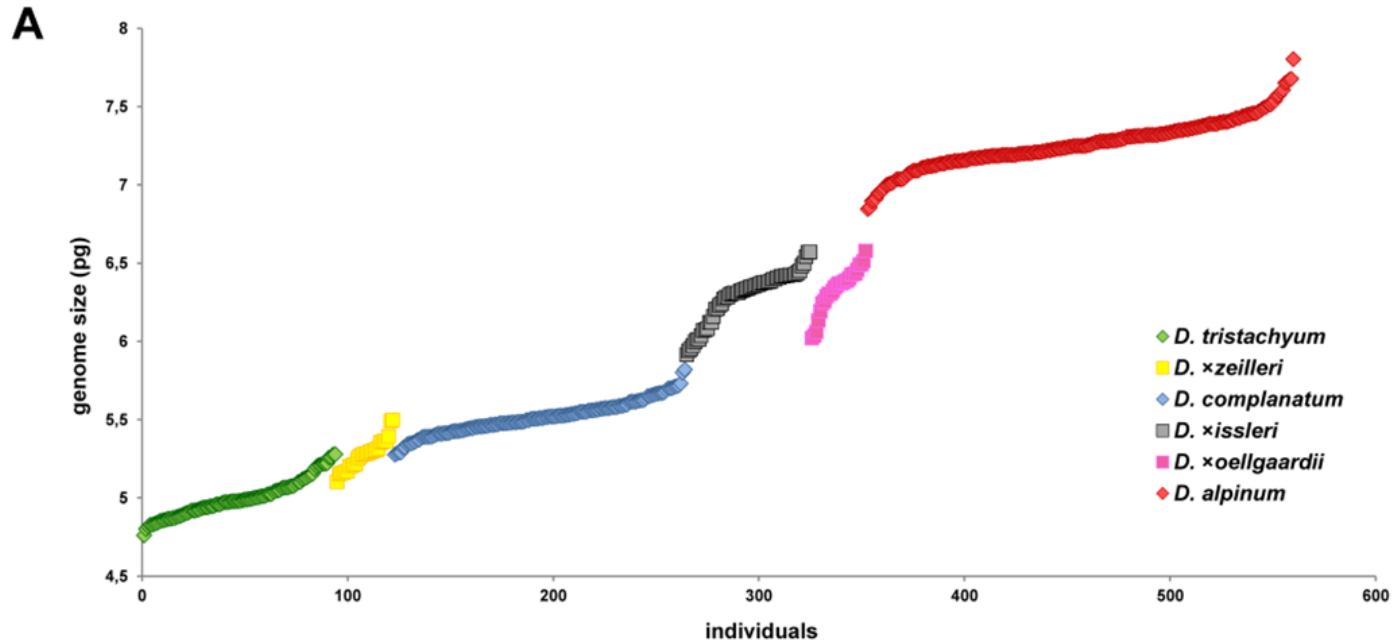
Continuous Morphological Variation Correlated with Genome Size Indicates Frequent Introgressive Hybridization among *Diphasiastrum* Species (Lycopodiaceae) in Central Europe

Kristýna Hanušová¹, Libor Ekrt², Petr Vít^{1,3}, Filip Kolář^{1,3}, Tomáš Urfus^{1,3*}

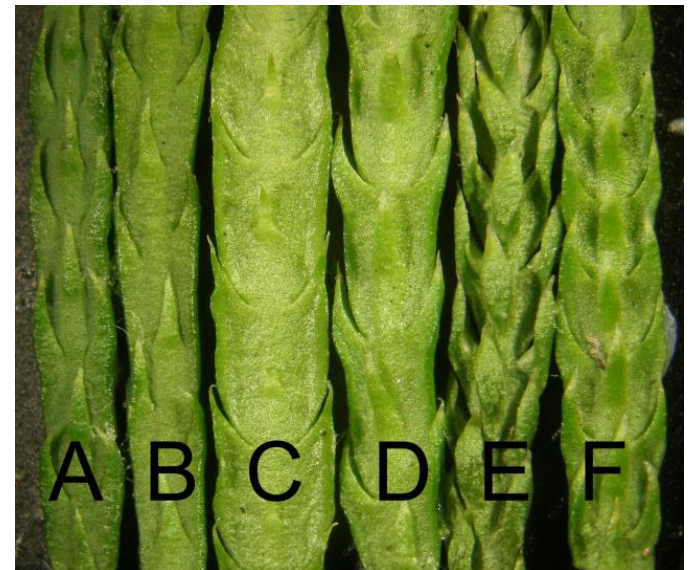
Diphasiastrum



Diphasiastrum

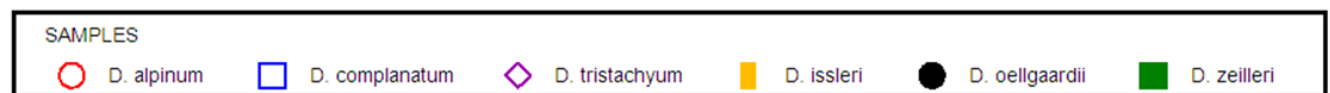
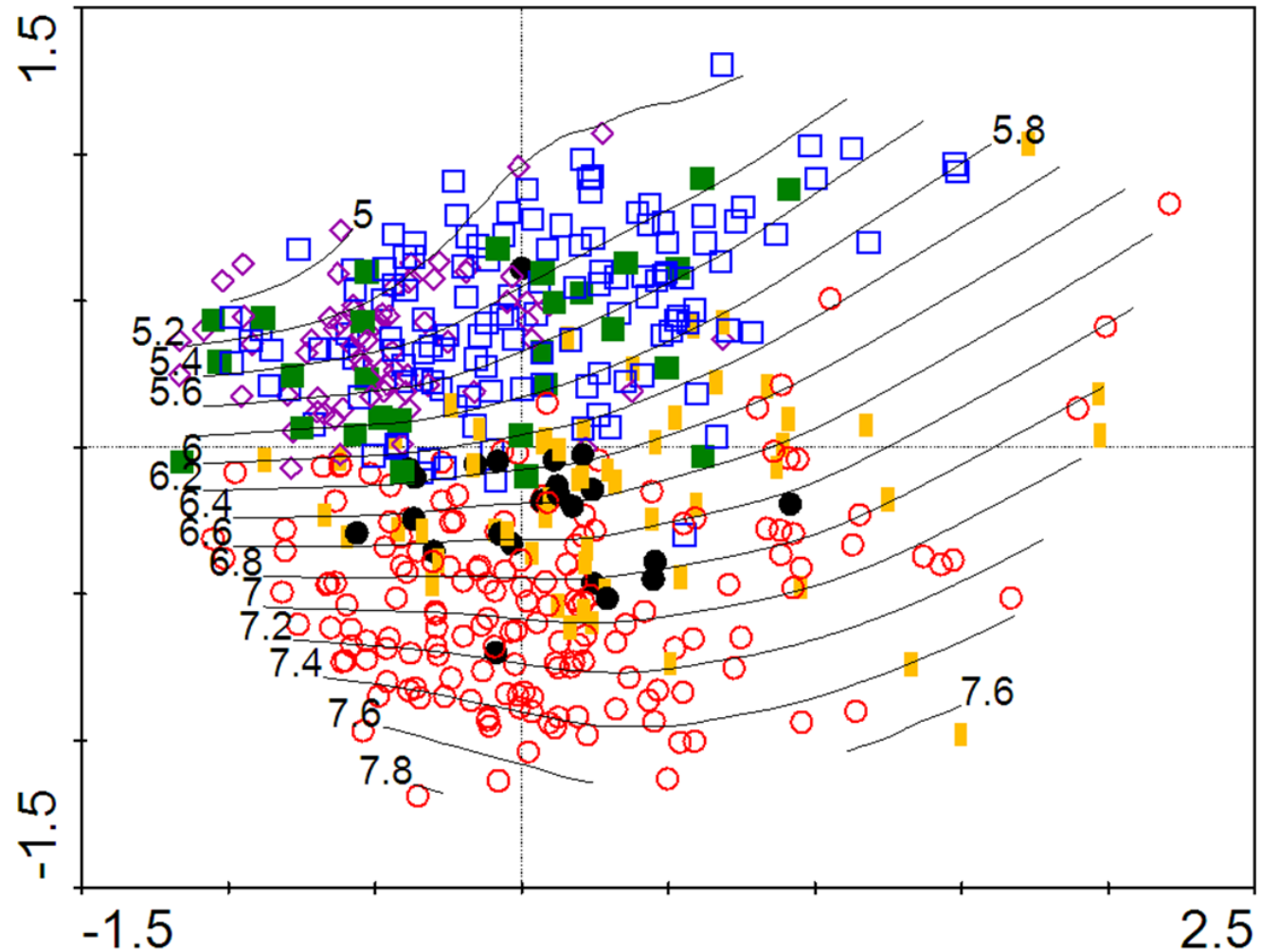


Diphasiastrum



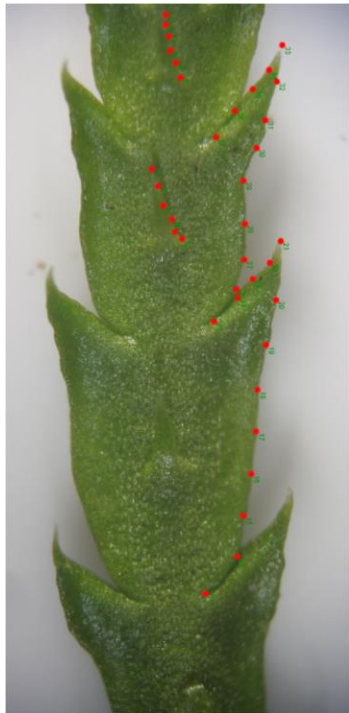
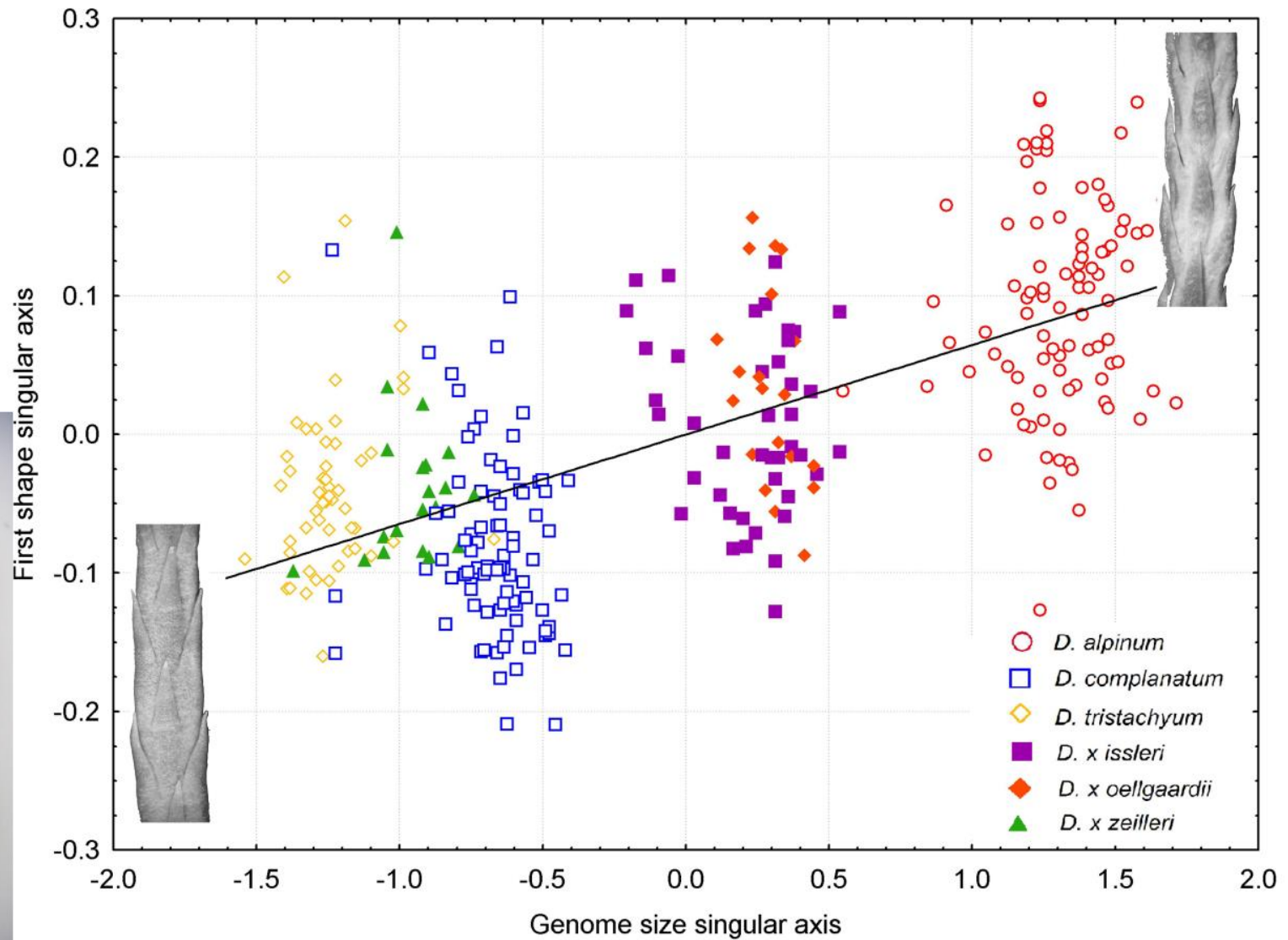
Diphasiastrum

- celkem změřeno 552 rostlin
- 24 znaků na prýtu
- PCA - loess model
- vysvětlená variabilita 33,4% a 27,2%

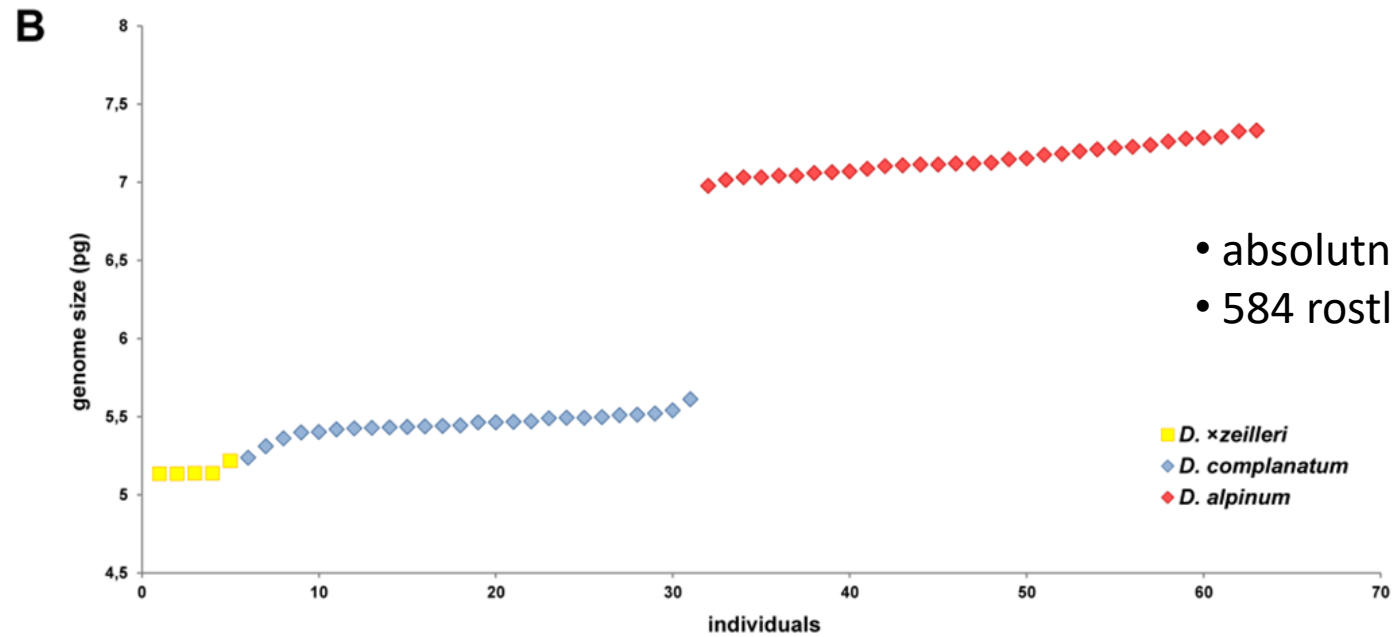
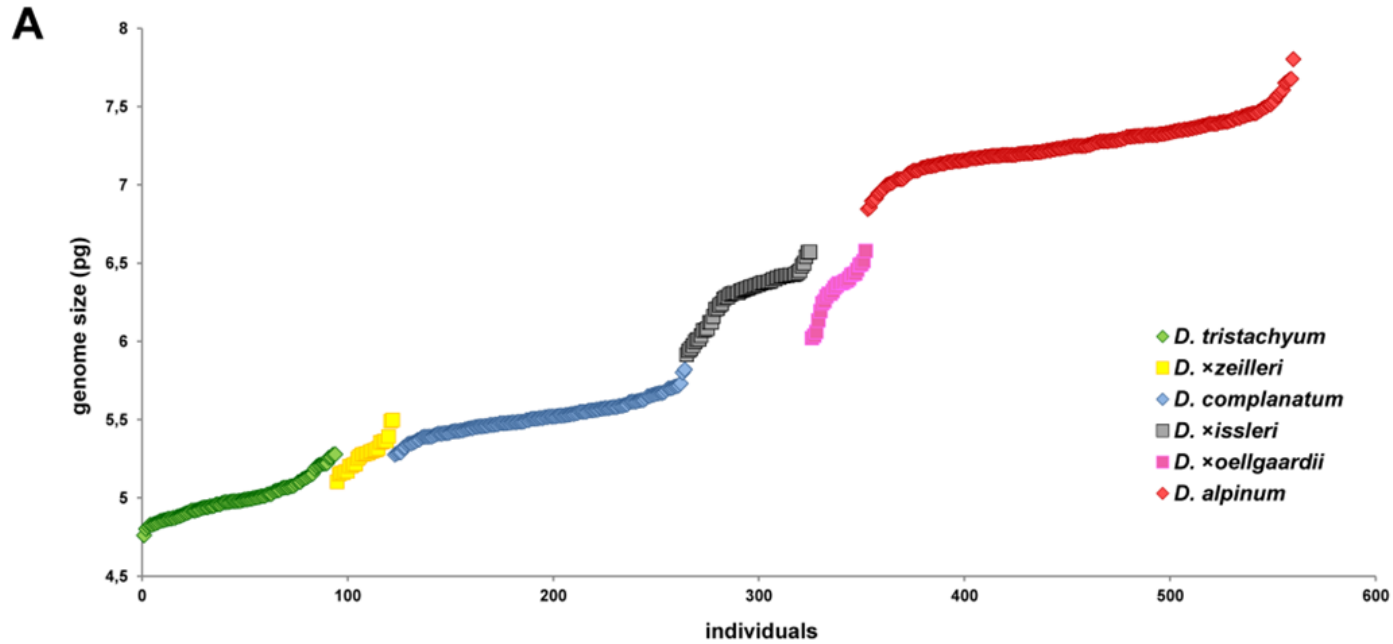


Diphasiastrum

- celkem změřeno 552 rostlin
- 37 landmarků
- PLS

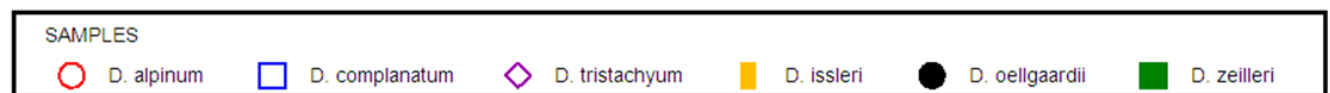
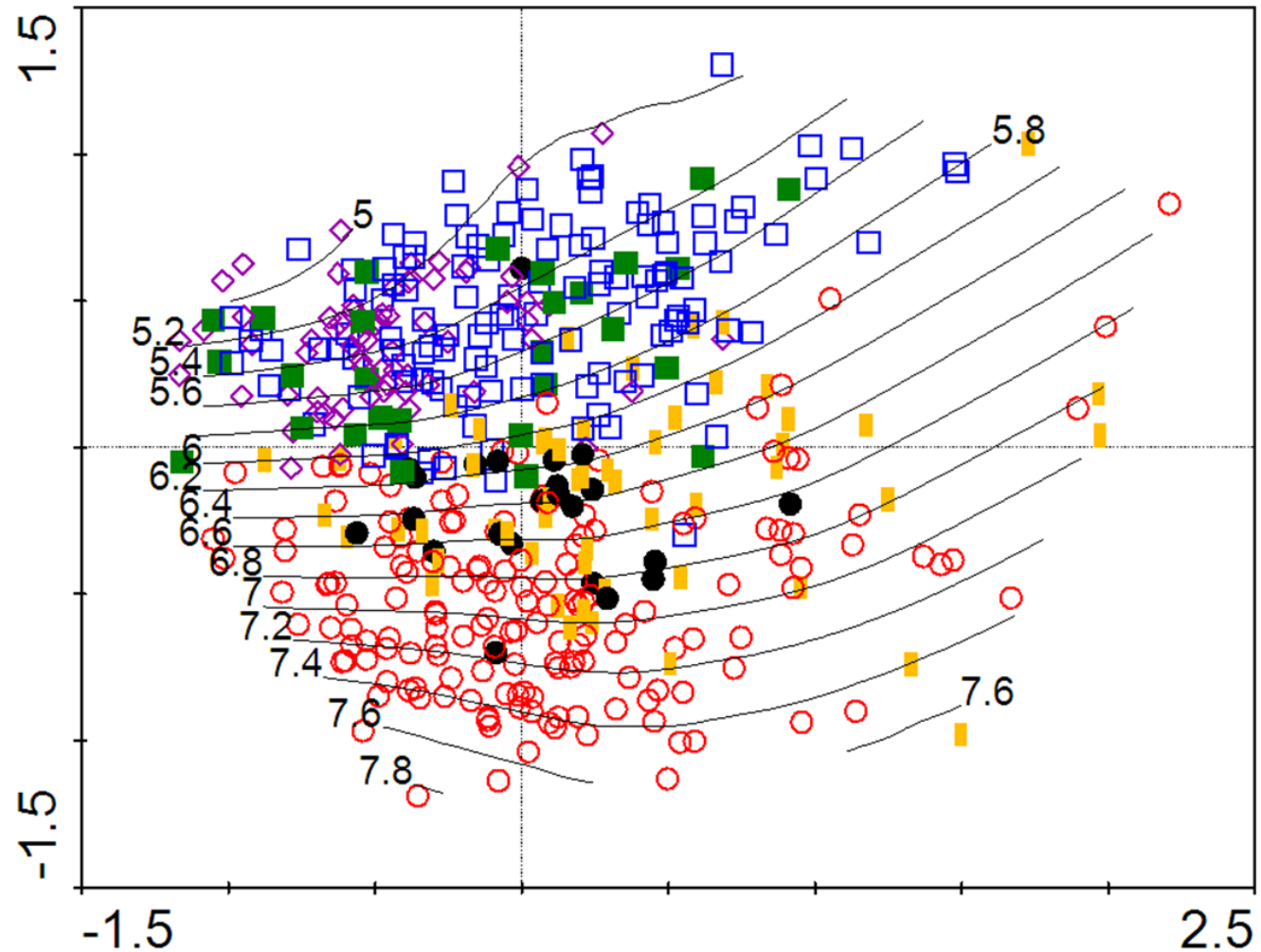


Diphasiastrum



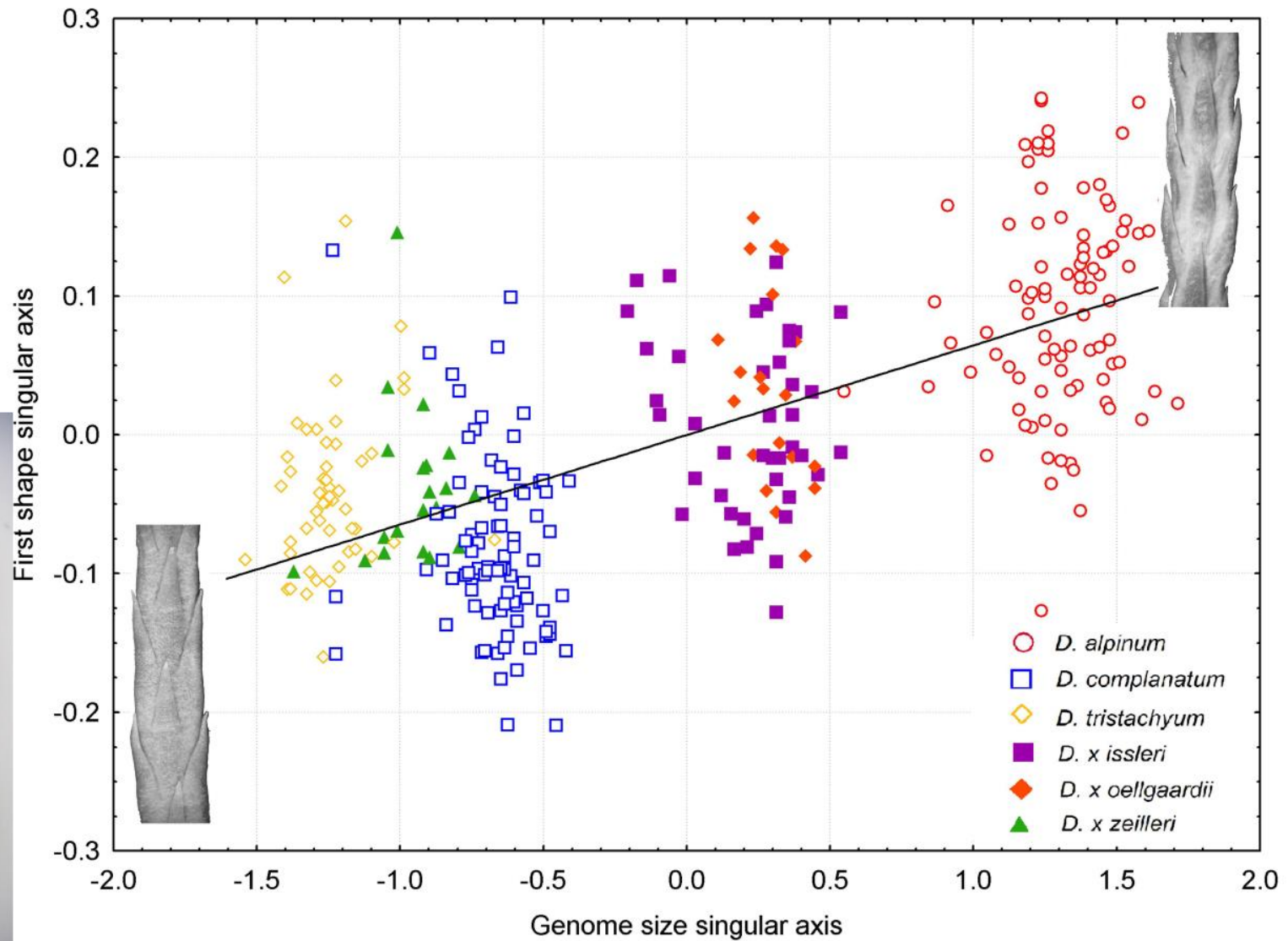
Diphasiastrum

- celkem změřeno 552 rostlin
- 24 znaků na prýtu
- PCA - loess model
- vysvětlená variabilita 33,4% a 27,2%

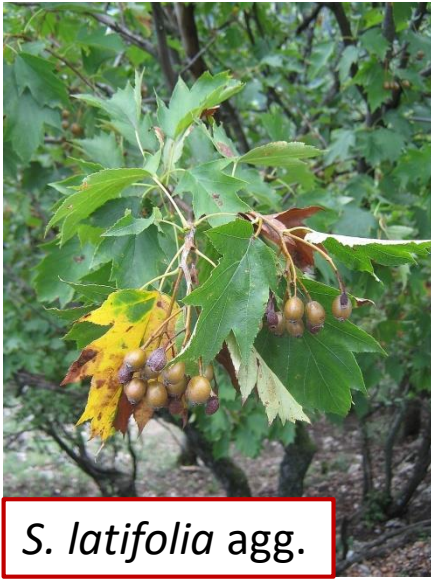


Diphasiastrum

- celkem změřeno 552 rostlin
- 37 landmarků
- PLS



Sorbus



S. latifolia agg.

j. břek *S. torminalis*



S. hybrida agg.

j. ptačí *S. aucuparia*



j. mišpulka
S. chamaemespilus

S. sudetica agg.



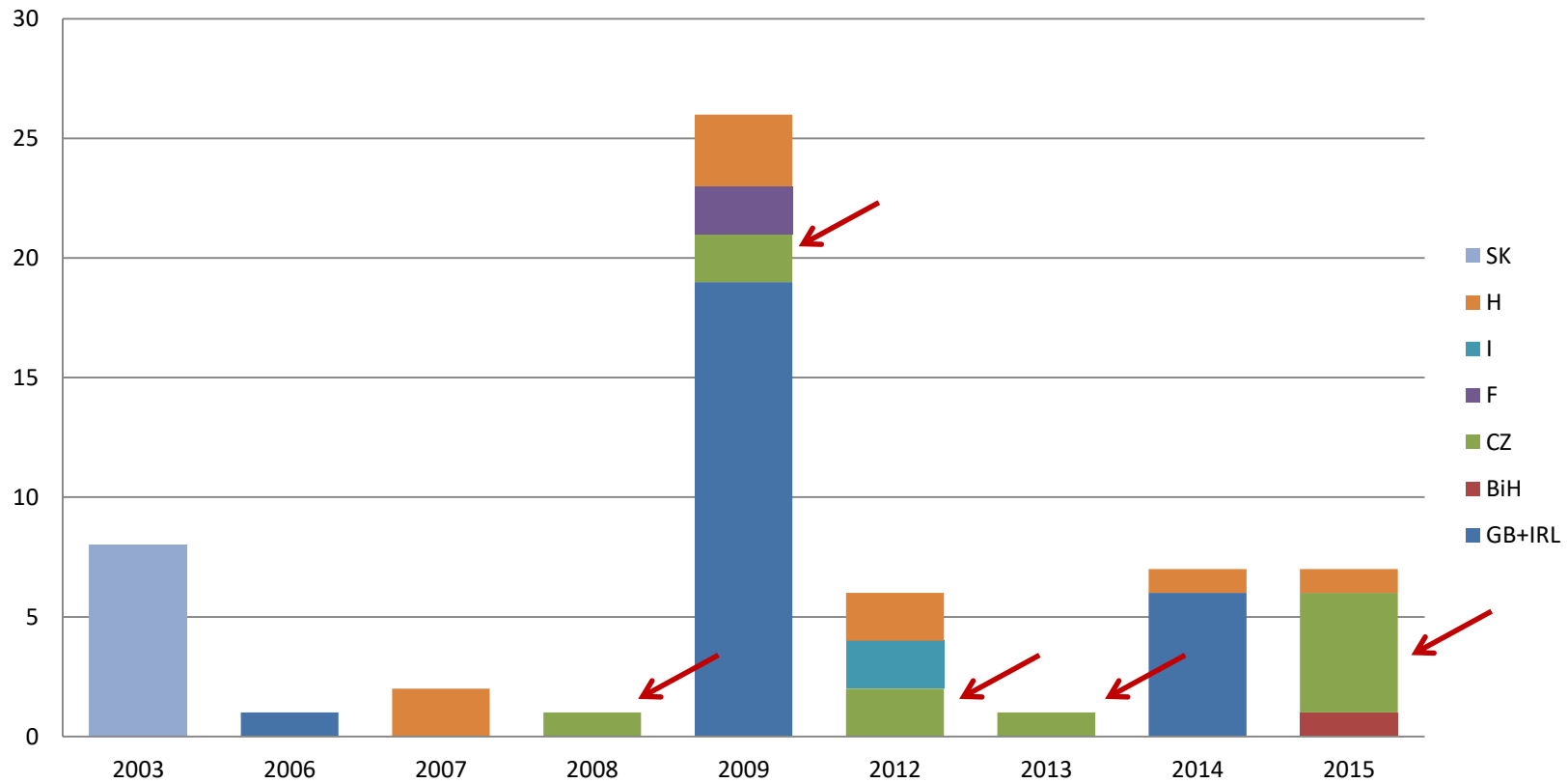
skupina okolo
jeřábu muku
S. aria agg.

j. oskeruše *S. domestica*



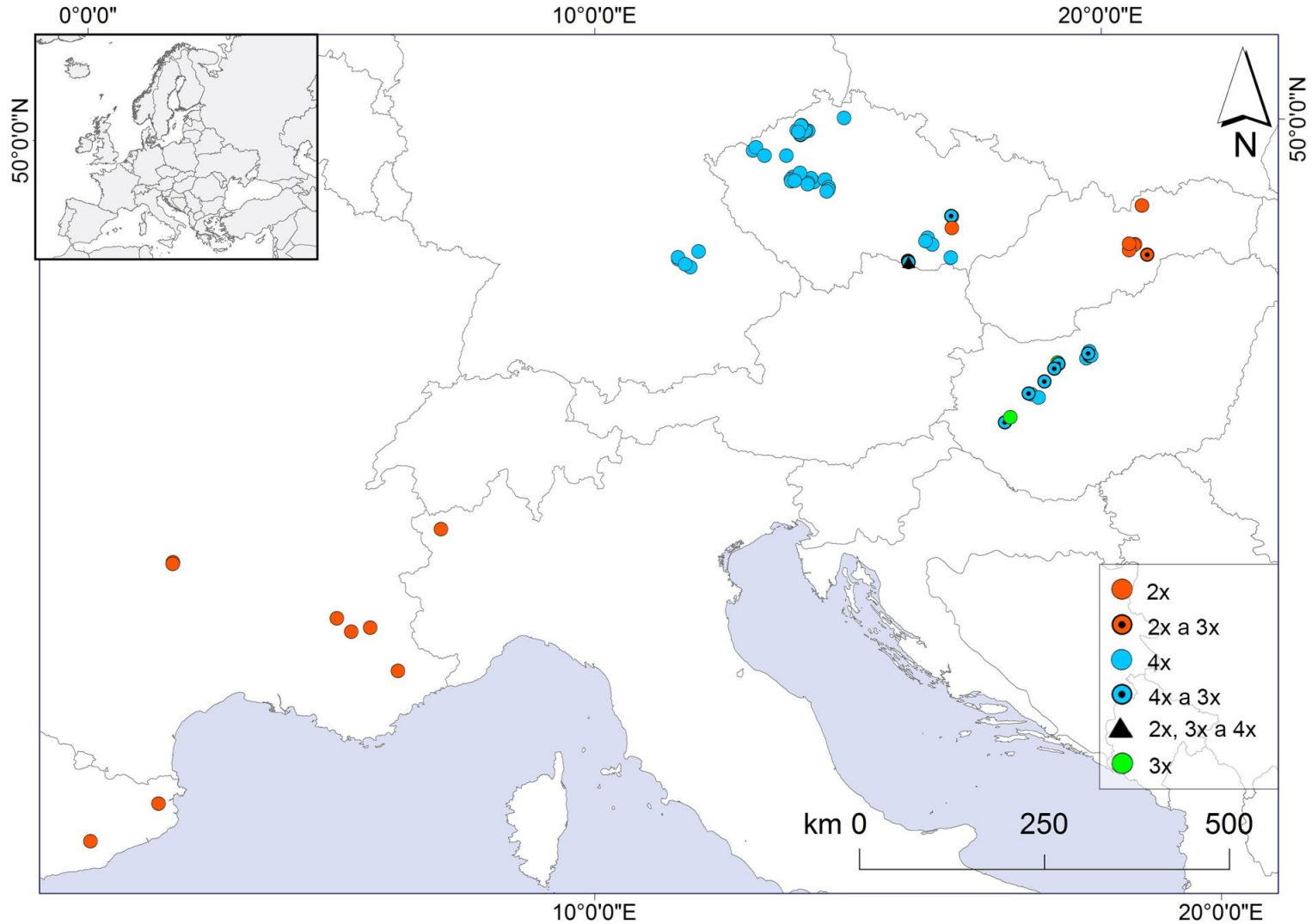
Sorbus

Počty nově popsáných druhů rodu *Sorbus* od r. 2000



Sorbus

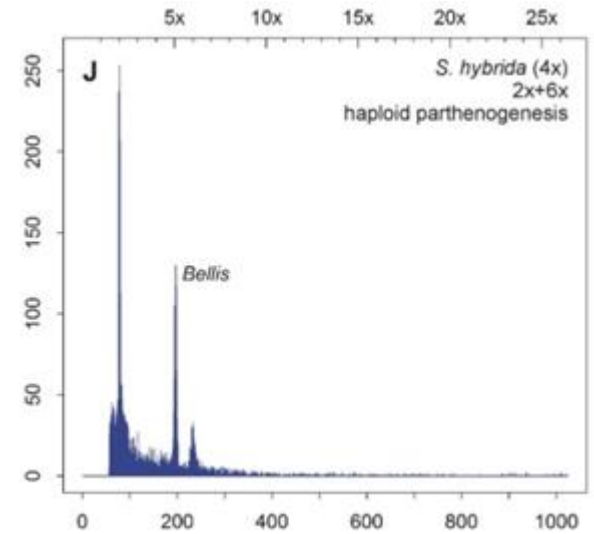
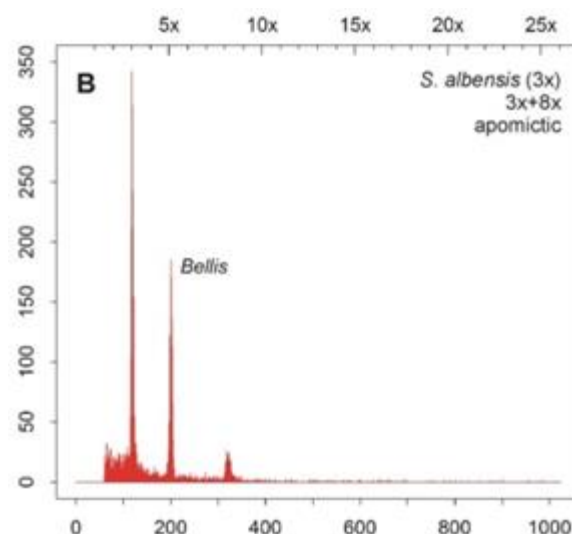
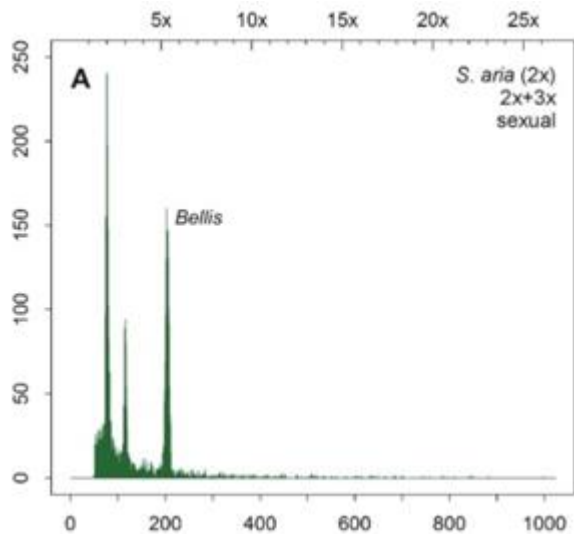
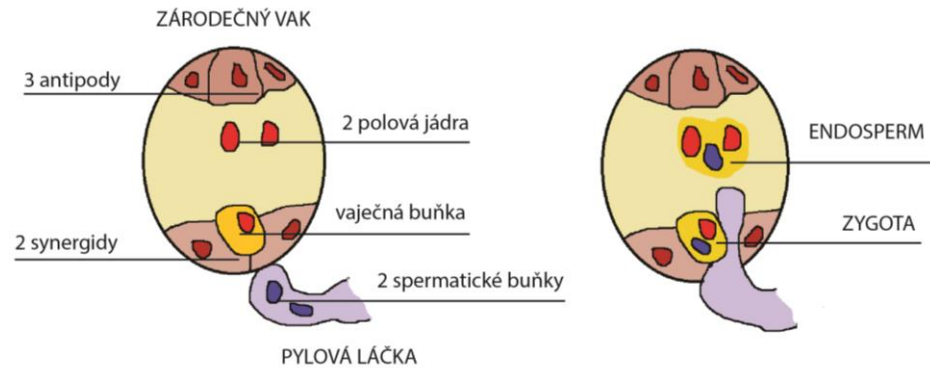
Cytogeografie - *Sorbus aria* agg.



Sorbus

Repro systémy & vznik polyploidie

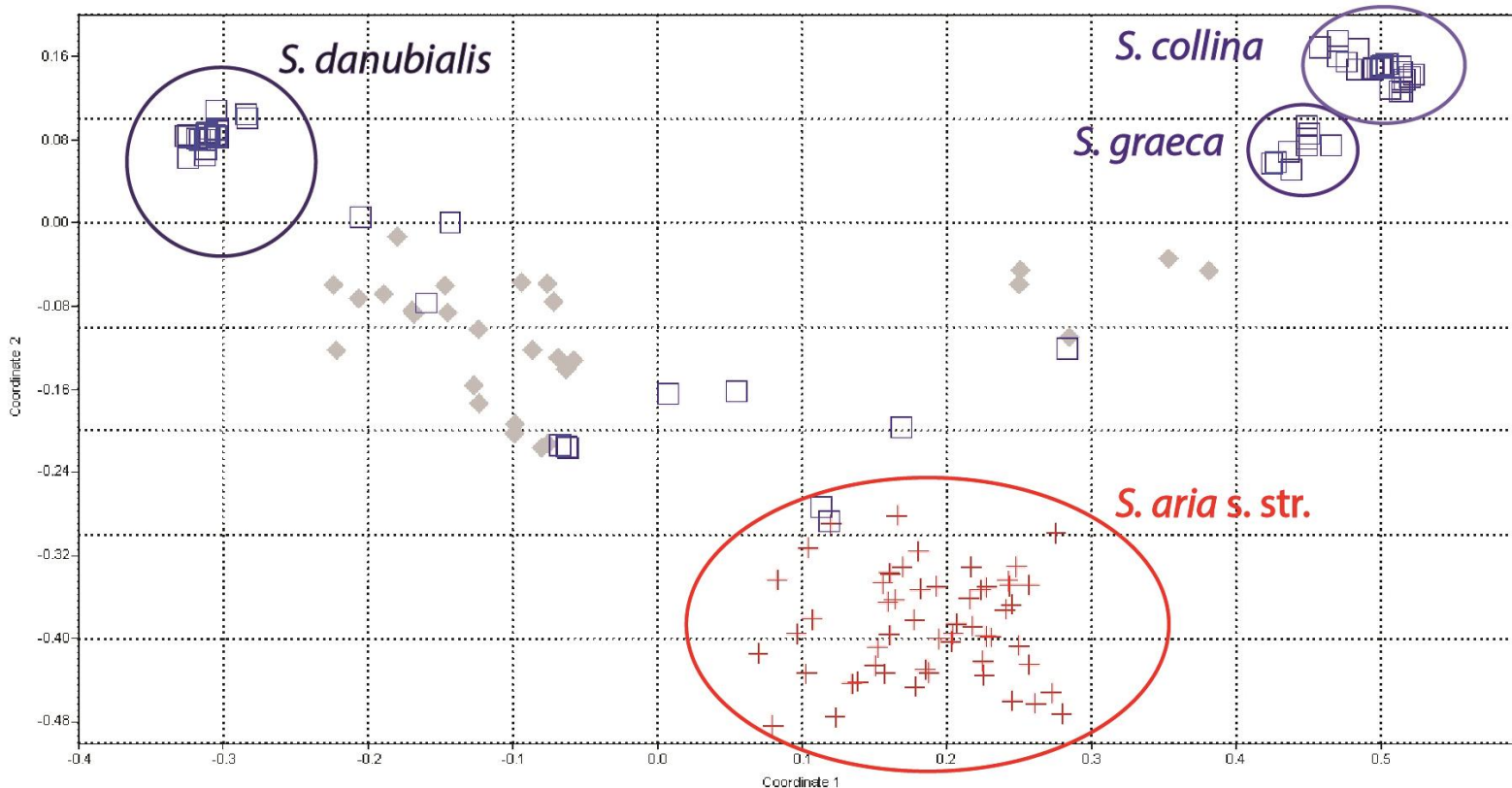
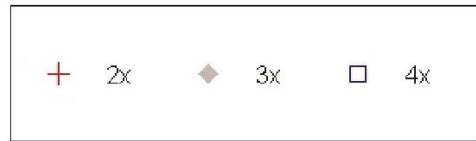
- 2x - 100% sex vs. polyploidi - 94% apomixie (3x-86%, 4x-91%, 5x-92%)
- převládá pseudogamie
- 0,8% haploidní partenogeneze
- u 3x taxonů až 10% BIII hybridů



Genetická variabilita populací *S. aria* agg.

→ definice skupin podle SSR's pattern

S. collina (4x, 0,6 % sexuality) > *S. danubialis* (4x, 10 %)



PCoA

1. osa 45,8 %

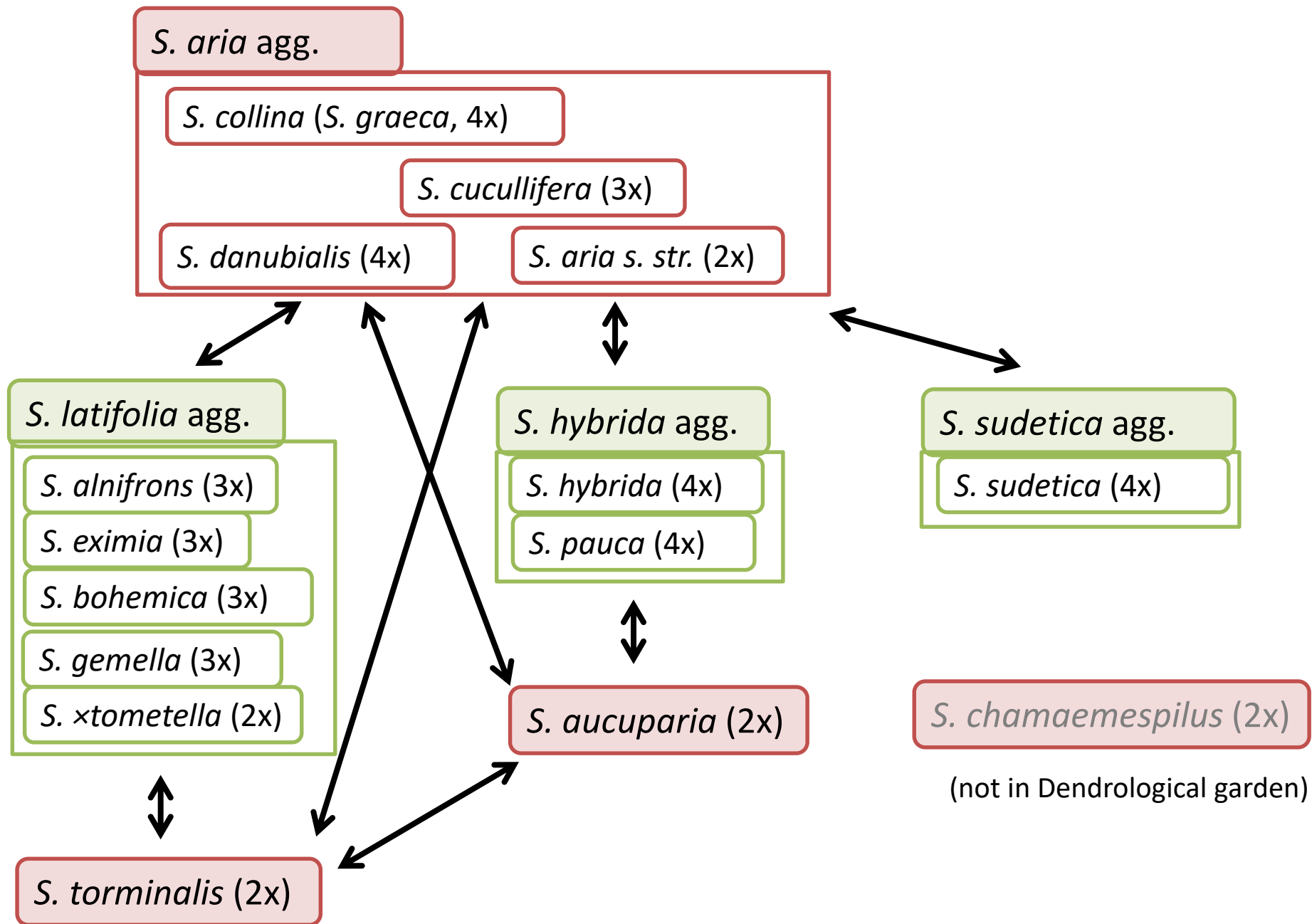
2. osa 12,0 %

Experimentální hybridizace

- 15 střeoevropských druhů
- kontrolované křížení (homoploidní, heteroploidní, mentor efekt)
- test reprodukčních systémů FCSS

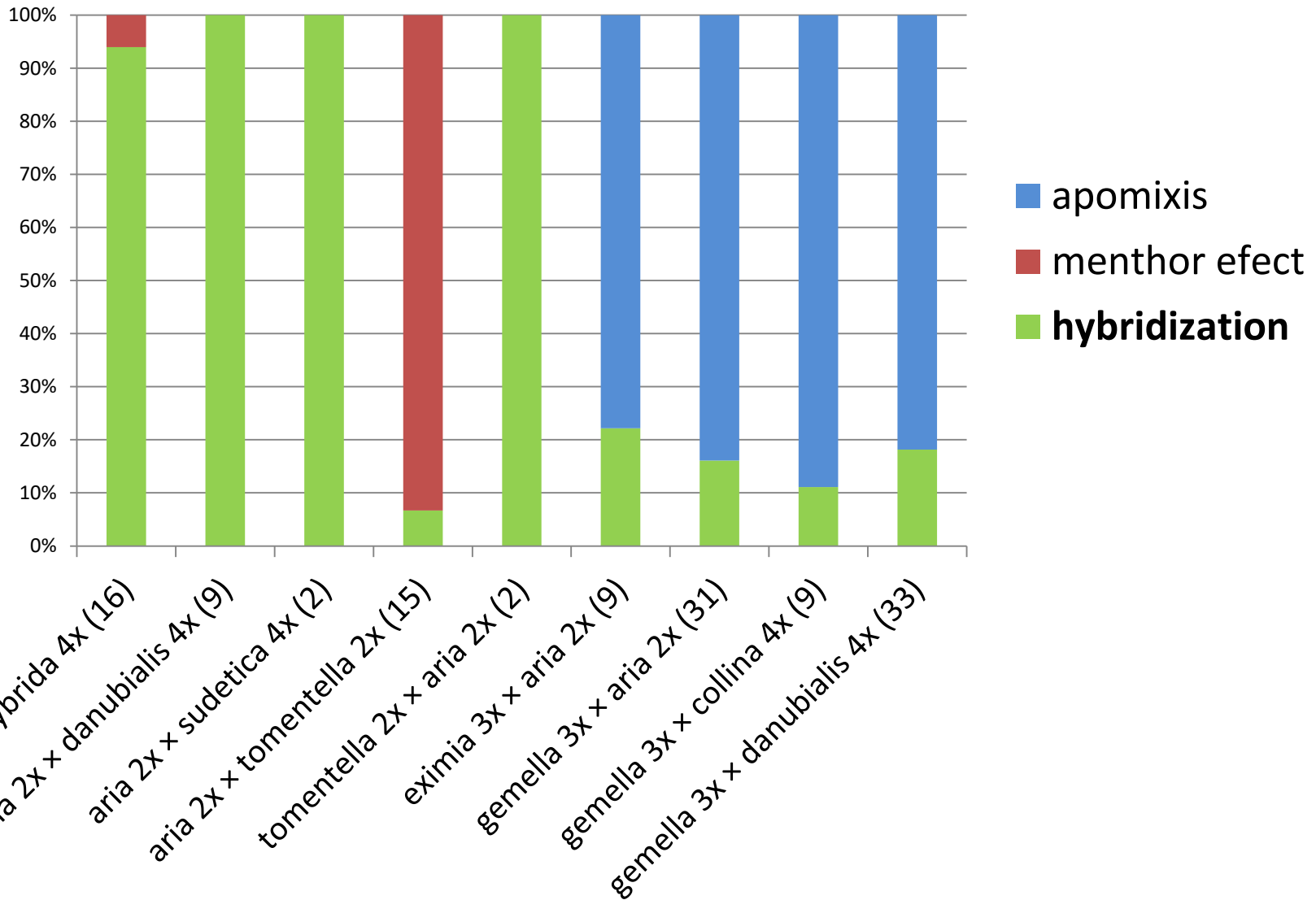


Schéma hybridizačního experimentu



Sorbus

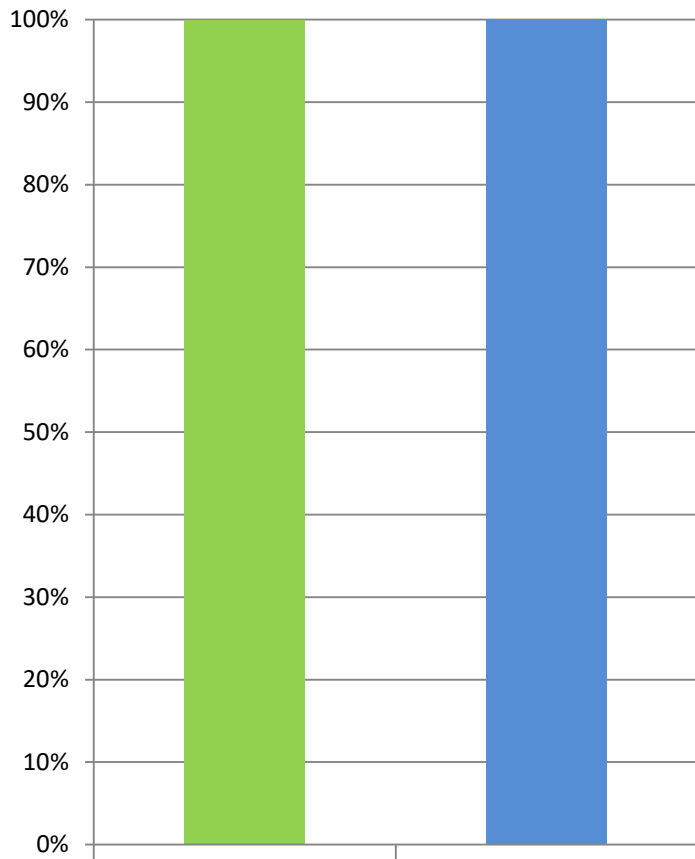
- jen 9 z 97 opylení → úspěšné mezidruhové křížení



Sorbus

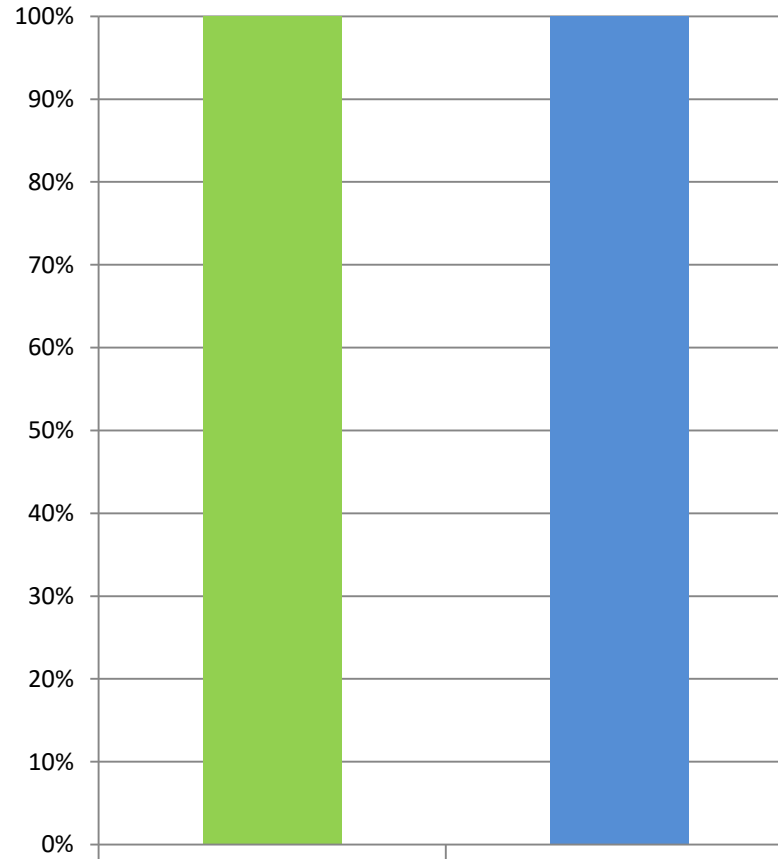
- zpětné křížení jen pokud diploidní mateřská rostlina

***S. aria* agg.**



aria 2x × danubialis 4x
danubialis 4x × aria 2x

***S. hybrida* agg.**

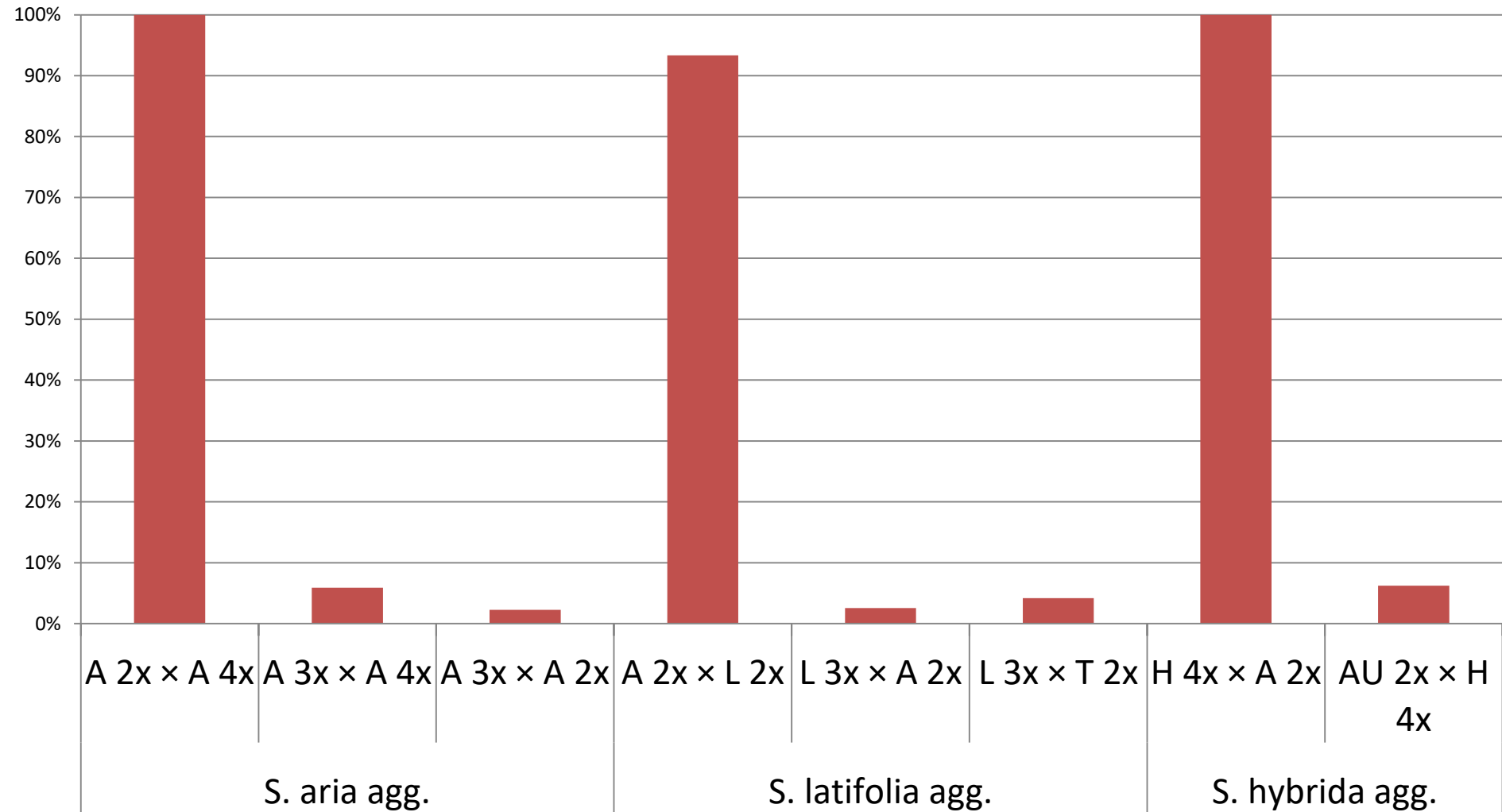


aucuparia 2x × hybrida 4x
hybrida 4x × aucuparia 2x

■ sexual
■ apomictic

Sorbus

Induced autogamy/pseudogamy = mentor effect



A = *aria* agg. AU = *S. aucuparia* H = *hybrida* agg. L = *latifolia* agg. T = *S. torminalis*

Prunus fruticosa

$$2n = 4x = 32$$



Prunus × *eminens*

$$2n = 4x = 32$$

Prunus × *mohacsyana*

$$2n = 3x = 24$$



Prunus cerasus $2n = 4x = 32$

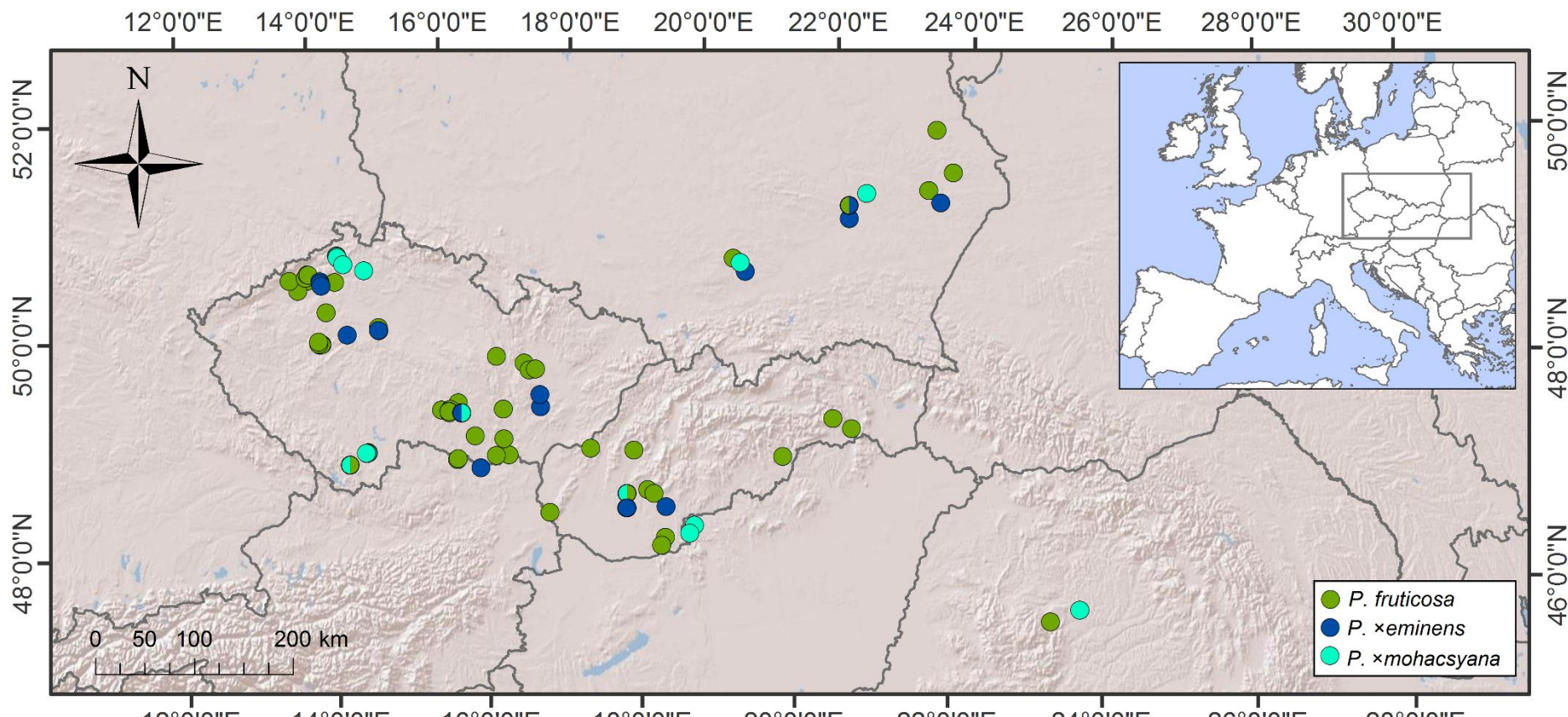


Prunus avium $2n = 2x = 16$

Prunus fruticosa

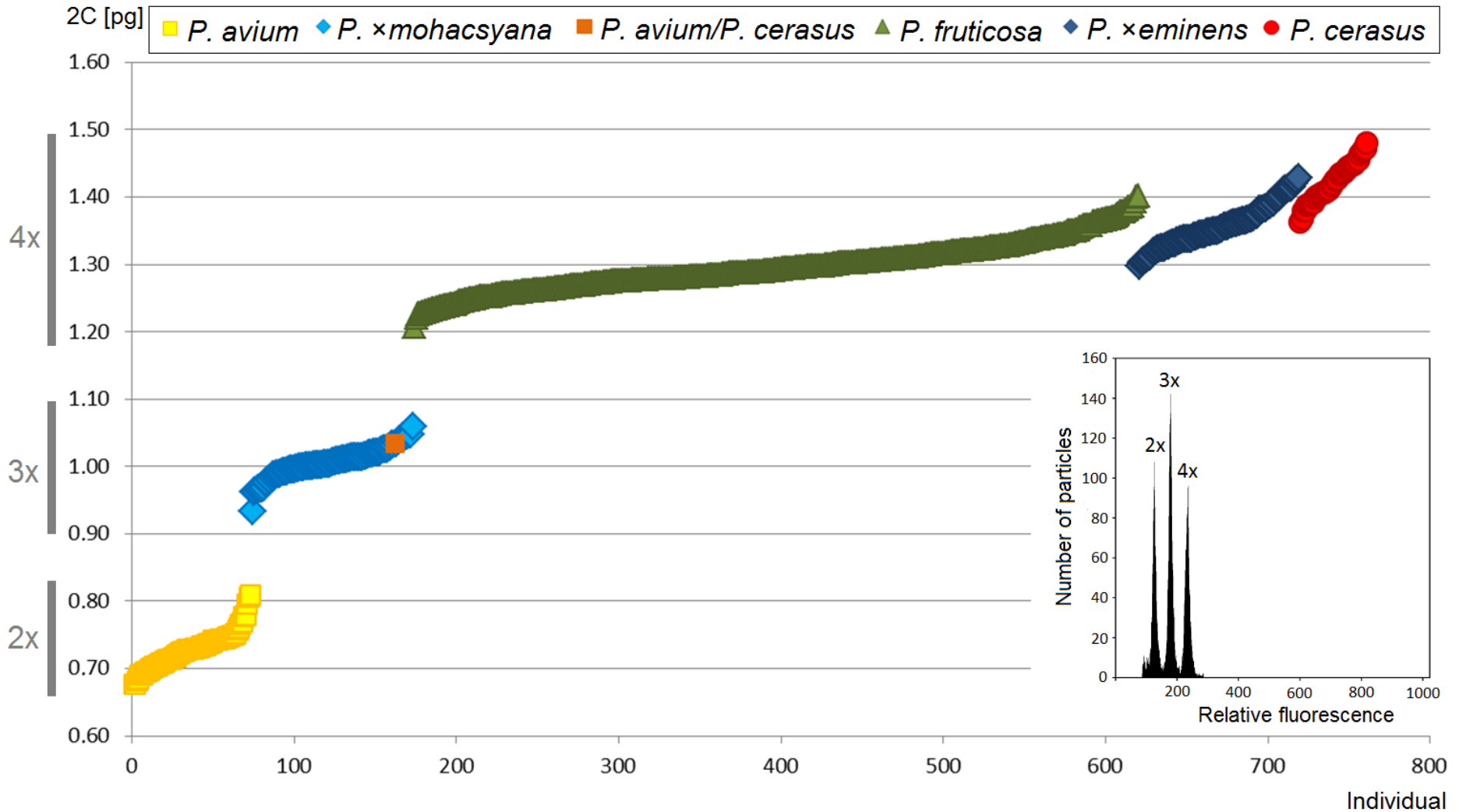
Crop-to-wild hybridization in cherries Empirical evidence from *Prunus fruticosa*

- analýza ploidní úrovně a absolutní velikosti genomu (FCM)
- počítání chromozomů (kalibrace)
- morfometrika (distanční a Eliptická Fourierova analýza)
- návaznost embryologie



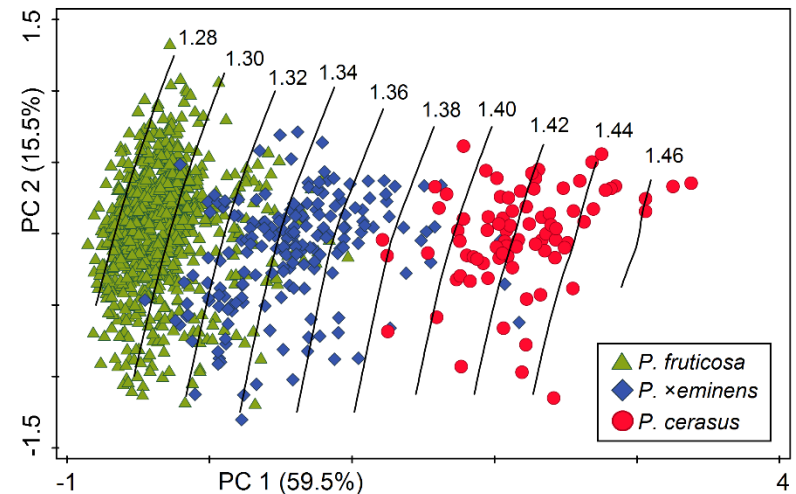
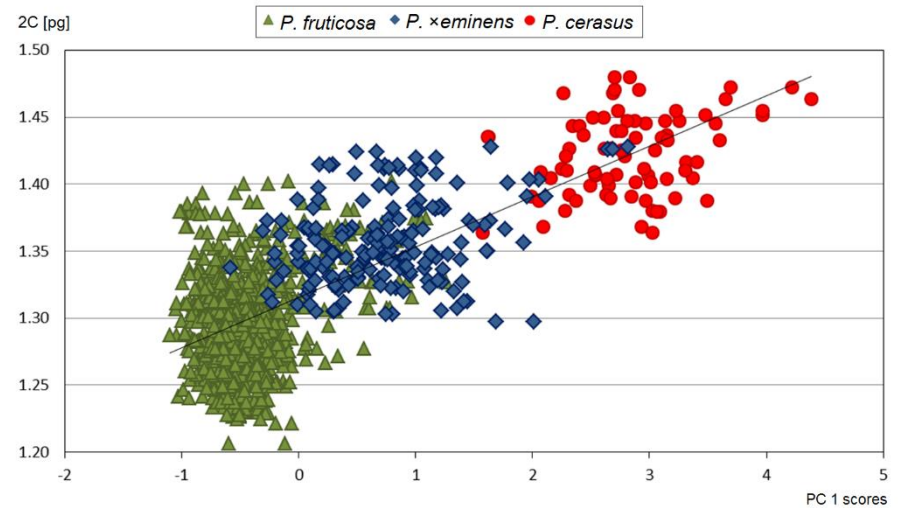
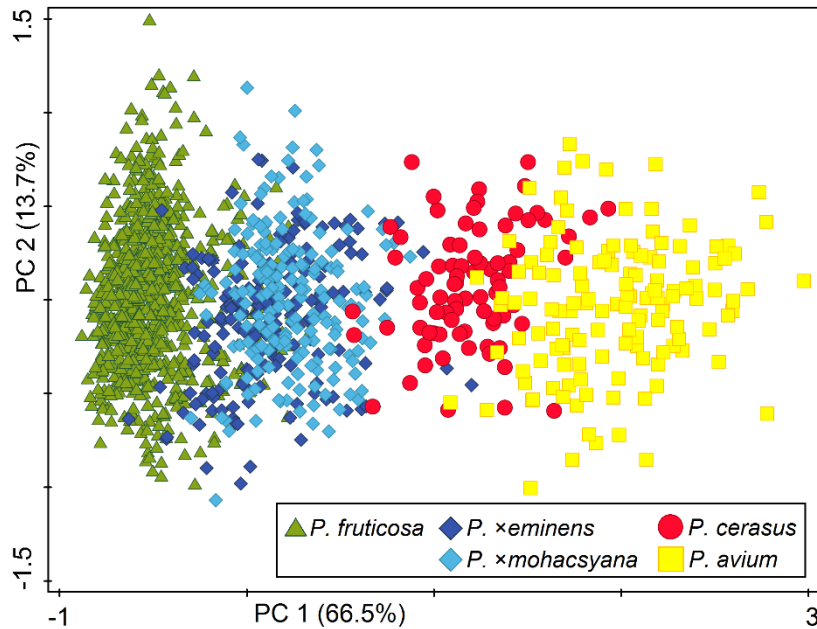
Prunus fruticosa

FCM

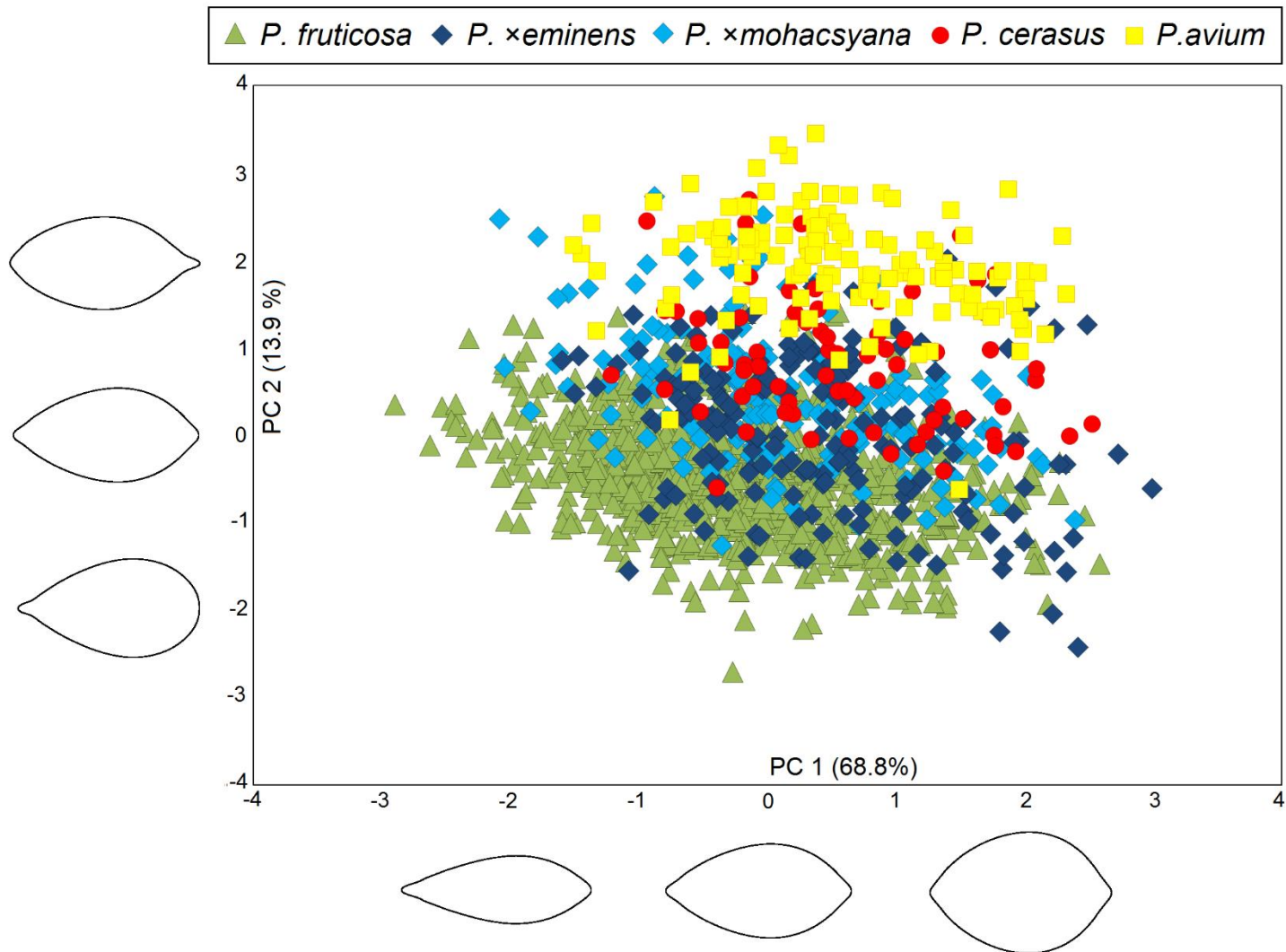


Prunus fruticosa

- distanční morfometrika (PCA, 8 znaků, 1814 jedinců)
- eliptická Fourierova analýza (PCA, 1720 jedinců)



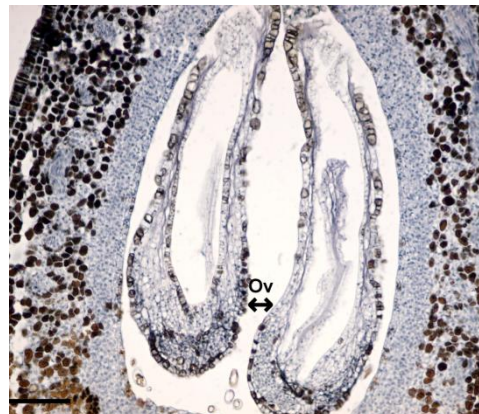
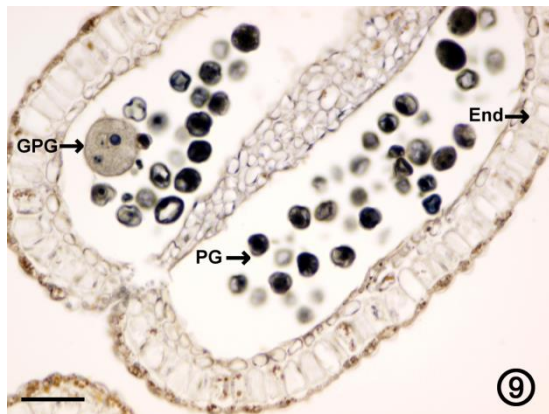
Prunus fruticosa



Prunus fruticosa

Závěr

- *P. fruticosa* (4x) hybridizuje s třešněmi (2x) i višněmi (4x)
- 39% hybridizujících populací
- heteroploidní (3x) hybridi sterilní, ale stále riziko "demographic swamping"
- homoploidní (4x) hybridi fertilní, zpětné křížení "demographic + genetic swamping"



Take-home message

- hybridizace konstrukční i destrukční síla evoluce
- návaznost na polyploidii (a apomixii)
- významný přesah pro konzervační biologii
- metodická výzva, nemožnost jednoznačně definovat skupiny