



# Fylogeneze a diverzita vyšších rostlin

## Historie systematické botaniky

### Petr Bureš



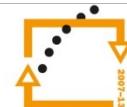
evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

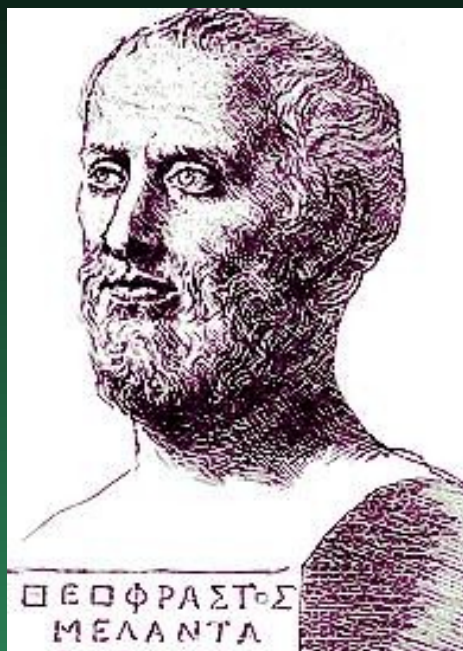
# Historie systematické botaniky a vývoj jejích metod

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

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



# Antické Řecko (4 - 3. stol. př. Kr.)



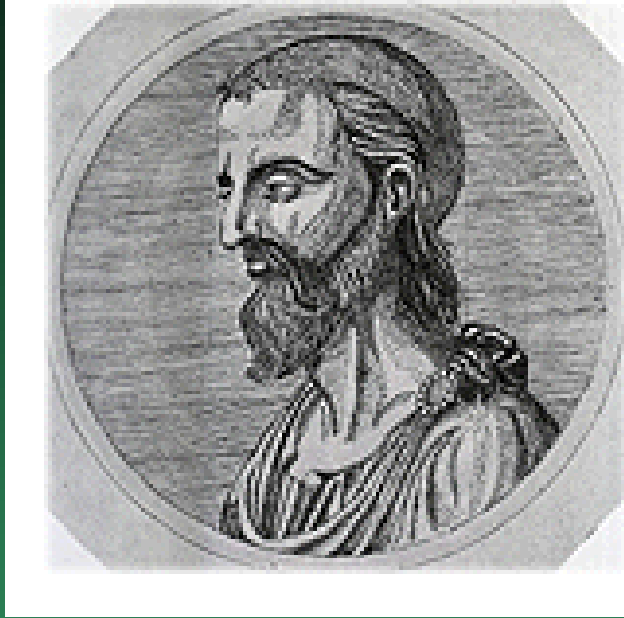
**Theophrastos**  
371-287 př. Kr.

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.

# Antický Řím (počátek letopočtu)



**Pedanius Dioscorides**  
1 stol.

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



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

# Renesanční bylináře (16 - 17. stol)

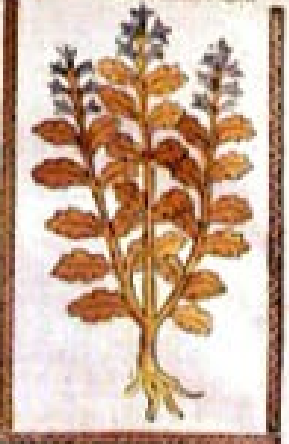
Handwritten text in German, likely describing the medicinal properties of the herb shown in the adjacent illustration.

Als Krauten bathen wasser



Large decorative initial letter 'B' followed by handwritten text in German, providing further details about the herb's uses.

Das Kraut wasser



Handwritten text in German, likely describing the herb's medicinal properties.



Large decorative initial letter 'B' followed by handwritten text in German, describing the herb's properties.

Clon burre laub wasser.



Handwritten text in German, likely describing the herb's medicinal properties.

Handwritten text in German, likely describing the herb's medicinal properties.

Clon bathomen wasser



Handwritten text in German, likely describing the herb's medicinal properties.

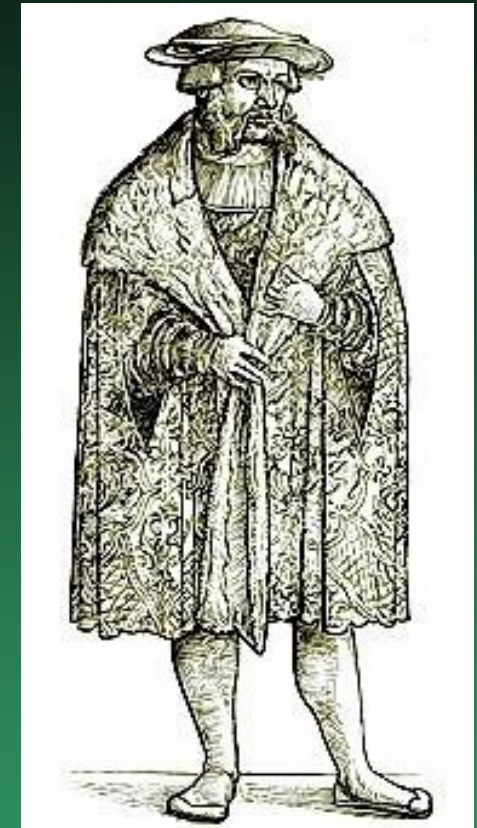
# Němečtí otcové botaniky (16. stol.)



**Otto Brunfels**  
1488 - 1534



**Hieronymus Bock**  
(Tragus)  
1498 - 1554



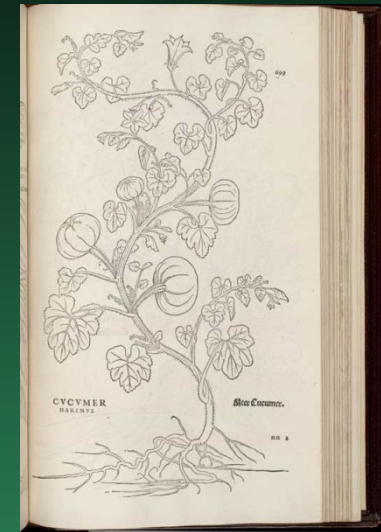
**Leonard Fuchs**  
1501 - 1566

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

Vynálezce herbarizace rostlin = Luca Ghini, prefekt botanické zahrady v Pise.



Luca Ghini



JAN FRANTIŠEK BECKOVSKÝ,

kněz ryt. řádu křížovníků 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 *Pelobogých* sAbbildungen, díl II.  
(Z výtisku *Dobrovoľského* v Knihovně Národního Muzea v Praze.)

Nejstarší herbářovou sbírkou vytvořenou v Čechách je herbář Jana Františka Beczkovského, křížovníka řádu s červenou hvězdou. (Přelom 17/18. stol.)

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. 2014)



# Největší světové herbářové sbírky (nad 3 miliony položek – stav v r. 2014)

Muséum National d'Histoire Naturelle	Paris, France	P	8
New York Botanical Garden	Bronx, New York, USA	NY	7,3
Komarov Botanical Institute	St. Petersburg, Russia	LE	7,16
Royal Botanic Gardens	Kew, England, UK	K	7
Conservatoire et Jardin botaniques	Geneva, Switzerland	G	6
Missouri Botanical Garden	St. Louis, USA	MO	5,87
British Museum of Natural History	London, England, UK	BM	5,2
Harvard University	Massachusetts, USA	GH	5
Naturhistorisches Museum	Wien, Austria	W	5

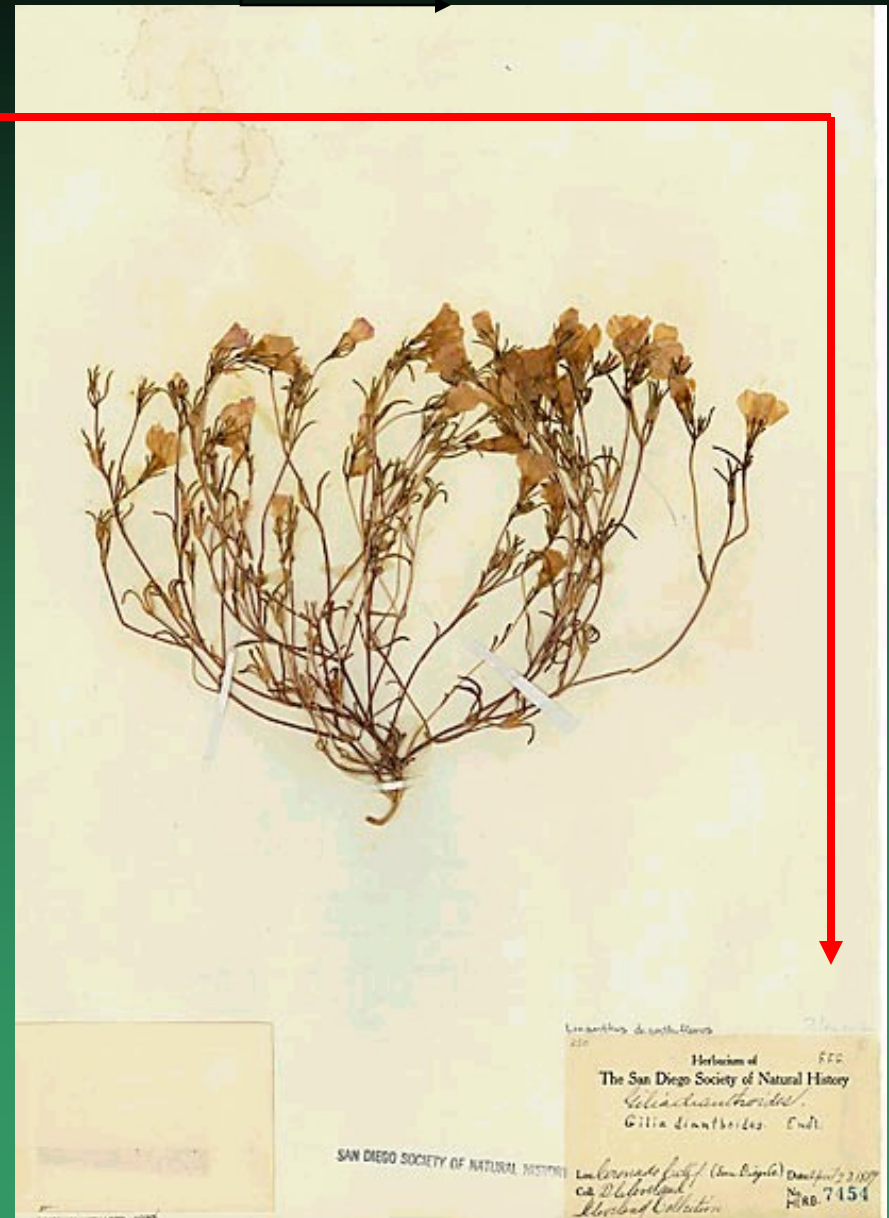
# Z čeho sestává herbářová scheda?

Musí na ní být:

1. naleziště
2. stanoviště
3. sběratel
4. rok

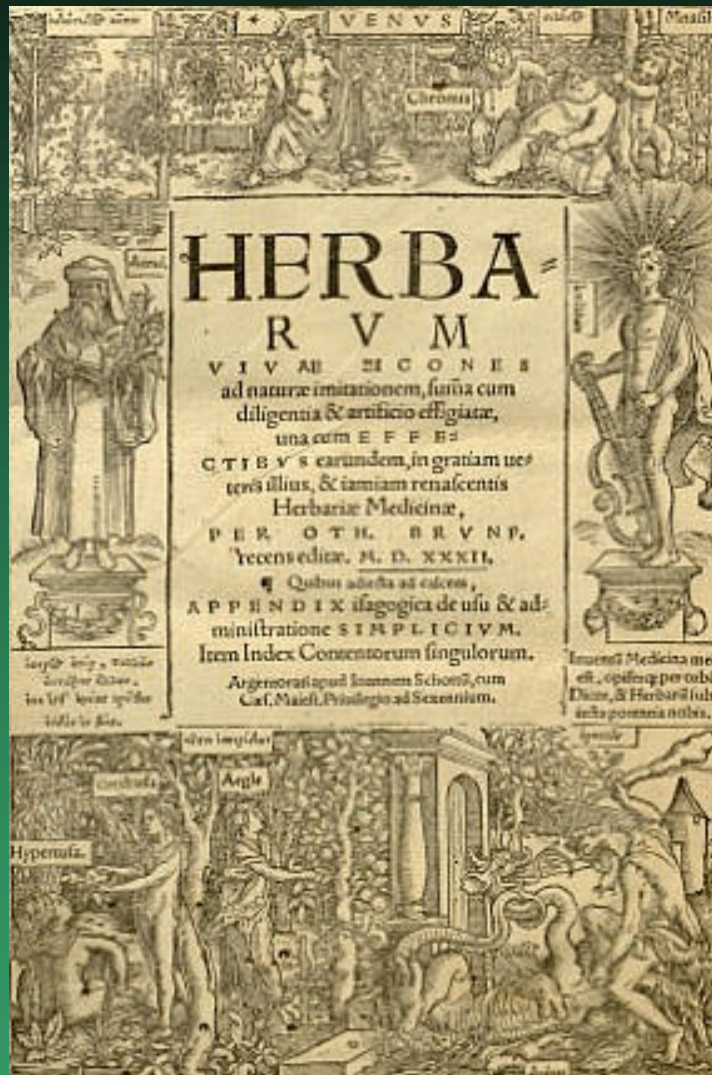
Je vhodné aby na ní bylo:

5. jméno rostliny
6. jméno herbáře
7. datum
8. nadmořská výška / zeměpisné souřadnice

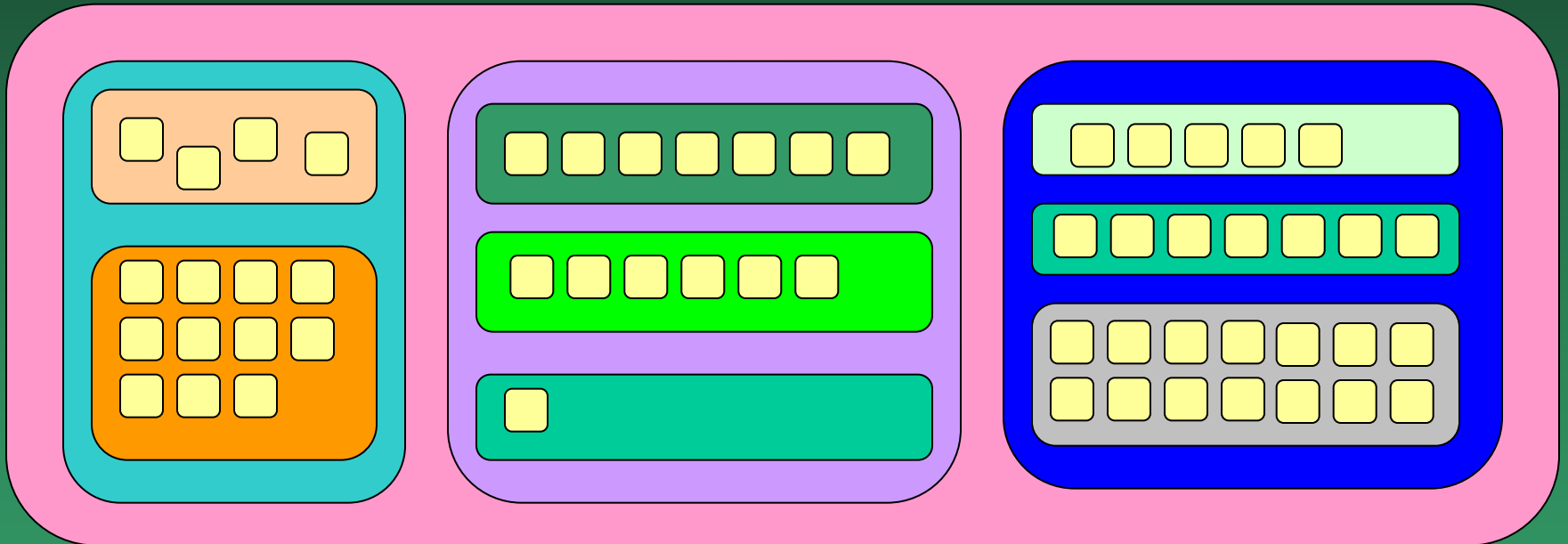
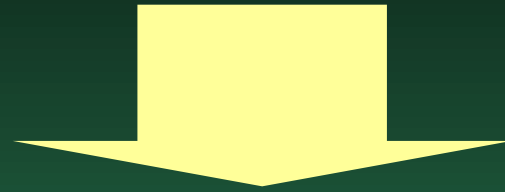


V renesanční bylinářích nebyly rostliny hierarchicky klasifikovány

bylo jich několik set 200-500



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)

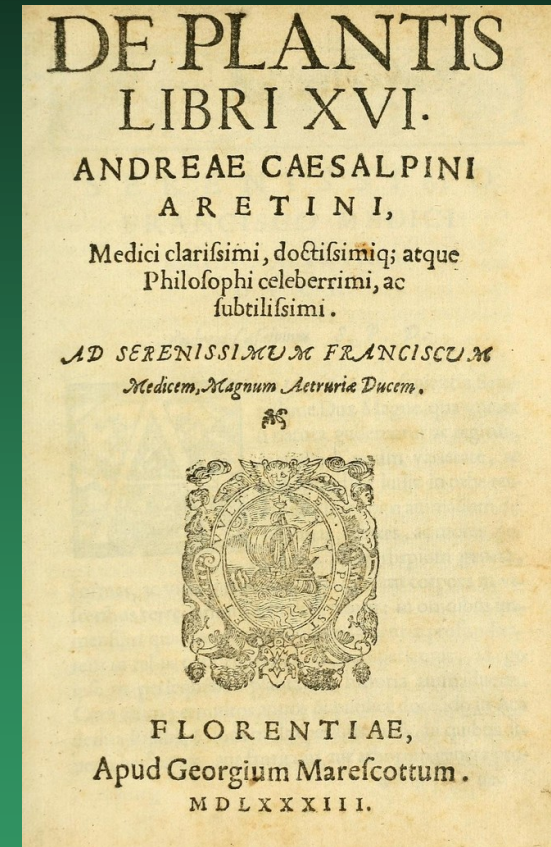
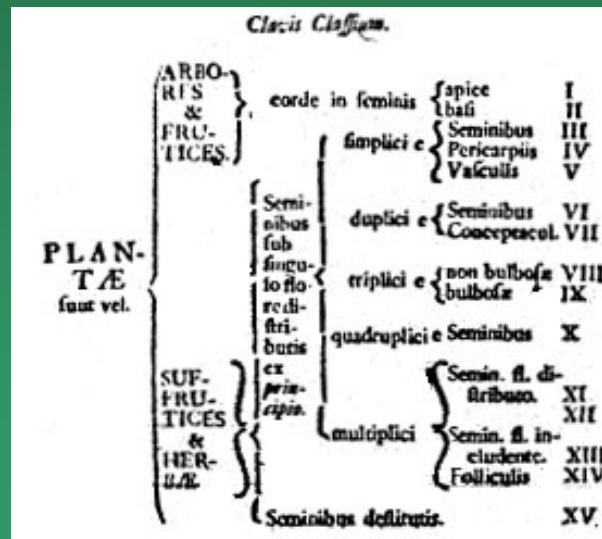
italský lékař a botanik **Andrea Cesalpino**, osobní lékař papeže Klimenta VIII. Dílo: *De plantis* (Firence 1583) (16 knih o rostlinách)



**Andrea Cesalpino**  
(Caesalpinus)  
1519 - 1603

Jako Teofrastos považuje dřeviny za samostatnou skupinu, byliny dělí do 13 skupin dle generativních znaků:

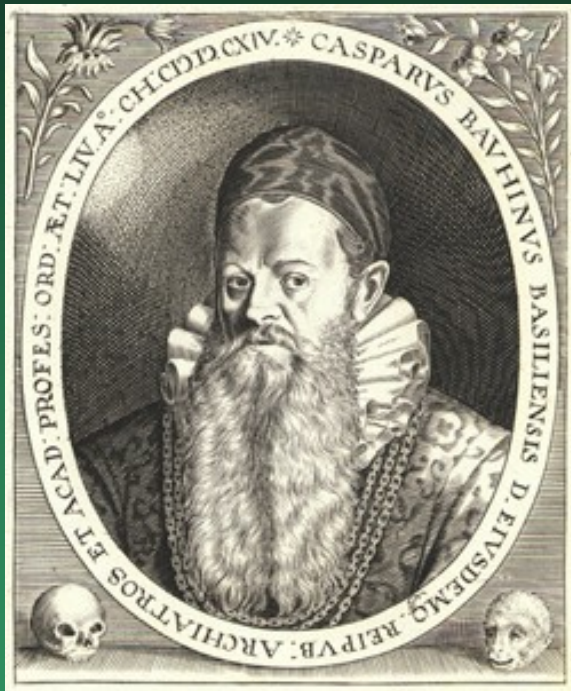
- (1) tvar plodu
- (2) počet semen
- (3) počet přihrádek v semeníku
- (4) stavba květu





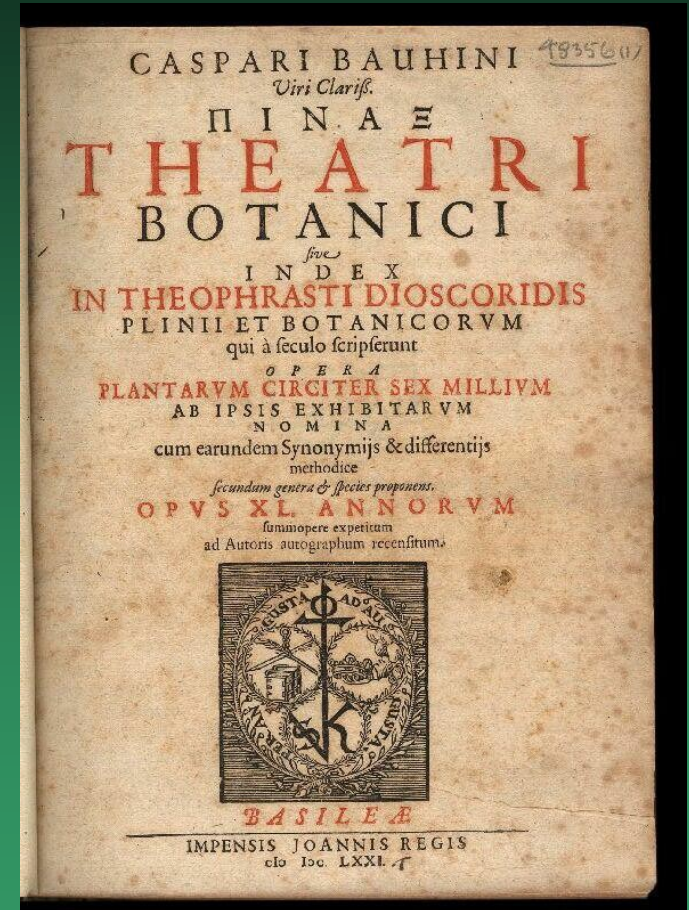
# Druhové diagnózy (počátek 17. stol.)

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



Gaspard Bauhin  
1560 - 1624

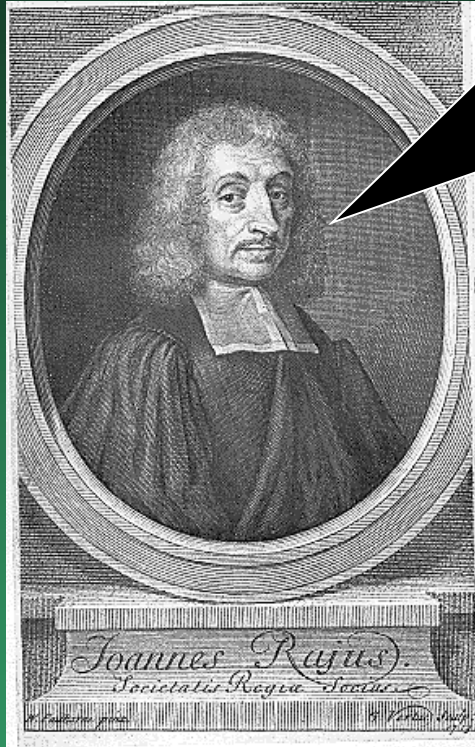
Švýcar Gaspard Bauhin použil krátké a výstižné diagnózy = soubory rozlišovacích znaků, k pojmenování rostlin a zároveň jako determinační pomůcka = určovací klíč



*Pinax theatri botanici* (1623)

# 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

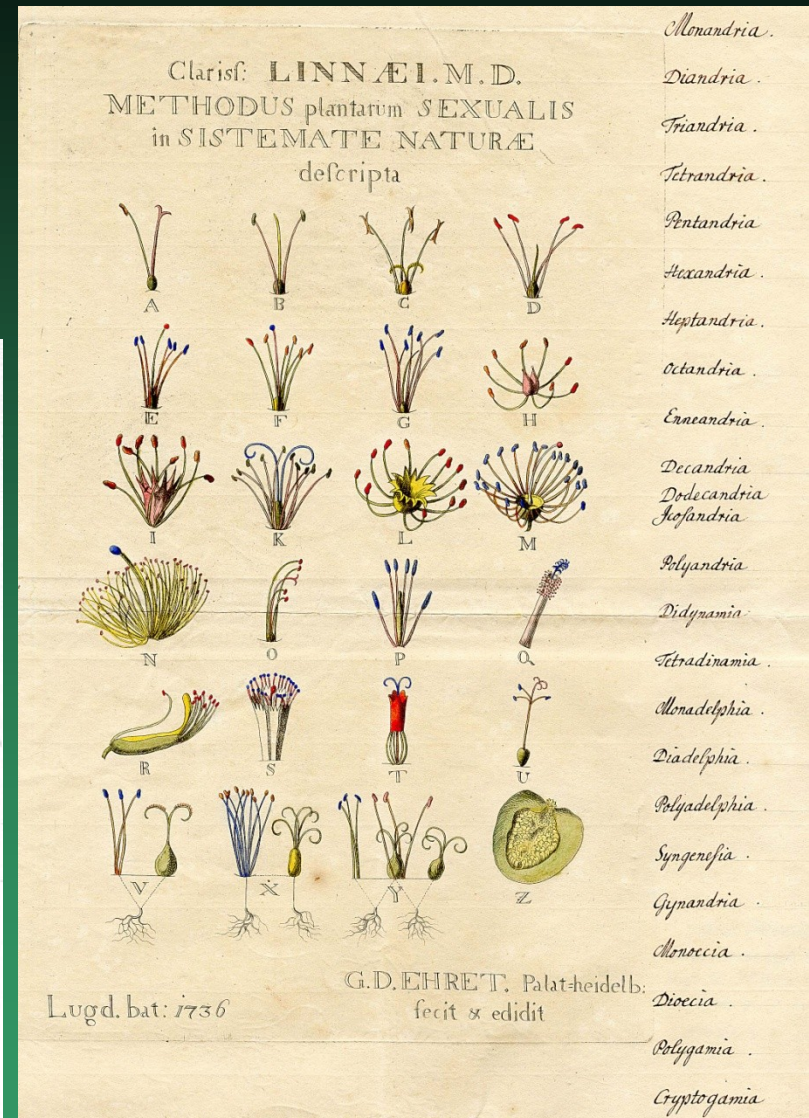
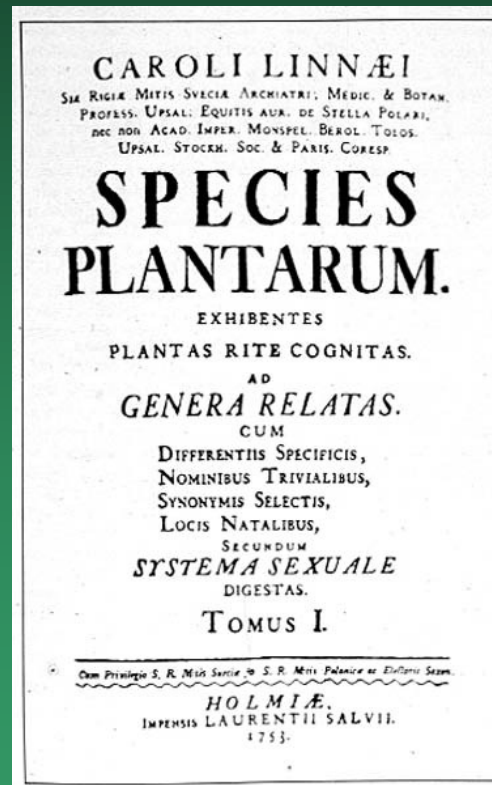
Carl Linné synteticky navázal na vše progresivní co zjistili nebo zavedli jeho předchůdci:

- 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)



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



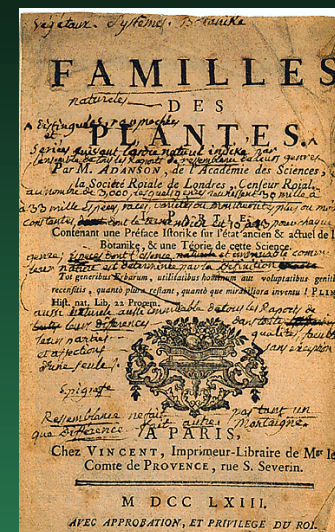
# První přirozené systémy (2. pol. 18. stol.)



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



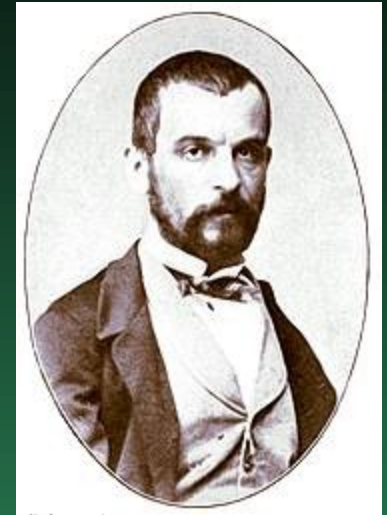
Antoine Laurent  
de Jussieu  
1748 - 1836

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.

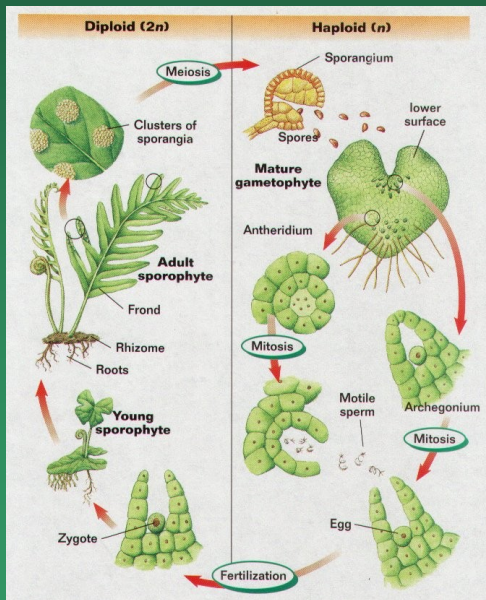


# Objev a zobecnění rodozměny (1. pol. 19. stol)

1. v první polovině 19. stol. jsou objevena archegonia 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.

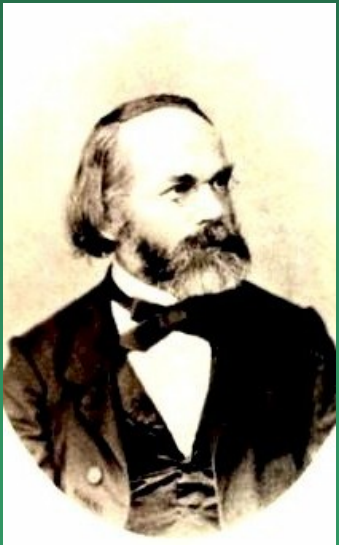
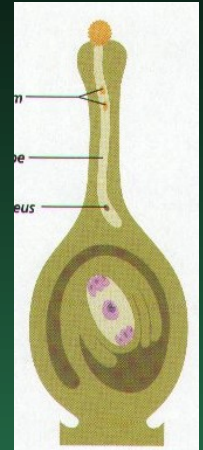
# Objev principu opylení rostlin (1. pol. 19. stol)



**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)



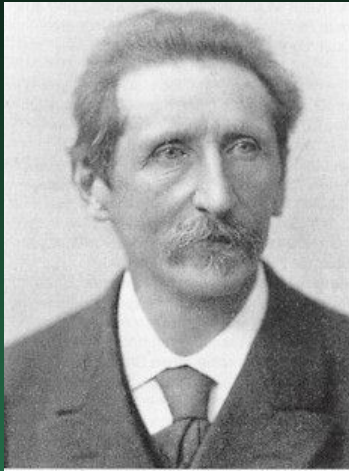
**Carl Wilhelm von Naegeli (1817 - 1891)** prof. botaniky na  
univ. v Zürichu

1842 studuje dělení buněk uvnitř vznikajícího pylového zrna

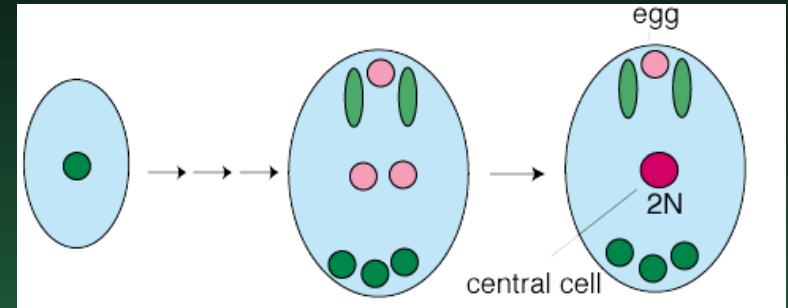
*Zur Entwicklungs-geschichte des Pollens bei den Phanerogamen.* (Zürich 1842).



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



1877 popis dělení a diferenciacie buněk uvnitř zárodečného vaku



*Über Befruchtung und Zelltheilung* (Jena 1877)

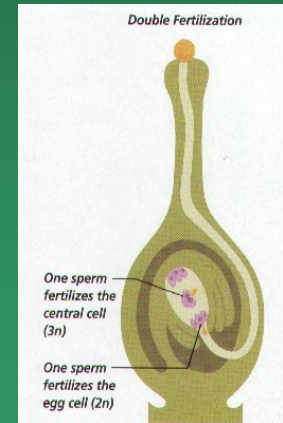
**Eduard Strassburger**, 1844–1912, prof. botaniky univ. v Jeně



1898 objev dvojího oplození u rostlin

*Novyje nabljuděnija nad oplodotvorenijem u Fritillaria tenella i Lilium martagon*, které vyšlo jako součást sborníku Dněvnik X. sjezda ruských estěstvoispytatělej i vračeij v Kijevě.

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





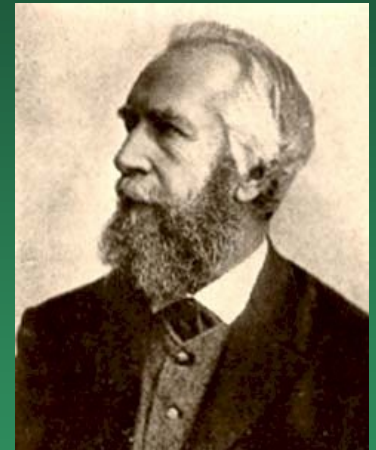
# Evoluční teorie (2. pol. 19. stol.)



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

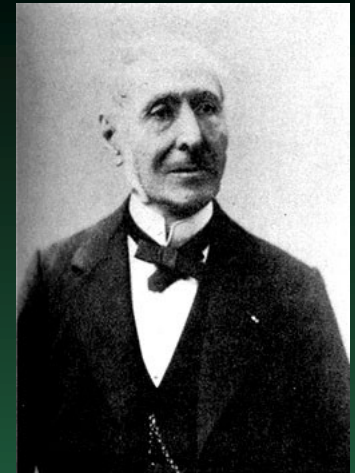
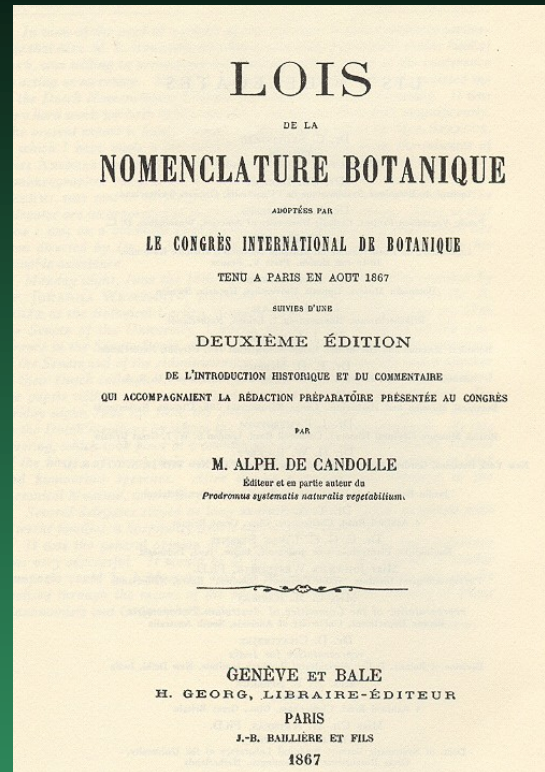
# Kodifikace botanické nomenklatury (1867)

1. základy již v Linnéově  
Philosophia botanica (1751).

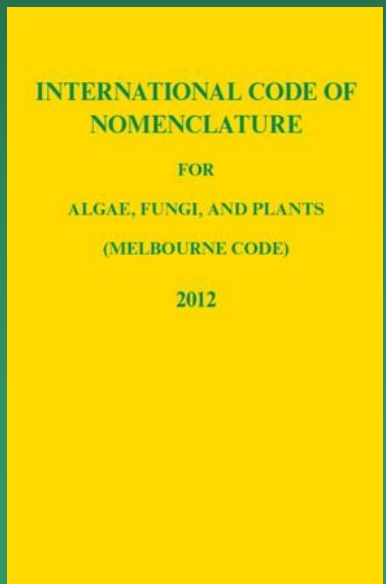
2. 1867 pověřil botanický  
kongres „komisi devíti“ v čele s  
Alphonsem De Candollem  
zpracováním prvního  
nomenklatorického kódu.

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**.

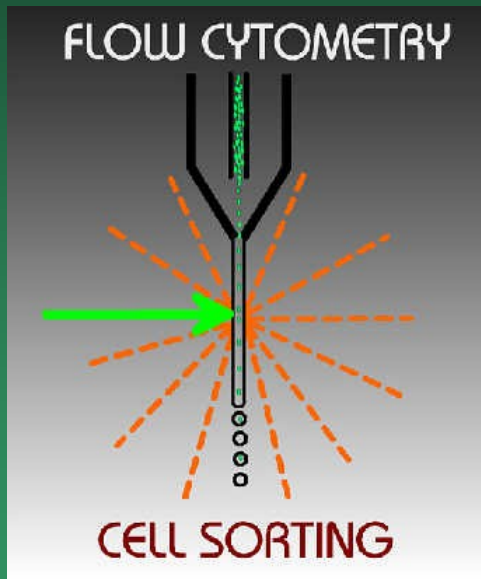
1888 tento fakt zobecnil německý cytogenetik a anatom **Theodor Boveri**.



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

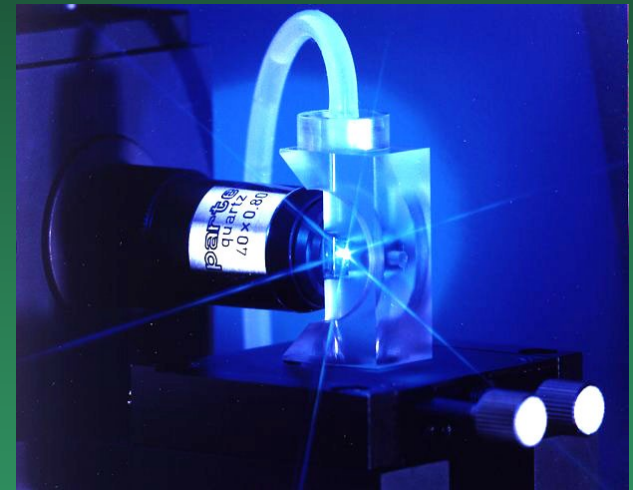
# Od počtu chromosomů k velikosti genomu

## Průtoková cytometrie (konec 20 stol.)



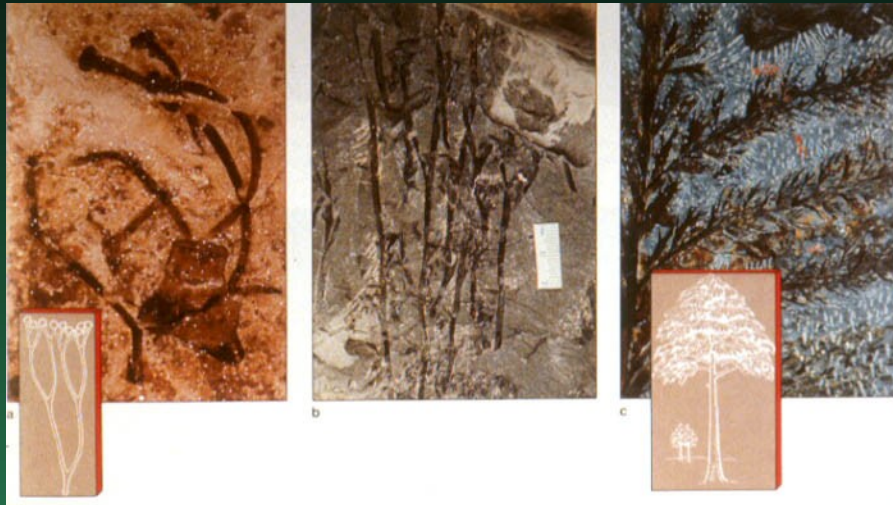
Od poloviny 80. let 20. stol. prodělává dramatický rozvoj. Původně sloužila k analýze krevních buněk.

U rostlin umožňuje měření obsahu DNA v buněčných jádrech .



Velikost genomu známa u 3 % druhů vyšších rostlin

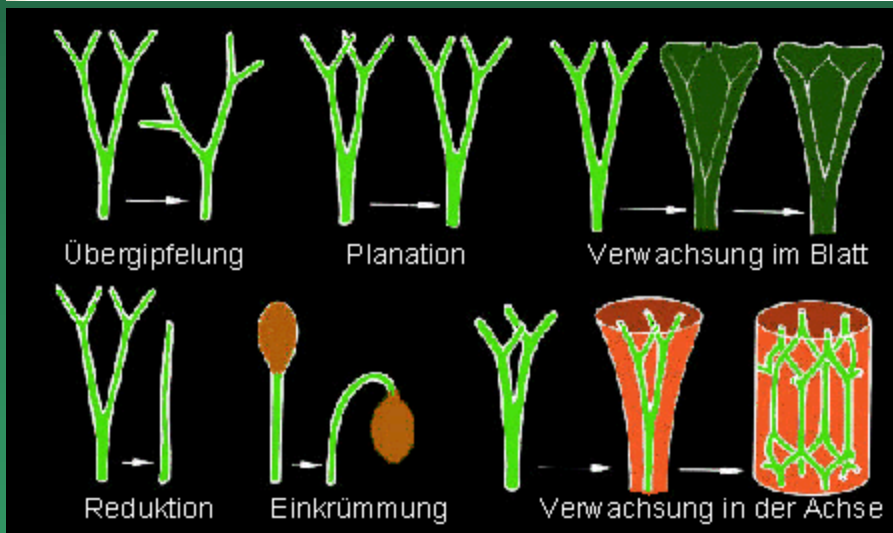
# Paleobotanické přístupy (od 1. pol. 20. stol.)



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



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



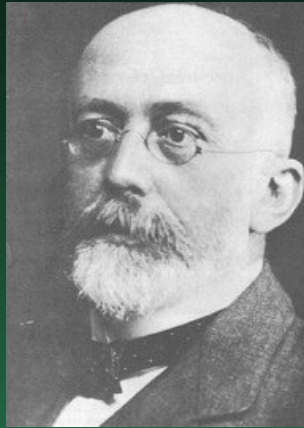
**Telomová teorie:** evoluční základ všech rostlinných orgánů = prastonek = telom. Z jeho prostorové dichotomické podoby u ryniofyt vznikly různé typy větvení stonku, postavení a uspořádání sporangií a listy u všech dalších rostlin.

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

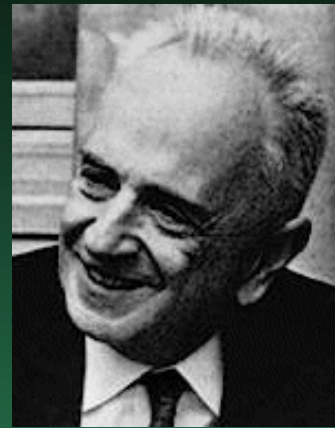
# Syntetická teorie evoluce (1. pol. 20. stol.)



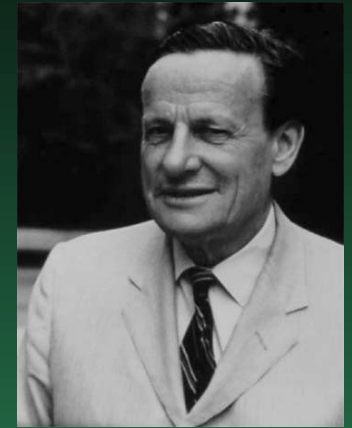
**Godfrey Harold Hardy**  
1877-1947  
britský genetik



**Wilhelm Weinberg**  
1862-1937  
německý genetik



**Theodosius Dobzhansky**  
1900-1975  
amer. 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).

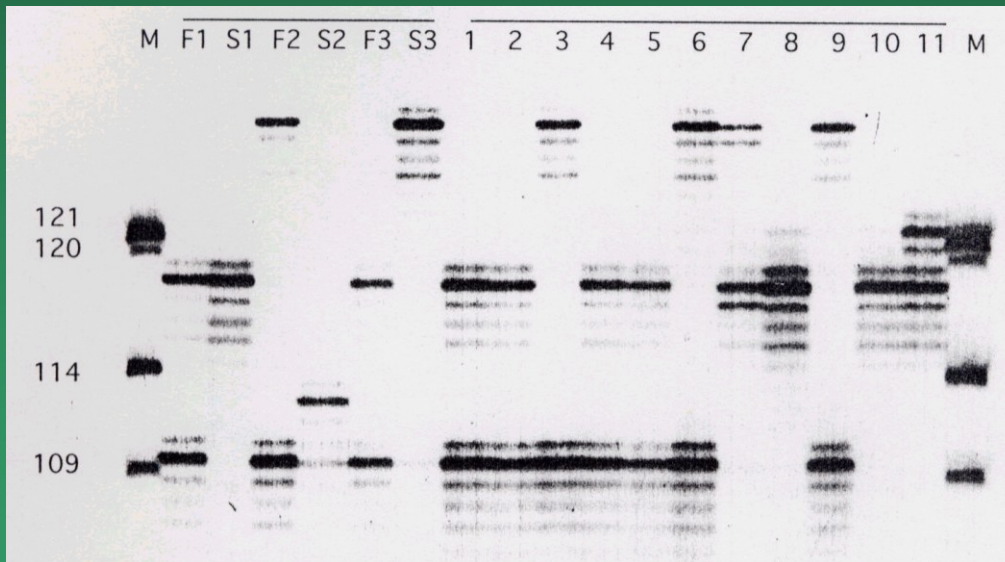
# Isoenzymy - markery populační genetiky 20. stol.

**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 genetik



# 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)

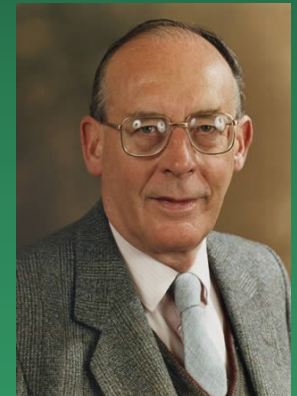
**Fenetika = „každý znak má a priori stejnou váhu“**

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

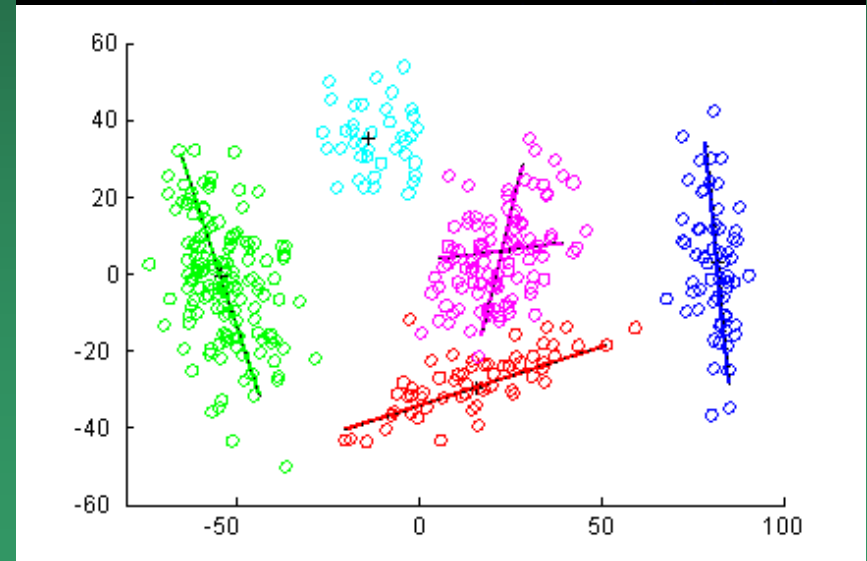
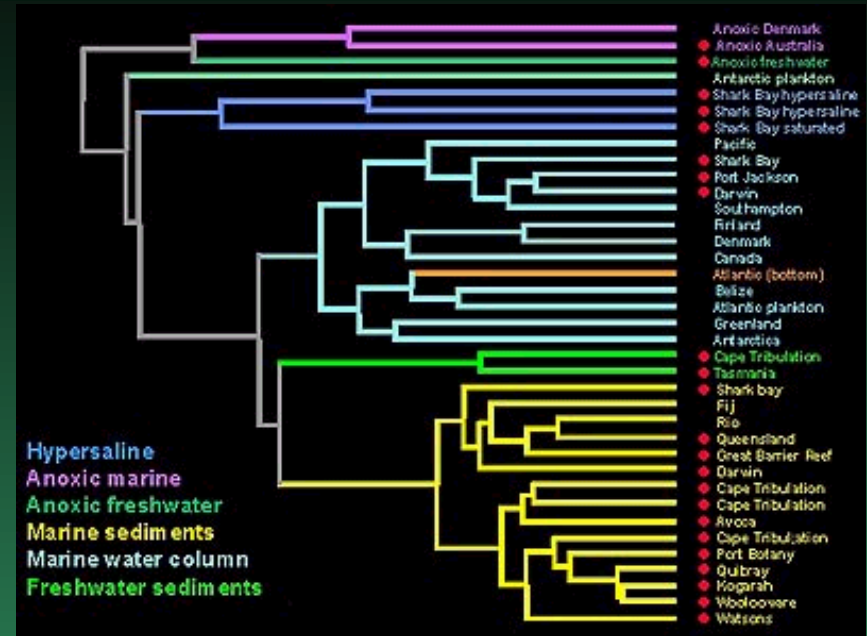


# Znaky kvantitativní a kvalitativní – biometrika.

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



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.

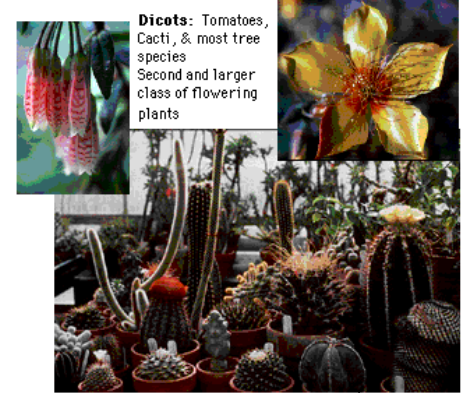
Plesiomorfie – homologické stavy

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

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



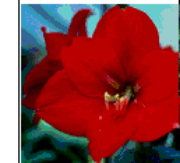
**Dicots:** Tomatoes,  
Cacti, & most tree  
species  
Second and larger  
class of flowering  
plants



**Seedless vascular plant:**  
Ferns and fern allies



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



**Moss & liverworts:**  
Basal plants

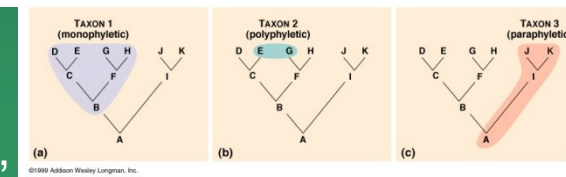


Reduction to one cotyledon,  
parallel venation in leaves,  
flower parts in  
multiples of 3,  
loss of woody  
tissue

**ANGIOSPERMS:**  
Flowering plants

- Flower parts in multiples of 4 or 5
- carpels in flowers & insect pollination
- Embryos in protective seed & secondary growth, two cotyledons
- Developed vascular system & sporophyte dominant

**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

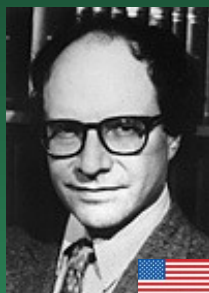


The Nobel Prize  
in Chemistry 1980



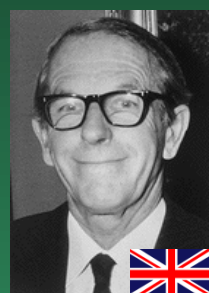
Paul Berg

1926-



Walter Gilbert

1932-



Fred Sanger

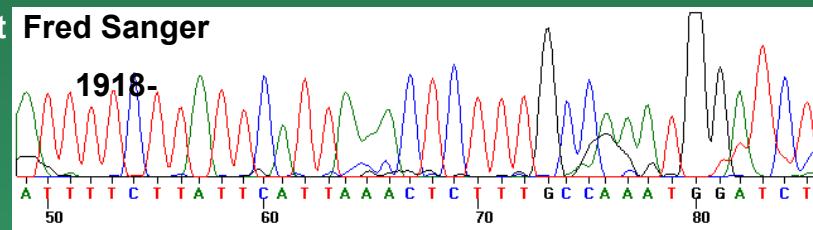
1918-



Kary B. Mullis 1944-



The Nobel Prize  
in Chemistry 1993



1970 - objev restrikčních endonukleáz

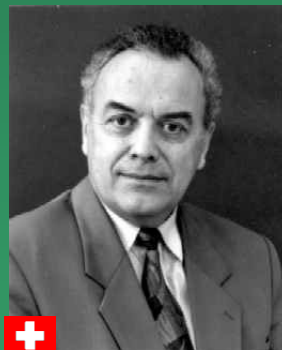
Werner Arber, Hamilton Smith a Daniel Nathans obdrželi 1978 Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu.



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)



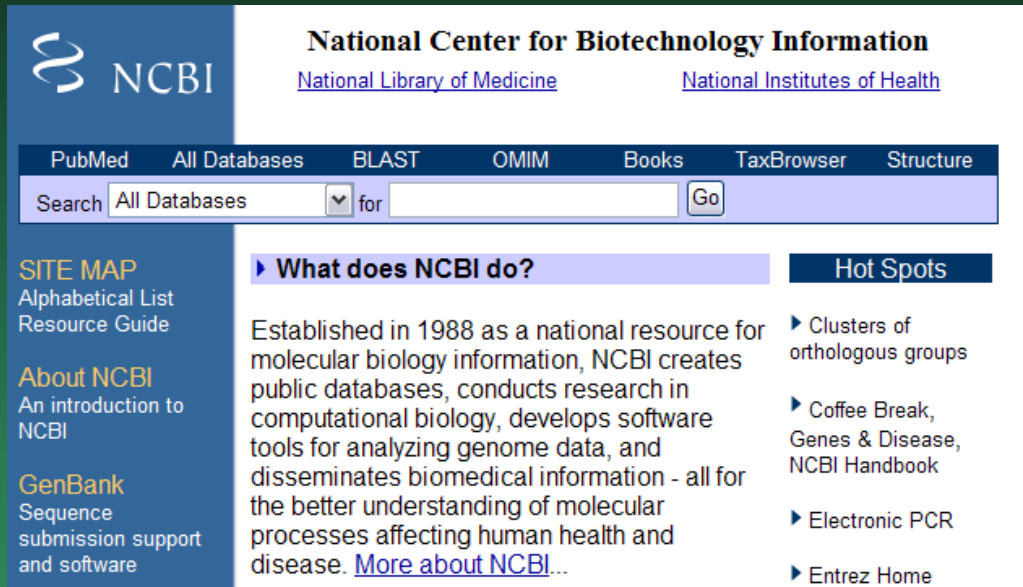
Hamilton Smith  
(1931)



Daniel Nathans  
(1928-1999)

# Bar-coding

## identifikace rostlin pomocí sekvence DNA



**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  Go

**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**

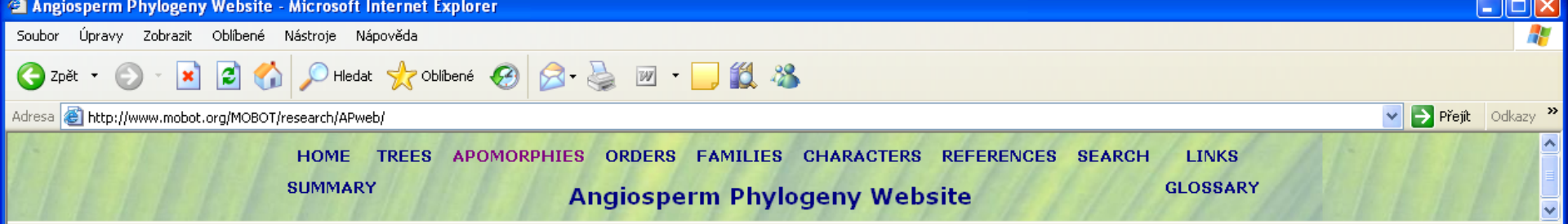
- Clusters of orthologous groups
- Coffee Break, Genes & Disease, NCBI Handbook
- Electronic PCR
- Entrez Home



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

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

[http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE\\_TYPE=BlastSearch&LINK\\_LOC=blasthome](http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome)



# Angiosperm Phylogeny Group

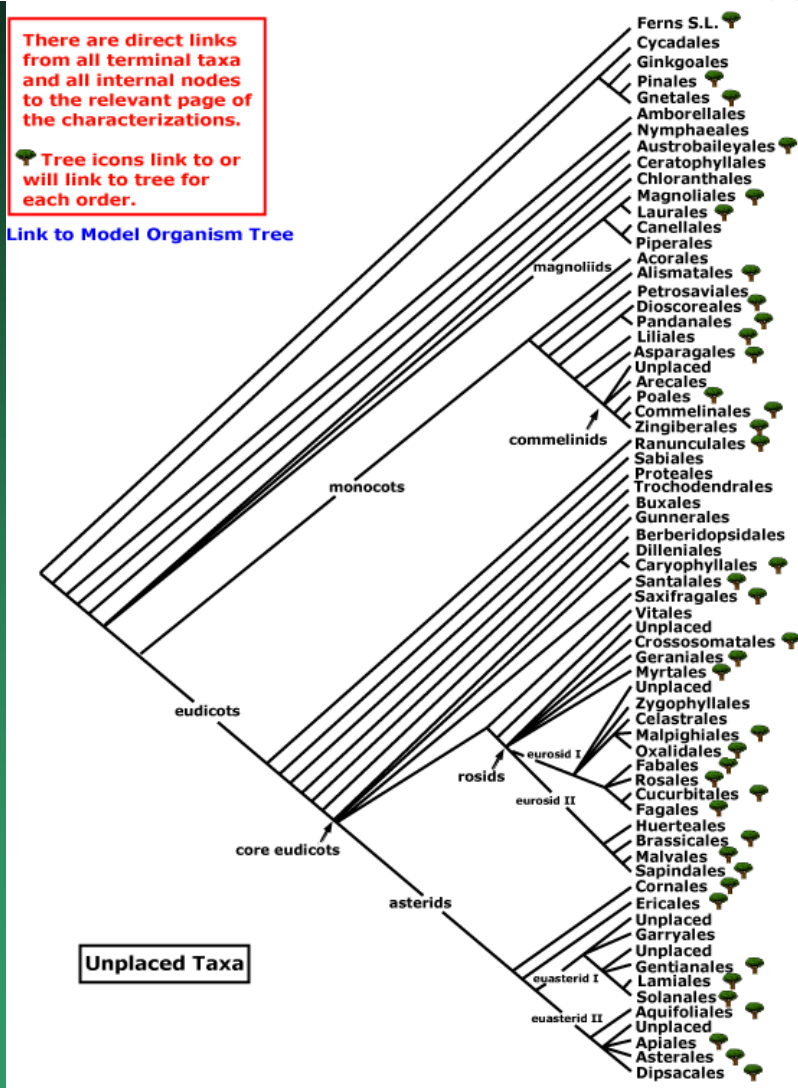
Stevens, P. F. (2001 onwards).  
Angiosperm Phylogeny  
Website. Version 7, May 2006  
[and more or less  
continuously updated since].

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

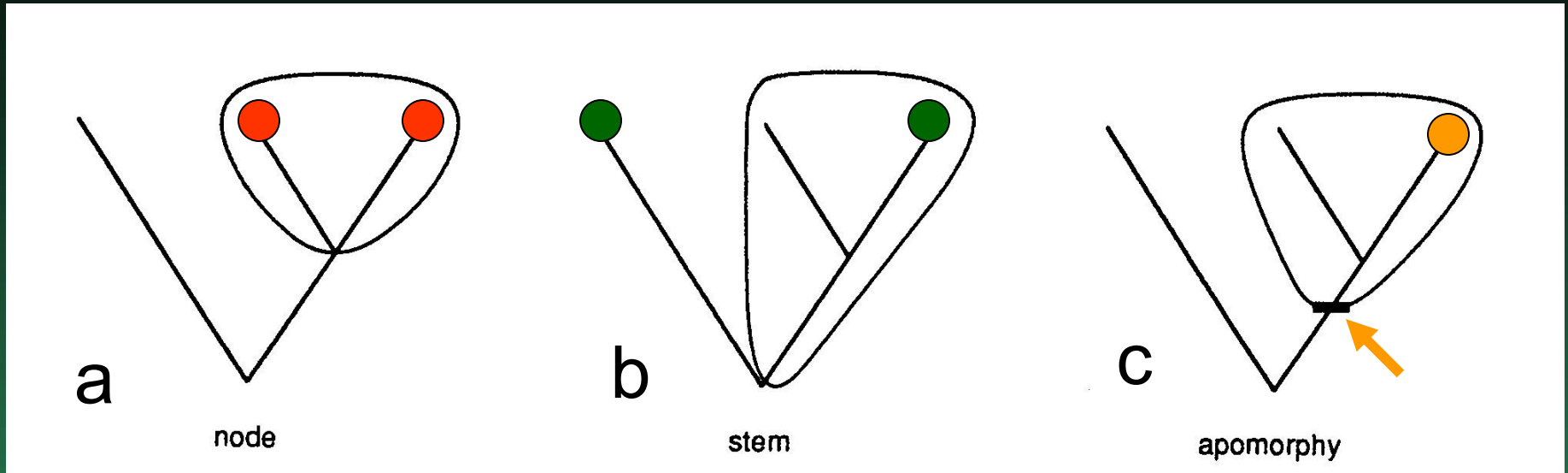
There are direct links from all terminal taxa and all internal nodes to the relevant page of the characterizations.

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

[Link to Model Organism Tree](#)



# Fylokód - fylogenetická definice jmen



jméno je definováno jedním ze tří způsobů:

**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