



Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

(část přednášky Fylogeneze a diverzita rostlin)

1 - Úvod

výtah z přednášek prof. Petra Bureše, drobné úpravy P. Šmarda 2023



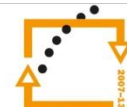
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Co je to systematická botanika

Systematická biologie je věda o rozmanitosti
(= variabilitě, = diverzitě) **organismů**

tuto rozmanitost se snaží

1. registrovat = identifikovat, popsat, pojmenovat

(i) taxonomie

(ii) nomenklatura

2. kauzálně ji vysvětlovat = objasňovat její příčiny a následky

(iii) evoluční biologie rostlin = biosystematika

(iv) fylogenetika rostlin

prvoplánový cíl systematiky = vytvořit a spravovat
klasifikační systém

Základním analytickým a klasifikačním prvkem systematiky je znak

typ znaku

příklad

morfologický

počet tyčinek



Základním analytickým a klasifikačním prvkem systematiky je znak

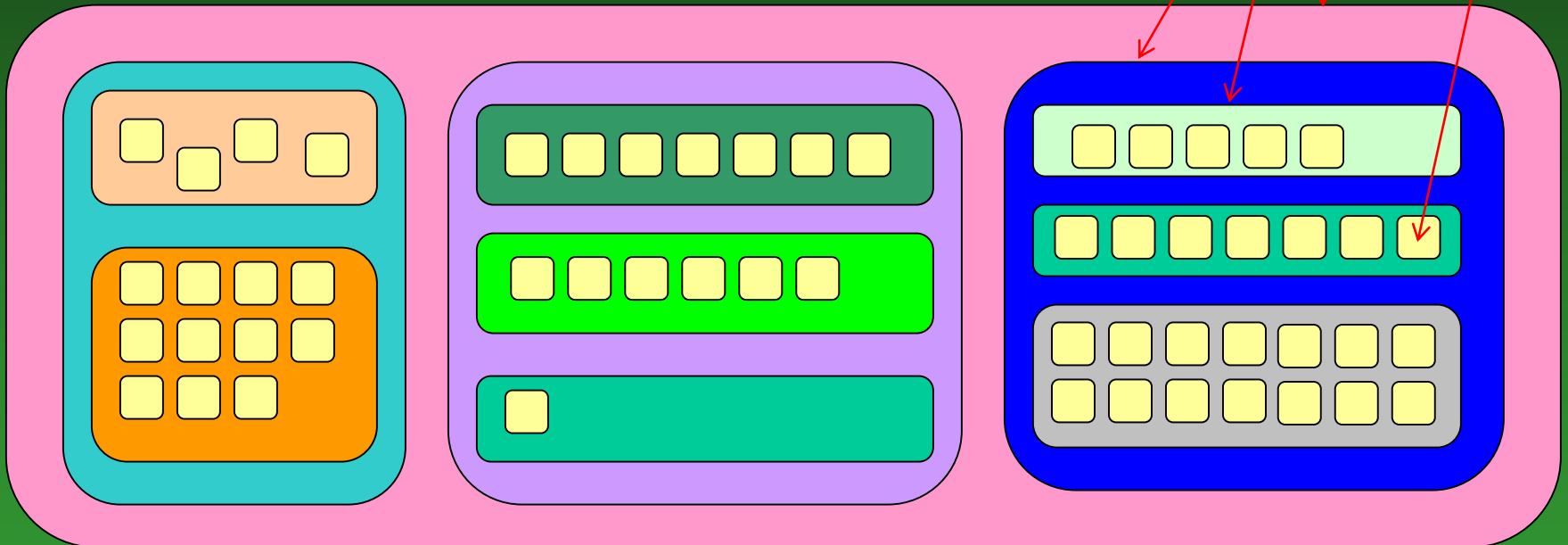
<u>typ znaku</u>	<u>příklad</u>
morfologický	<ul style="list-style-type: none">- typ květenství- přítomnost a tvar palistů
anatomicko-cytologický	<ul style="list-style-type: none">- přítomnost a charakter průduchů- přítomnost trachejí
chemický	<ul style="list-style-type: none">- přítomnost alkaloidů- přítomnost inulinu
karyologický	<ul style="list-style-type: none">- počet chromosomů- velikost genomu
sekvenční	<ul style="list-style-type: none">- pořadí aminokyselin v proteinu- sekvence nukleotidů v DNA

↓
podobnost – fylogenetická příbuznost

Klasifikace je hierarchická

objekt klasifikace = **druhy**

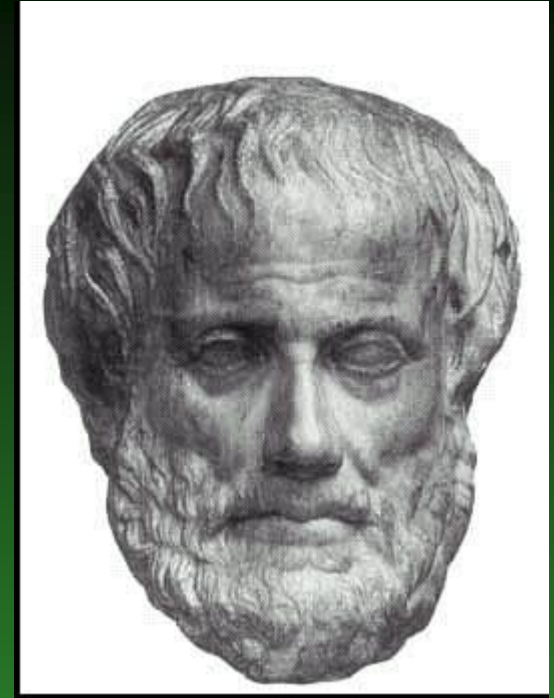
kategorie vzniklé tříděním = logické třídy = **systematické jednotky**
(druh je také systematickou jednotkou)



Otcem metody hierarchické klasifikace
= principu logického třídění objektů
je řecký filosof Aristoteles.

Vytvořil tímto způsobem první systém
živočichů v díle *Historia animalium*.

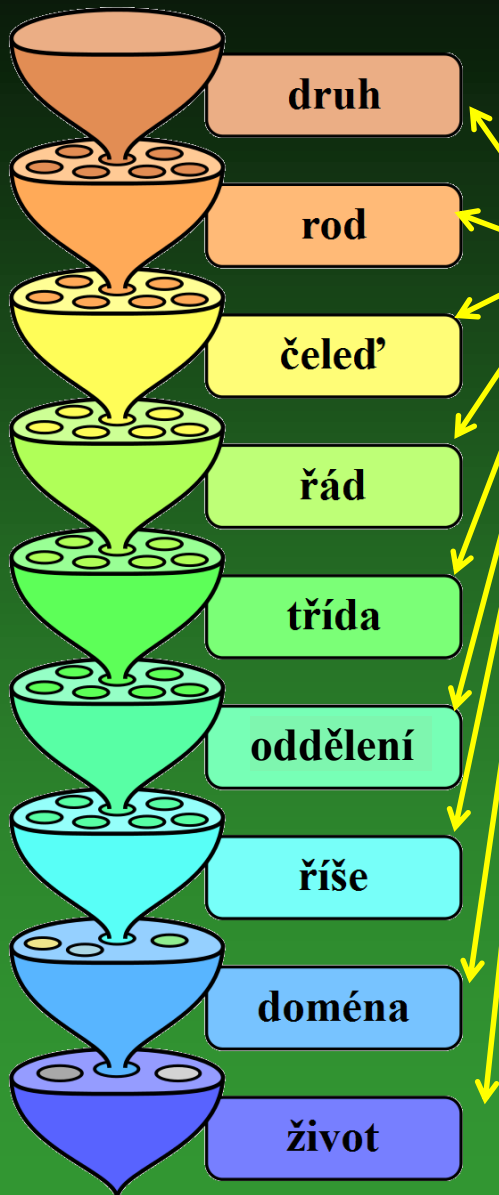
Klasifikace je součástí metod každé
vědy = umožňuje deduktivní vyvození
vlastností objektů z příslušnosti k
nadřazené jednotce



Aristoteles

384 - 322 B. C.

Jednotky a taxony



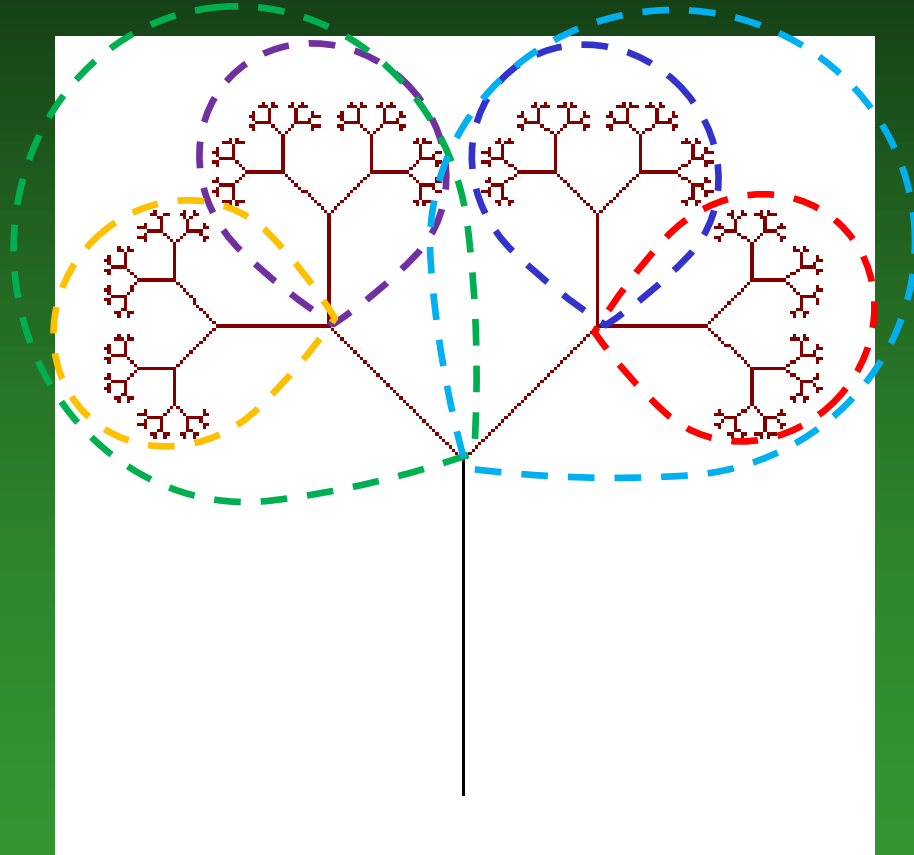
Hierarchické úrovně biologického klasifikačního systému nazýváme **jednotky** – např. čeleď, řád, atd. – pojmy abstraktní.

Naproti tomu konkrétní obsahy takových jednotek jsou **taxony** např. *Ranunculaceae*, *Campanulales*, *Anemone nemorosa*, atd.



Fylogenetický systém

Kritérium moderních klasifikací =
fylogenetická příbuznost organismů



Rostlinné druhy a jejich evoluce

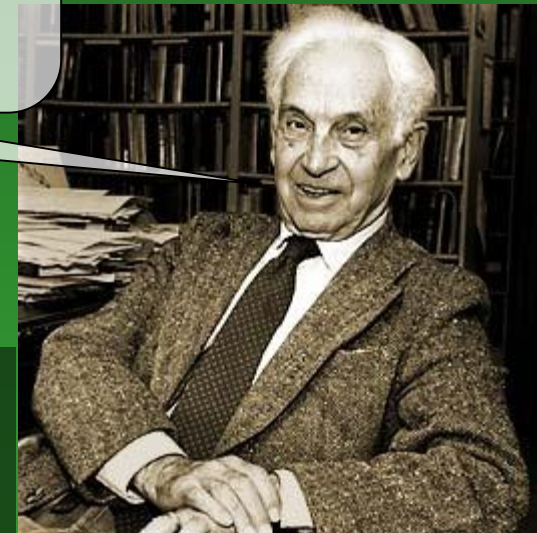
Druhy

= základní **objekty** klasifikace organizmů.

Existují reálně = nezávisle na klasifikátorech.

“druh je soubor aktuálně (nebo potenciálně) se křížících populací oddělených reprodukční bariérou od ostatních takových souborů“

Ernst Mayr
1904–2005
americký
ornitolog



To lze vztáhnout jen na sexuálně se množící **biparentální organismy**. Takových je většina např. mezi živočichy. U rostlin splňují toto kritérium pouze rostliny obligátně allogamické.

Druh u rostlin – kompromisy oproti koncepci biologického druhu

1. Rostliny nejsou tak mobilní jako živočichové => bariéra nemusí být nutně genetická. Často stačí geografická, ekologická, altitudinální, nebo temporální. Rostlinné druhy se nekříží aktuálně, potenciálně se však křížit mohou.
2. I když se dva druhy rostlin aktuálně kříží a jejich hybridy jsou fertily, tak pokud není genetická integrita druhů není křížením podstatně narušená (mating je v drtivé většině konspecifický) lze je považovat za samostatné druhy.
3. Druh by měl zaujímat geografický areál (rozšíření), alespoň zčásti vzniklý přirozeným způsobem (podmínka pro to, aby se druhy nevyráběly uměle).
4. Druh by měl být vázán na určitý typ prostředí – ekologickou niku.
5. Vymezení druhu musí vycházet jen ze znaků dědičně stálých (geneticky podmíněná variabilita vs. fenotypová plasticita, která se u rostlin díky nepohyblivosti může více projevit)

**Nápadné ale nedědičné, popř. jen epigeneticky dědičné odchylky
– toto nejsou druhy!**



**Lze je udržovat
vegetativním množením**



**Při množení generativním
se vytrácejí**



Příklady fenotypové plasticity – toto také nejsou druhy!



pH půdy



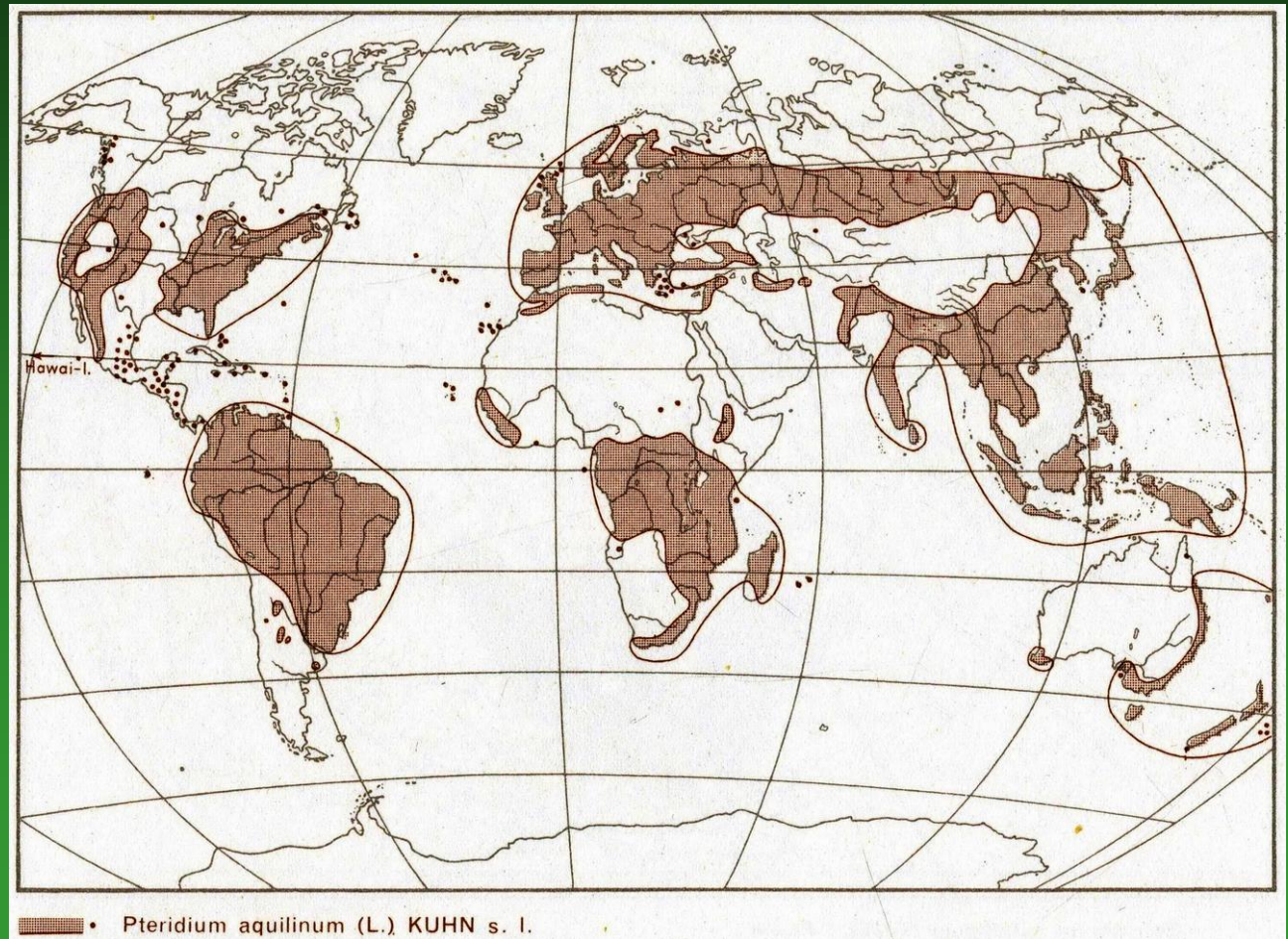
vítr



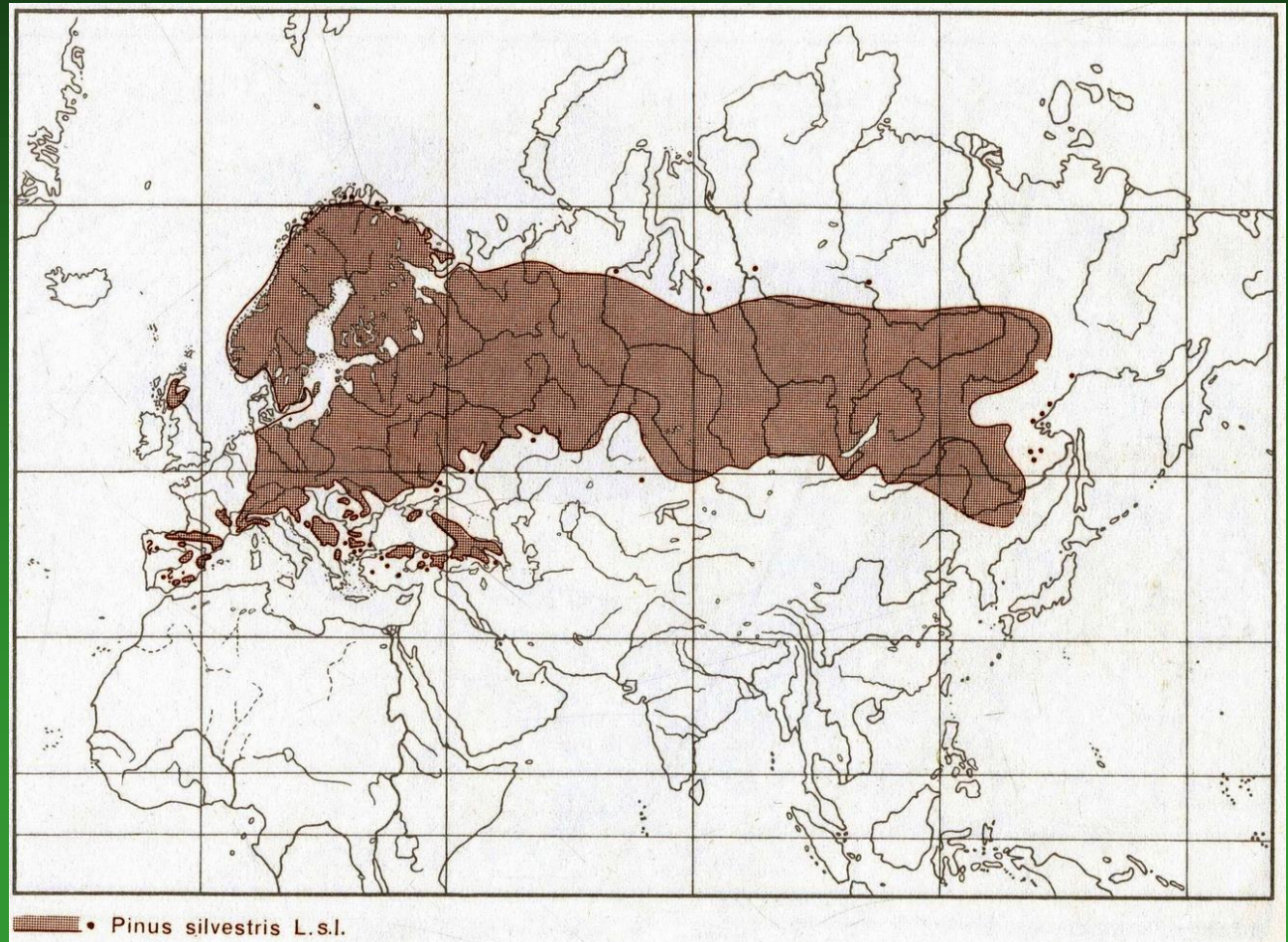
voda



Příklady přirozené geografické distribuce (areálů) druhů



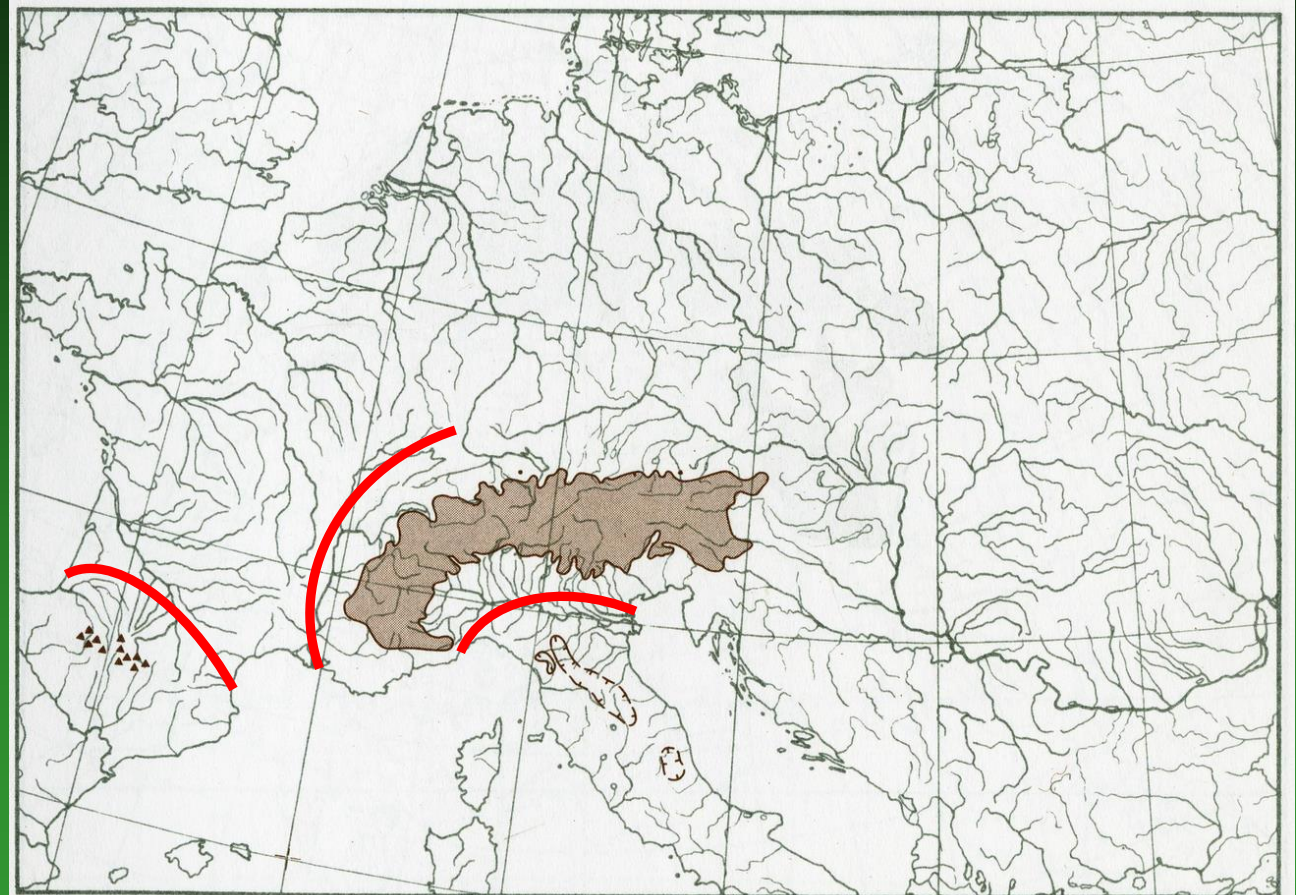
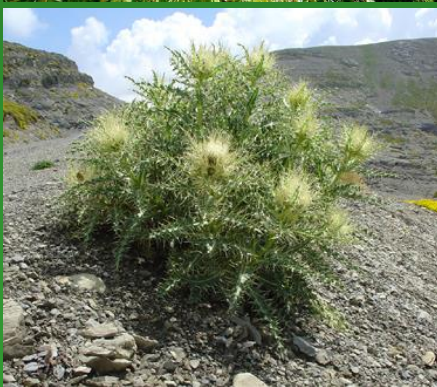
Příklady přirozené geografické distribuce (areálů) druhů






Příklady přirozené geografické distribuce (areálů) druhů



#182132437



-  *Cirsium spinosissimum*
-  *Cirsium bertolonii*
-  *Cirsium glabrum*

Vikarizace (vikariance) příbuzných druhů

Jak vznikají nové druhy rostlin?

- **Přirozený výběr (=diverzifikující selekce)** – Charles Darwin (On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life 1859)
- **Genetický drift** (fixace náhodných genetických odchylek v izolovaných populacích)
- **Polyploidie** (= zmnožení sádek chromozomů) a následná diploidizace (redukce) genomu
- **Hybridizace** - často legalizovaná následnou polyploidii nebo udržovaná pomocí apomixie (=vegetativního rozmnožování)
- K hybridizaci a polyploidizaci stejných rodičů může docházet opakovaně na různých místech – toto potomstvo je vzájemně kompatibilní = **druhy mohou vznikat polytopně**



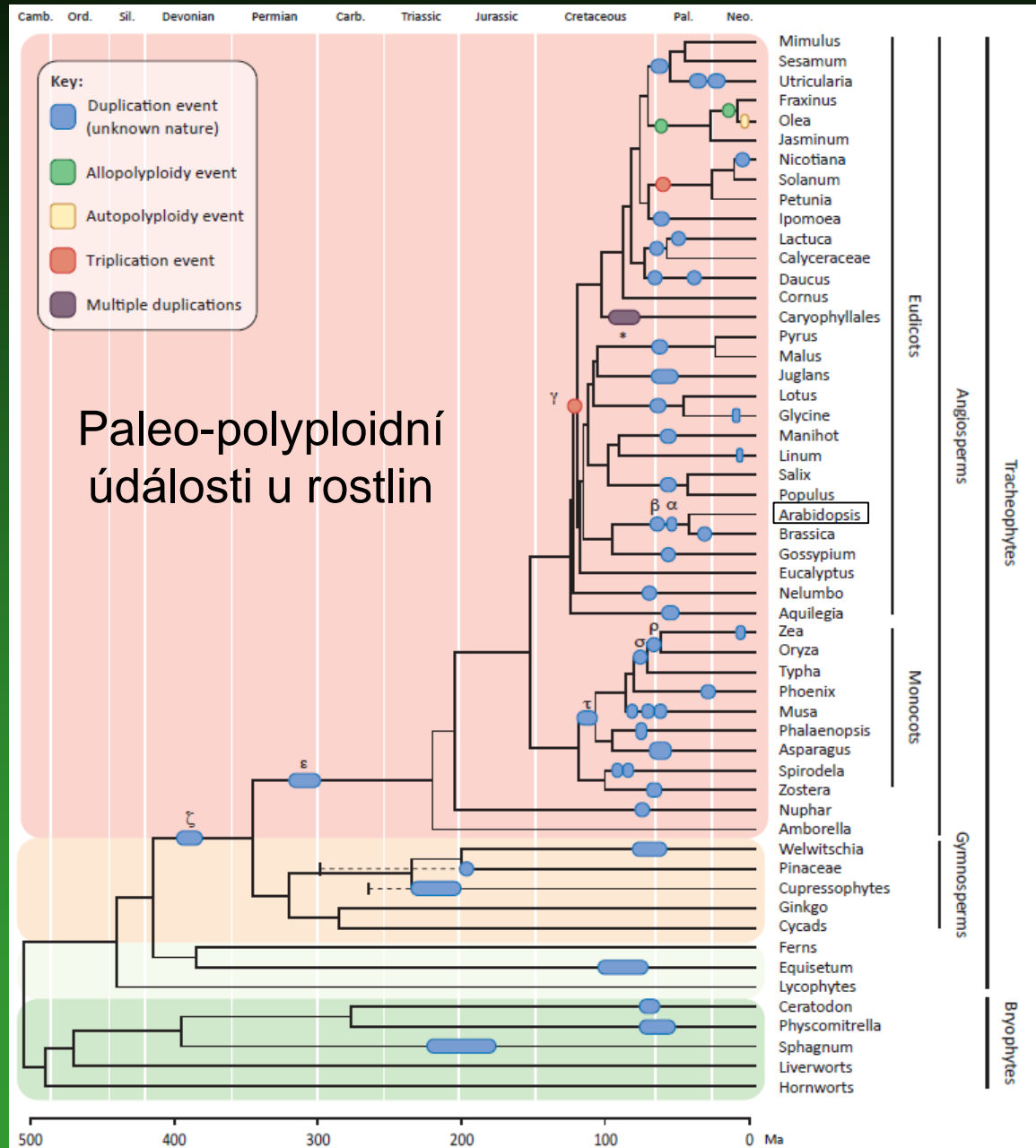
Polyploidie

– V ČR přes 40% druhů kvetoucích rostlin (časem se zde ale počet chromozomů redukuje a genom zmenšuje – viz. *Arabidopsis*)

– Velmi častá u kaprad'orostů (zde ale zůstává zachován počet chromozomů)

– Známa i mechorostů

– Opakovaně v evoluci všech kvetoucích rostlin (*Arabidopsis* s 10 chromozómy a miniaturním genomem je historicky 512-ploid)



Polyploidie

Výhody a nevýhody

- Fixuje různé problémy hybridů jako problematické párování rodičovských chromozomů
- Na „záložních“ kopiích genů může probíhat dramatická evoluce – umožňují dramatické kroky v evoluci; hexaploidie ca 300 Mya např. předcházela vzniku semenných rostlin
- V případě polyploidie spojené s hybridizací (allopolyploidie) mají fixovanou heterozygotitu – výhoda pro kolonizaci
- Duplikované geny se náhodně vypínají – velká počáteční genově-expresní variabilita = velká adaptabilita
- Větší buňky -> orgány -> rostliny
- Větší genom -> delší čas na replikaci DNA + větší nároky na živiny
- Při vzniku trpí polyploidie nedostatkem partnerů



Dactylis polygama a *D. glomerata*



D. polygama $2n=2x=14$

- Rostliny světle zelené
- čepele 3-6 mm široké
- Lata před rozkvětem převislá
- Humózní lesy, paseky, parky



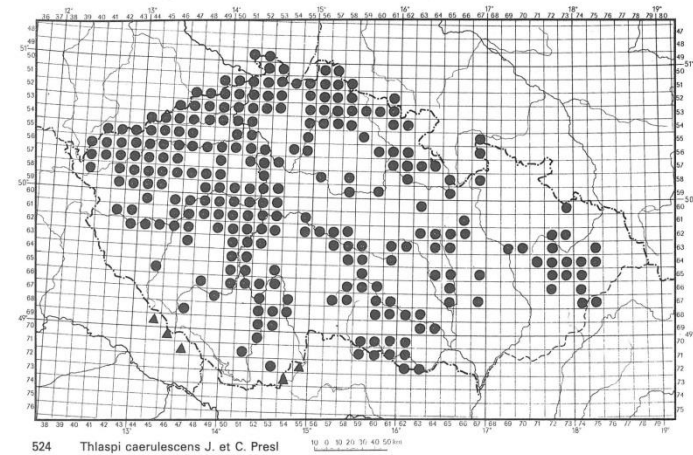
D. glomerata $2n=4x=28$

- Rostliny šedozelené
- čepele 4-10 mm široké
- Lata přímá
- Louky, pastviny, ruderální místa

Thlaspi caerulescens a *T. montanum*



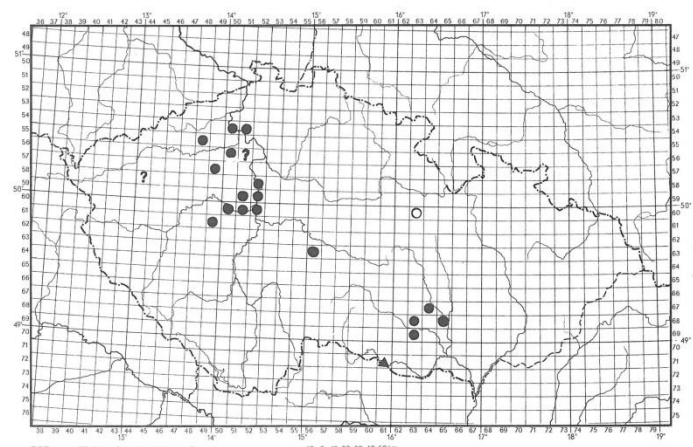
T. caerulescens; $2n=2x=14$
C lístky 2–3 mm, křídově bílé
tyčinky po vypýlení fialové
travnaté stráně, náspy



524 *Thlaspi caerulescens* J. et C. Presl



T. montanum; $2n=4x=28$
C lístky 5–7 mm, smetanově bílé
tyčinky i po vypýlení žluté
reliktní doubravy a bory na
vápencích a hadcích

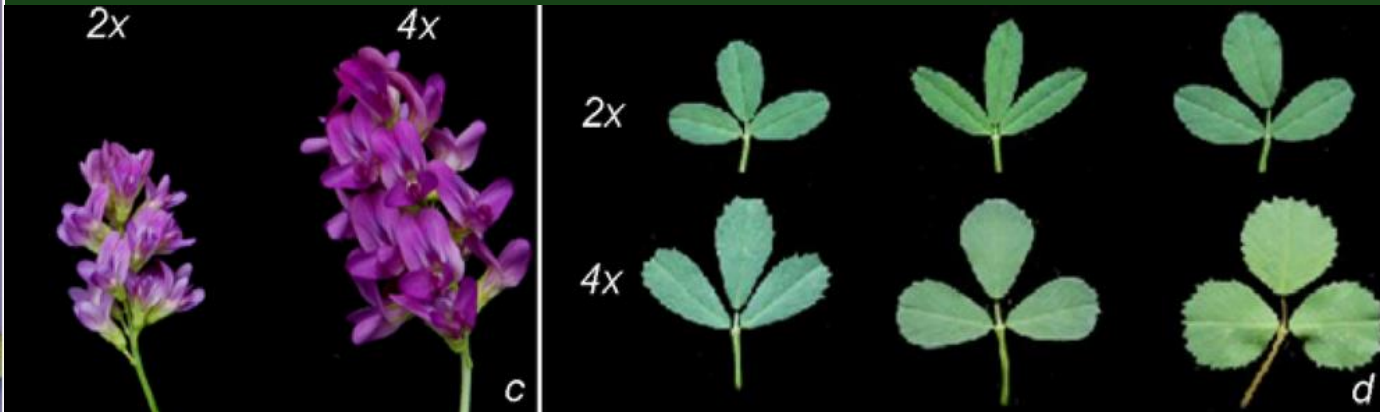


525 *Thlaspi montanum* L.

Umělá (auto-)polyploidie

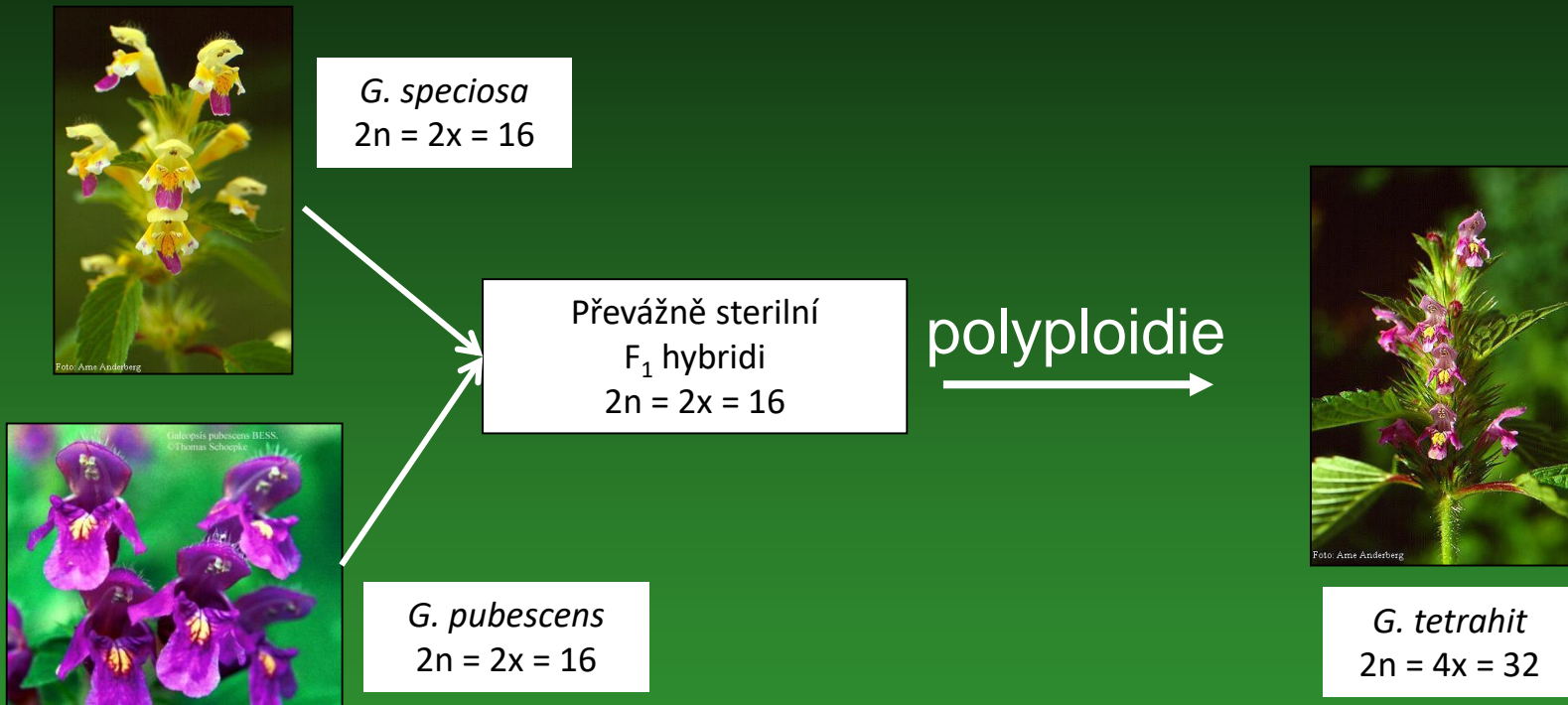


Citrus lanatus



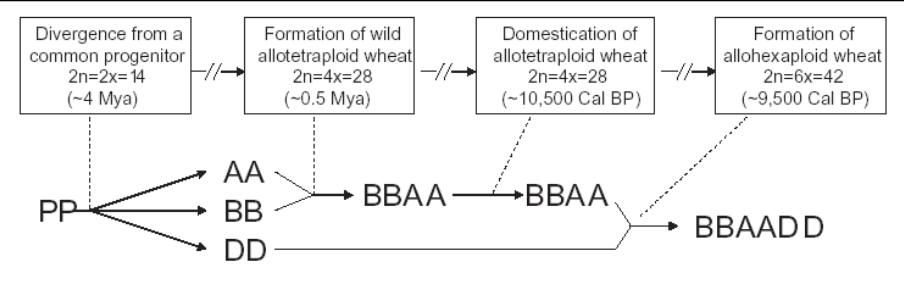
Medicago sativa

Hybridizace + polyploidie (allo-polyploidie)



Müntzing (1930)

Hybridizace + polyploidie – evoluce *Triticum* (pšenice)



T. uratu (AA)

+



Aegilops speltoides (BB)



T. turgidum subsp. *dicoccoides* (AABB)

+



Ae. squarrosa (DD)



T. monococcum (AA*)



T. turgidum subsp. *durum* (AABB)



T. spelta (AABBDD)

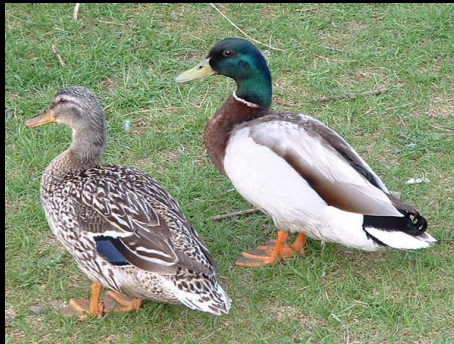


T. aestivum (AABBDD)

Obě allopolyploidní události monotopně

Rozdíly mezi živočichy a rostlinami

Živočichové se mohou pohybovat a mají nervovou soustavu jsou proto zpravidla odděleného pohlaví = gonochoristé = ♂ + ♀



Rostliny se naopak pohybovat nemohou jsou proto zpravidla společného pohlaví = hermafrodité



<http://www.biocrawler.com/w/images/f/f5/Stamens-and-pistil.jpg>



http://www.allbestpictures.com/flowers/flowers-pistil_and_stamens_close-up_picture.html



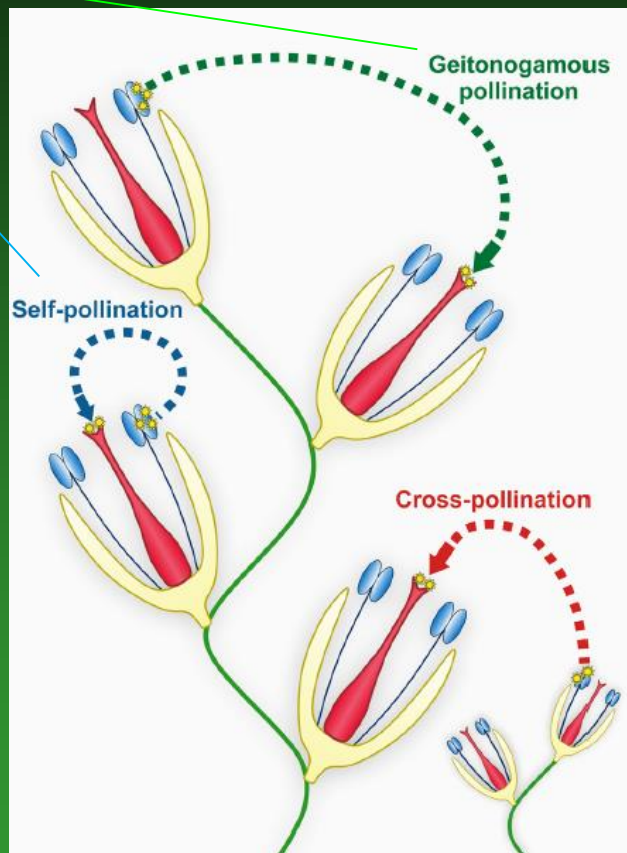
http://farm1.static.flickr.com/33/103185745_74acfa78c3.jpg



http://farm4.static.flickr.com/3629/3636943694_3df9e5be54.jpg

Z hlediska rekombinace genů je výhodnější cizosprašení (allogamie) oproti samosprašení (autogamii). Samosprašením roste homozygotita

samosprašení

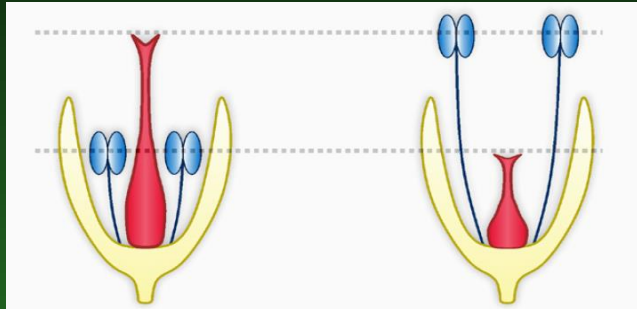


cizosprašení

Hermafroditismus zvyšuje riziko inbrední deprese, neboť autogamie je příbuzenské křížení v nejužším slova smyslu / rostliny se proto autogamii brání

Petr Bureš: Prezentace přednášky Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin - část 1.

Obrana proti autogamii - heterostylie



prvosenka (*Primula*, Primulaceae)



kyprej (*Lythrum*, Lythraceae)

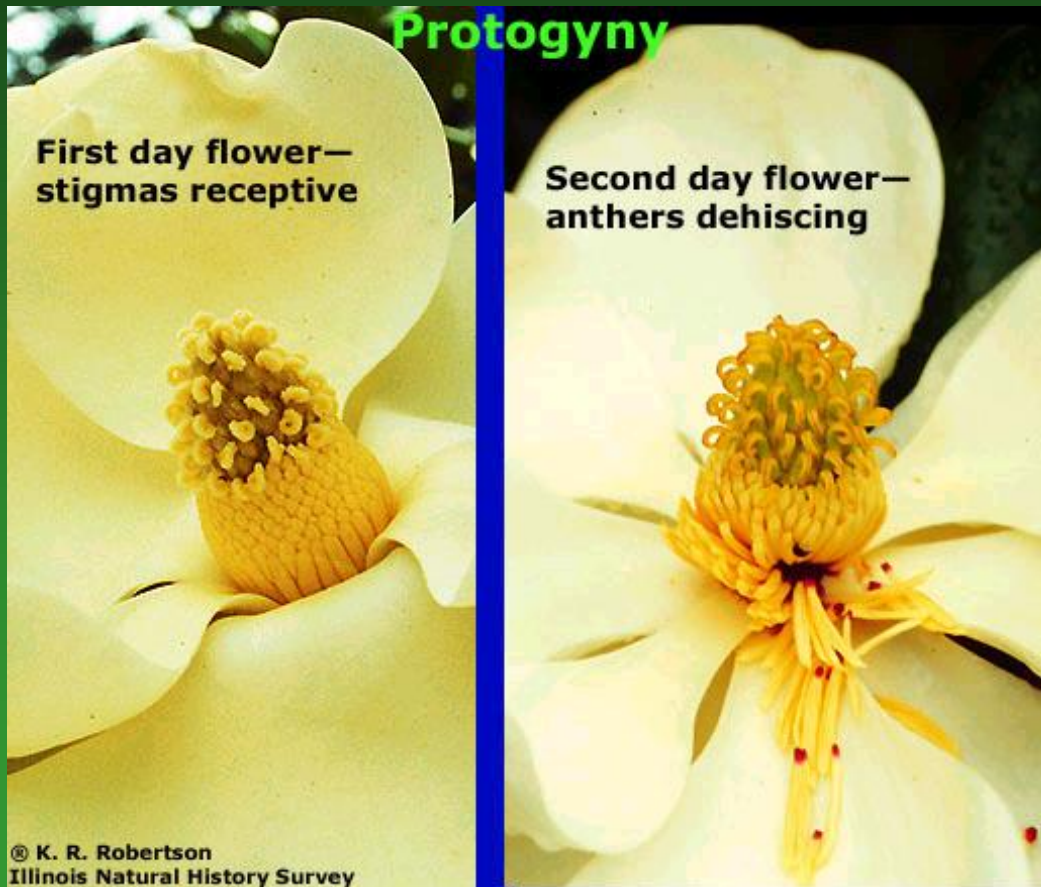


pohanka (*Fagopyrum*, Polygonaceae)

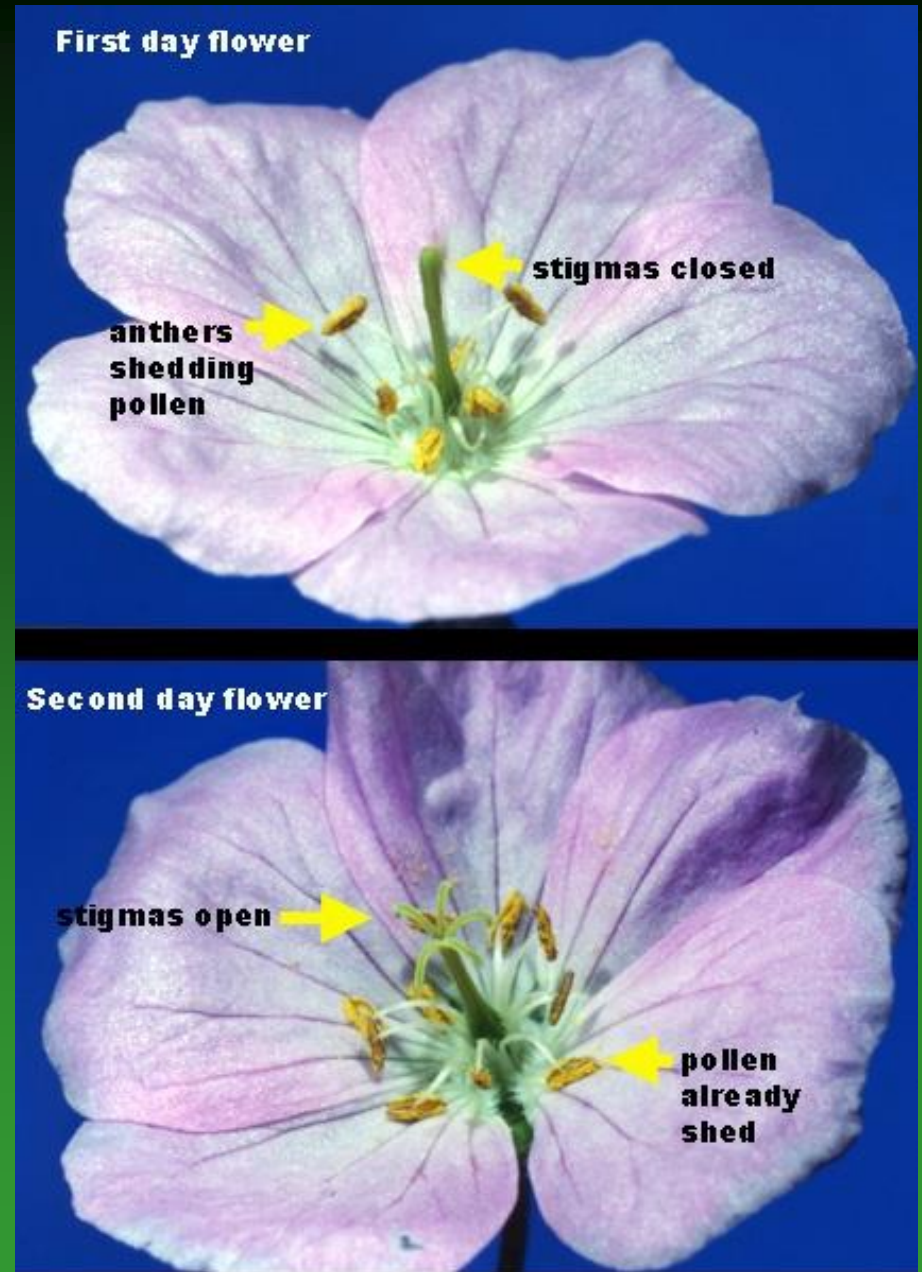


plicník (*Pulmonaria*, Boraginaceae)

Obrana proti autogamii - protogynie

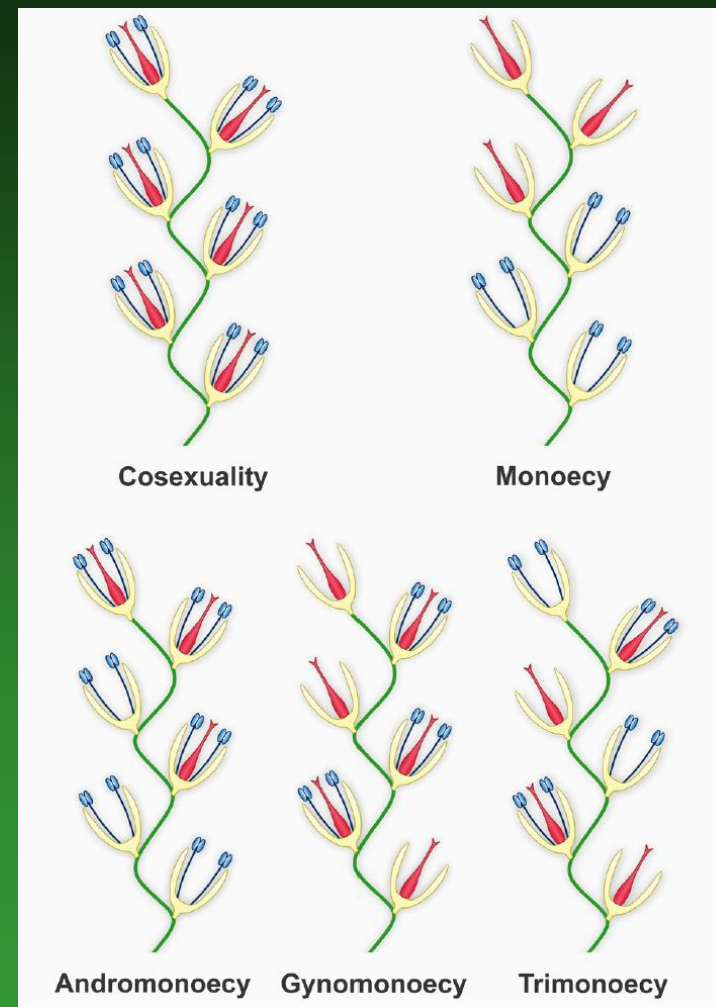
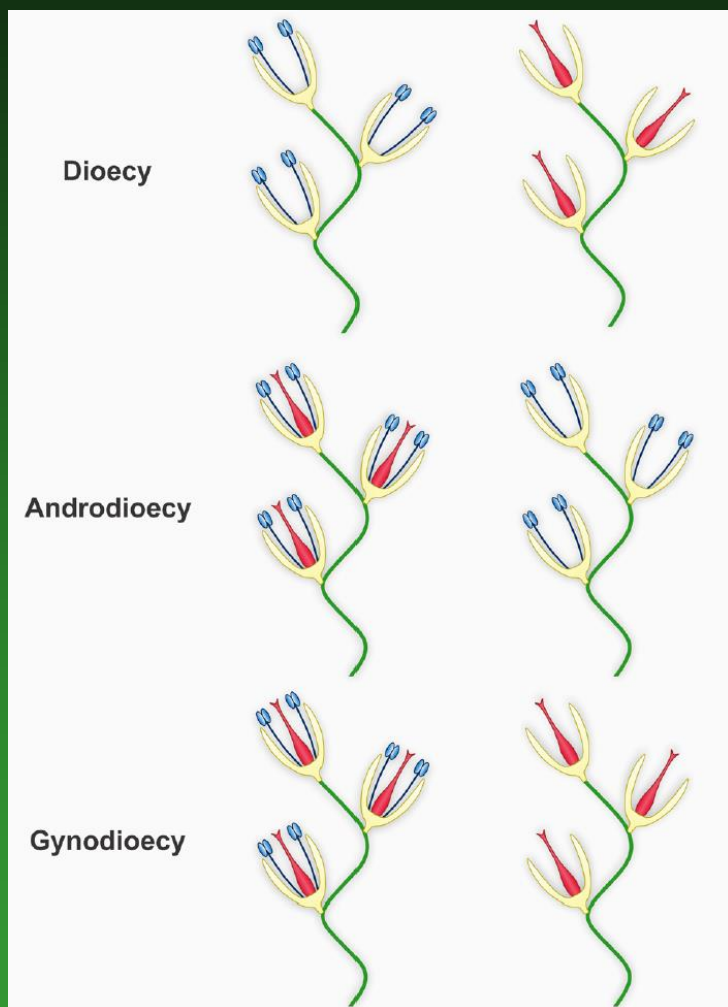


Obrana proti autogamii - protandrie



Pohlavní dimorfismus rostlin

vers. hermafroditismus



Dvoudomé druhy



Dvoudomé druhy



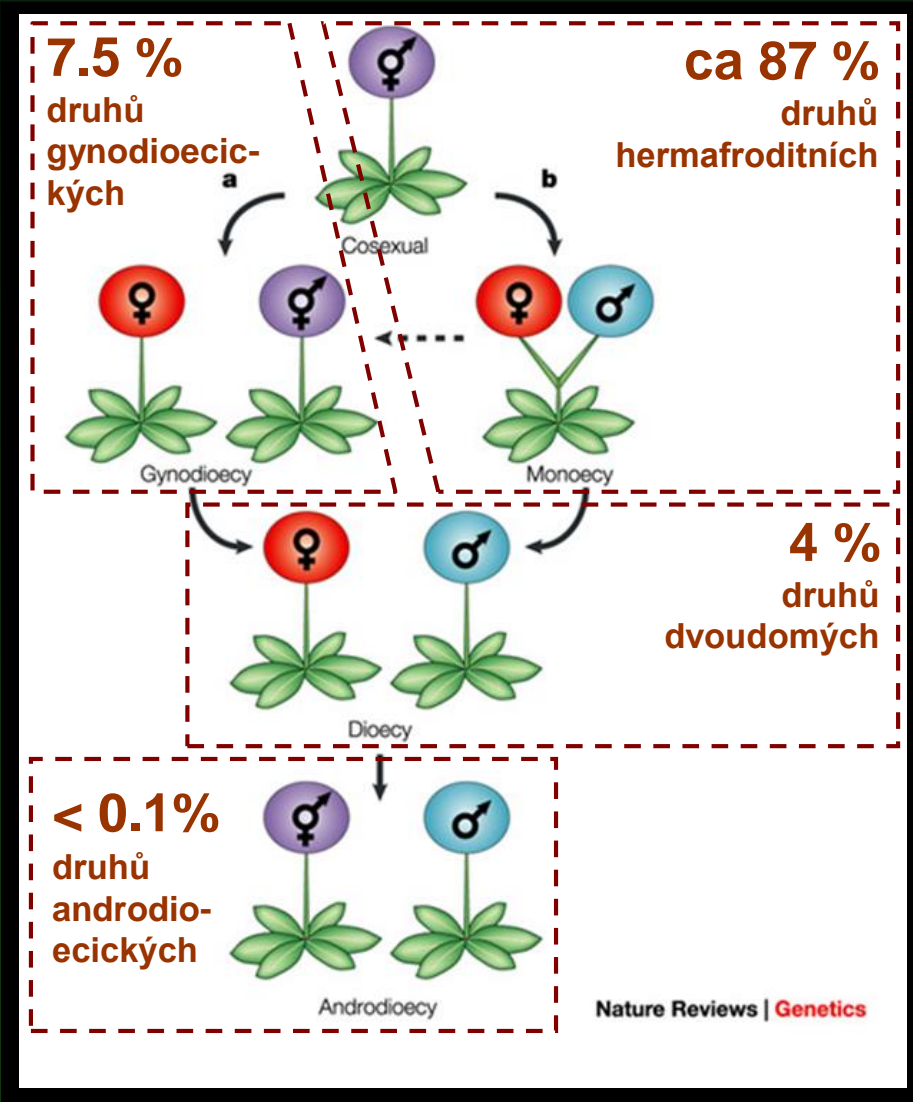
Dvoudomé druhy



Gynodioecické druhy rostlin (a živočichů)



Pohlavní dimorfismus rostlin



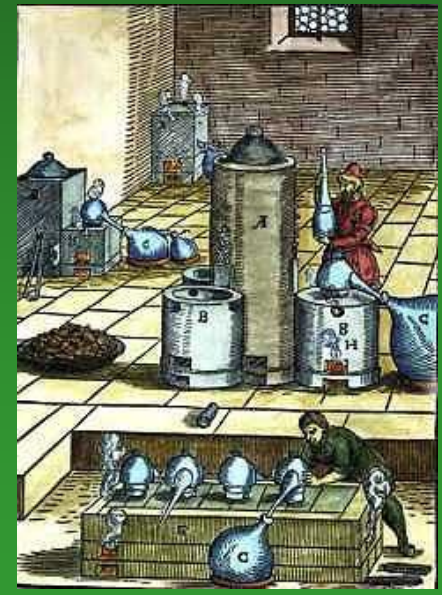
Hodnoty platí pro Evropu - v tropických deštných lesích stoupá podíl dvoudomých dřevin a klesá podíl gynodioecických druhů

Stručný vývoj klasifikace rostlin

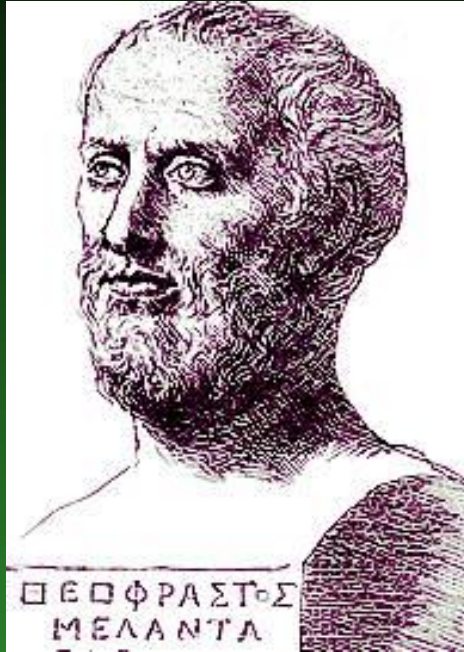
Vývoj klasifikace rostlin

Zpočátku uspořádání rostlin jen nevědomé uspořádání kapitol či popisů rostlin v knize, bez explicitní potřeby klasifikovat.

Od antiky do renesance (zhruba do 16. století) byla botanika aplikovanou vědou = součástí lékařství, farmacie a alchymie



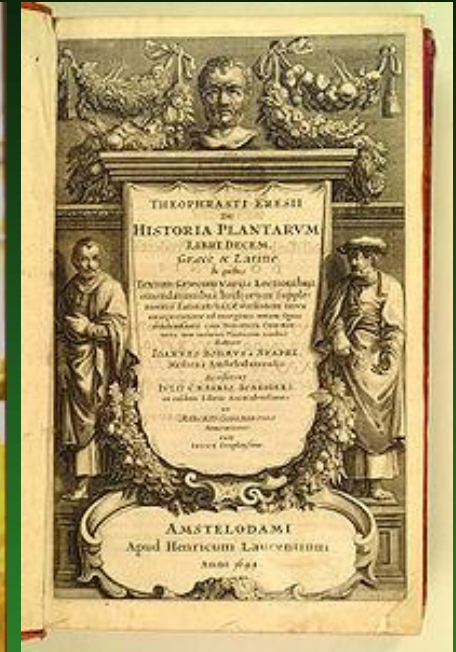
Antické Řecko (4–3. stol. př. Kr.) – Theophrastos



Theophrastos
371-287 př. Kr.



gymnasiarcha Lykeionu v Athénách

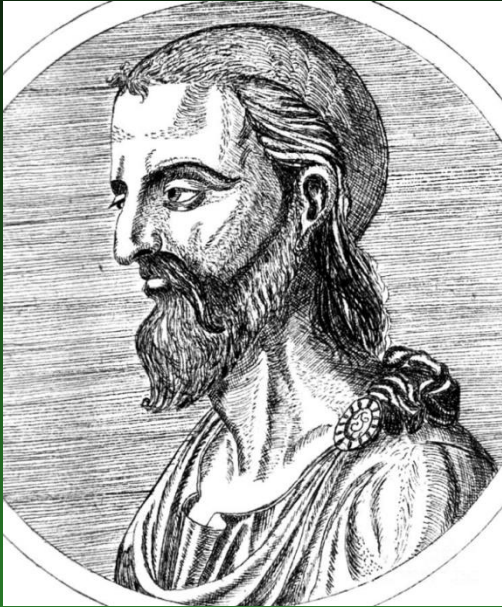


Renesanční vydání
Historia plantarum

Peri fyton historias = **Historia plantarum**; ca 500 druhů rostlin hlavně středomořských ale také z výprav Alexandra Makedonského do V Asie.

Klasifikace na habituálním principu: stromy, keře, byliny vytrvalé, byliny jednoleté

Antický Řím (počátek letopočtu) – Dioscorides



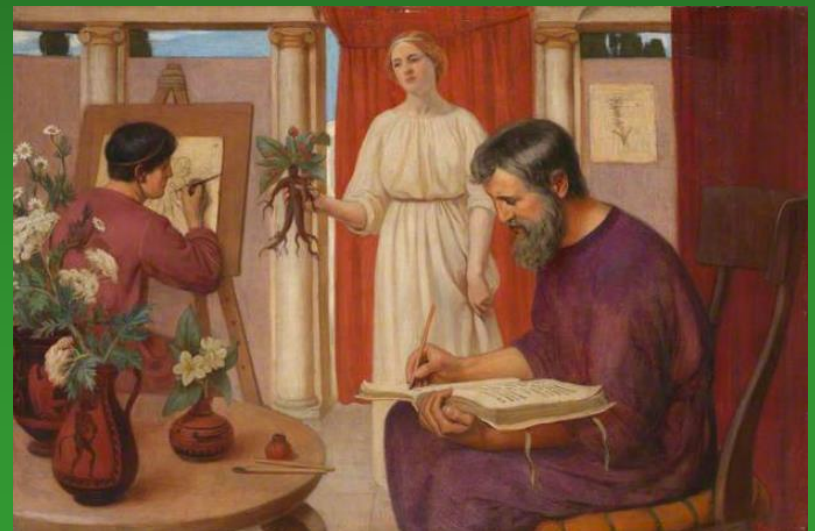
Pedanius Dioscorides
1 stol.

Lékař římských legií – prošel s nimi mnohá území, kde sbíral neznámé rostliny

Dioscorides sbírající rostliny během pochodu římských legií – ilustrace Roberta Thoma z r. 1950



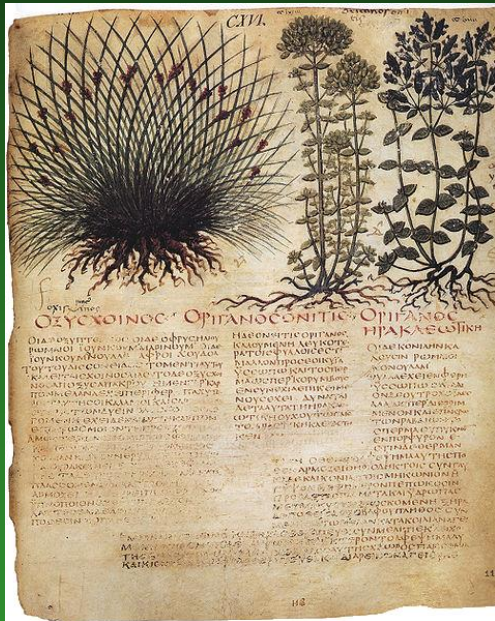
Dioscorides popisující mandragoru – obraz Ernesta Boarda z r. 1909



Poprvé užil termín **botaniké** = nauka o rostlinách v díle **Peri hyles iatrikes = De materia medica**

Antický Řím (počátek letopočtu) – Dioscorides

Byzantský přepis
Dioskoridova
De materia medica
6. stol.



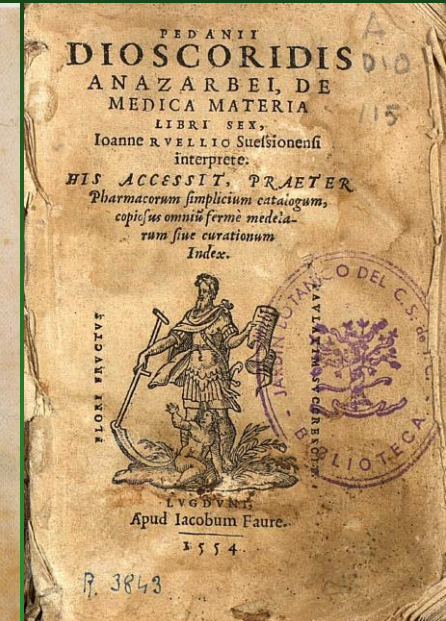
Řecký přepis
Dioskoridova
De materia medica
10. stol.



Arabský přepis
Dioskoridova
De materia medica
14. stol.



Renesanční latinské
vydání Dioskoridova
De materia medica
1554



Po staletí přepisován a překládán ...

Petr Bureš: Prezentace přednášky Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin - část 2.

Antický Řím (počátek letopočtu) – Dioscorides

Mattioliho

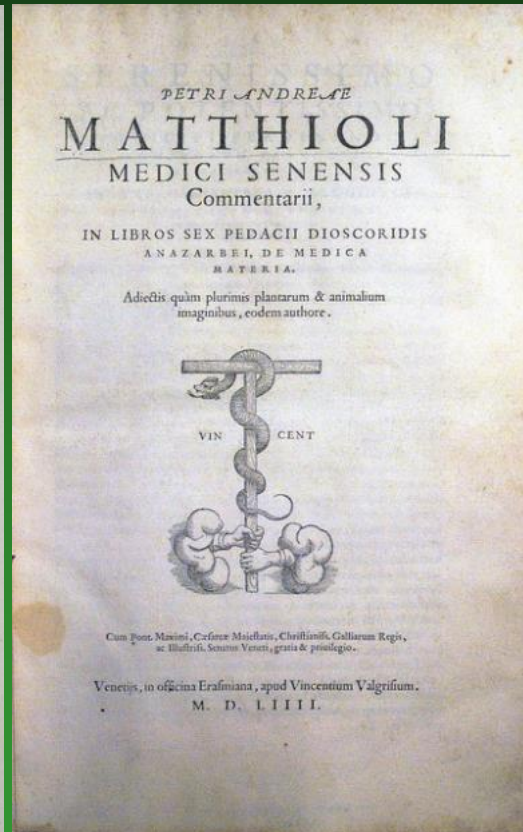
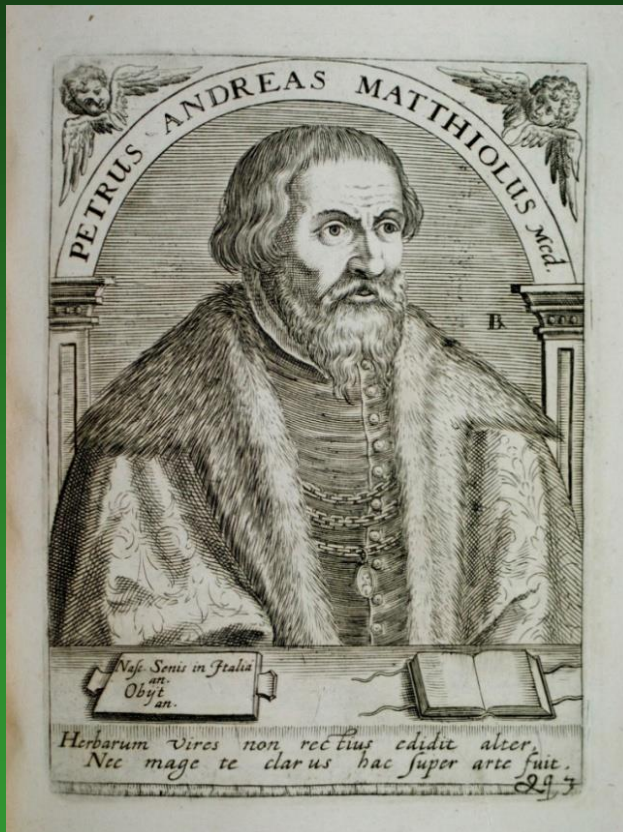
Comentarii in libros sex Pedacii Dioscoridis

1554

České vydání Mattioliho

Herbáře

1558



Stal se hlavní inspirací renesančních bylinářů

Petr Bureš: Prezentace přednášky Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin - část 2.

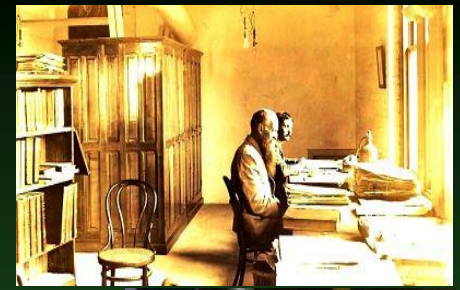
Herbáře = kolekce preparovaných rostlin



Luca Ghini (1490-1556) -
vynálezce herbarizace rostlin
prefekt botanické zahrady v
Pise.

Herbář je nepřekonanou konzervační metodou

1. Uchovává data o morfologické variabilitě, geografickém rozšíření, ...
2. Dává možnost kontroly těchto dat
3. Z herbářových položek lze také na rozdíl od literárních dat či počítačových databází izolovat DNA, naměřit průduchy
4. Jediná forma, jak uchovávat nomenklatorické typy



Carl Linné - vrchol umělé klasifikace (pol. 18. stol.)

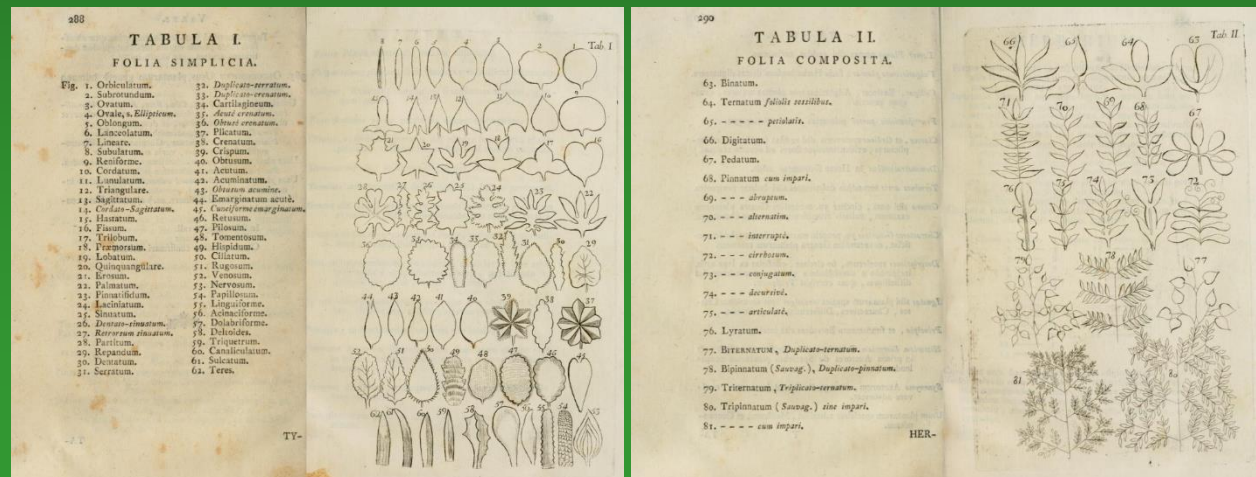


Carl Linné
(Linnaeus)
1707-1778

Carl Linné synteticky navázal na vše progresivní co zjistili nebo zavedli jeho předchůdci:

- John Ray --- definice druhu
- August Bachmann --- binomická nomenklatura
- Joachim Jung --- morfologická terminologie
- Joseph Pitton de Tournefort --- hierarchie taxonomických jednotek
- Gaspard Bauhin - diagnózy

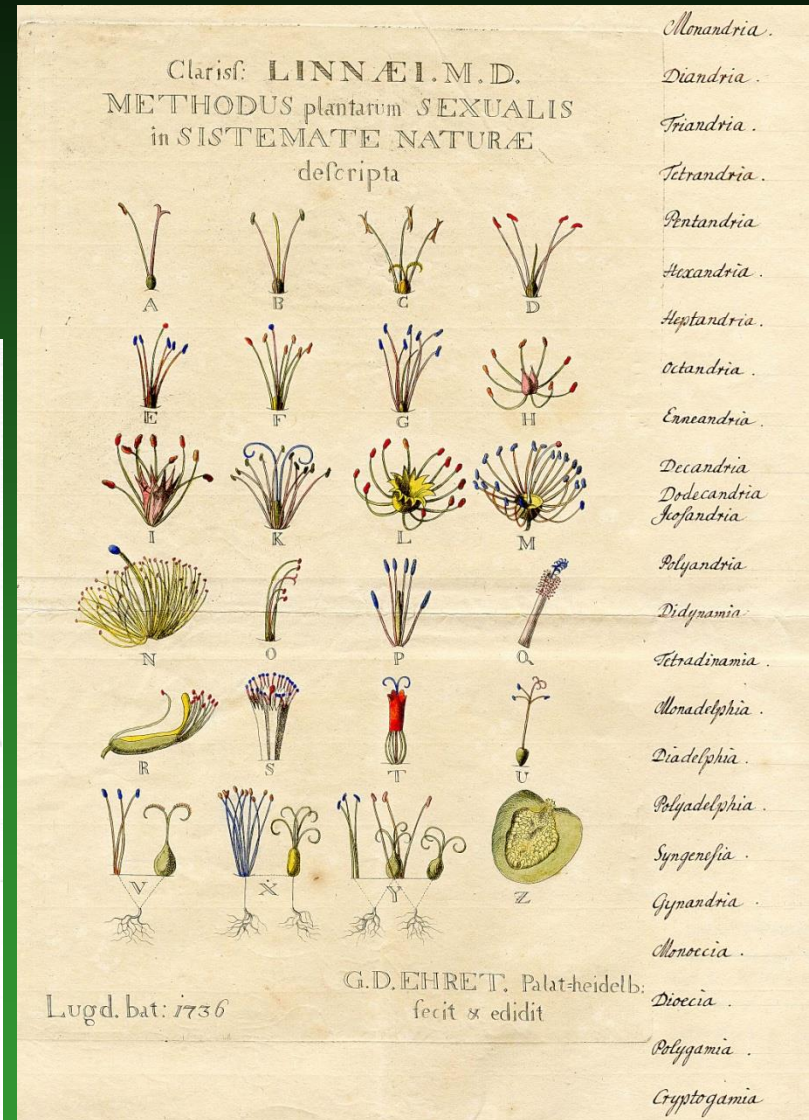
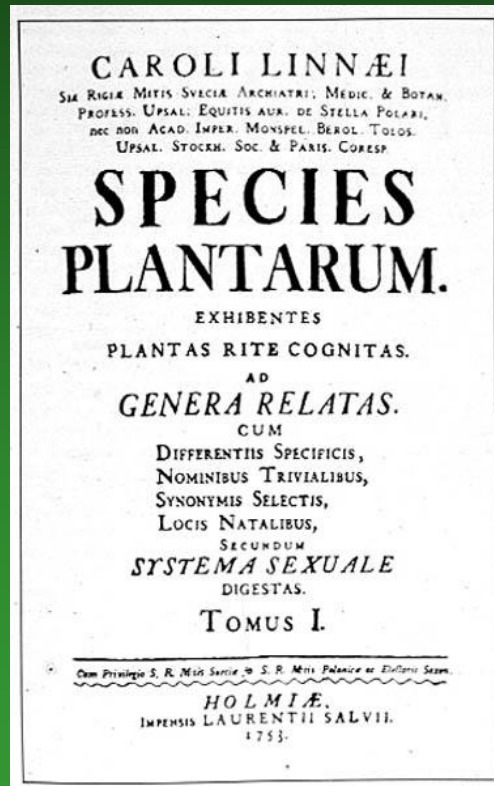
Tabulky zobrazující tvary listů – v Linnéově *Philosophia botanica* 1751



Species plantarum (1753)



24 tříd dle počtu, délky, srůstu tyčinek a pestíků, tedy pohlavních orgánů je proto nazýván systém sexuální



Paleobotanické přístupy

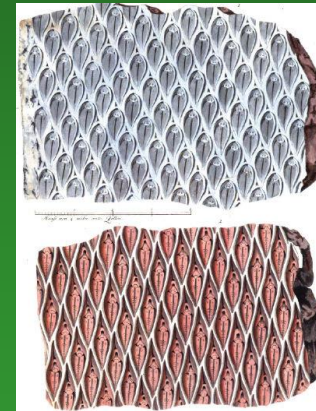
Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733) švýcarský kartograf a lékař

1709 – *Herbarium diluvianum* – první vyobrazení nálezů fosilních rostlin, zejména otisků listů kapradin z karbonu a permu a také třetihorních nálezů krytosemenných – zejména listů stromů

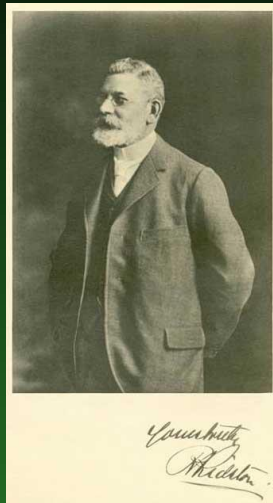
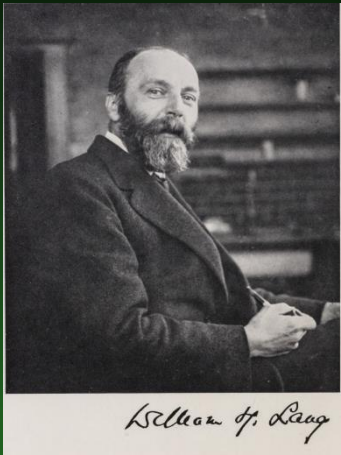
Kašpar Maria Šternberk (1761–1838)

český botanik, mineralog a geolog zakladatel národního muzea (1818)

1820-1825 *Versuch einer geognostisch-botanischen darstellung der flora der vorwelt* – „Nástin zeměznalecko-botanického přehledu flóry pravěta“
= „starting point“ nomenklatury fosilních rostlin



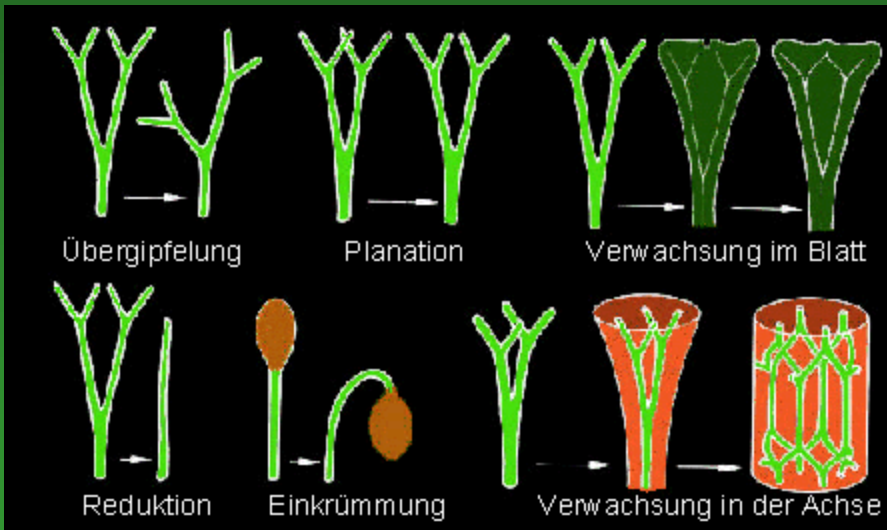
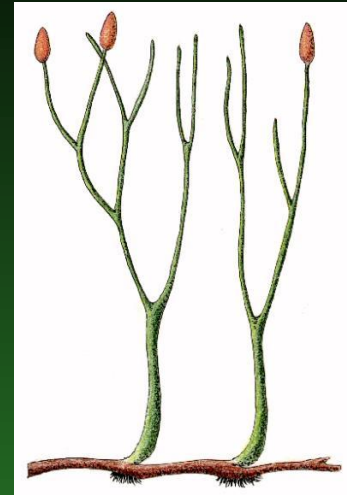
Paleobotanické přístupy (od 1. pol. 20. stol.)



Skot **Robert Kidston** a Brit **William Henry Lang** během 1. svět. války studovali fosilie u obce Rhynie ve Skotsku

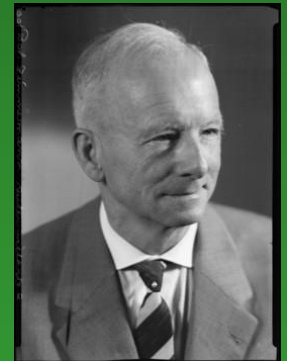
Popsali řadu unikátních prvních terestrických rostlin – ryniofytů

Včetně jejich anatomické stavby



Telomová teorie: evoluční základ všech rostlinných orgánů = prastonek = telom

Z jeho prostorové dichotomické podoby u ryniofyt vznikly různé typy větvení stonku, postavení a uspořádání sporangií a listy u všech dalších rostlin.



Na základě studia fosilních rostlin, zejména ryniofyt, ji poprvé postuloval roku 1930 Němec **Walter Zimmermann** (v díle Die Phylogenie der Pflanzen).

Chromosomy v rostlinné systematice (20. stol.)



Courtesy of American Philosophical Society, Carl Stern Papers. Noncommercial, educational use only.

Theodor Boveri
1862–1915



Hugo de Vries
1848–1935



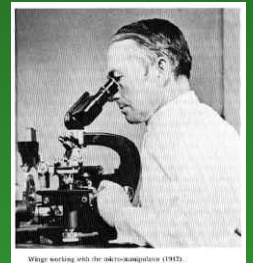
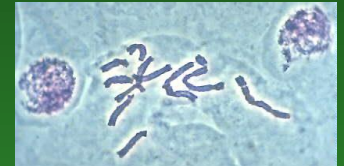
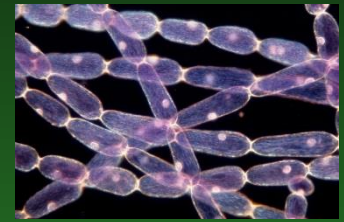
1842 – Švýcar Carl Wilhelm von Nägeli pozoruje 12 subcelulárních šlemovitých shluků (chromosomů) během studia vývoje pylu u *Tradescantia virginica*

1882 – Němec Eduard Strasburger si poprvé všímá, že počet diferencujících chromosomů je při mitóze **stálý**.

1888 „Počet chromosomů: druhově specifický stabilní znak“ – německý cytogenetik a anatom **Theodor Boveri**.

1886 nová polyploidní forma *Oenothera lamarckiana* „Gigas“ – Holanďan **Hugo de Vries** (chromosomy analyzovala u tohoto polyploida v roce 1907 Američanka Anne Lutz)

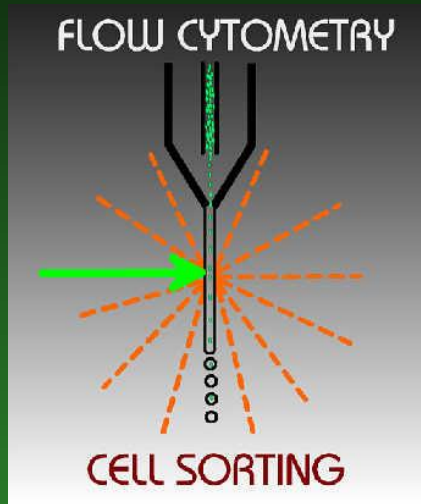
1917 Švéd **Ojvind Winge** – role chromosomů a polyploidie v evoluci a klasifikaci rostlin



Ojvind Winge
1886–1964

V rostlinné systematice se chromosomy zjišťují od 20. let 20. stol. Dnes u 25-30% rostlinných druhů znám počet chromosomů

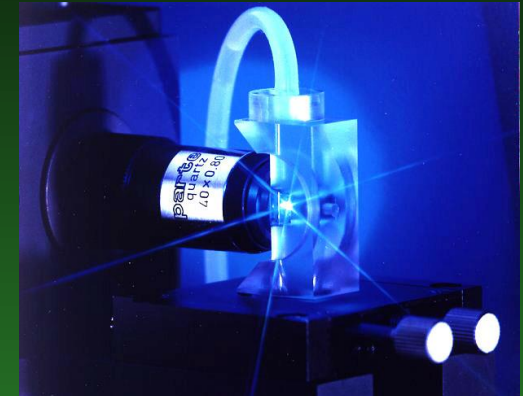
Od počtu chromosomů k velikosti genomu = průtoková cytometrie (konec 20 stol.)



Od poloviny 80. let 20. stol. prodělává dramatický rozvoj

Původně sloužila k analýze krevních buněk

U rostlin umožňuje měření obsahu DNA a stupeň ploidie v buněčných jádrech



Efektivní a šetrná metoda umožňující sledovat mikroevoluční procesy v populacích

Vedle polyploidie, velikosti genomu umožňuje analyzovat breeding systémy (identifikovat, kolik semen vzniklo apomixií a kolik sexuálně)

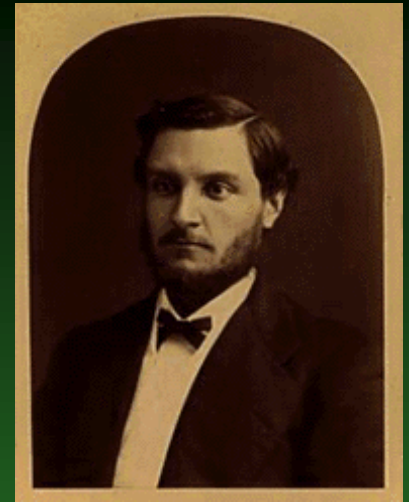
Velikost genomu známa u 5 % druhů vyšších rostlin

Objektivizace a racionalizace taxonomických dat = Biostatistika (20. století)



Biometrika rostlin - přelom 19/20. stol. britský matematik **Charles Pearson**

definoval základní pojmy popisné statistiky – např. koeficient variance; pracoval většinou se znaky s normální gausovskou distribucí – sledoval např. počty ostnů na listech *Ilex aquifolium*



Charles Pearson
(1857-1936)

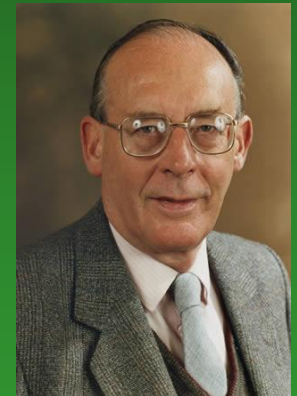
Fenetika = „každý znak má a priori stejnou váhu“

1963 Američané Robert **Sokal** a Peter **Sneath** **numerická taxonomie** – využívá shlukové analýzy, diskriminační analýzy, analýzy hlavních komponent a mnoha dalších,

Uplatnění podmíněno rozvojem výpočetní techniky



Robert Sokal
(1926-2012)
entomolog



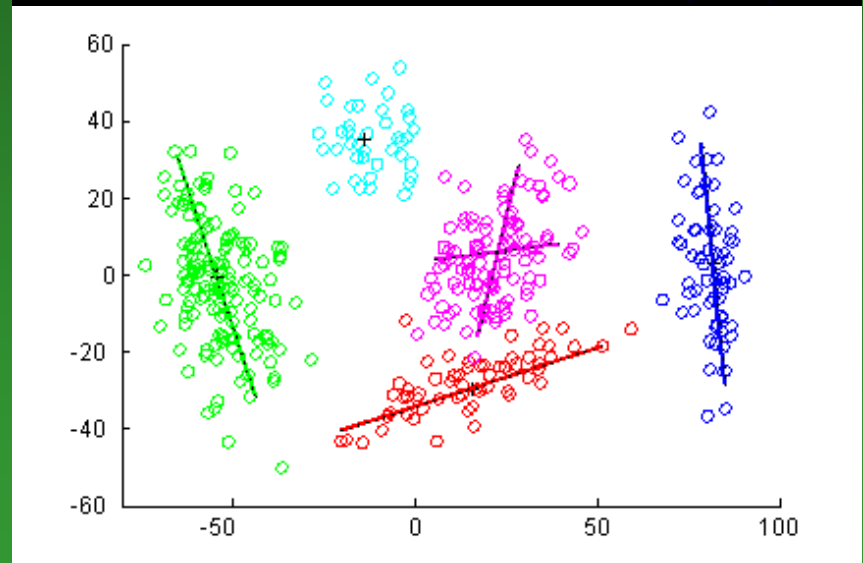
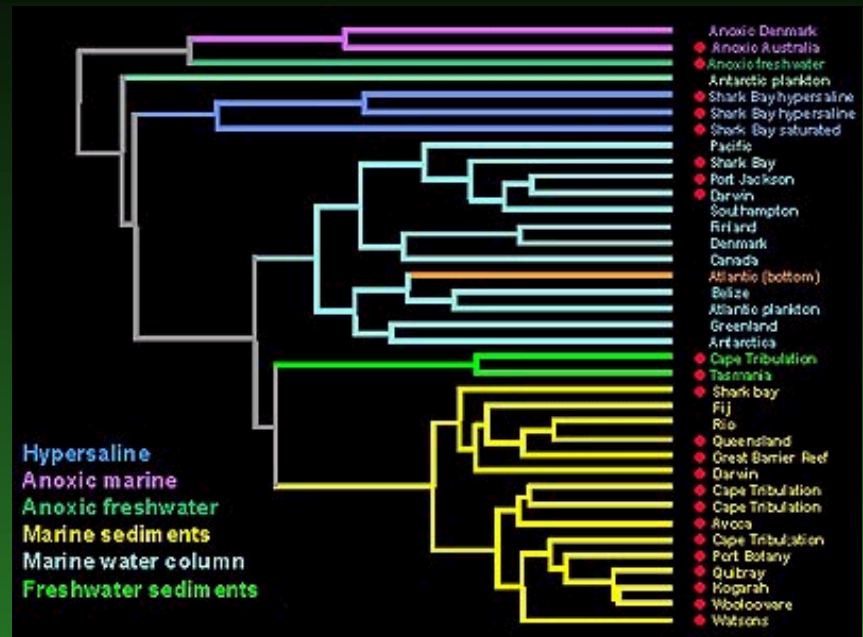
Peter Sneath
(1923-2011)
mikrobiolog

Znaky kvantitativní a kvalitativní – biometrika.

Variabilita živých organismů si vynucuje použití metod biostatistiky. Nejčastějšími výstupy numericko taxonomických metod jsou:

dendrogram (v případě metod klasifikačních jako je např. clustrová analýza) nebo

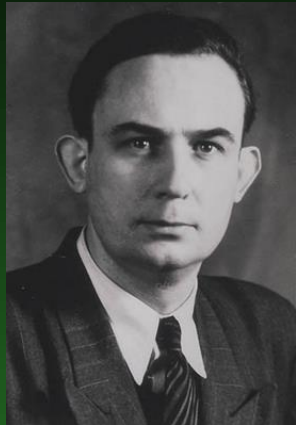
ordinační diagram (vyjádřený obvykle ve formě scatter plotu, v případě metod ordinačních jako je např. analýza hlavních komponent PCA = principal component analysis, a. hlavních koordinát PCoA, či analýza DCA).



Kladistika

1950 něm. entomolog
Willi Hennig

Rekonstrukce fylogeneze
= spojování skupin se
společnými předky, na
základě sdílení nově se v
evoluci objevivších
(odvozených) znaků =
apomorfii



Willi Hennig
(1913–1976)

Kladogram vychází z apomorfii při
maximální úspornosti (= minimálního počtu
změn) „**maximum parsimony tree**“.

Každý znak byl někdy v evoluci nový – např.:

genetický kód = apomorfie všech živých organismů,

cévní svazky = apomorfie vyšších rostlin kromě mechorostů,

konduplikátně svinutý plodolist = apomorfie krytosemenných. Může ale vzniknout i
nezávisle vícekrát, evoluce může vést vlivem selekce i ke konvergenci znaků.

Gymnosperms:
Conifers, cycads &
First plants to reproduce with seeds,
located inside of a cone, inside spores



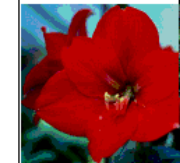
Dicots: Tomatoes,
Cacti, & most tree
species
Second and larger
class of flowering
plants



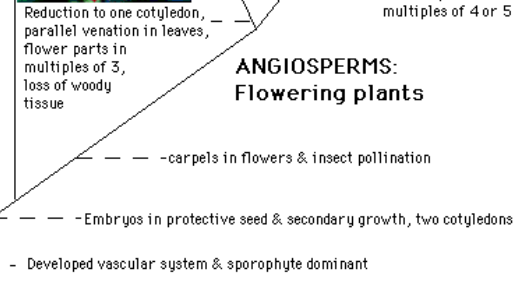
Seedless vascular plant:
Ferns and fern allies



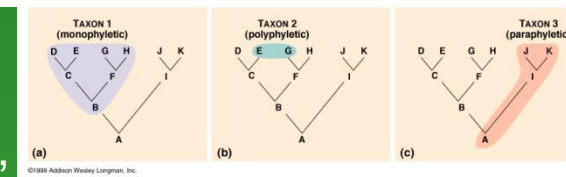
Monocots:
Orchids, grasses,
lilies & palms
Major class of
flowering plants



Moss & liverworts:
Basal plants



Chlorophyta:
green algae
(photosynthesis, reproduction via spores
unicellular or filamentous body)



Studium DNA 90. léta 20. stol.

(1) postupy založené na **polymerázové řetězcové reakci (PCR)** v programovatelném zařízení, zvaném **termocykler**.

(2) Pro čtení sekvence nukleotidů – sekven(c)ování se využívá automatický **sekvenátor**. Výhodou metod je, že stačí jen malé množství materiálu umožňující přežití zkoumaného jedince.



automatický sekvenátor



The Nobel Prize
in Chemistry 1980



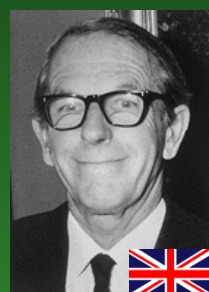
Paul Berg

1926-



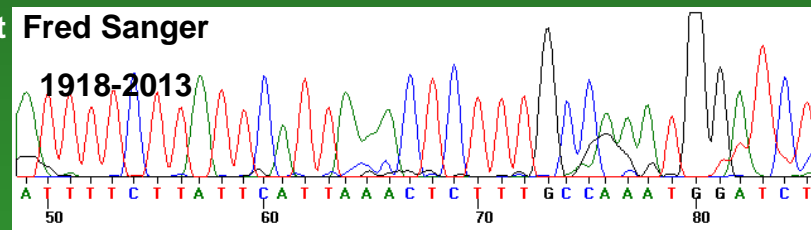
Walter Gilbert

1932-



Fred Sanger

1918-2013



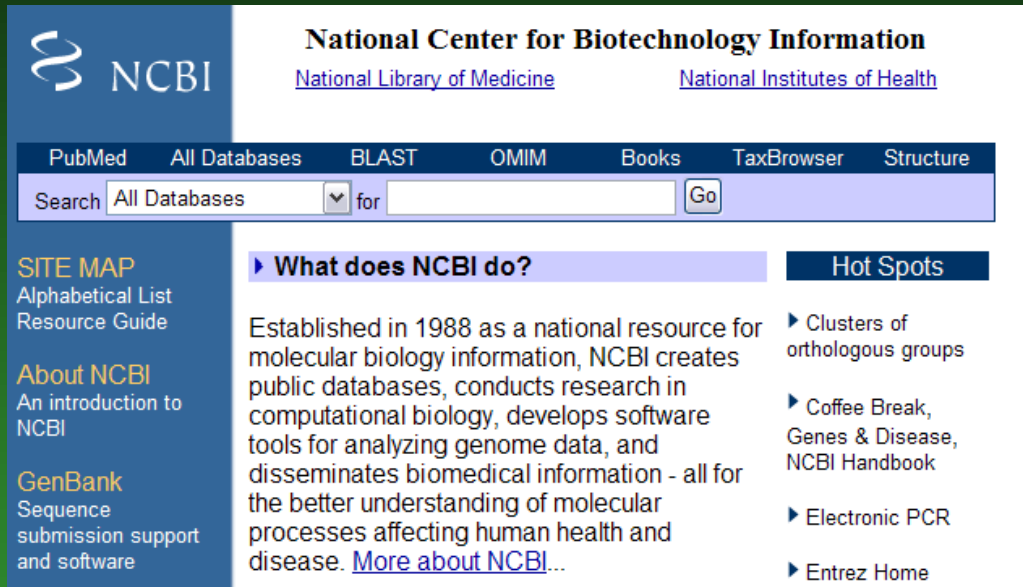
Kary B. Mullis 1944-2019



The Nobel Prize
in Chemistry 1993

Bar-coding

identifikace rostlin pomocí sekvence DNA



NCBI
National Center for Biotechnology Information
National Library of Medicine National Institutes of Health

PubMed All Databases BLAST OMIM Books TaxBrowser Structure

Search All Databases for

SITE MAP
Alphabetical List
Resource Guide

About NCBI
An introduction to NCBI

GenBank
Sequence submission support and software

What does NCBI do?
Established in 1988 as a national resource for molecular biology information, NCBI creates public databases, conducts research in computational biology, develops software tools for analyzing genome data, and disseminates biomedical information - all for the better understanding of molecular processes affecting human health and disease. [More about NCBI...](#)

Hot Spots

- ▶ Clusters of orthologous groups
- ▶ Coffee Break, Genes & Disease, NCBI Handbook
- ▶ Electronic PCR
- ▶ Entrez Home

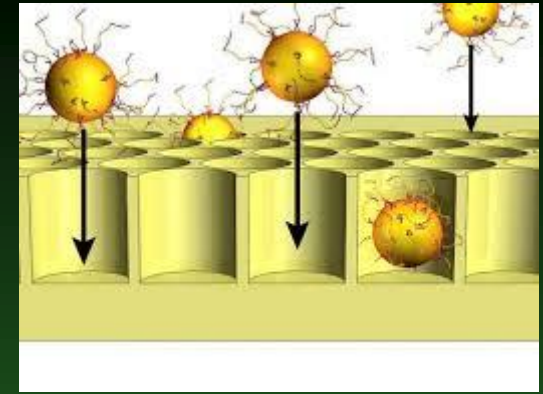


Př. *Eriophorum angustifolium*: sekvence intronu chloroplastového genu pro transferovou RNA

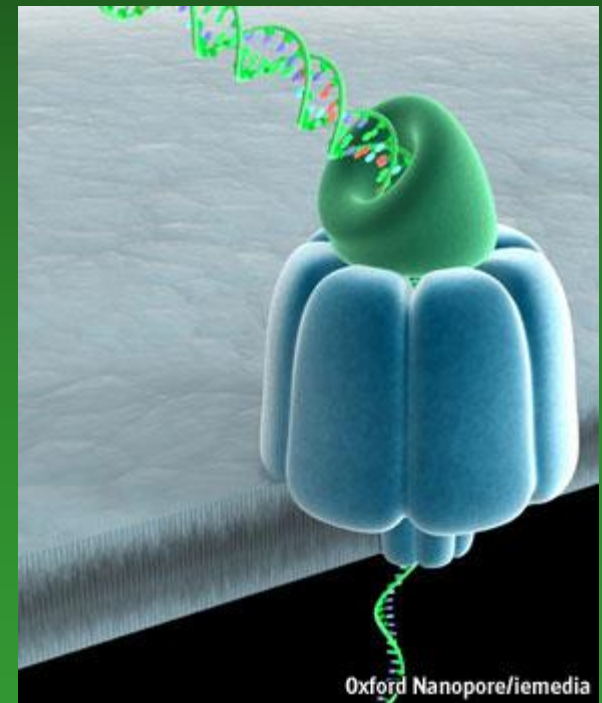
```
CCTCTTACTATAAATTCATTGTTGTCGATATTGACATGTAGAATGGACTCTCTCTTTATTCTCGTTTGATTTATCATCATT  
TTTTCAATCTAACAAATTCATAATGAATAAAATAAATAGAATAAATTGACTACTAAAAATTGAGTTTTTTCTCATTAACTT  
CATATTTGAATCAATTTACCATAAATAATTCATAATTTATGGAATTCAAAAAATTCCTGAATTTGCTATTCCATAATCATTG  
TCAATTTCTTTATTGACATGAAAAATATGATTTGATTGTTATTATGATCAATCATTGATCATTGAGTATATATACGTACGTC  
TTTTTTTGGTATAGACGGCTATCCTTTCTCTTATTTGATAAAGATATTTAGTAATGCAACATAATCAACTTTATTCGTTA  
GAAAACTTCCATCGAGTCTCTGCACCTATCTTTAATATTAGATAAGAAATATTTTATTTCTTATAATAAATAAGAGATATT  
TATATCTCTCATTCTCAAATGAAAGATTTGGCTCAGGATTGCCACTCTTAATTCCAGGGTTTCTCTGAATTTGGAA  
GTTAACACTTAGCAAGTTNCCATACCAAGGCCAATCCAATGC
```

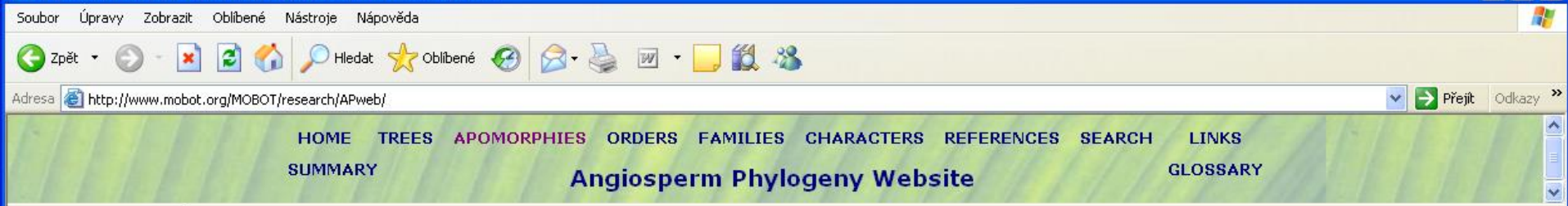
http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome

Next-generation-sequencing = kombinace štěpení DNA PCR a nanotechnologií



Nano-porová metoda





Angiosperm Phylogeny Group

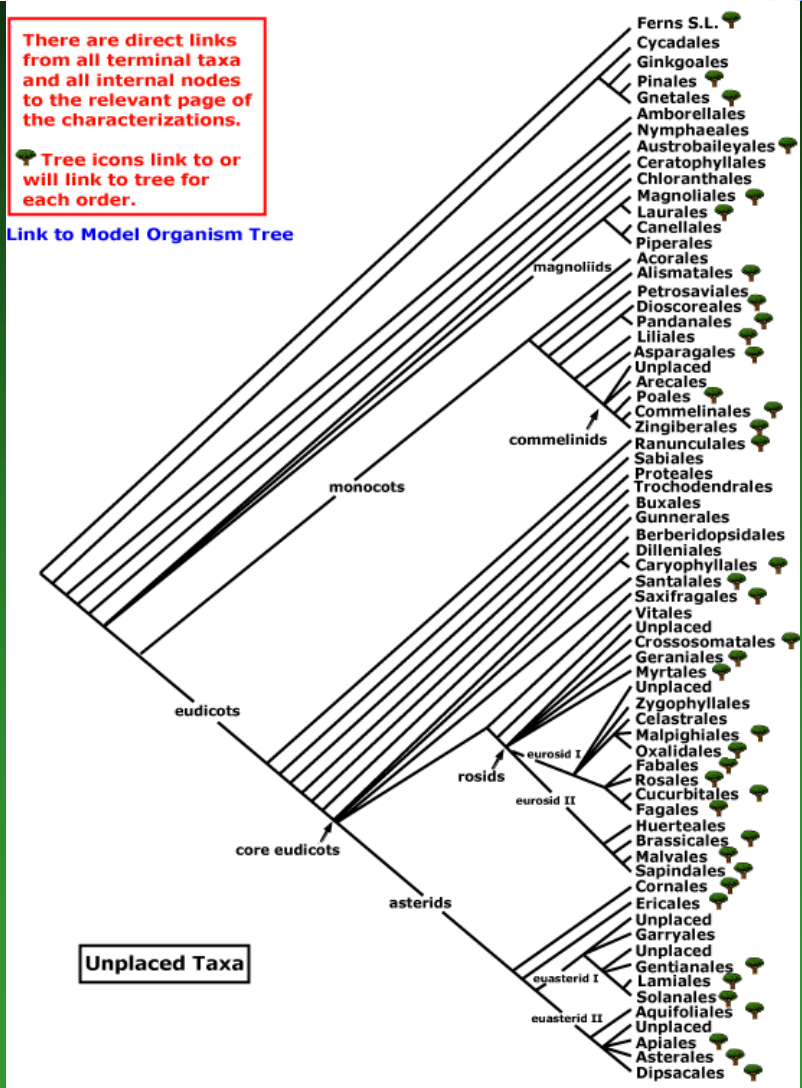
Stevens, P. F. (2001 onwards).
 Angiosperm Phylogeny Website. Version 7, May 2006
 [and more or less continuously updated since].

<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.

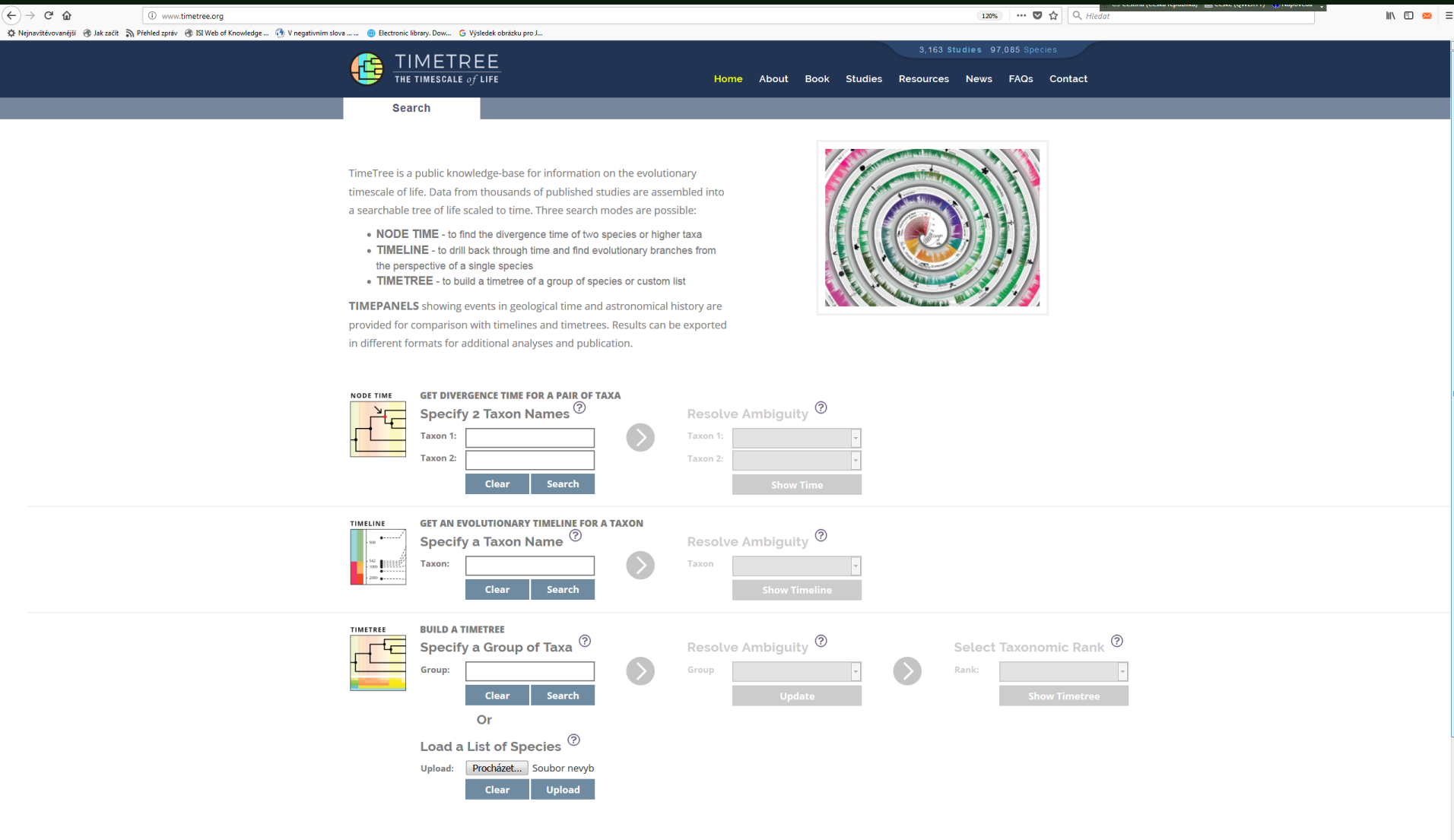
There are direct links from all terminal taxa and all internal nodes to the relevant page of the characterizations.

Tree icons link to or will link to tree for each order.

[Link to Model Organism Tree](#)



Kde najít kumulovaná data o fylogenetických stromech?



www.timetree.org

3,163 Studies 97,085 Species

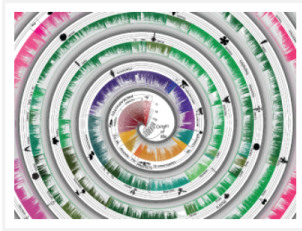
Home About Book Studies Resources News FAQs Contact

Search

TimeTree is a public knowledge-base for information on the evolutionary timescale of life. Data from thousands of published studies are assembled into a searchable tree of life scaled to time. Three search modes are possible:

- **NODE TIME** - to find the divergence time of two species or higher taxa
- **TIMELINE** - to drill back through time and find evolutionary branches from the perspective of a single species
- **TIMETREE** - to build a timetree of a group of species or custom list

TIMEPANELS showing events in geological time and astronomical history are provided for comparison with timelines and timetrees. Results can be exported in different formats for additional analyses and publication.



NODE TIME GET DIVERGENCE TIME FOR A PAIR OF TAXA
Specify 2 Taxon Names [?]
Taxon 1:
Taxon 2:
Clear Search

Resolve Ambiguity [?]
Taxon 1:
Taxon 2:
Show Time

TIMELINE GET AN EVOLUTIONARY TIMELINE FOR A TAXON
Specify a Taxon Name [?]
Taxon:
Clear Search

Resolve Ambiguity [?]
Taxon:
Show Timeline

TIMETREE BUILD A TIMETREE
Specify a Group of Taxa [?]
Group:
Clear Search

Resolve Ambiguity [?]
Group:
Update

Select Taxonomic Rank [?]
Rank:
Show Timetree

Or
Load a List of Species [?]
Upload: Soubor nevyb
Clear Upload

<http://www.timetree.org/>

Rekapitulace

Botanika = vědní obor starší než křesťanství

Klasifikace hierarchická = důsledek rostoucího počtu klasifikovaných druhů

Objektivizace / opakovatelnost / jednoznačnost klasifikace = fylogenetická příbuznost

Kumulace analytických dat z: morfologie, paleontologie, biometriky, karyologie, studia sekvencí, ... umožnila

Syntézu v: teorii rodozměny, evoluční teorii, populační genetice, fenetice, kladistice, molekulární fylogenetice, ...

Data o fylogenetice, sekvencích, chromosomech, velikosti genomu jsou kumulována v **internetově dostupných databázích**

**Nomenklatura -
Jak dostávají taxony
jména**

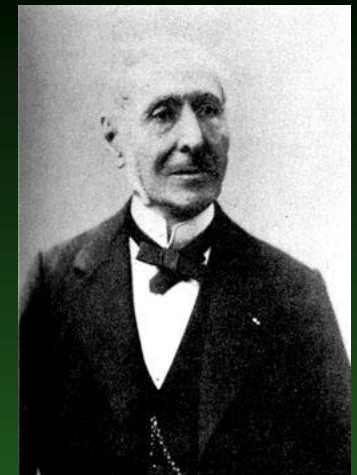
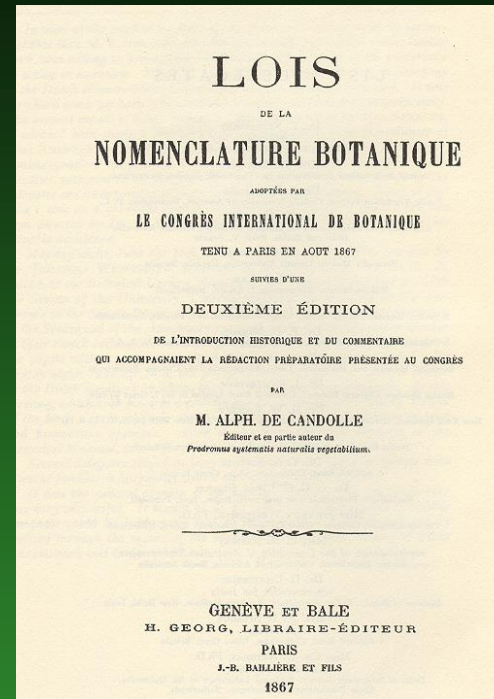
Kodifikace botanické nomenklatury (1867)

1. základy již v Linnéově *Philosophia botanica* (1751) v kapitole *Nomina*.

2. 1867 pověřil botanický kongres v Paříži „komisi devíti“ – v jejím čele – Alphons de Candolle. = Zpracování prvního nomenklatorického kódu

3. Nomenklatorická komise v období mezi kongresy shromažďuje podněty pro zpřesnění kódu

4. změny může schválit pouze botanický kongres, konaný ca 1x za cca 6 let.

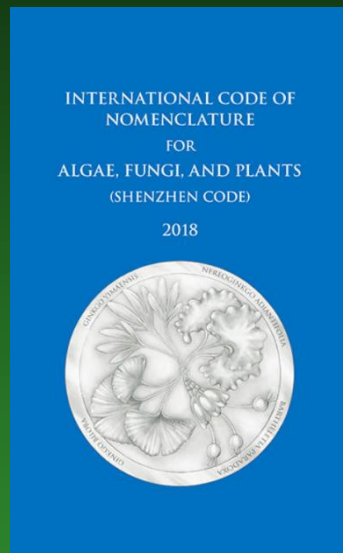


Alphonse de Candolle
1806-1893

Pojmenování rostlin podléhá sofistikovanému souboru pravidel botanické nomenklatury - **nomenklatorickému kódu**



Kód - tvoří nomenklatorická komise IAPT, mezi kongresy shromažďuje podněty pro nový kód,
Nový kód - schvaluje botanický kongres,
poslední kongres byl 23-29. července 2017 v Číně
v Šen-čenu – příští bude v Madridu 2024



Aktuální verze
kódu vyšla o rok
později v r. 2018



IBC 2017
XIX International Botanical Congress
Shenzhen China



Jména taxonů supragenerických (nadrodové úrovně)

jednoslovná, s velkým počátečním písmenem, s koncovkami, označujícími taxonomickou úroveň

taxon	latinsky	koncovka	příklad
říše	regnum	-ae	<i>Plantae</i>
podříše	subregnum	-bionta	<i>Cormobionta</i>
oddělení	divisio	-phyta	<i>Magnoliophyta</i>
třída	classis	-opsida nebo -atae	<i>Liliopsida</i>
podtřída	subclassis	-idae	<i>Liliidae</i>
řád	ordo	-ales	<i>Cyperales</i>
čeleď	familia	-aceae	<i>Cyperaceae</i>
podčeleď	subfamilia	-oideae	<i>Cyperoideae</i>

Jméno rodu (*genus*)

Podstatné jméno v jednotném čísle nebo slovo, které je za podstatné jméno považováno s velkým počátečním písmenem - např. *Eleocharis*

Jméno druhu (*species*)

dvouslovné (binomické)

= jméno rodu (*nomen genericum*) + druhový přívlastek (*epitheton specificum*) - např. *Viola odorata*

jméno rodové

Viola

odorata

přívlastek druhový



nejčastěji přídavné jméno nebo podstatné jméno v druhém pádě

psáno vždy s malým písmenem i když jde o vlastní jména (*Minuartia smejkali*)

pokud dvouslovné, pak se spojovníkem bez mezer (*Capsella bursa-pastoris*)

Jména taxonů infraspecifických (nižší než druh)

Pojmenovávají se přívlasky - nelze je psát samostatně,
Píší se jen za jménem druhu nebo jménem jiného infraspecifického taxonu, k němuž se vztahují, spolu se zkratkou vyznačující o jakou taxonomickou úroveň se jedná.

poddruh, plemeno, subspecies, subsp. nebo ssp.

Př. *Eleocharis palustris* ssp. *vulgaris*

odrůda, varieta, varietas, var.

Př. *Eleocharis palustris* var. *septentrionalis*

forma, f.

Př. *Eleocharis uniglumis* f. *nulliseta*

Princip priority

Zásada III.

Pojmenování taxonomické skupiny se zakládá na principu priority zveřejnění.

Zásada IV.

Každá taxonomická skupina v určitém vymezení, postavení a hierarchické úrovni, s výjimkou některých zvláštních případů, **může mít jen jedno správné jméno, a to nejstarší, které je v souladu s pravidly.**

Priorita směrem do minulosti omezena (čl. 13).

1. 5. 1753 = počáteční bod (starting point) - platí pro cévnaté rostliny, játrovky, rašeliníky, pro lišejníky a většinu řas
Ztotožňován s 1. vydáním - Linnéova *Species plantarum*

Princip priority

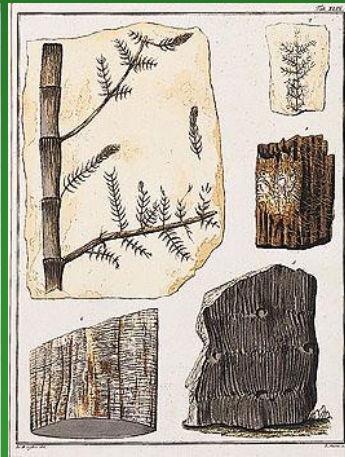
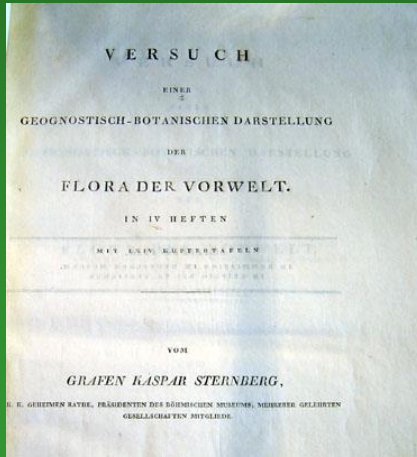
Jiné počáteční body (starting points) mají z vyšších rostlin:

1. 1. 1801 - mechy (kromě rašeliníků) - Hedwig: *Species muscorum*

31. 12. 1820 - fosilní rostliny - Sternberg: *Flora der Vorwelt*



Kašpar Maria Šternberk (1761–1838)



Šternberský palác první sídlo sbírek Národního muzea

Autoři jmen, jejich zkratky

Za jménem taxonu často připojujeme jméno nebo zkratku autora jména, typicky toho, kdo také daný druh nebo taxon i popsal - **deskriptor** (descriptor z lat. descriptio = popis)

Fagaceae Dumortier

Fagaceae Dumort.

Eleocharis R.Brown

Eleocharis R.Br.

Daphne arbuscula Čelakovský

Daphne arbuscula Čelak.

Dactylis glomerata subsp. *slovenica* Domin

Dactylis glomerata subsp. *slovenica* Dom.

Princip priority

PŘ. Tentýž taxon byl pojmenován dvěma jmény:

Viola saxatilis F.W.Schmidt 1797

Viola arenaria DC. 1830



Které jméno je správné?

To starší - tedy *Viola saxatilis* F.W.Schmidt 1797

Změny jmen

Žádné správné jméno nesmí být svévolně měněno, pokud se nezjistí okolnosti, které jeho platnost ruší.

Takové okolnosti mohou být:

1. vyloučení homonymie (=stejně jméno pro dva taxony) – přednost má to starší, to mladší, pokud se nenajde nějaké jiné použitelné jméno, se musí přejmenovat (udělat pro něj nomen novum)

2. přesun ve smyslu horizontálním (jméno mezi skupinami stejného ranku), např. z jednoho rodu do jiného rodu

Scirpus palustris L. 1753 -> *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult. 1817

3. přesun ve smyslu vertikálním (jméno mezi skupinami různého ranku), např. z poddruhu na samostatný druh:

Eleocharis palustris **subsp. vulgaris** Walters 1953 -> *Eleocharis vulgaris* (Walters) Á. Löve & D. Löve 1976

Zásada II

Použití jmen taxonomických skupin se určuje pomocí nomenklatorických typů.

Nomenklatorický typ je prvkem, se kterým je spojeno pojmenování dotyčného taxonu – jména tak vlastně dostávají konkrétní herbářové položky!

Pro čeleď je nomenklatorickým typem jeden z rodů, pro rod jeden z druhů

Např. pro čeleď *Asteraceae* je to rod *Aster*; pro rod *Festuca* je to *Festuca ovina*

Pro druh a níž je to konkrétní herbářová položka

Zásada typizace

Pro druh a všechny nižší kategorie je nomenklatorickým typem **konkrétní dokladový exemplář** (uložený obvykle v herbáři)

u nižších organismů je to může být lyofilizovaná **živá kultura**

výjimečně může být typem **vyobrazení** - ikonotyp



Figure 1. Lectotype of *Ca. edinatus* Desf. (G), by permission of the Curator.

(2) *Cirsium eriophorum* (L.) Scop., Fl. Carniol., ed. 2, 2: 130. 1771 ≡ *Carduus eriophorus* L. (basion.), Sp. Pl. 2: 893. 1753 ≡ *Cnicus eriophorus* (L.) Roth, Tent. Fl. Germ.: 345. 1788 ≡ *Eriolepis lanigera* Cass. in Cuvier, Dict. Sci. Nat. 41: 331. 1826, nom. illeg. (Art. 11.4).—Lectotype (designated by Del Guacchio & Iamónico [9] (p. 197)); Herb. Linnaeus, no. 966.32 (LINN [digital image!]).—<http://linnean-online.org/9831/>: "*Ci. eriophorum* var. cul-

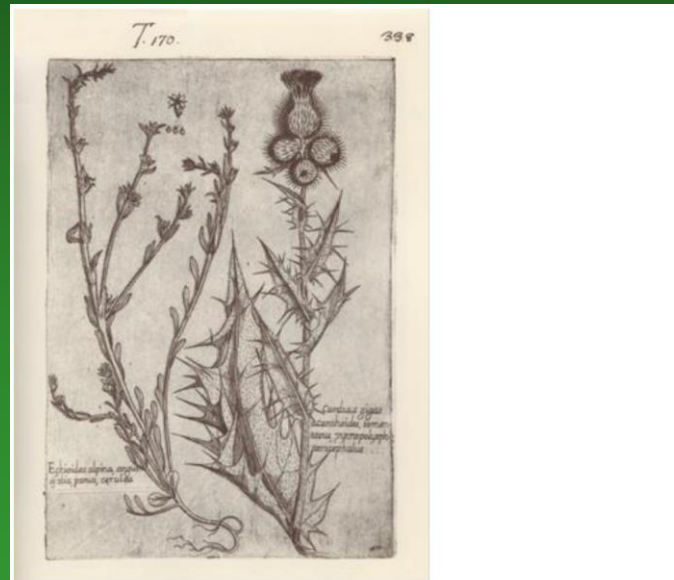


Figure 3. Lectotype of *Ca. gigas* Ucria (from the *Panphyton siculum*, plate 170, figure on the right side).

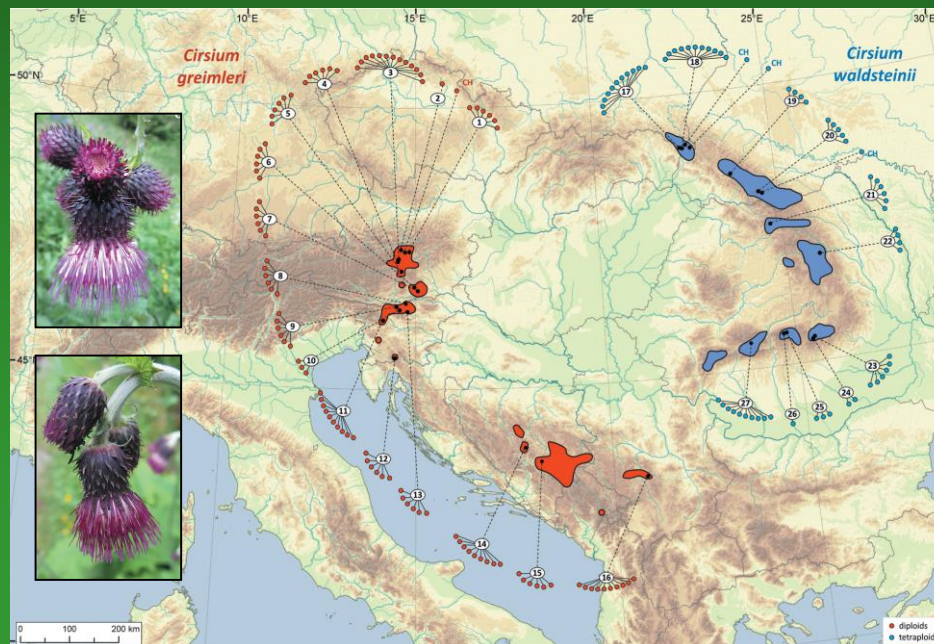
= *Carduus gigas* Ucria, Nuova Racc. Opusc. Aut. Sicil. 6: 255. 1793.—Lectotype (designated here): [illustration] "*Carduus gigas acanthoides tomentosus, pycnopolysphaerocephalus*" in Cupani [54] (Plate 170).—Figure 3.

Smysl typizace:

V nedávné době prof. Bureš objevil, že *Cirsium waldsteinii* má populace dvou ploidních úrovní (diploidní v Alpách a tetraploidní v Karpatech a na Bálkáně), o čemž v době objevení a popisu tohoto druhu neměl nikdo tušení. Populace obou ploidí jde rozumně rozlišit a proto by je bylo dobré chápat jako samostatné druhy.

Který druh ale popsat jako ten nový?

Řešení: typová položka je z Karpat – to musí zůstat jako *C. waldsteinii* a je potřeba popsat ty diploidy z Alp.



Zásada I

Botanická nomenklatura je nezávislá na zoologické a bakteriologické nomenklatuře.

Zoologická pravidla jsou starší – 1842, ale starting point až 1.1.1758 - 10. vydání Linného: *Systema naturae*

Zoologie má tautonyma (*Bufo bufo*, *Vulpes vulpes*,

Díky nezávislosti můžou existovat stejné rody v botanice i zoologii (*Oenanthe oenanthe* – bělořit šedý versus *Oenanthe aquatica* – halucha vodní)



Popis nového taxonu

- Musí být **popsán efektivně** (tedy tak, aby se k tomu popisu někdo dostal)
- **Validně** (formálně správně a tak aby to neodporovalo ustanovením Kódu)
- **Legitimně** – nesmí být nomenklatoricky nadbytečné (nesmí už existovat jméno, které by se dalo/mělo pto to samé použít)

Efektivní publikace

- **Tištěný materiál** určený k distribuci vědeckým institucím s přístupnou knihovnou (prodej, dárek, výměna)
- Od 1.1.2012 taky **online publikace v PDF**, které mají ISSN nebo ISBN
- Ne: sdělení na veřejných přednáškách, ne umístění jména na sbírky v botanických zahradách, ne bakalářky, diplomky a disertační práce

Validní publikace

- Musí být efektivní a vydané **po starting pointu** příslušné skupiny
- Musí být **psané latinkou** (ne číslice)
- Musí být **vyznačen rank**
- Musí obsahovat **popis nebo diagnózu** (latinsky nebo anglicky)
- Musí **odkazovat na typ** a místo jeho uložení

Příklad popisu nového druhu

Rubus portae-moravicae Holub et Trávníček, **spec. nova**

Figs 1–2, 4–5

Syn.: *R. praecox* auct. p. p., non Bertol.: Holub, 1995: 106, 107.

Descriptio: Frutex mediocris usque altus glandulis stipitatis nullis obsitus vel interdum stipulae atque pedicelli cum glandulis subsessilibus instructae. Turio semialtiarcuatus vel altiarcuatus, robustus, 6–10 (–14) mm in diametro, angulatus, cum faciebus planis vel leviter convexis (in sicco raro subsulcatis), opacus, canoviridis vel (in partibus insolatis) fusco-rubescens, pilis stellulatis pilisque fasciculatis breviter sed conspicue obsitus, pro 1 cm lateris (30–) 45–100 (–150) pilis. Aculei turionis latiores, leviter vel distincte curvati usque subrecti vel paulo

Holotype: Czech Republic; N Moravia, town Ostrava, wood margins along the road between the villages of Děhylov and Dobroslavice, 320 m a.s.l. (R 144/98), coll. B. Trávníček, 8.8.1998, OL (Fig. 1).

Etymology: The species name is derived from the Latin name of the region of Moravská brána basin (*Porta moravica*) which connects central Moravia and northern (Silesian) Moravia. In this region the species occurs and was first collected there.



Kladistika a fylogenetika

Kladistika, fylogenetika

- Seskupuje organizmy podle společných znaků, které sdílejí s rodiči – příslušníci jedné skupiny tak mají společnou evoluční historii a jsou považováni za příbuzné
- Výsledkem analýz je kladogram=fylogenetický strom (hypotéza o evolučních vztazích taxonů, alias jejich genealogie nebo rodokmen) (nezaměňovat s dendrogramem)
- Zakladatel Willi Hennig (německý entomolog, 1966)
- Dříve ručně, dnes sofistikovaná statistika a výkonné počítače
- Morfologické znaky – problém detekce a paralelismů a konvergenčí
- Dnes DNA sekvence (tam je sice problém konvergenčí extrémní – jen 4 písmena, ale kompenzuje to množství znaků – pozic v sekvenci)
- Problém evoluce genů x organizmu; jinak víceméně stáří, kdy taxony divergovaly, ale kolik je mezi tím speciálních událostí je nejisté
- Strom se dá kalibrovat podle počtu změn v sekvencích na stromě (např. www.timetree.org)

Kladistická metoda

- Sehnat materiál (živý nebo herbářový) co největšího množství rostlin z daného okruhu – důležité jsou zejména evolučně staré a ancestrální linie
- Vhodný úsek DNA nebo RNA: geny jsou málo variabilní – používány hlavně na vyšší úrovni; nekódující úseky DNA jsou variabilnější
- Chloroplasty – dědí se po mateřské linii (u živočichů raději mitochondriální geny)

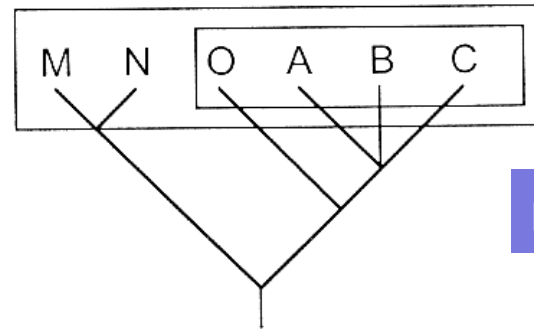
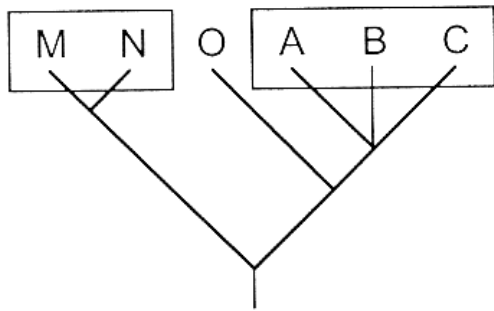
Konstrukce stromu

- Parsimonie – nejkratší možná evoluce – nejméně přechodů znaků
- Bayesovská analýza – nejpravděpodobnější hypotéza
- Neighbour joining (není kladistická metoda, ale její výsledky jsou s ní většinou docela podobné)

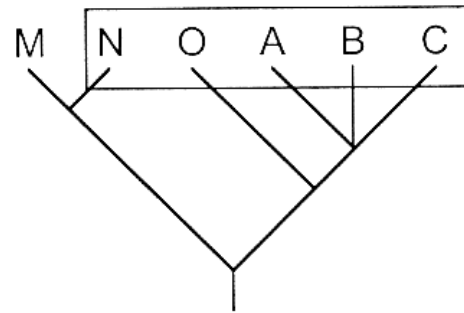
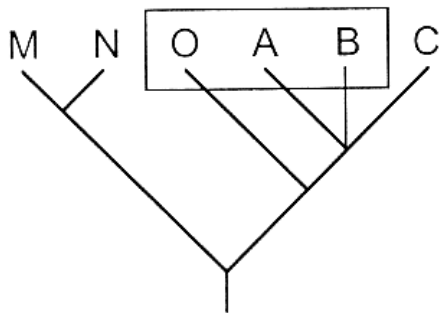
Všechno jsou to hypotézy o evoluci počítané a počitatelné jen za nějakých předpokladů (např. parsimonie), které víme, že ne vždy platí (např. dichotomie, nehybridnost). Jediné, co tak o tom víme, je to, že tyto analýzy nejsou určitě dobře a doufáme, že i přesto nejsou moc daleko od reality.

Fylogenetické pojmy - taxon

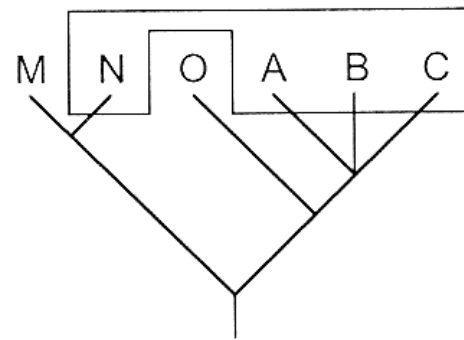
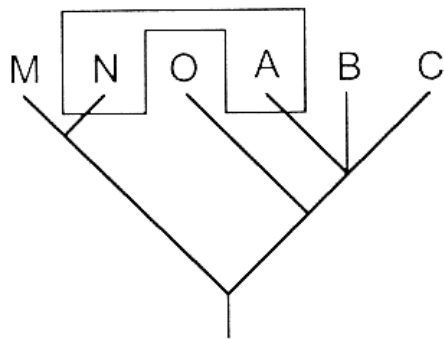
- **taxon** skupina organismů majících jméno, jejich vzájemné hierarchické postavení může být určeno mnoha způsoby (např. Linnéovský systém)
- **přirozený taxon** skupina organismů existujících v přírodě jako produkt evoluce, tvoří monofyletické skupiny
- **umělý taxon** nekoresponduje s jednotkami evolučních procesů a evoluční historií, tvoří parafyletické nebo polyfyletické skupiny
- **ancestrální taxon** dává vzniku alespoň dvou dceřinných taxonů (v podání kladistiky větví)
- **monofyletická skupina** přirozená skupina zahrnující ancestrální druh a všechny jeho potomky
- **parafyletická skupina** umělá skupina zahrnující ancestrální druh a většinu jeho potomků nebo všechny jeho potomky a jiný nepříbuzný druh
- **polyfyletická skupina** umělá skupina zahrnující skupiny s odlišnými ancestrálními druhy



monofyletické



parafyletické



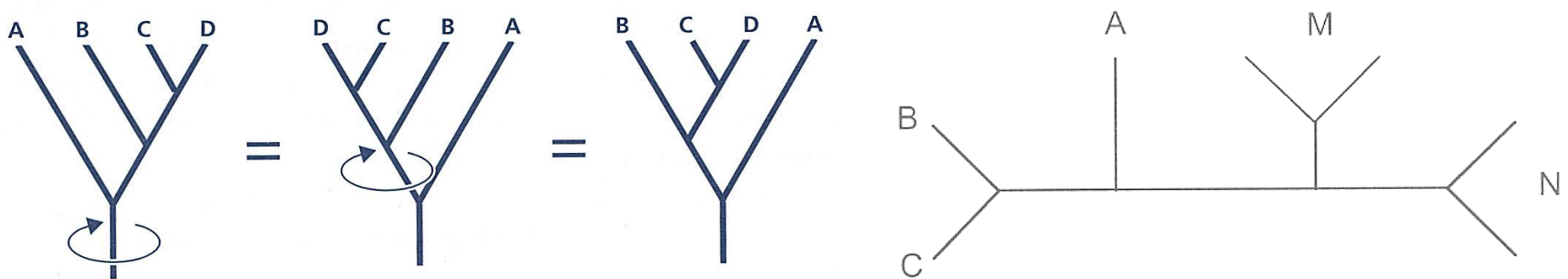
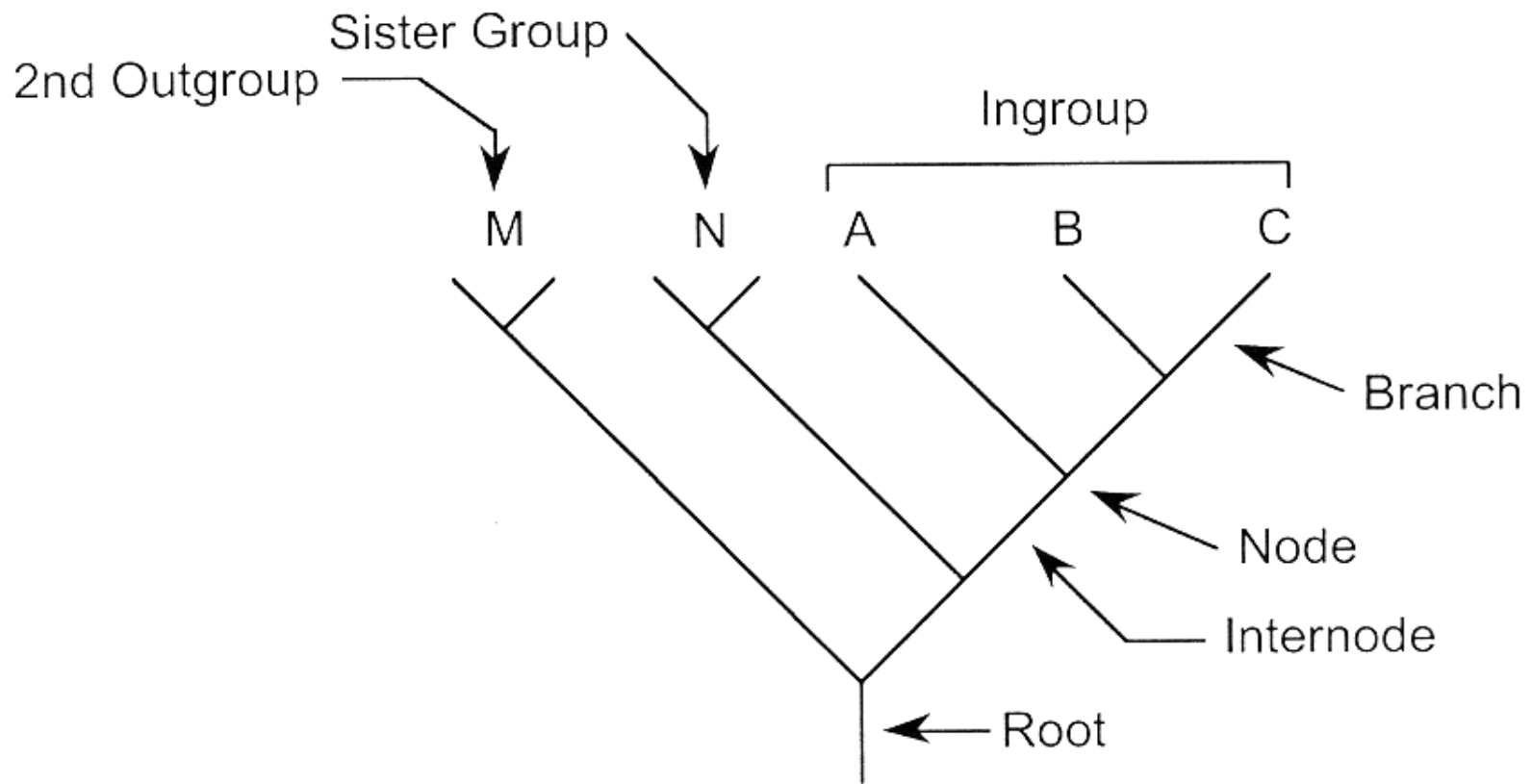
polyfyletické

Fylogenetické pojmy – vztahy taxonů

- **genealogie** grafická prezentace vzniku potomka z rodičovského druhu na základě „tvrdých dat“
- **fylogenetický strom** obecný pojem pro grafickou prezentaci genealogií mezi taxony (na rozdíl od genealogií jsou pouze hypotézami, ne definitivními fakty)
- **kladogramy** představují fylogenetické stromy odvozené z konkrétních znaků, implicitně daného předka a relativní časovou osu

- **node (uzel)** představuje speciální událost
- **branch (větev)** čára spojující uzel s koncovým taxonem
- **internode** čára spojující dvě speciální události (nody)
- **root (kořen)** speciální termín pro nejspodnější internodium (=nejstarší uzel na stromě)

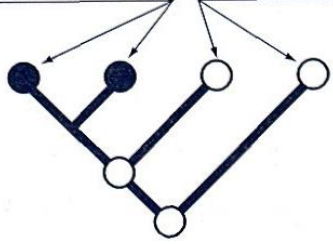
- **ingroup** aktuálně studovaná skupina
- **sister group** skupina genealogicky nejbližší ingroup
- **outgroup** skupina, která není zahrnuta do vlastního pozorování a interpretací, slouží zejména k polarizaci homologních znaků (nejlepší outgroup představuje sister group)



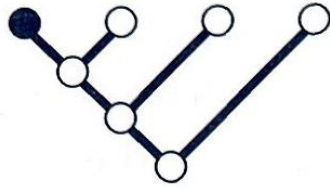
Fylogenetické pojmy – znaky

- **homologní znak** – je stejný u rodiče a potomků nebo je odlišný, ale splňuje podmínku odvozenosti od znaku rodiče (z plesiomorfy vzniká apomorfa)
- **plesiomorfa** – původní znak (0)
- **apomorfa** – odvozený znak (1)
- **synapomorfie** (00111111) odvozený znak definující určitou skupinu
- **outapomorfie** (000000001) odvozený znak definující jedinou koncovou větev (branch)
- **homoplázie** znak oddělující dva taxony, nesplňující kritéria homologie (0001100)

Apomorphy Plesiomorphy



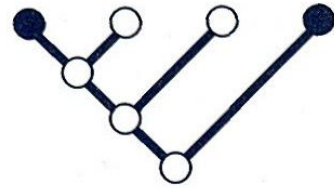
Autapomorphy



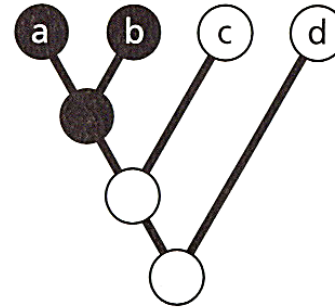
Synapomorphy



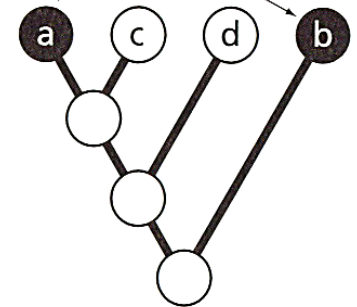
Homoplasy



Homologous

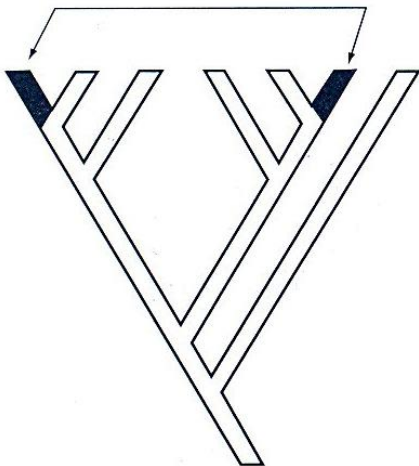


Homoplasious



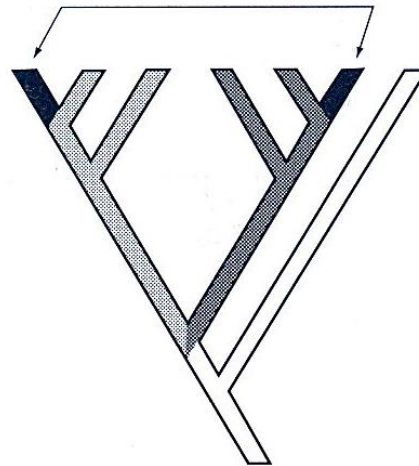
Parallel evolution

Independent evolution of same feature from same ancestral condition



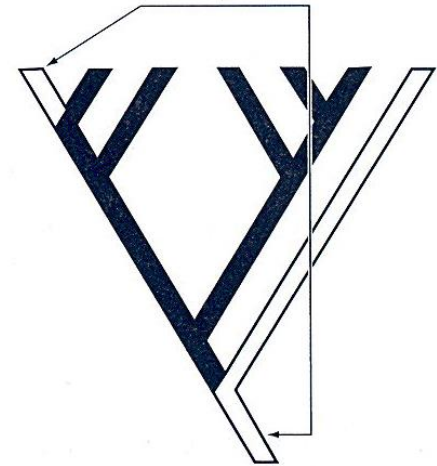
Convergent evolution

Independent evolution of same feature from different ancestral condition



Secondary loss

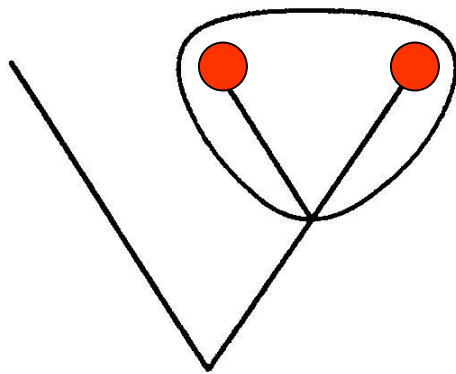
Reversion to ancestral condition



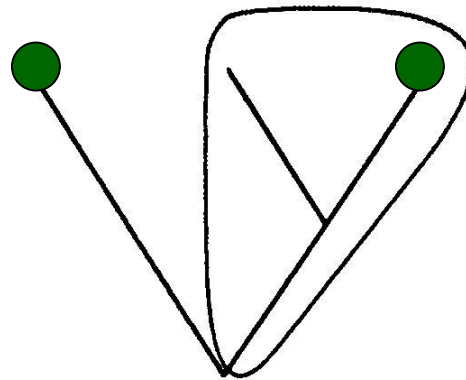
Fylokód – fylogenetická definice jmen

Alternativa k Linneovské klasifikaci – rozlišuje jen koncové taxony a klády (větve stromu).
Jméno je definováno:

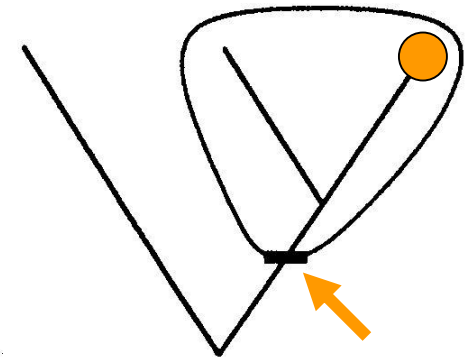
- odkazem na nejbližšího společného předka dvou taxonů a všechny jeho potomky: nahosemenné = skupina zahrnující nejbližšího společného předka jinanu a smrku
- odkazem na všechny organismy, které mají bližšího společného předka s označeným organismem než s jiným označeným organismem: nahosemenné = skupina zahrnující smrk, ale už ne Amborellu
- odkazem na prvního předka, u kterého se vyvinul určitý znak (apomorfie) a na všechny jeho potomky (semenné rostliny, kvetoucí rostliny, cool-climate grasses)



node



stem



apomorphy