



Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

Historie systematické botaniky

Petr Bureš



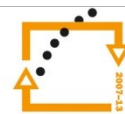
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



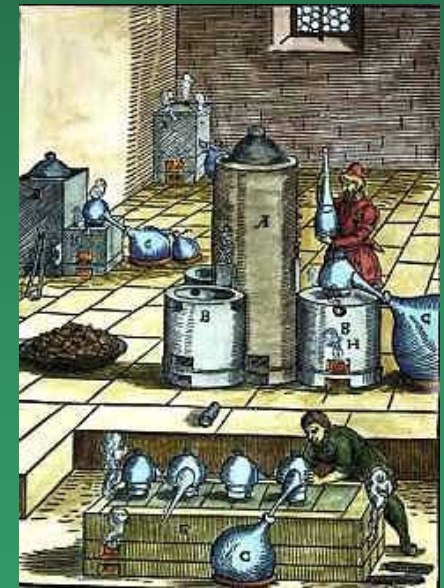
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Historie systematické botaniky a vývoj jejích metod

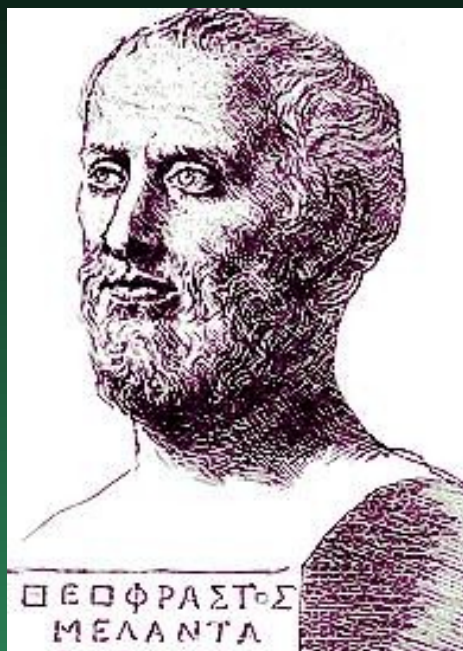
Zpočátku uspořádání rostlin jen nevědomé uspořádání kapitol či popisů rostlin v knize, bez explicitní potřeby klasifikovat.

Botanika = věda užitá = součást lékařství, farmacie, alchymie.

Od antiky až do renesance (zhruba do 16. století)



Antické Řecko (4 - 3. stol. př. Kr.)



Theophrastos
371-287 př. Kr.

gymnasiarcha Lykeionu v Athénách Renesanční vydání
Historia plantarum

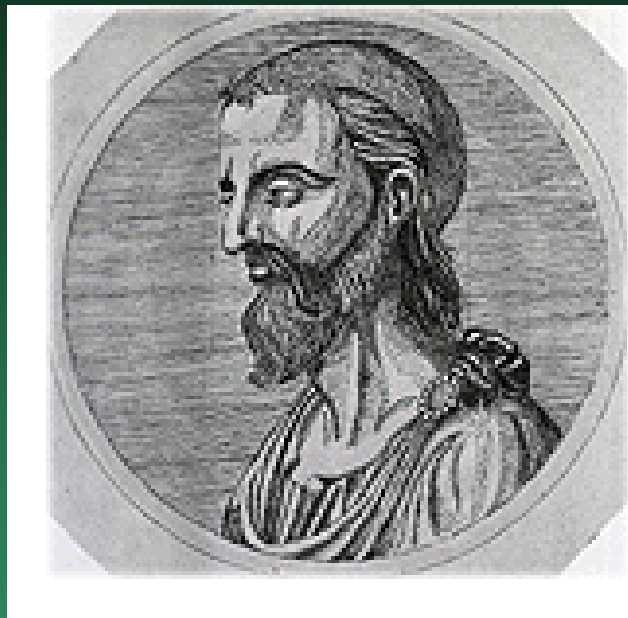
Peri fyton historias = **Historia plantarum**; ca 500 druhů rostlin hlavně středomořských ale také z výprav Alexandra Makedonského do V Asie.

Klasifikace na habituálním principu: byliny, keře, polokeře, stromy.

Poprvé základní termíny - např. *Angiospermae*, či *Gymnospermae*, *phloiós*, *xylós*, ...

Antický Řím (počátek letopočtu)

Do období Antiky sahá i vznik samotného termínu botanika - botaniké = nauka o rostlinách



Pedanius Dioscorides
1 stol.

Poprvé termín **botaniké** použil
Dioscorides v díle **Peri hyles iatrikes** = **De materia medica**



Dioscorides byl lékařem římských legií, s nimiž prošel mnohá území, kde sbíral nové dosud neznámé údaje o rostlinách

Renesanční bylináře (16 - 17. stol)

Rauschell bytten ist ein Kraut...
Als Kraut basillie wasser



Das Kraut...
Das Kraut...
Das Kraut...

Das Kraut... wasser



Das Kraut...
Das Kraut...



Das Kraut...
Das Kraut...

Das Kraut... wasser



Das Kraut...
Das Kraut...

Das Kraut...
Das Kraut...

Das Kraut... wasser



Das Kraut...
Das Kraut...

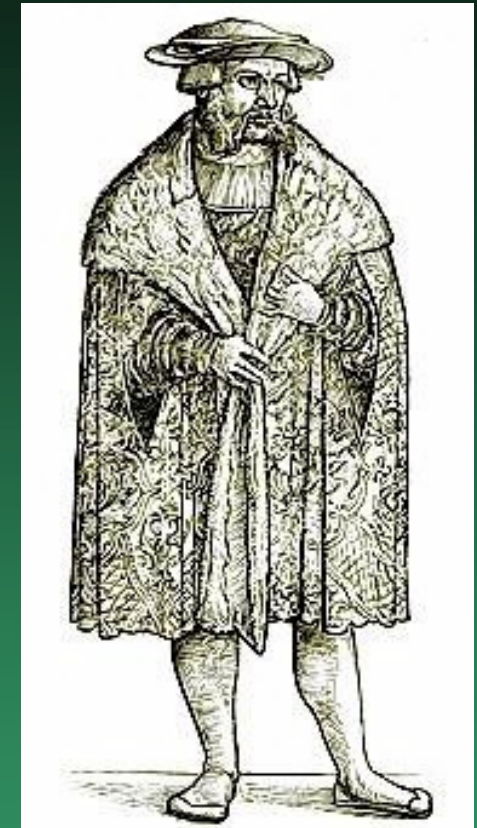
Němečtí otcové botaniky (16. stol.)



Otto Brunfels
1488 - 1534



Hieronymus Bock
(Tragus)
1498 - 1554



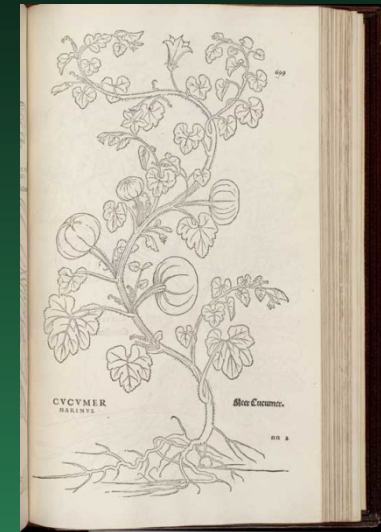
Leonard Fuchs
1501 - 1566

Habituálně podobné druhy např. čeledí *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Lamiaceae* pohromadě = intuitivně přirozené uspořádání na habituálním principu

Ilustrace
Hanse
Weiditze v
Brunfelsově
herbáři



Fuchsův kapesní atlas
Historia stirpium



Herbáře = kolekce preparovaných rostlin

Za vynálezce herbarizace rostlin považován Luca Ghini, prefekt botanické zahrady v Pise.



Luca Ghini



JAN FRANTIŠEK BECKOVSKÝ,

kněz ryt. řádu křižovníků s červenou hvězdou, historik český.
Zanechal nejstarší český herbář (sbírku sušených rostlin).

* 18. VIII. 1658 v Německém Brodě, † 26. XII. 1725 v Praze.
Reprodukováno podle rytiny v *Pelechových* sAbbildungen, díl II.
(Z výtisku *Dobrovoľského* v Knihovně Národního muzea v Praze.)

Nejstarší herbářovou sbírkou pocházející z území Čech je herbář Jana Františka Beczkovského, křižovníka řádu s červenou hvězdou, pocházející z přelomu 17. a 18. století).

ČR je z hlediska počtu herb. položek na hlavu na 5. místě na světě.

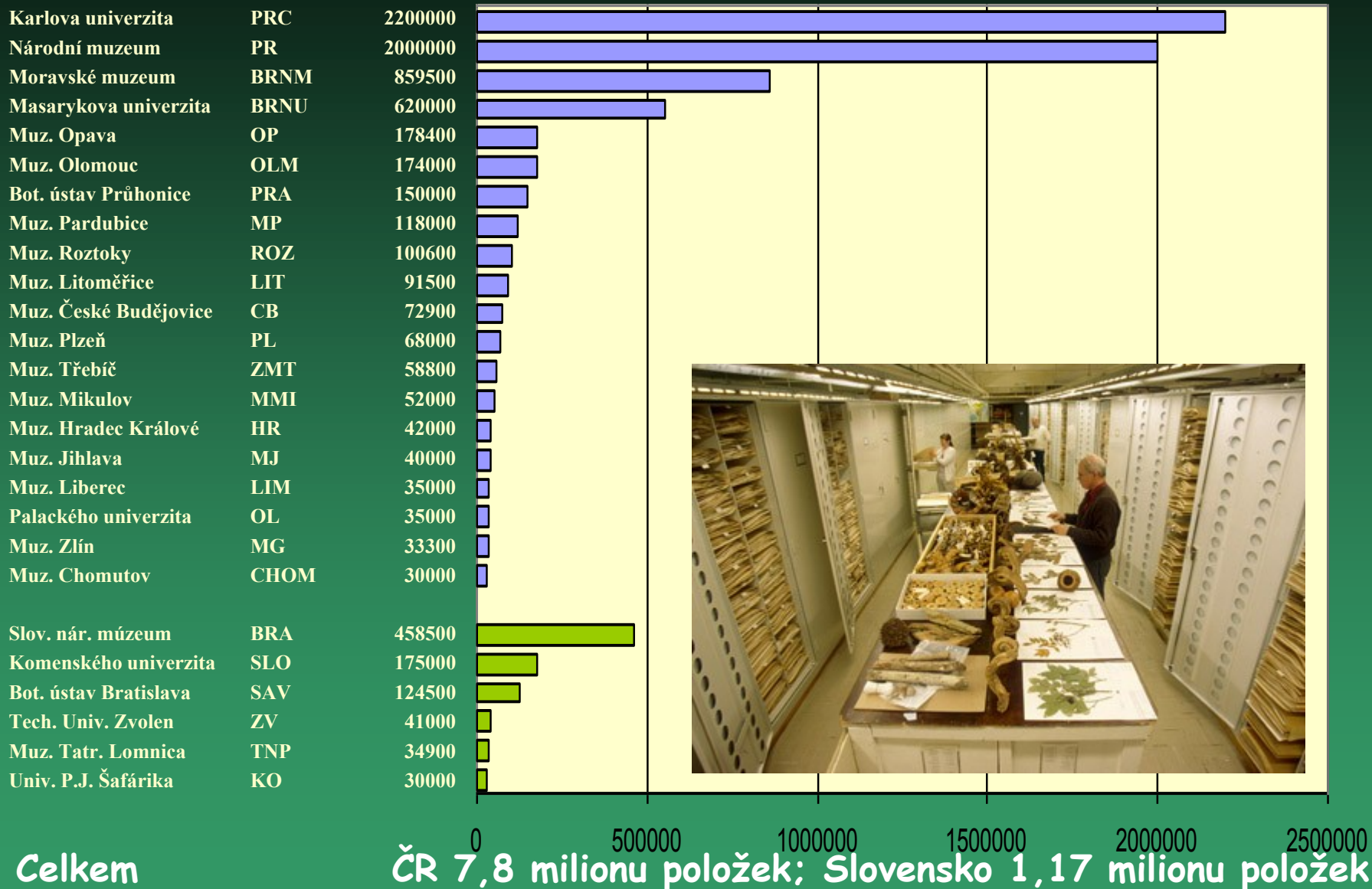
Před námi je Švýcarsko, Švédsko, Finsko a Rakousko.

Herbář je nepřekonanou konzervační metodou

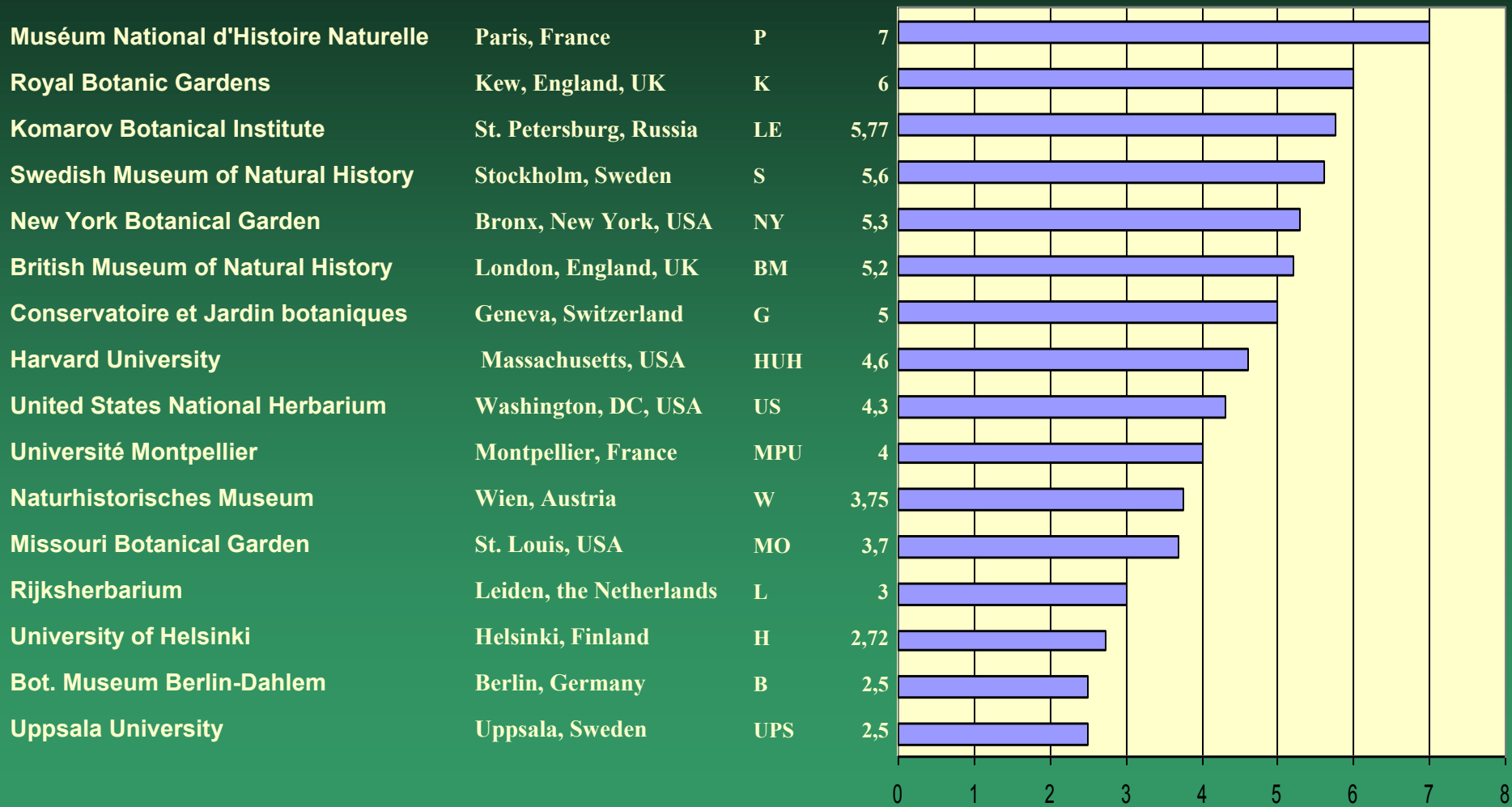
1. uchovává data o morfologické variabilitě, geografickém rozšíření, ...
2. dává možnost kontroly těchto dat
3. z herbářových položek lze také na rozdíl od literárních dat či počítačových databází izolovat DNA
4. jedinou formou jak uchovávat nomenklatorické typy.



Herbářové sbírky nad 30 tis. v České republice a na Slovensku (stav v r. 2000)



16 největších světových herbářových sbírek (nad 2,5 milionu položek – stav v r. 1990)



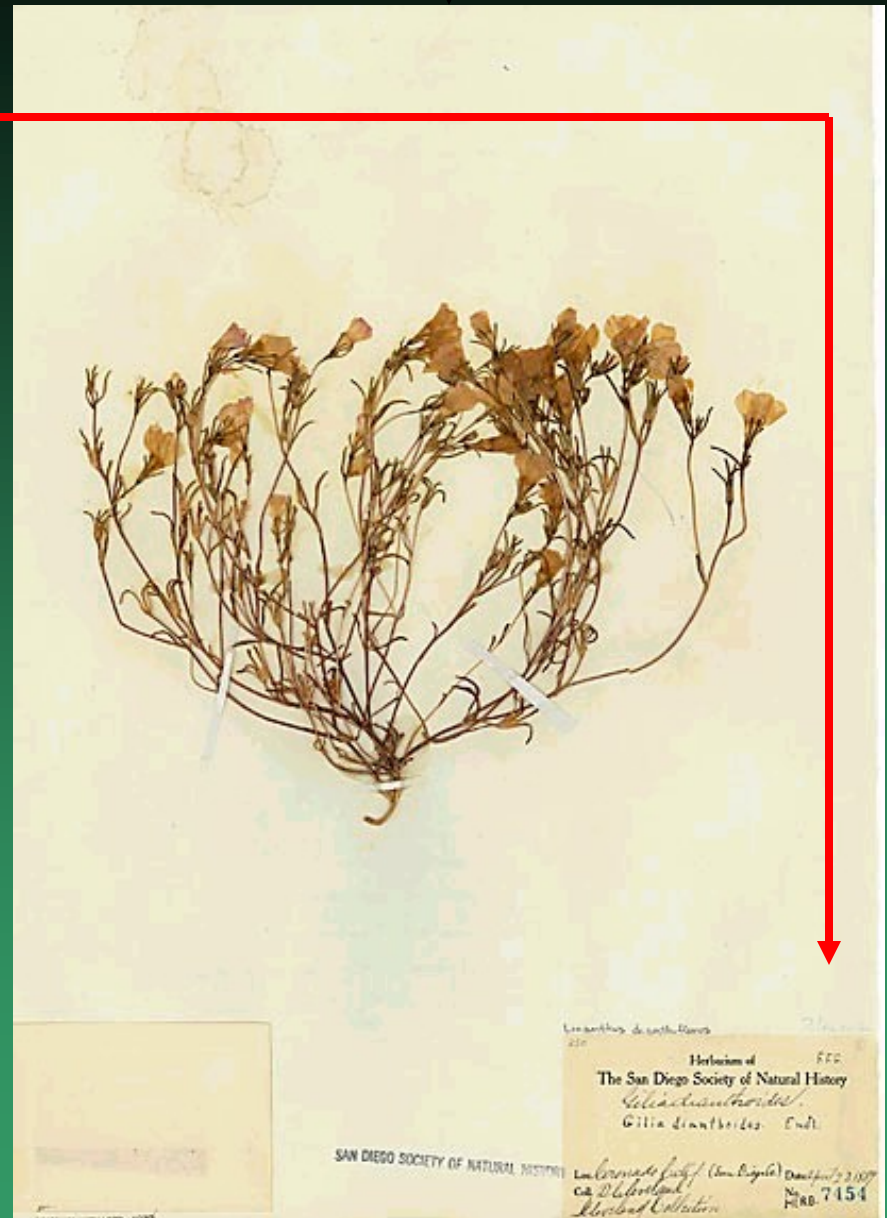
Z čeho sestává herbářová scheda?

Musí na ní být:

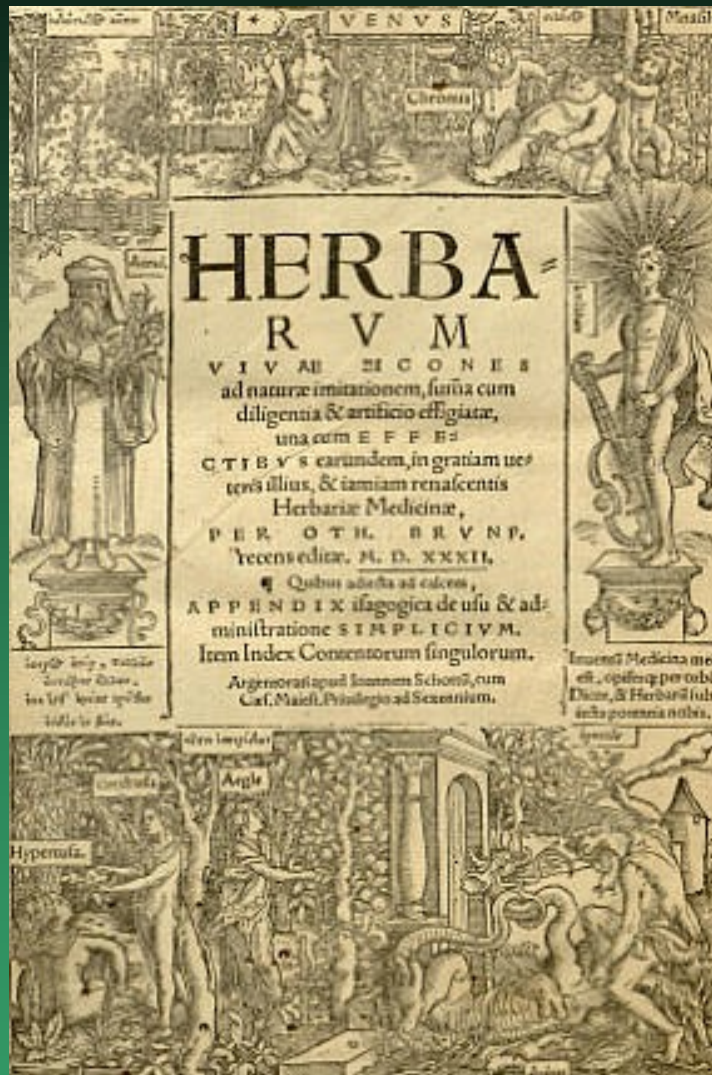
naleziště (*locatio*),
stanoviště (*habitatio*),
sběratel (*collector*),
rok (*anno*).

Je vhodné aby na ní bylo:

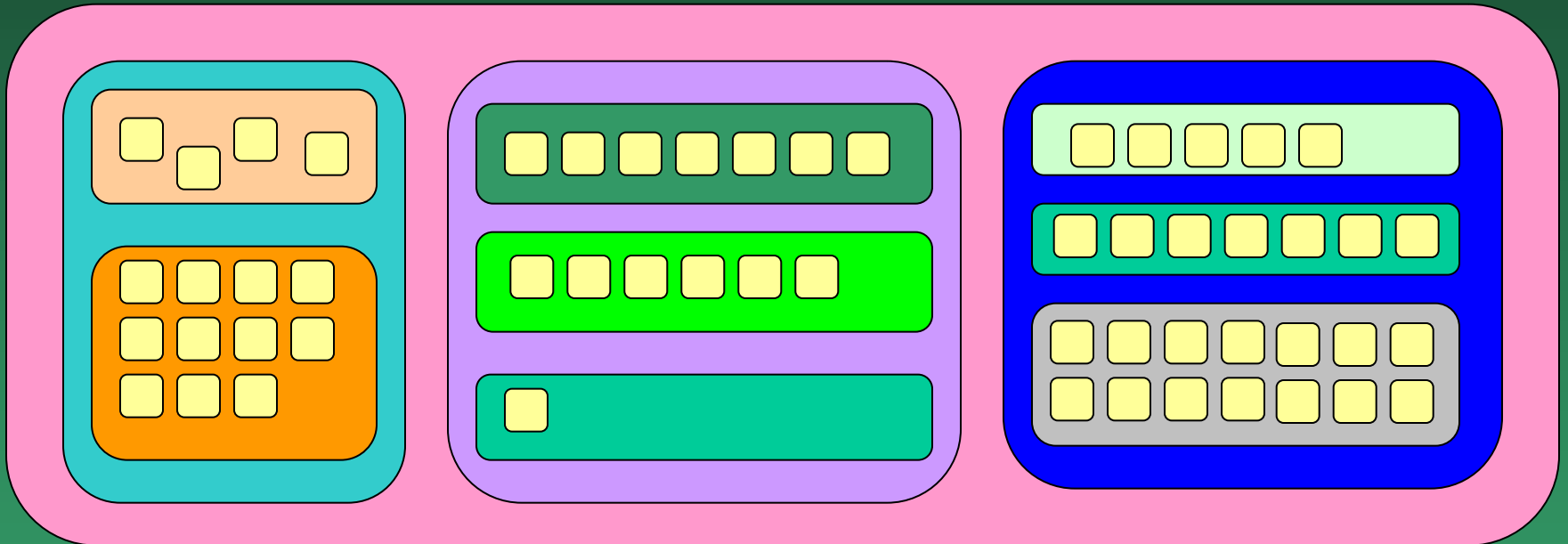
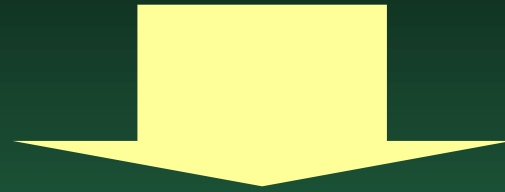
jméno rostliny (*nomen plantae*),
jméno herbáře (*nomen herbarii*),
datum (*datum*),
nadmořská výška (*altitudo supramarino*).



V renesanční bylinářích nebyly rostliny hierarchicky klasifikovány



jednoúrovňová (**lineární**) klasifikace =
přiřazení jmen k objektům



klasifikace hierarchická

Příkladem vynuceného přechodu od lineární klasifikace ke klasifikaci hierarchické je knihovna



Umělé hierarchické systémy rostlin (konec 16. stol)

italský lékař a botanik **Andrea Cesalpino**, osobní lékař papeže Klimenta VIII. v díle *De plantis libri sedecim* (Firence 1583) (16 knih o rostlinách)



Andrea Cesalpino
(Caesalpinus) 1519 - 1603

Podle Theophrasta považuje dřeviny za samostatnou skupinu, byliny dělí do 15 skupin podle **znaků na generativních orgánech**:

tvár a stavba plodu

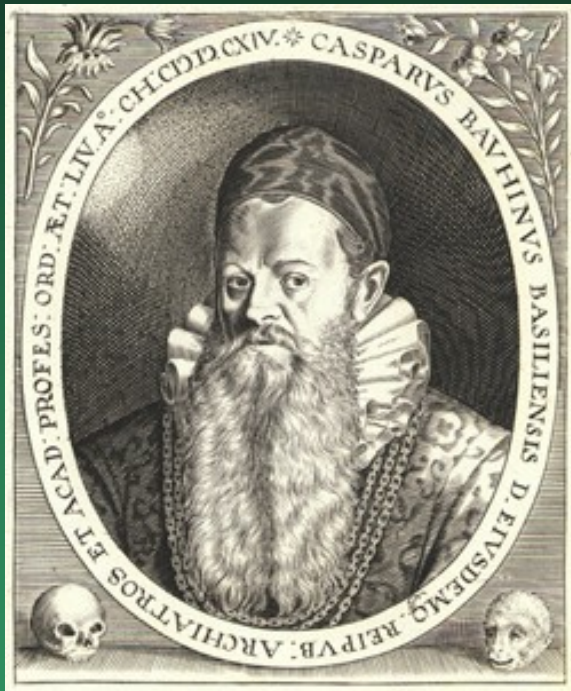
počet semen

počet přihrádek v semeníku

stavba květu

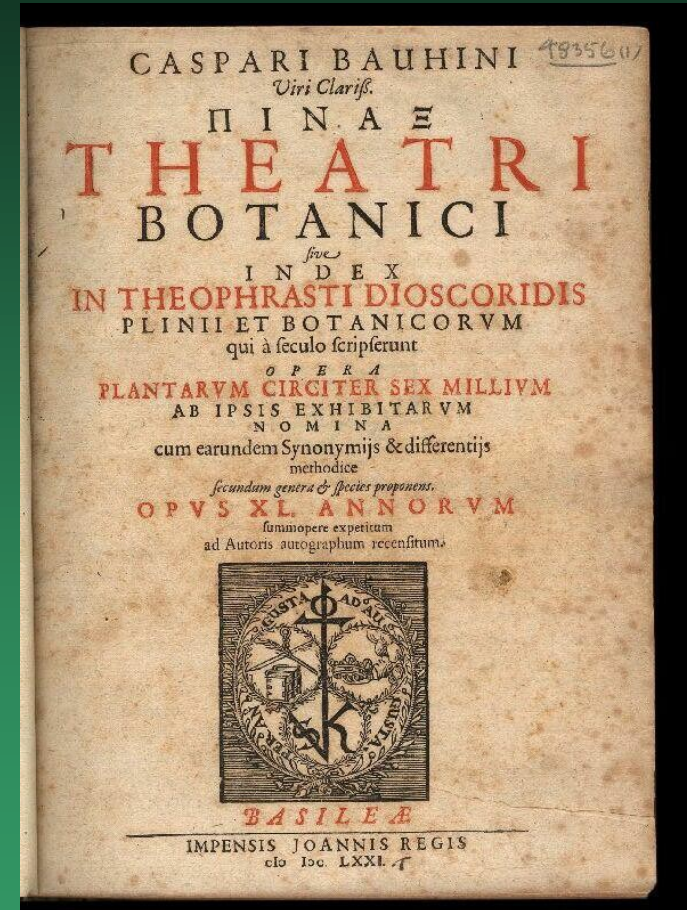
Druhové diagnózy (počátek 17. stol.)

Počet známých druhů rychle rostl - od dob "německých otců botaniky" za necelých 100 let se víc než zdesateronásobil.



Gaspard Bauhin
1560 - 1624

Pinax theatri botanici (1623)
Švýcar **Gaspard Bauhin** použil krátké a výstižné diagnózy = soubory rozlišovacích znaků, k pojmenování rostlin a zároveň jako determinační pomůcka = určovací klíč



Vznik rostlinné morfologie (2. pol. 17. stol.)



Joachim Jung (Jungius)
(1587–1657)
německý lékař

Snaha o co nejpřesnější popis druhu,
vedla při rostoucím počtu druhů k inflaci
„morfologických“ pojmů

kvůli jednoznačnosti nutná kodifikace

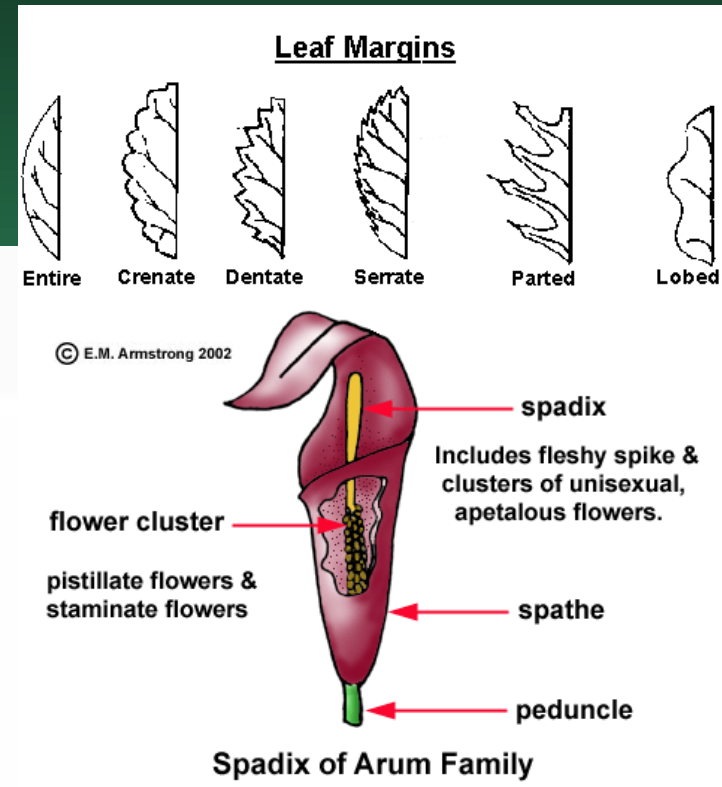
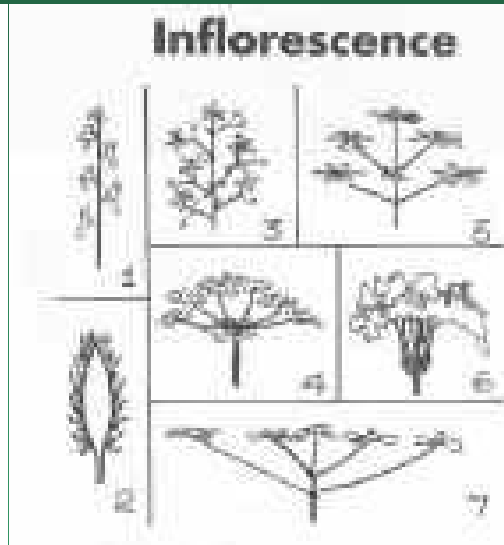
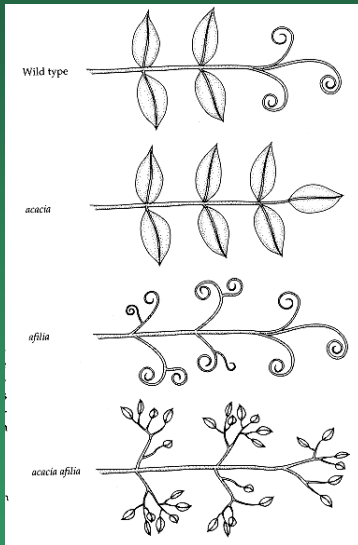
vzniká rostlinná morfologie

zakladatel je **Joachim Jung**

Doxoscopiae physicae minores (Hamburg 1662) (Menší
rozhledy po přírodě a *Isagoge phytoscopica* (Hamburg 1678)

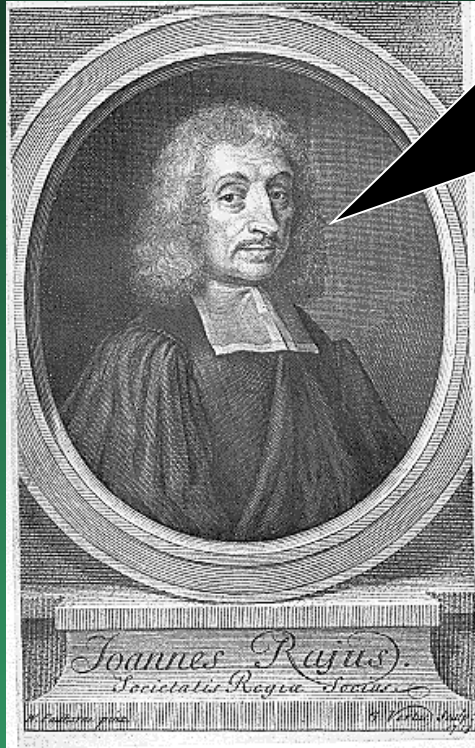
Soubor morfologických znaků taxonu = morfologický popis.

pořadí znaků v popisu ustáleno s respektem k tradici a praktickým zvyklostem



Pojem a definice druhu (1686)

John Ray
1627 - 1705



"abychom mohli začít rostliny inventarizovat a správně klasifikovat, musíme se snažit zjistit některá kritéria na rozlišení tzv. druhů. Po dlouhém a usilovném výzkumu jsem nezjistil jiné kritérium na rozlišení druhů než jsou diferenční znaky, zachovávající si při rozmnožování semeny svoji stálost."



Druh je podle Raye skupinou jedinců, kteří jsou v rámci své variability geneticky stálí. (*Historia generalis plantarum*, Londini 1686-1704)

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:

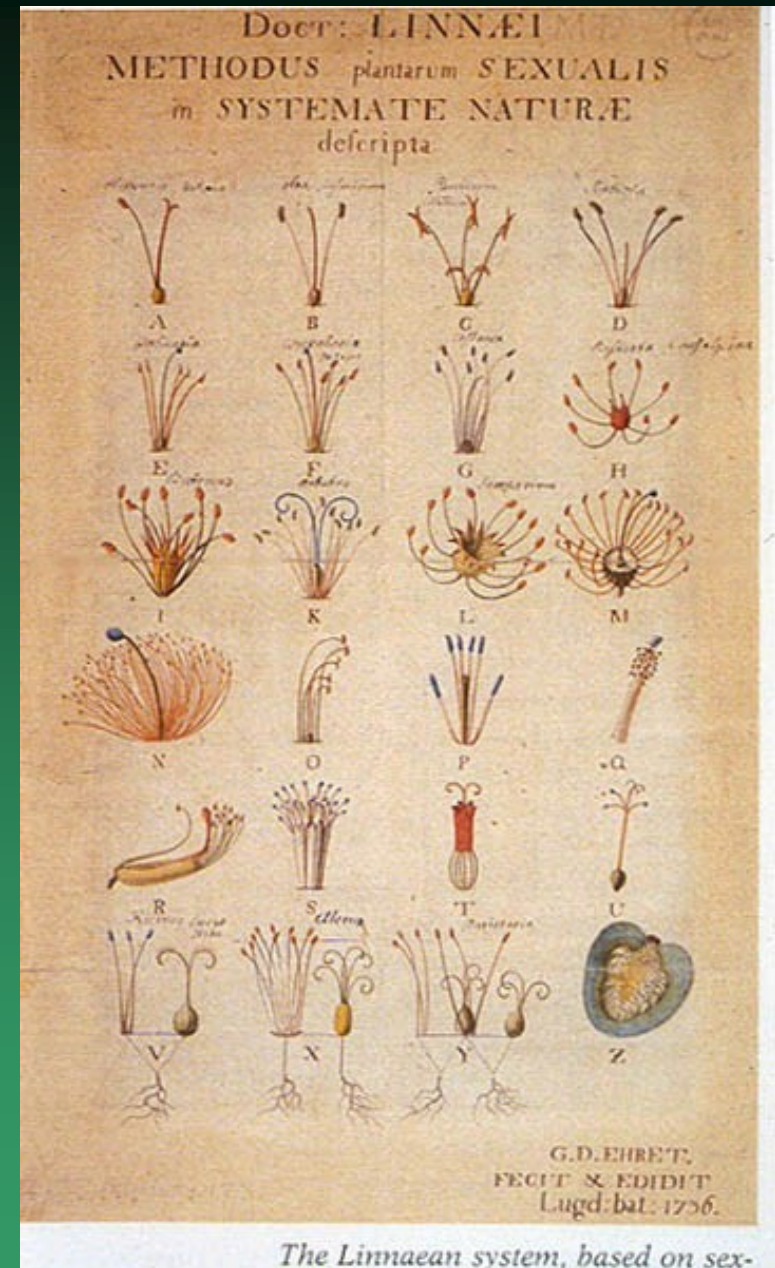
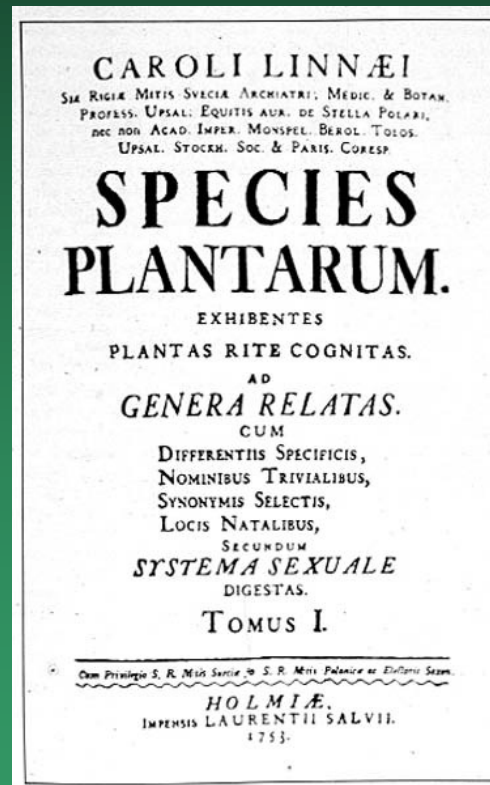
- John Ray definice druhu
- August Bachmann binomická nomenklatura
- Joachim Jung morfologická terminologie
- Joseph Pitton de Tournefort hierarchie taxonomických jednotek
- Gaspard Bauhin diagnózy

Species plantarum (1753)

1. 5. 1753 = starting point nomenklatury cévnatých rostlin, játrovek a rašeliníků.



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



The Linnaean system, based on sex-

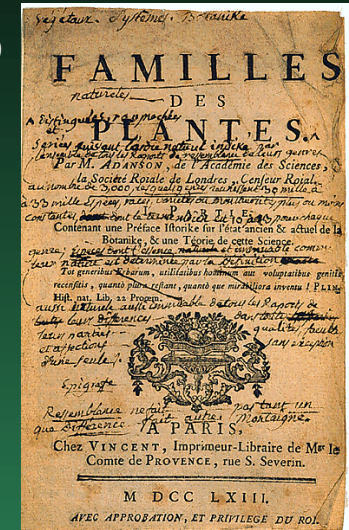
První přirozené systémy (2. pol. 18. stol.)



Michel Adanson
1727 - 1805

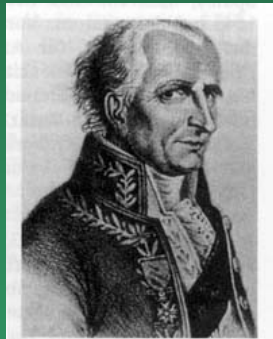
Michael Adanson (1763) Rostliny rozdělil do 58 čeledí

1. podle komplexu morfologických znaků
2. hodnota jednotlivých znaků stejná



Antoine Laurent de Jussieu (1789)

teoreticky rozpracoval systém strýce Bernarda.
20.000 druhů ve 100 čeledích a 15 třídách



A. L. de Jussieu

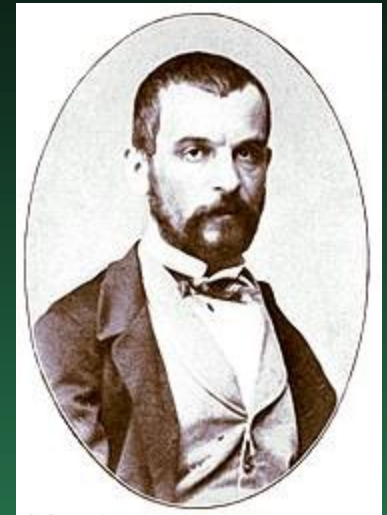
Antoine Laurent
de Jussieu
1748 - 1836

1. na konci diagnóz čeledí uvádí vztahy k sousedním čeledím
2. tyto vztahy použil jako kritérium třídění čeledí
3. ve vymezení tříd se přidržuje hlavně stavby květu.

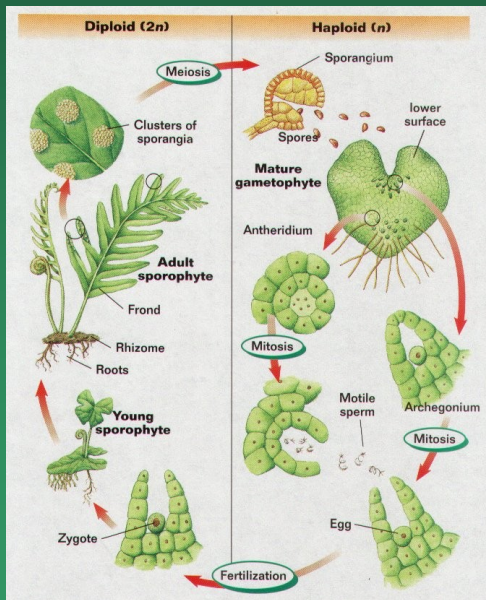


Objev a zobecnění rodozměny (1. pol. 19. stol)

1. v první polovině 19. stol. jsou objevena archeogonia a antheridia, u jednotlivých skupin výtrusných rostlin
2. postupně je objevován i princip střídání gametofytní a sporofytní generace, čili rodozměna
3. roku 1851 je princip rodozměny zobecněn Wilhelmem Hoffmeisterem.



Wilhelm Hoffmeister
1824 - 1877



4. genetická podstata haploidní a diploidní fáze byla poznána až počátkem 20. století.

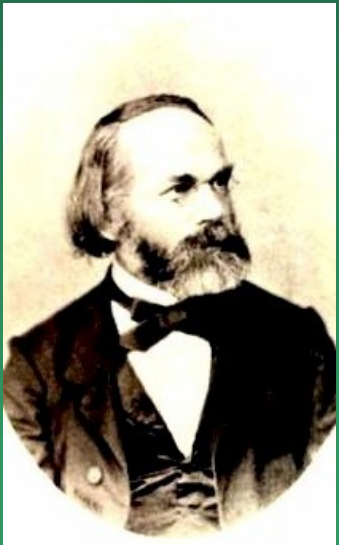
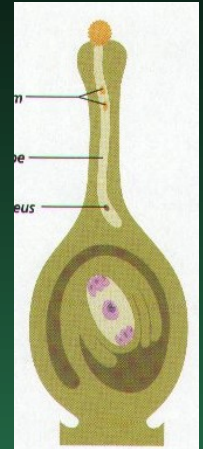
Objev principu opylení rostlin (1. pol. 19. stol)



Giovanni Battista Amici (1786-1863)
prof. fyziky v Mondeně

1823 objevuje pylovou láčku, jež proroste
skrz čnělku do semenníku.

Osservazioni microscopiche sopra varie piante (Mondena 1823)



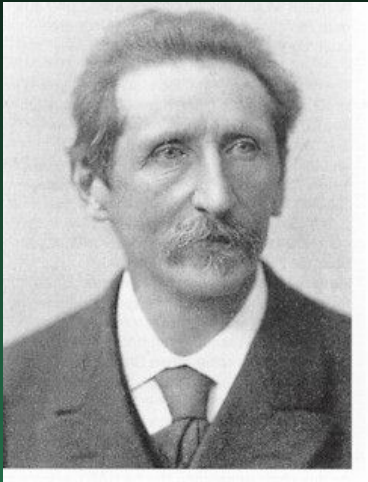
Carl Wilhelm von Naegeli (1817 - 1891) prof. botaniky na
univ. v Zürichu

1842 studuje dělení buněk uvnitř vznikajícího pylového zrna

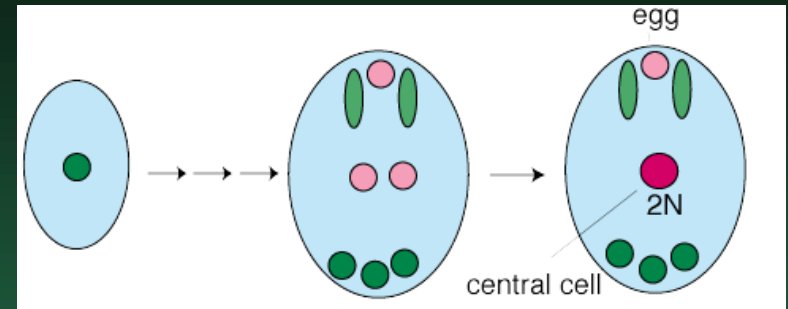
Zur Entwicklungs-geschichte des Pollens bei den Phanerogamen. (Zürich 1842).



Objev principu oplození rostlin (2. pol. 19. stol)



1877 popis dělení a diferenciacie buněk uvnitř zárodečného vaku



Über Befruchtung und Zelltheil-ung (Jena 1877)

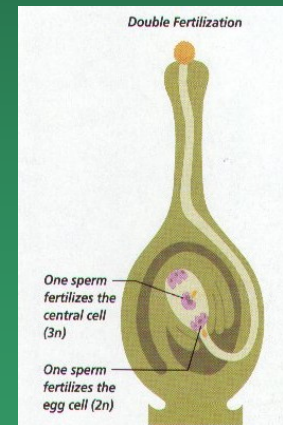
Eduard Strassburger, 1844 – 1912, prof. botaniky univ. v Jeně



1898 objev dvojího oplození u rostlin

Novyje nabljuděnija nad oplodotvorenijem u Fritillaria tenella i Lilium martagon, které vyšlo jako součást sborníku Dněvník X. sjezda ruskich estěstvoispytatělej i vračej v Kijevě.

Sergej Gavrilovič Navašin, 1857 – 1930, prof. botaniky na univ v Moskvě



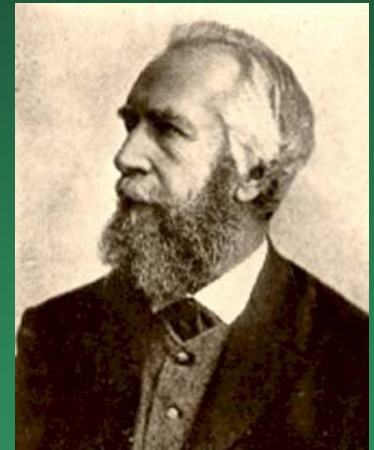
Evoluční teorie (2. pol. 19. stol.)



1859 evoluční teorie - Angličan **Charles Darwin** (1809-1882).

On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. (O vzniku druhů přírodním výběrem neboli uchováním prospěšných plemen v boji o život) (1859).

1866, Němec **Ernst Haeckel** (1834-1919) vyslovuje zákon rekapitulace = biogenetický zákon: ontogeneze = zkrácená fylogeneze (v témže roce zavádí pojem ekologie jakožto vztah organismu a prostředí).

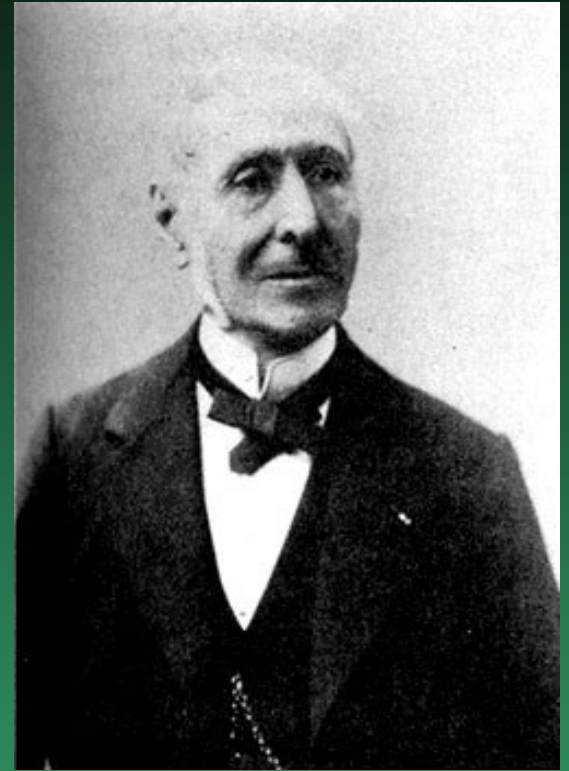


1846 **Richard Owen** (1804-1892) definoval homologie a analogie / později obdoba v Hennigových apomorfiích a homoplasiích

Report on the archetype and homologies of vertebrate skeleton principy

Kodifikace botanické nomenklatury (1867)

1. základy již v Linnéově Philosophia botanica (1751).
2. 1867 pověřil botanický kongres „komisi devíti“ v čele s Alphonsem De Candollem zpracováním 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 6 let.



Alphonse de Candolle
1806-1893

Chromosomy v rostlinné systematice (20. stol.)



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

Theodor Boveri

1862 - 1915

1848 pozoroval Němec Wilhelm Hofmeister poprvé některé fáze **mitózy** v buňkách trichomů nitek rodu *Tradescantia virginica*

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

1888 tento fakt zobecnil německý cytogenetik a anatom **Theodor Boveri**.

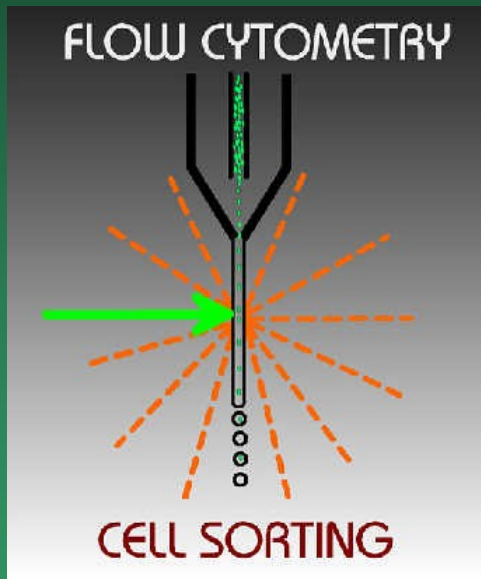


V rostlinné systematice se chromosomy zjišťují od 20. let 20. stol.
Dnes u 25-30% rostlinných druhů znám počet chromosomů

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

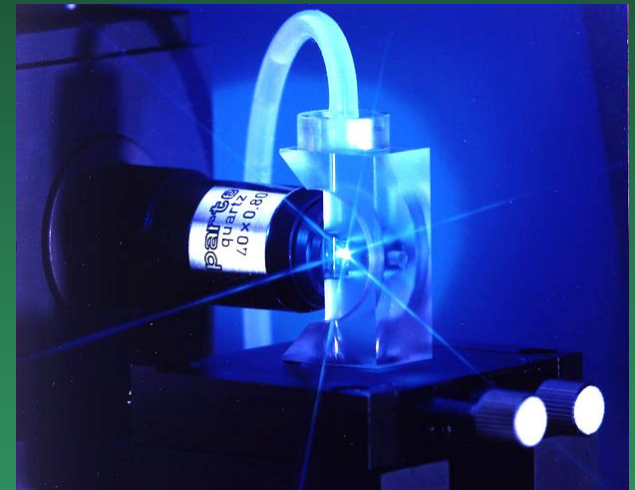
Od počtu chromosomů k velikosti genomu

Průtoková cytometrie (konec 20 stol.)



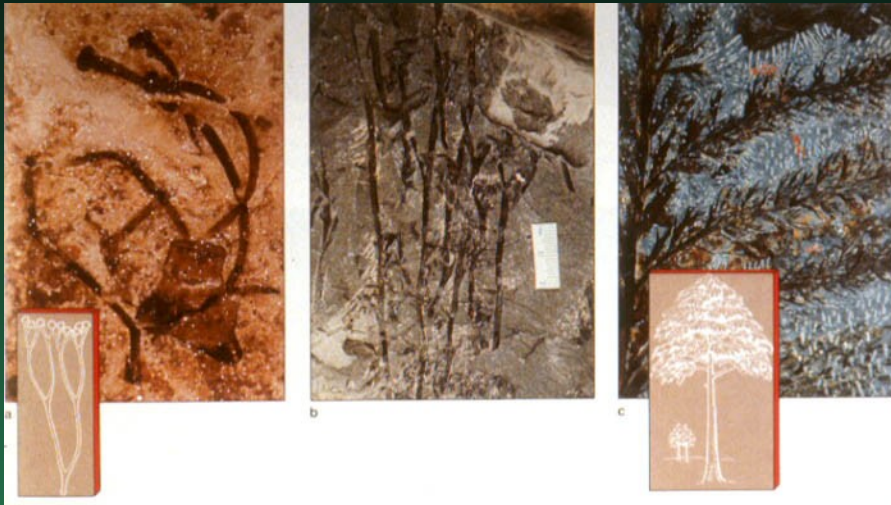
Od poloviny 80. let 20. stol. prodělává dramatický rozvoj. Původně sloužila k analýze krevních buněk.

U rostlin umožňuje měření obsahu DNA v buněčných jádrech .



Velikost genomu známa u 3 % druhů vyšších rostlin

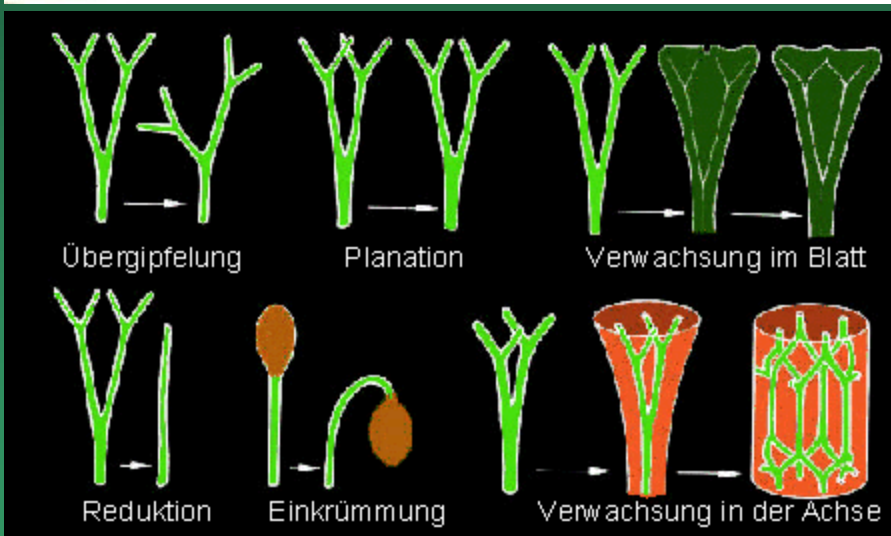
Paleobotanické přístupy (od 1. pol. 20. stol.)



Robert Kidston a William Henry Lang během 1. svět. války studovali fosilie nejprimitivnějších suchozemských rostlin u obce Rhyne ve Skotsku



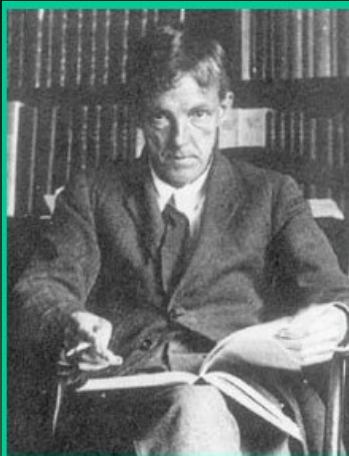
Dr Robert Kidston (right) and the palaeobotanist Professor David Thomas Gwynne-Vaughan (left).



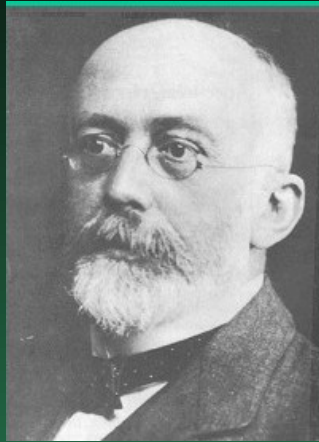
Telomová teorie: evoluční základ všech rostlinných orgánů = prastonek = telom. Z jeho základní dichotomické podoby u ryniofyt vznikly různé typy větvení stonku, postavení a uspořádání sporangií a listy u všech dalších rostlin.

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

Syntetická teorie evoluce (1. pol. 20. stol.)



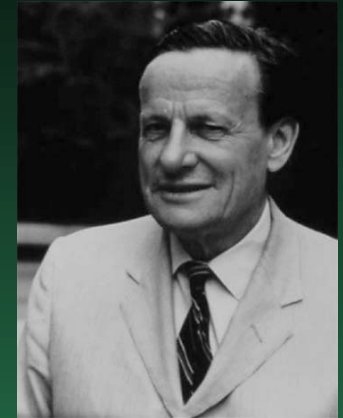
Godfrey Harold Hardy
1877-1947
německý genetik



Wilhelm Weinberg
1862-1937
německý genetik



**Theodosius
Dobzhansky**
1900-1975
populační genetik



**George Ledyard
Stebbins**
1906-2000
americký botanik

1937 zákon o frekvenci alel v panmiktické populaci = Hardy-Weinbergova rovnováha.

Darwinismus + genetika = syntetická teorie evoluce
Ne jedinec, ale populace je základní jednotkou evoluce.

Theodosius Dobzhansky (Genetics and the origin of species 1937).

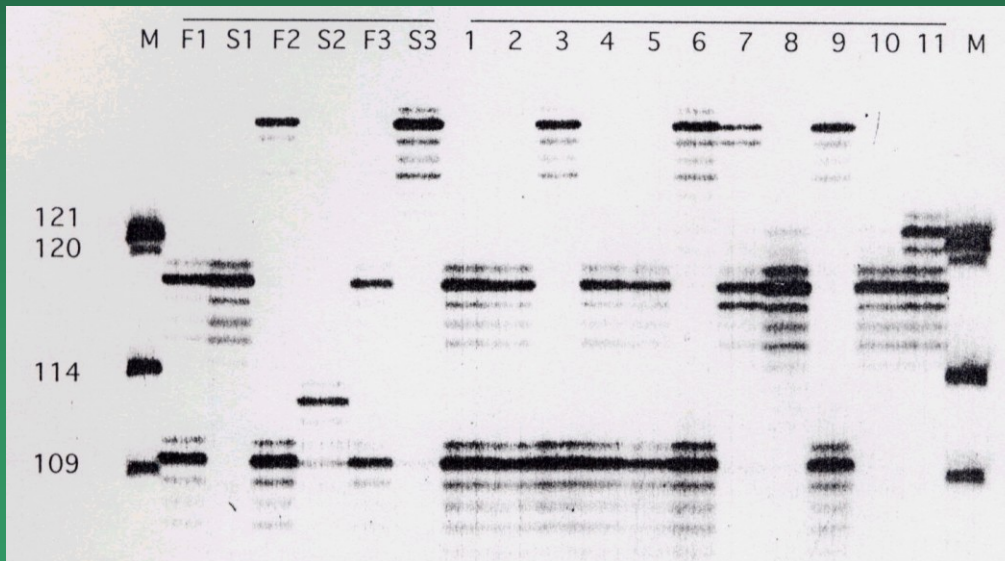
G. Ledyard Stebbins (Variation and Evolution of Plants 1950).

Isoenzymy - markery populační genetiky 20. stol.

Gelová elektroforéza zviditelní rozdíly v prostorovém uspořádání, hmotnosti a síle elektrického náboje enzymů, bílkovin, nukl. kyselin

Elektroforézu vynalezl 1937 švédský biochemik **Arne Wilhelm Kaurin Tiselius** (1902-1971) (Nob. cena 1948).

v systematice od 80 let - hybridní původ druhů, breeding systémy, populační genetiky



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

Biometrická měření na rostlinách již na přelomu 19. a 20. století britský matematik **Charles Pearson**

základní pojmy a koeficienty popisné statistiky – variační koeficient; pracoval většinou se znaky s normální gausovskou distribucí – sledoval např. počty ostnů na listech *Ilex aquifolium*, počty primárních žilek u *Fagus sylvatica* apod.



Charles Pearson
(1857-1936)



Robert R. Sokal

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,

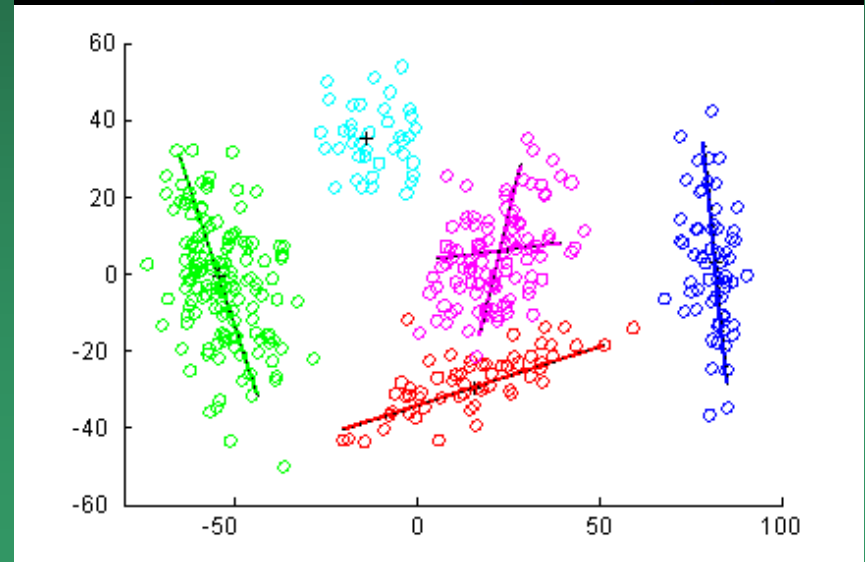
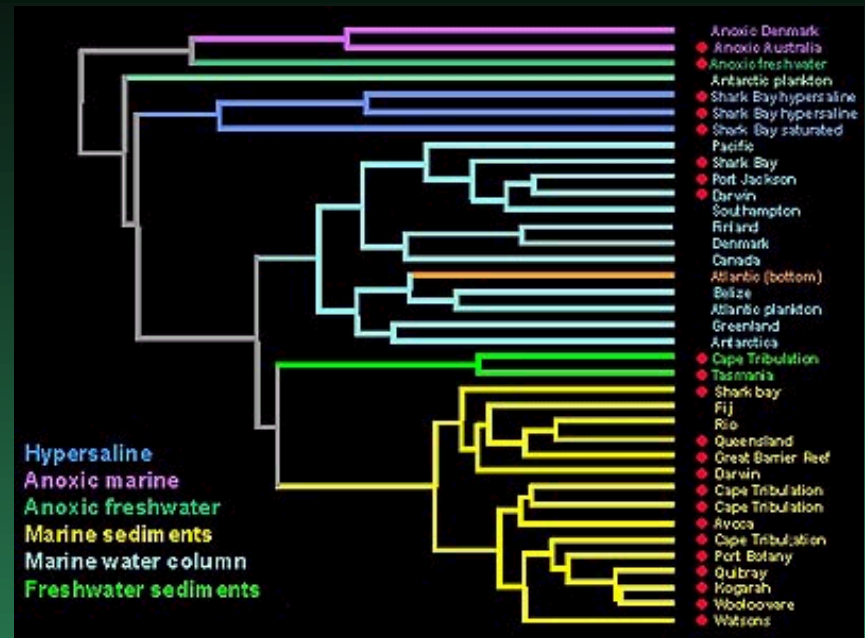
Rozvoj podnícen pokrokem ve výpočetní technice.

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



Willi Hennig
1913–1976

1950 něm. entomolog
Willi Hennig

kladistika = fylogenetická
klasifikace

Smyslem je spojovat
skupiny se společnými
předky, sdílející nově se v
evoluci objevivší
(odvozený) znak =
apomorfii.

Kladogram vychází z apomorfii při
maximální úspornosti „**maximum parsimony**
tree“.

Každý znak byl někdy v evoluci nový – např.:

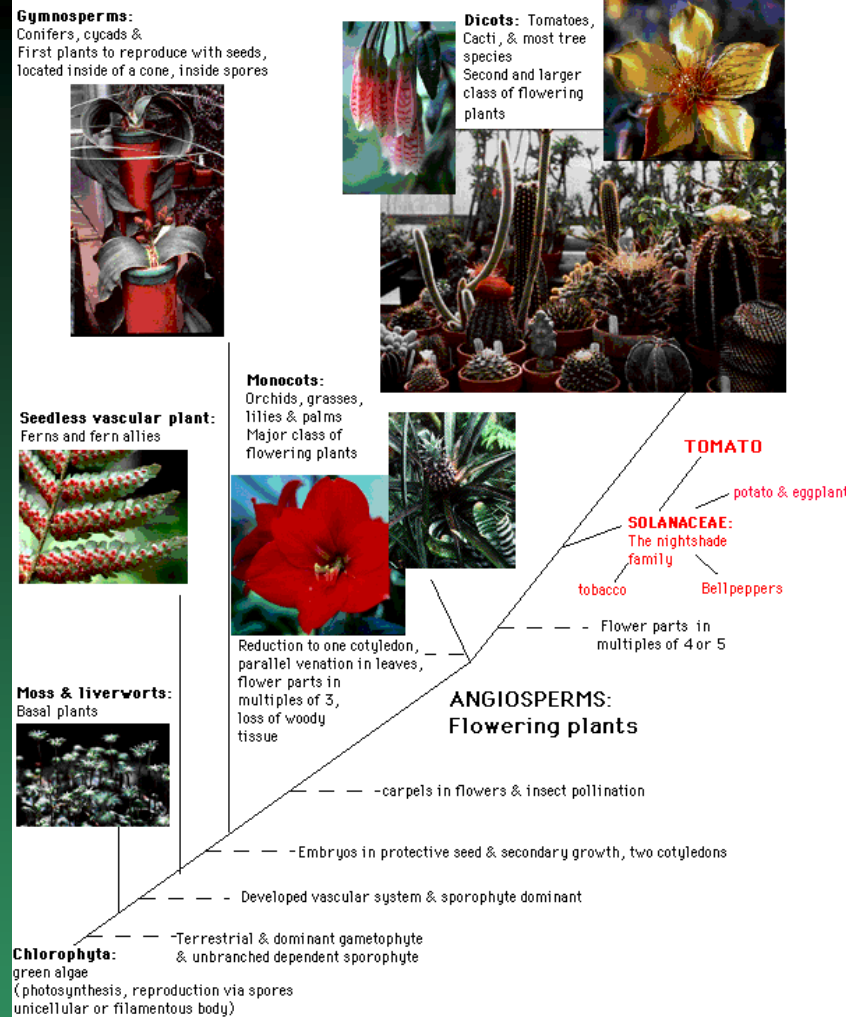
genetický kód = apomorfie všech živých organismů,

cévní svazky = apomorfie vyšších rostlin kromě mechorostů,

konduplikátně svinutý plodolist = apomorfie krytosemenných.

Plesiomorfie – homologické stavy sdílené s předky.

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



Studium DNA 90. léta 20. stol.

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

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



**The Nobel Prize
in Chemistry 1980**



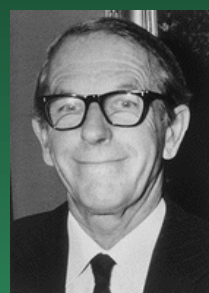
Paul Berg

1926-



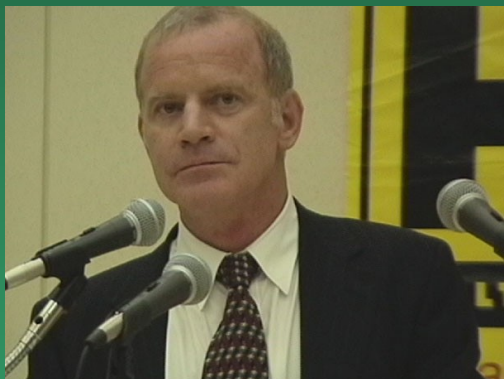
Walter Gilbert

1932-



Fred Sanger

1918-



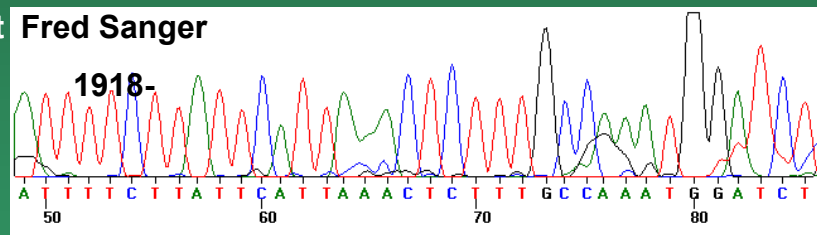
Kary B. Mullis 1944-



**The Nobel Prize
in Chemistry 1993**



automatický sekvenátor



1970 - objev restrikčních endonukleáz

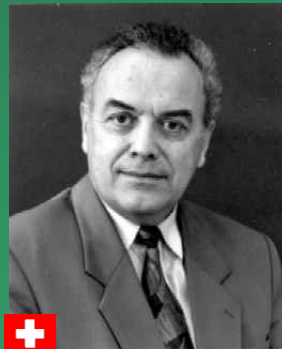
Werner Arber, Hamilton Smith a Daniel Nathans obdrželi 1978 Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu.



Restrikční enzymy jsou produkovány bakteriemi, které jich užívají k obraně proti virové RNA nebo DNA.

Každý takový enzym rozpoznává a štěpí konkrétní krátkou nukleotidovou sekvenci, která v bakteriální DNA chybí.

Například enzym EcoRI štěpí nukleotidové sekvence GAATTC.



Werner Arber
(1929)



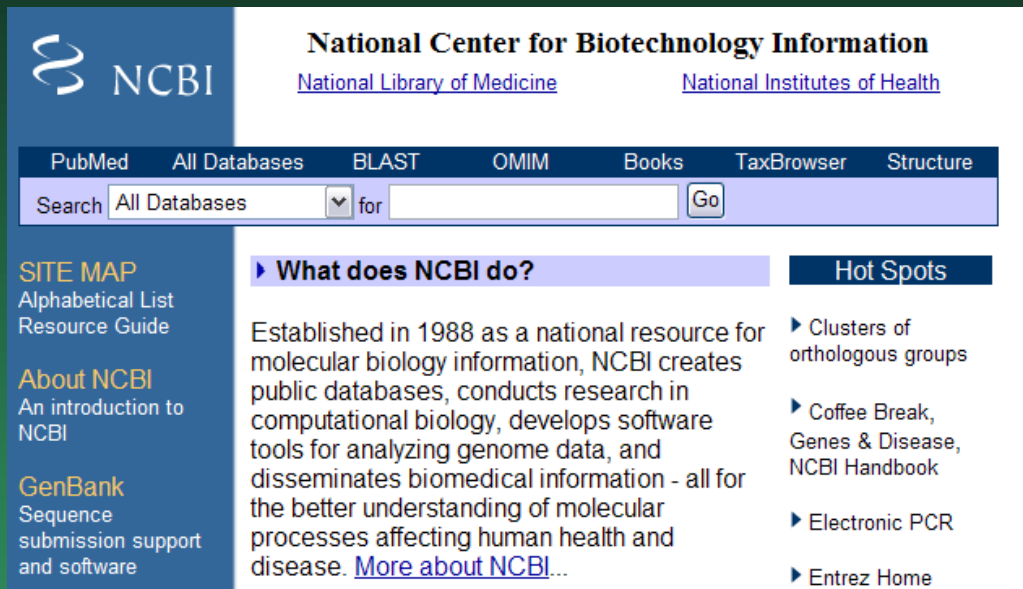
Hamilton Smith
(1931)



Daniel Nathans
(1928-1999)

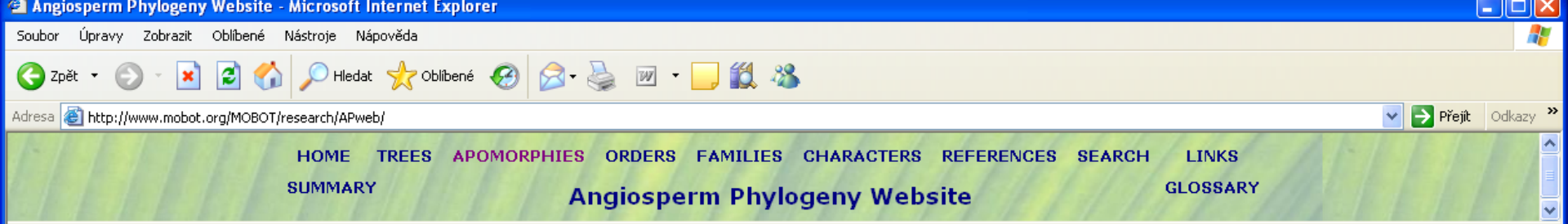
Bar-coding

identifikace rostlin pomocí sekvence DNA



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

```
CCTCTTACTATAAATTCATTGTTGTCGATATTGACATGTAGAATGGACTCTCTCTTTATTCTCGTTTGATTATCATCATT  
TTTTCAATCTAACAAATTCATAATGAATAAAATAAATAGAATAAATTGACTACTAAAATTGAGTTTTTTCTCATTAACTT  
CATATTTGAATCAATTTACCATAAATAATTCATAATTTATGGAATTCAAAAAATTCCTGAATTTGCTATTCCATAATCATTG  
TCAATTTCTTTATTGACATGAAAAATATGATTTGATTGTTATTATGATCAATCATTTGATCATTGAGTATATACGTACGTC  
TTTTTTGGTATAGACGGCTATCCTTTCTCTTATTTTCGATAAAGATATTTAGTAATGCAACATAATCAACTTTATTCGTTA  
GAAAACTTCCATCGAGTCTCTGCACCTATCTTTAATATTAGATAAGAAATATTTTATTTCTTATAATAAATAAGAGATATTT  
TATATCTCTCATTCTCAAATGAAAGATTTGGCTCAGGATTGCCACTCTTAATTCAGGGTTTCTCTGAATTTGGAA  
GTTAACACTTAGCAAGTTNCCATACCAAGGCCAATCCAATGC
```



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/>.

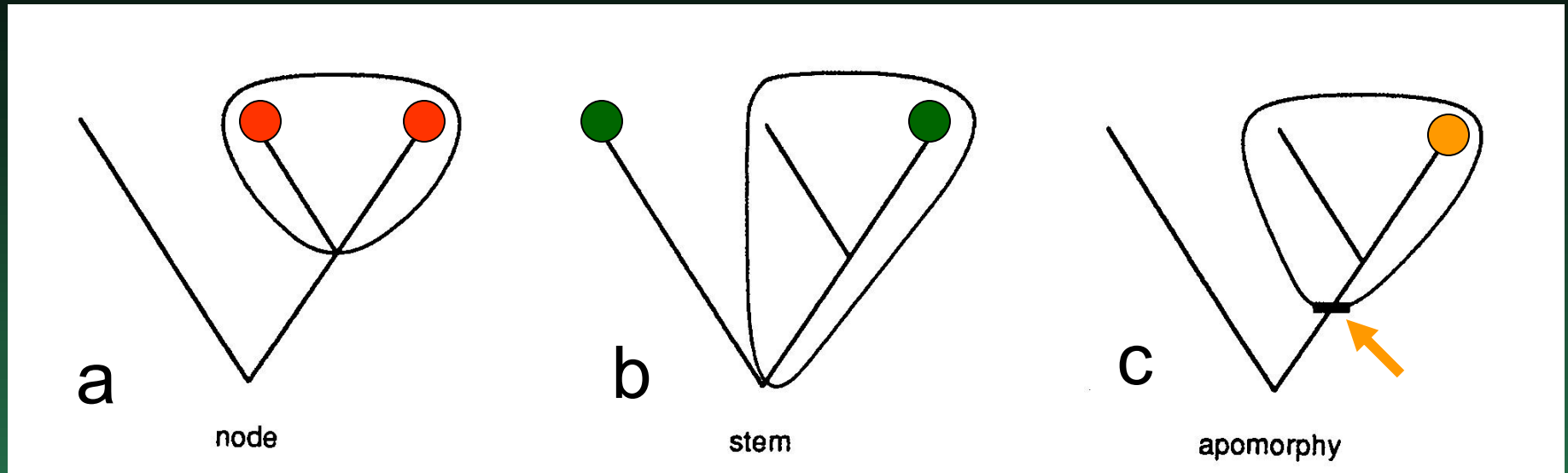
There are direct links from all terminal taxa and all internal nodes to the relevant page of the characterizations.

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

Link to Model Organism Tree



Fylokód - fylogenetická definice jmen



jméno je definováno:

a – odkazem na nejbližšího společného předka dvou taxonů a všechny jeho potomky

b – odkazem na všechny organismy, které mají bližšího společného předka s označeným organismem než s jiným označeným organismem

c – odkazem na prvního předka, u kterého se vyvinul určitý znak a na všechny jeho potomky