



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

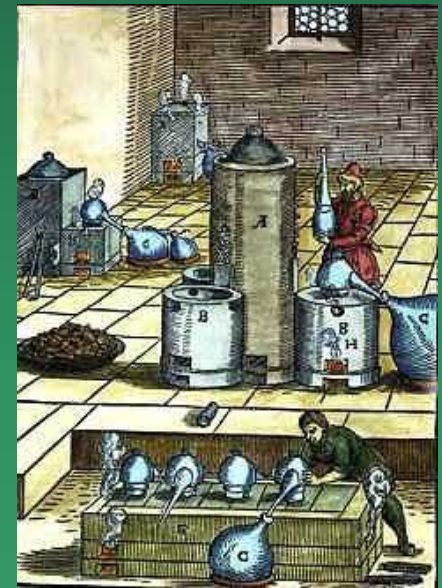


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

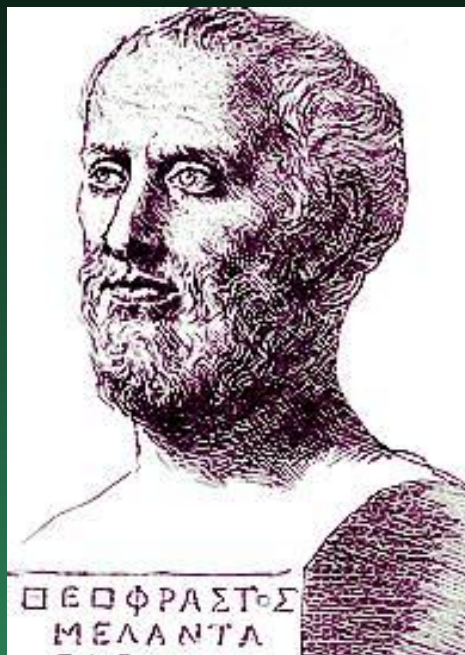
Historie systematické botaniky a vývoj jejích metod

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: stromy, keře, byliny vytrvalé, byliny jednoleté

Antický Řím (počátek letopočtu)



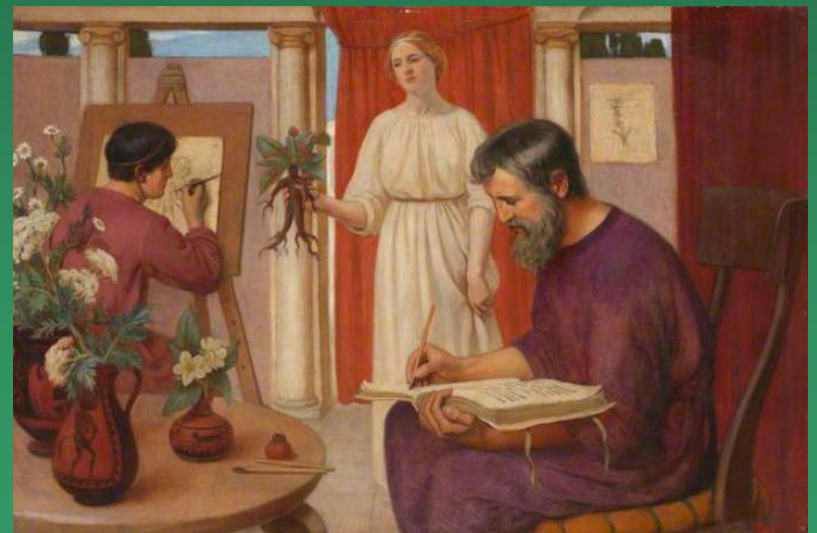
Pedanius Dioscorides
1 stol.

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

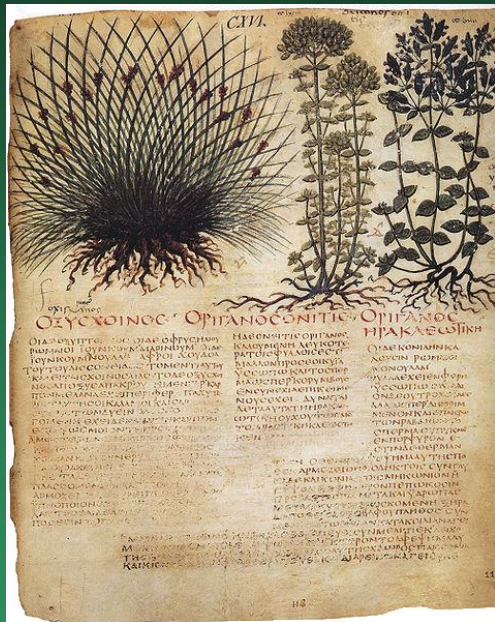


Dioscorides popisující mandragoru – obraz Ernesta Boarda z r. 1909



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

Byzantský přepis
Dioskoridova
De materia medica
6. stol.



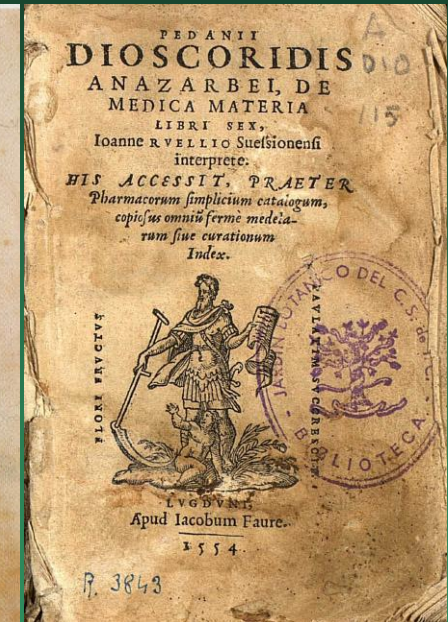
Řecký přepis
Dioskoridova
De materia medica
10. stol.



Arabský přepis
Dioskoridova
De materia medica
14. stol.

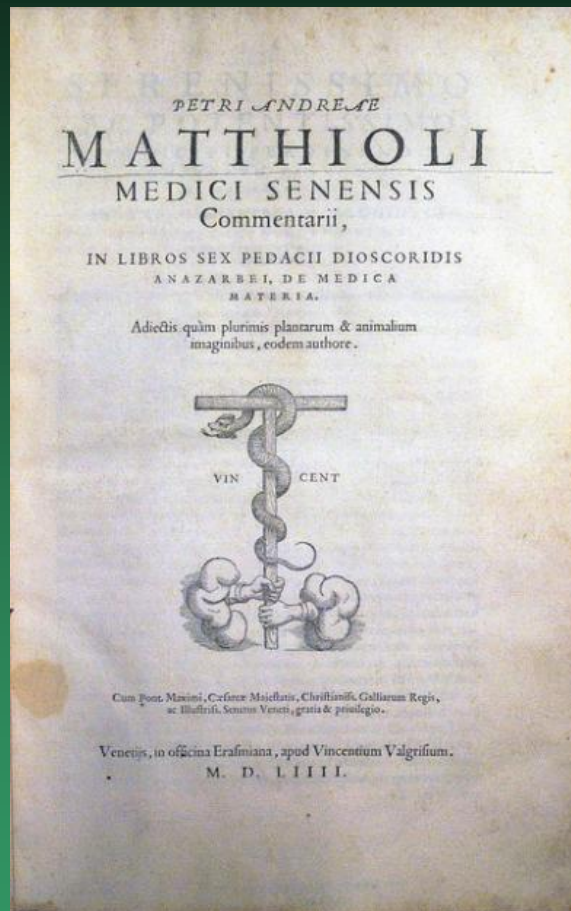
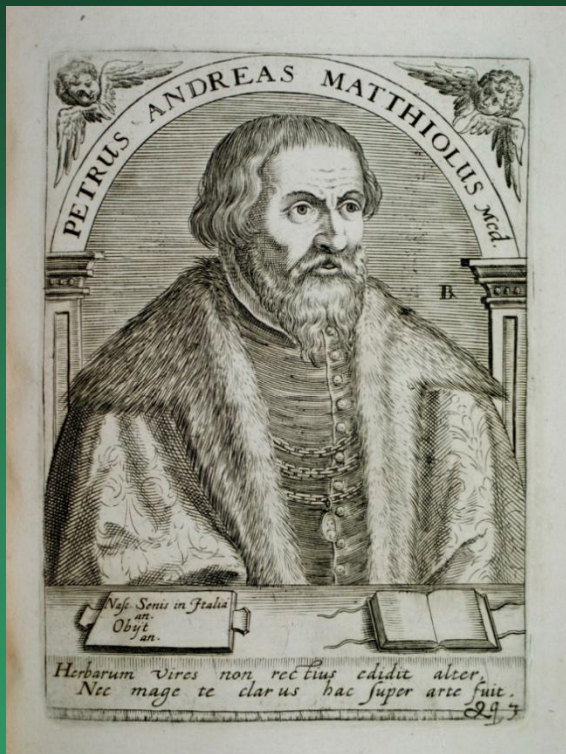


Renesanční latinské
vydání Dioskoridova
De materia medica
1554



Mattioliho
Comentarii in libros sex
Pedacii Dioscoridis
1554

České vydání Mattioliho
Herbáře
1558



Renesanční bylináře (16 - 17. stol)

Handwritten text in a Gothic script, likely describing the medicinal properties of the plant shown in the adjacent illustration.

Als krankenbasilic wasser



Handwritten text in a Gothic script, likely describing the medicinal properties of the plant shown in the adjacent illustration.

Handwritten text in a Gothic script, likely describing the medicinal properties of the plant shown in the adjacent illustration.

Handwritten title for the second plant illustration.



Handwritten text in a Gothic script, likely describing the medicinal properties of the plant shown in the adjacent illustration.



Handwritten text in a Gothic script, likely describing the medicinal properties of the plant shown in the adjacent illustration.

Clon butre laub wasser.



Handwritten text in a Gothic script, likely describing the medicinal properties of the plant shown in the adjacent illustration.

Handwritten text in a Gothic script, likely describing the medicinal properties of the plant shown in the adjacent illustration.

Clon bathonien wasser



Handwritten text in a Gothic script, likely describing the medicinal properties of the plant shown in the adjacent illustration.

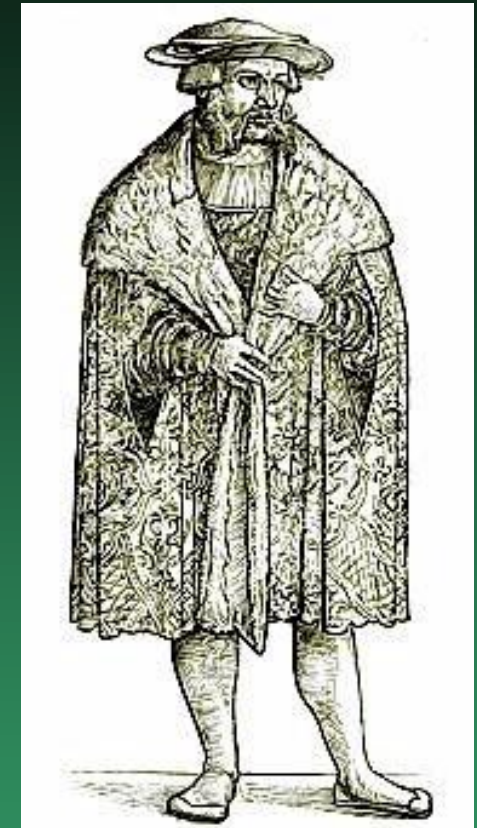
Němečtí otcové botaniky (16. stol.)



Otto Brunfels
1488 - 1534



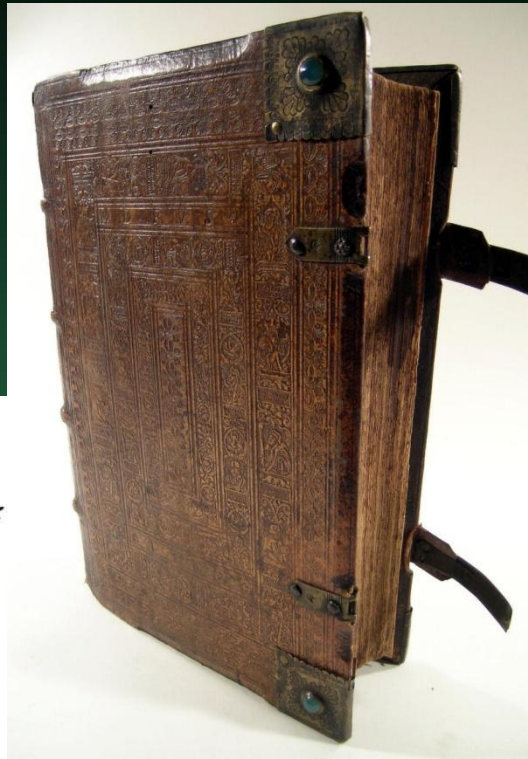
Hieronymus Bock
(Tragus)
1498 - 1554



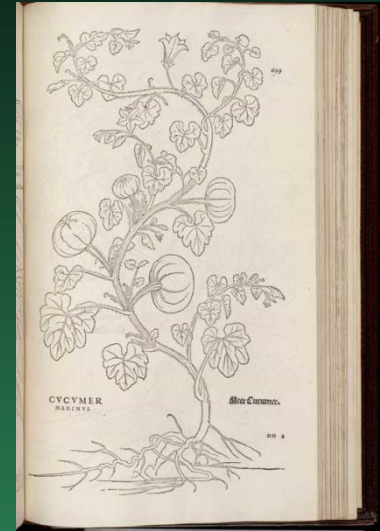
Leonard Fuchs
1501 - 1566

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

Fenomenální
ilustrace Hanse
Weiditze v
Brunfelsově
herbáři



Fuchsův kapesní atlas
Historia stirpium, 1549



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

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 *Pelobogůch* sAbbildungeu, díl II.
(Z výtisku *Dobrovoľsko* 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	7,2
Royal Botanic Gardens	Kew, England, UK	K	7
Conservatoire et Jardin botaniques	Geneva, Switzerland	G	6
Missouri Botanical Garden	St. Louis, USA	MO	5,9
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

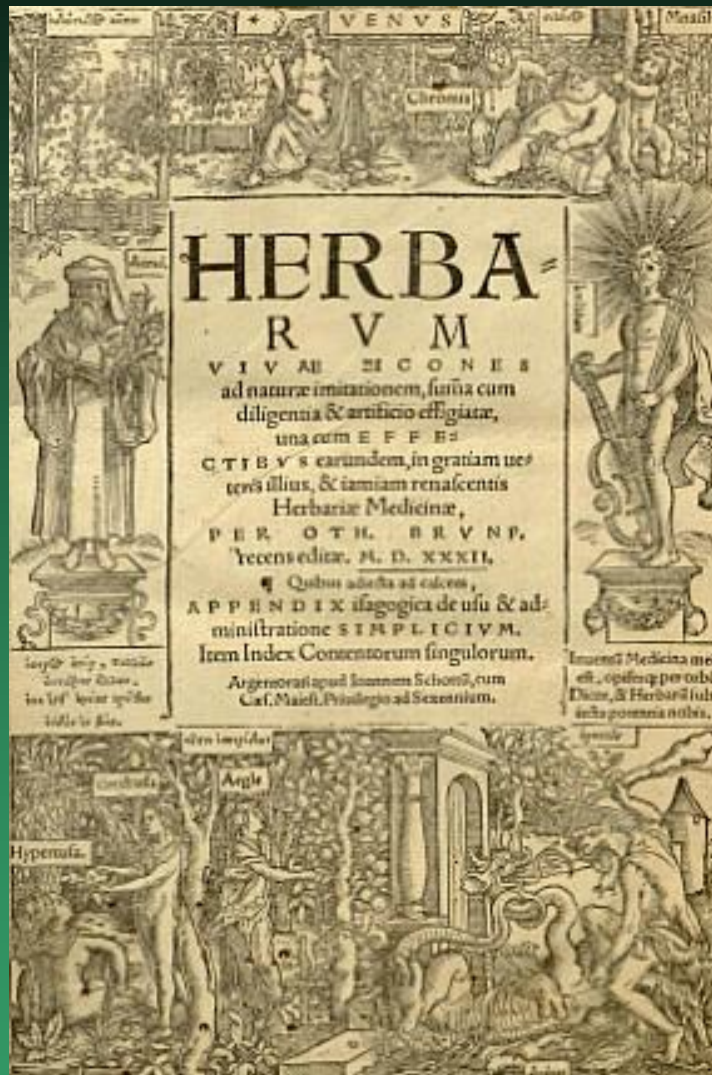
Je vhodné aby na ní bylo:

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

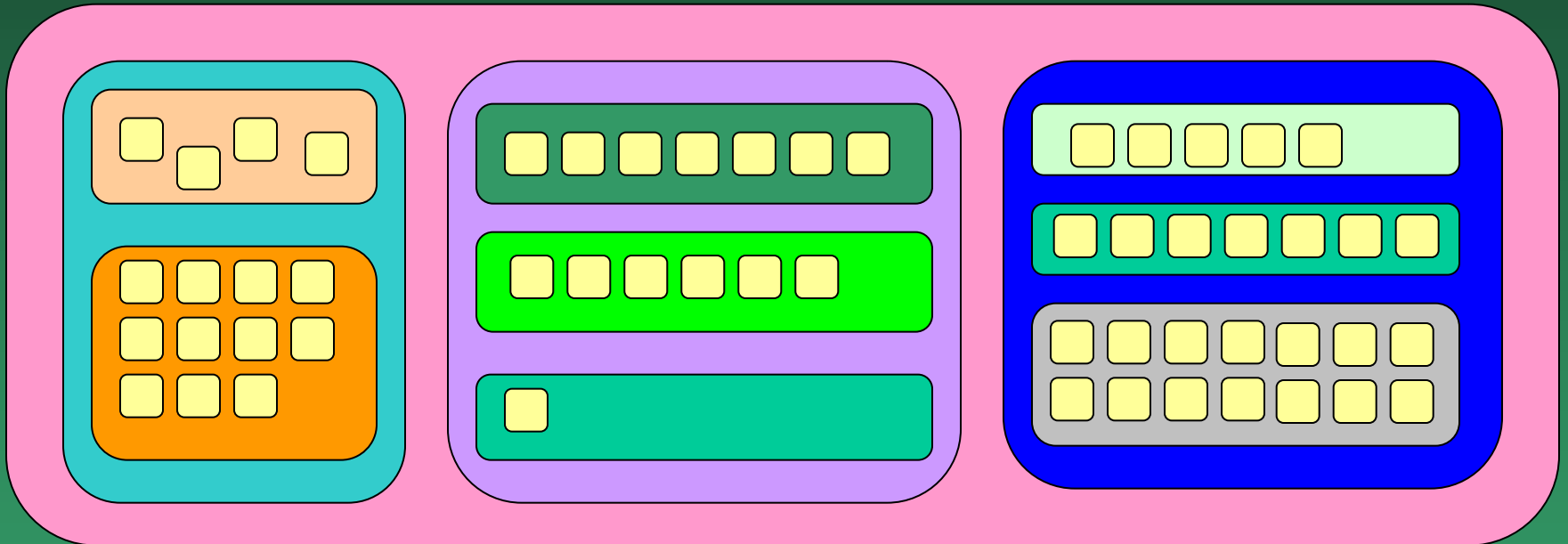
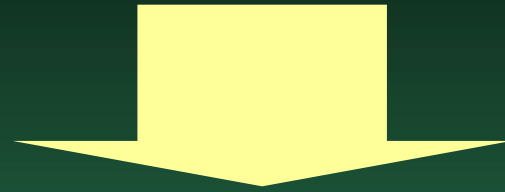


V renesanční bylinářích nebyly rostliny hierarchicky klasifikovány

bylo jich několik set
200-500

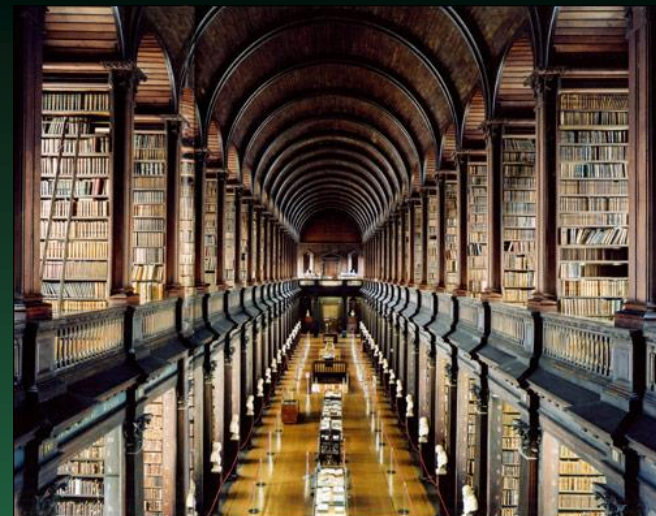


jednoúrovňová (**lineární**) klasifikace =
přiřazení jmen k objektům



klasifikace hierarchická

Příkladem vynuceného přechodu od lineární klasifikace ke klasifikaci hierarchické je knihovna



Umělé hierarchické systémy rostlin (konec 16. stol)

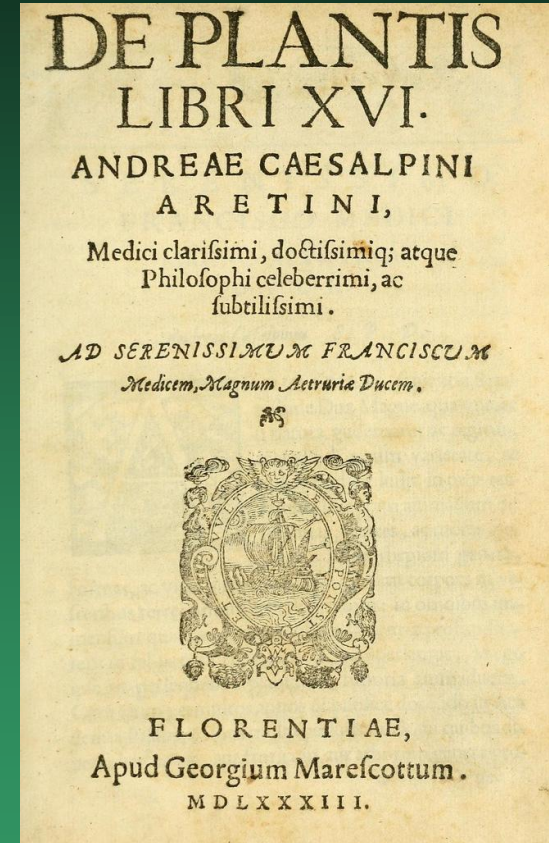
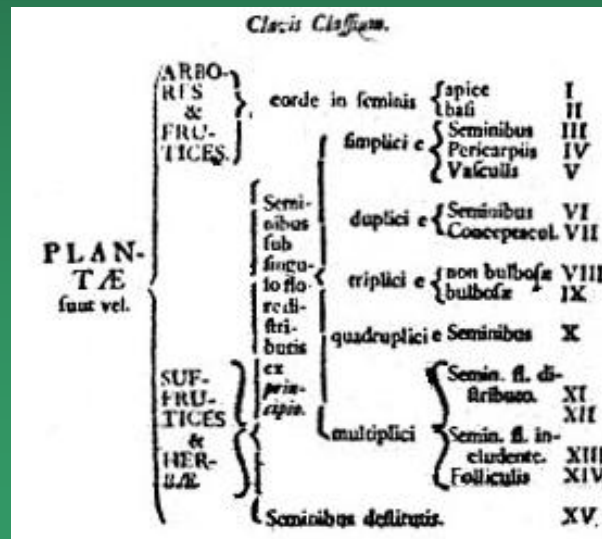
italský lékař a botanik **Andrea Cesalpino**, osobní lékař papeže Klimenta VIII. Dílo: *De plantis* (Firence 1583) (16 knih o rostlinách)



Andrea Cesalpino
(Caesalpinus)
1519 - 1603

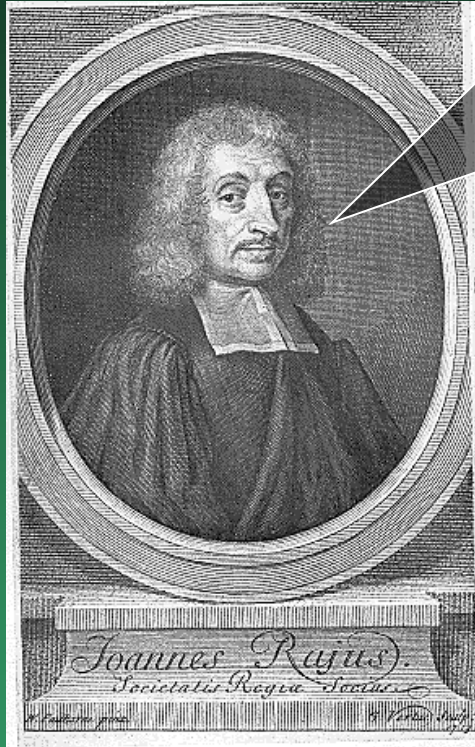
Jako Teofrastos považuje dřeviny za samostatnou skupinu, byliny dělí do 13 skupin dle generativních znaků:

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



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

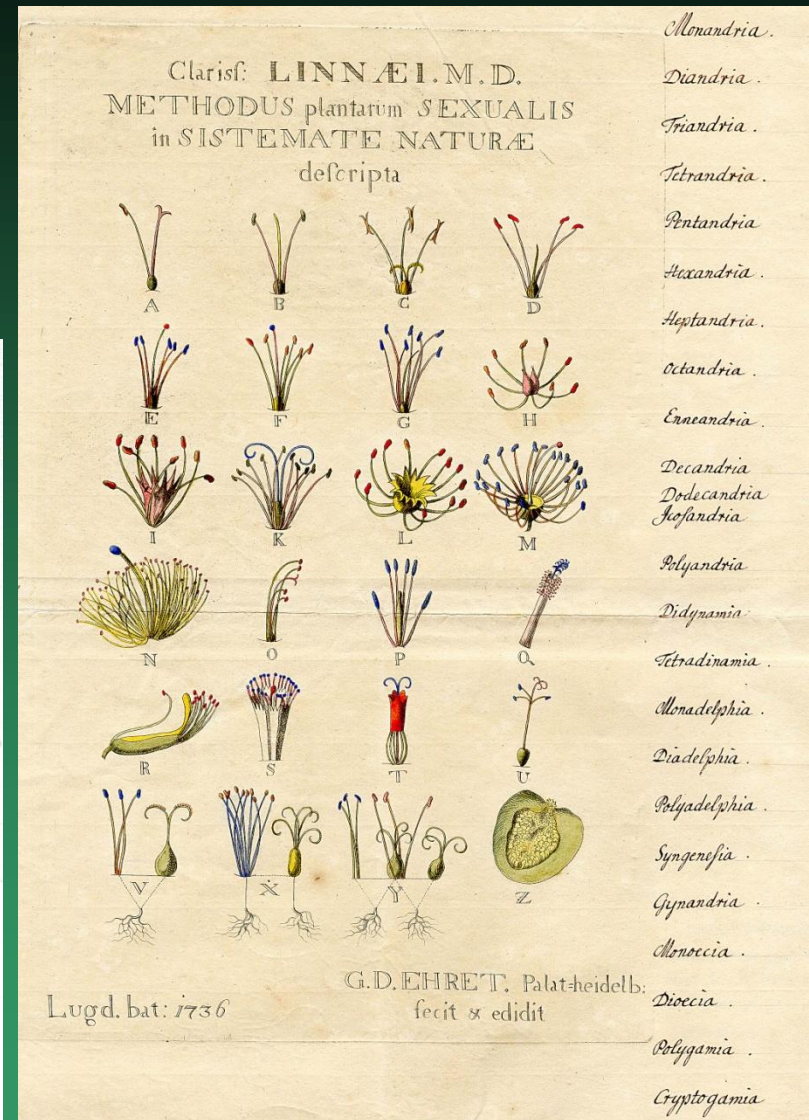
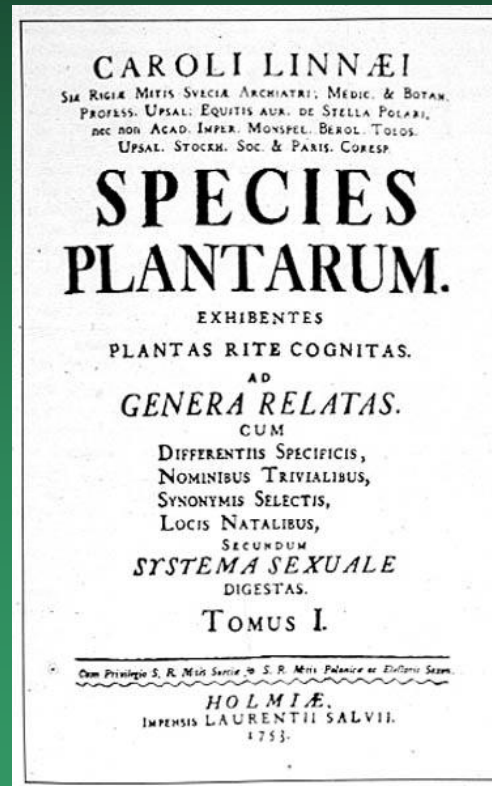
Carl Linné synteticky navázal na vše progresivní co zjistili nebo zavedli jeho předchůdci:

- 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



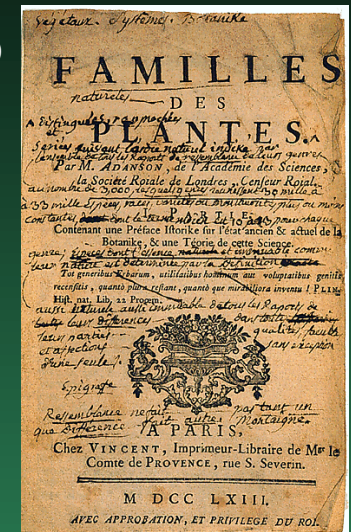
První přirozené systémy (2. pol. 18. stol.)



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



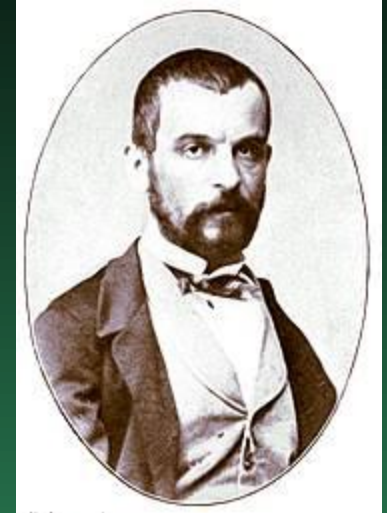
Antoine Laurent
de Jussieu
1748 - 1836

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.

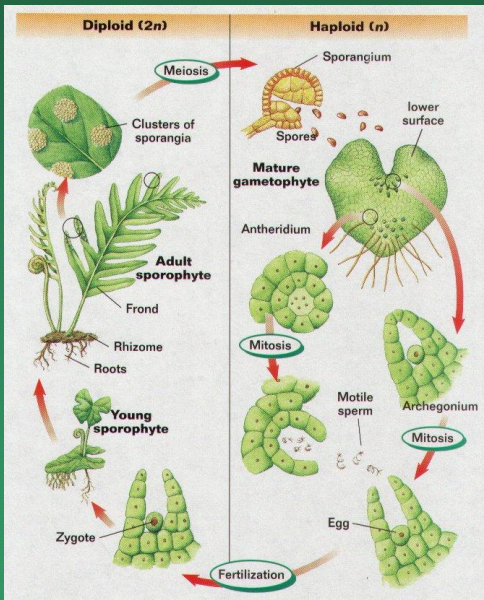


Objev a zobecnění rodozměny (1. pol. 19. stol)

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.

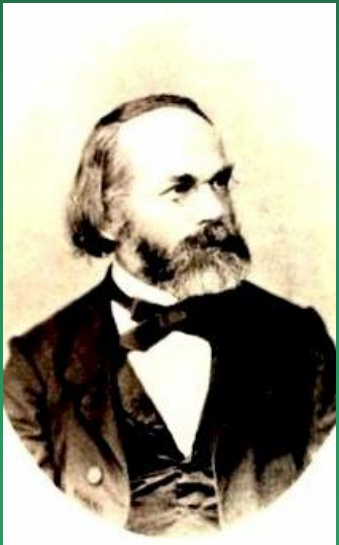
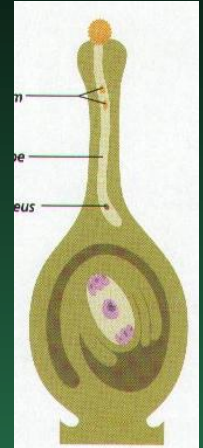
Objev principu opylení rostlin (1. pol. 19. stol)



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

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

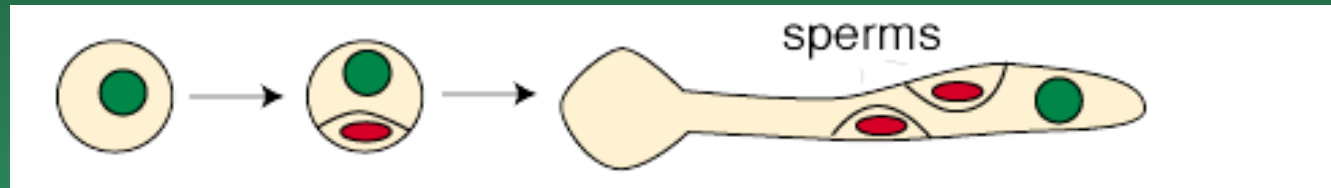
Osservazioni microscopiche sopra varie piante (Mondena 1823)



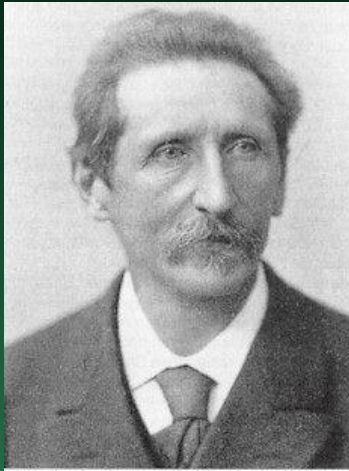
Carl Wilhelm von Naegeli (1817 - 1891) prof. botaniky na
univ. v Zürichu

1842 studuje dělení buněk uvnitř vznikajícího pylového zrna

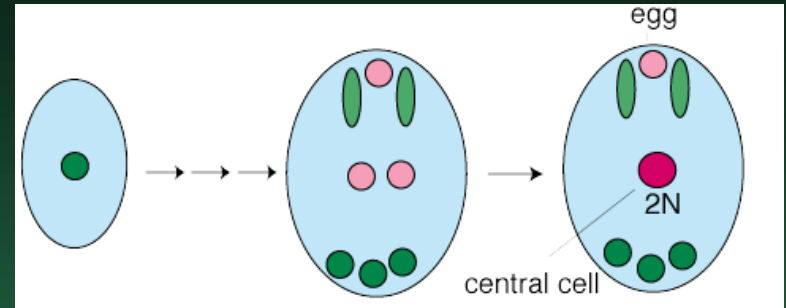
Zur Entwicklungs-geschichte des Pollens bei den Phanerogamen. (Zürich 1842).



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



1877 popis dělení a diferenciacie buněk uvnitř zárodečného vaku



Über Befruchtung und Zelltheilung (Jena 1877)

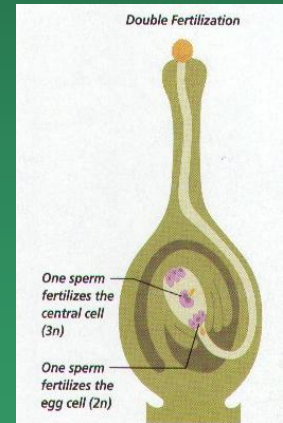
Eduard Strassburger, 1844–1912, prof. botaniky univ. v Jeně



1898 objev dvojího oplození u rostlin

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

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



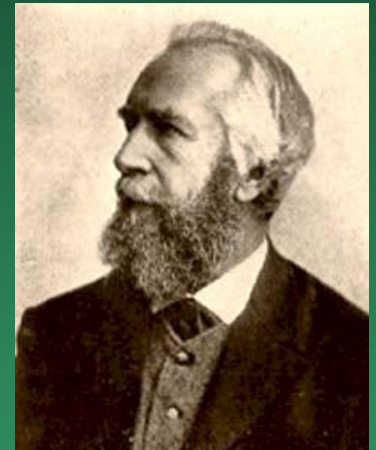
Evoluční teorie (2. pol. 19. stol.)



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

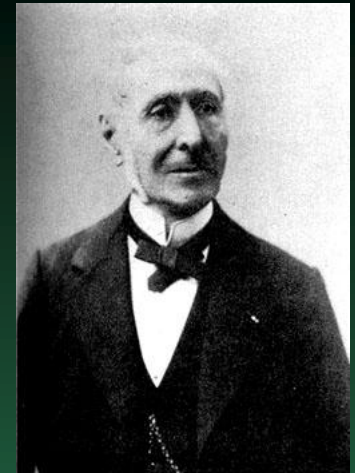
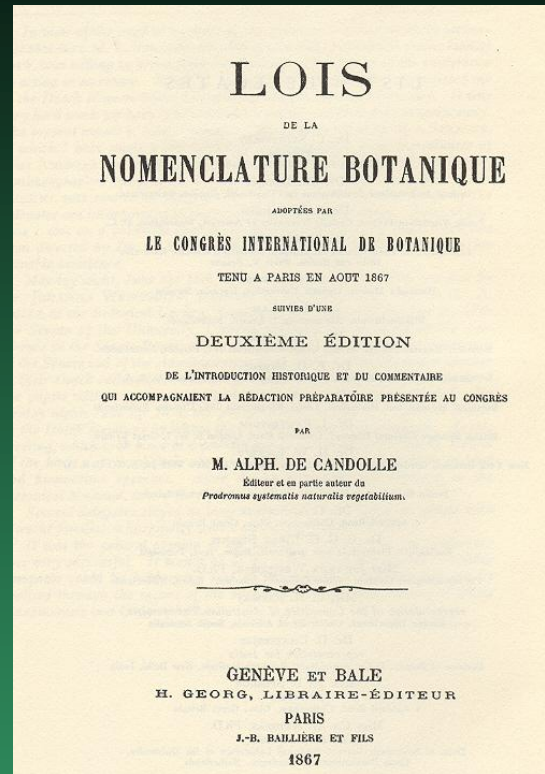
Kodifikace botanické nomenklatury (1867)

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

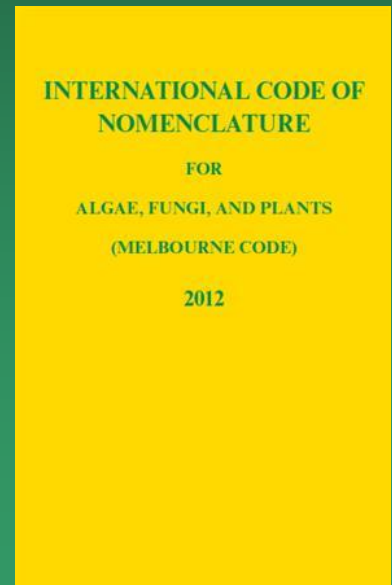
2. 1867 pověřil botanický
kongres „komisi devíti“ v čele s
Alphonsem De Candollem
zpracováním prvního
nomenklatorického kódu.

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**.

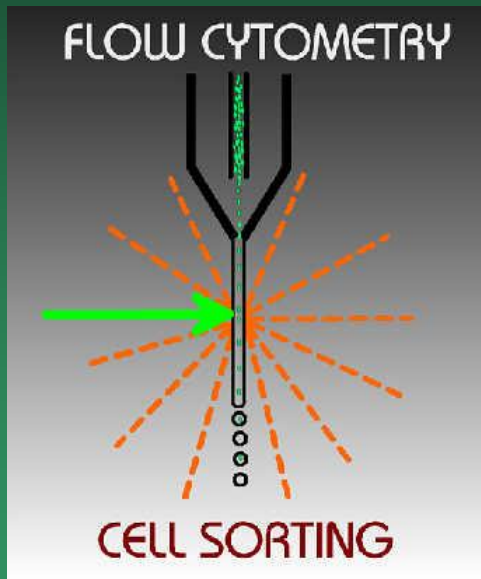


V rostlinné systematice se chromosomy zjišťují od 20. let 20. stol.

Dnes u 25-30% rostlinných druhů znám počet chromosomů

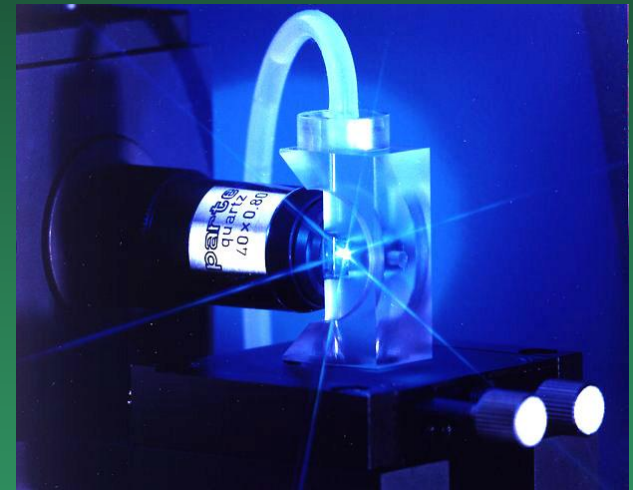
Od počtu chromosomů k velikosti genomu

Průtoková cytometrie (konec 20 stol.)



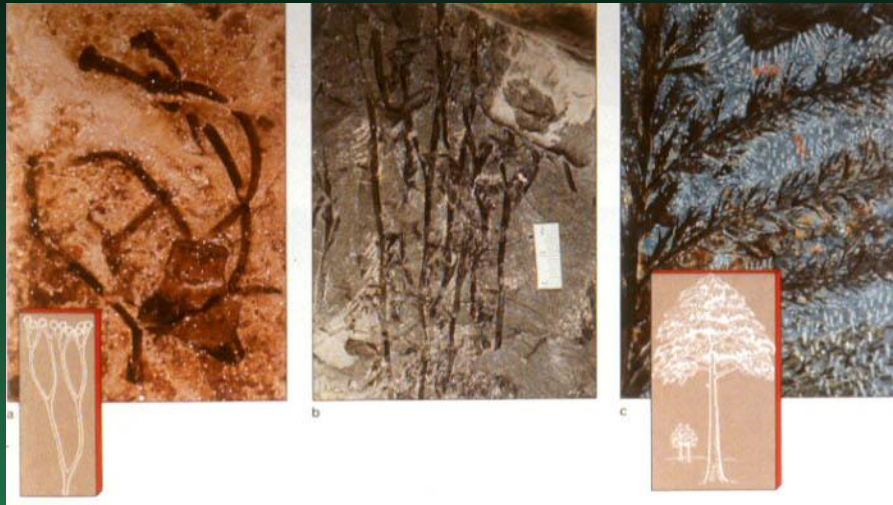
Od poloviny 80. let 20. stol. prodělává dramatický rozvoj. Původně sloužila k analýze krevních buněk.

U rostlin umožňuje měření obsahu DNA v buněčných jádrech .



Velikost genomu známa u 3 % druhů vyšších rostlin

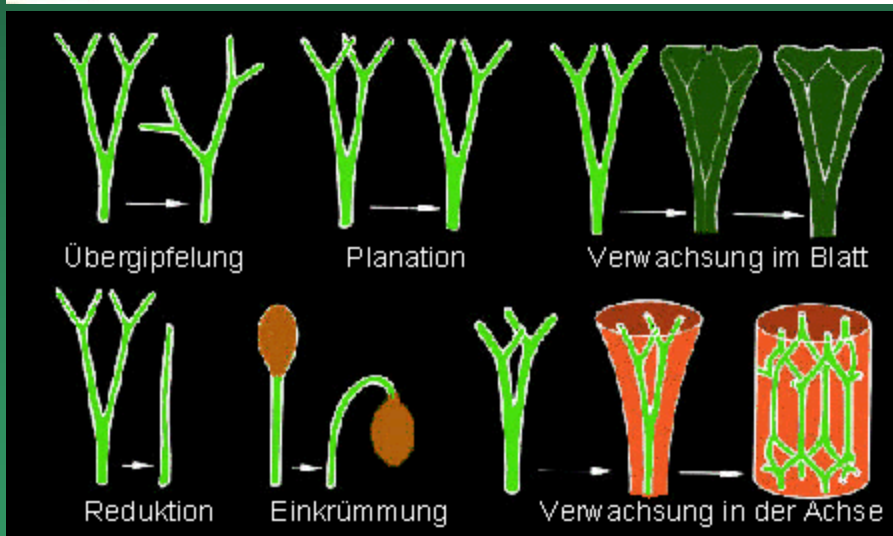
Paleobotanické přístupy (od 1. pol. 20. stol.)



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).



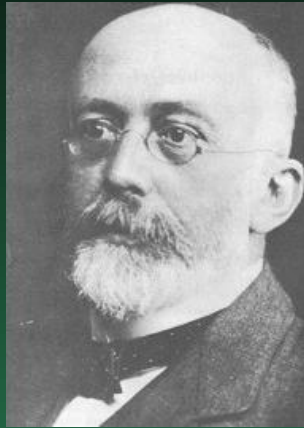
Telomová teorie: evoluční základ všech rostlinných orgánů = prastonek = telom. Z jeho prostorové dichotomické podoby u ryniofyt vznikly různé typy větvení stonku, postavení a uspořádání sporangií a listy u všech dalších rostlin.

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

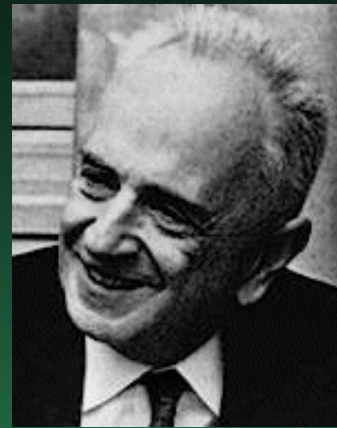
Syntetická teorie evoluce (1. pol. 20. stol.)



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).

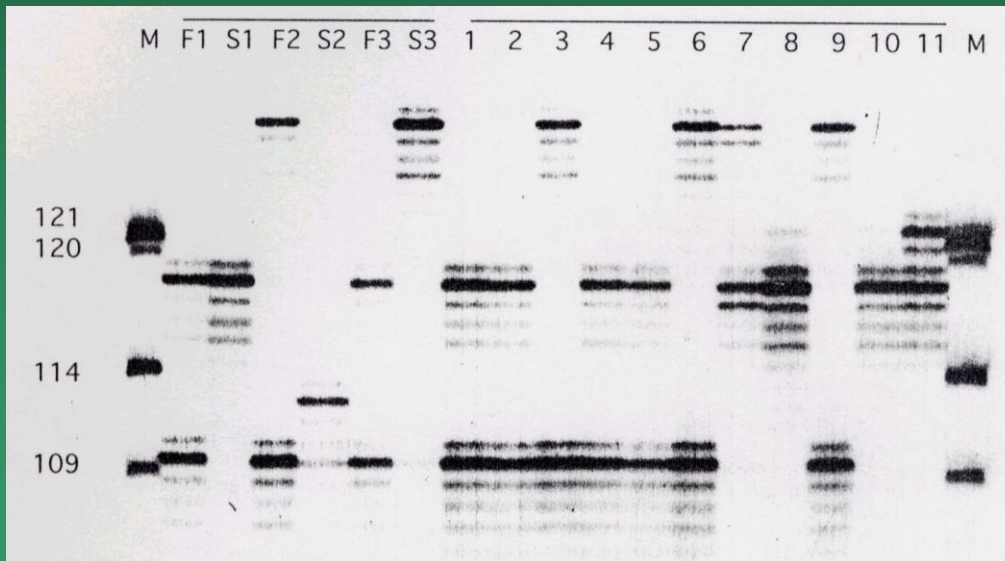
Isoenzymy - markery populační genetiky 20. stol.

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 genetiky

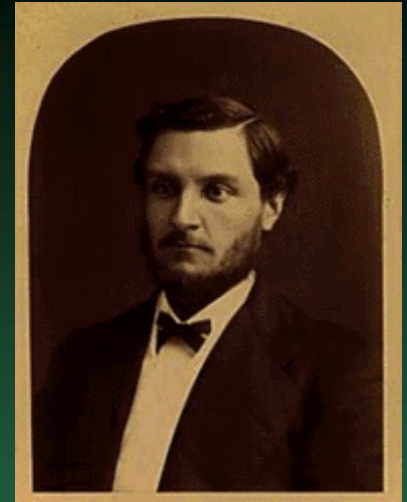


Objektivizace a racionalizace taxonomických dat = Biostatistika (20. století)



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



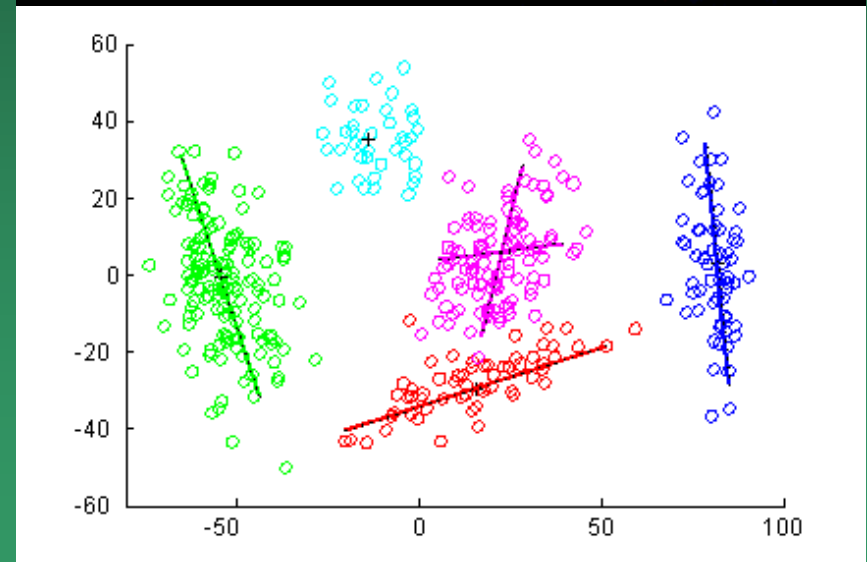
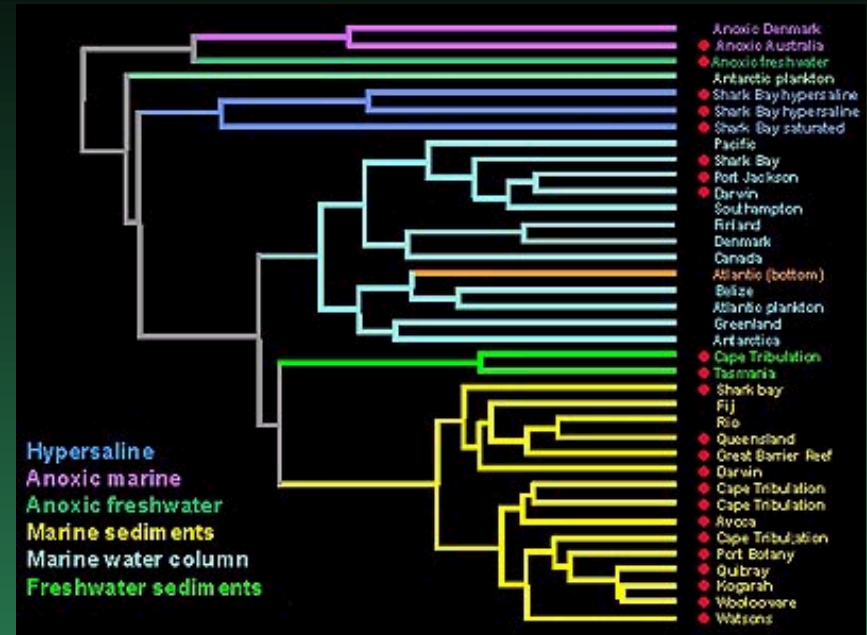
Peter Sneath
(1923-2011)
mikrobiolog

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,

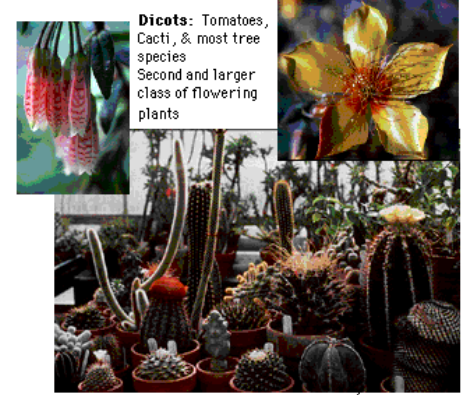
konduplikátně svinutý plodolist = apomorfie krytosemenných.

Plesiomorfie – homologické stavy

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



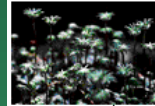
Seedless vascular plant:
Ferns and fern allies



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



Moss & liverworts:
Basal plants

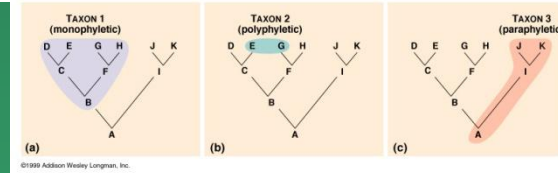


Reduction to one cotyledon,
parallel venation in leaves,
flower parts in
multiples of 3,
loss of woody
tissue

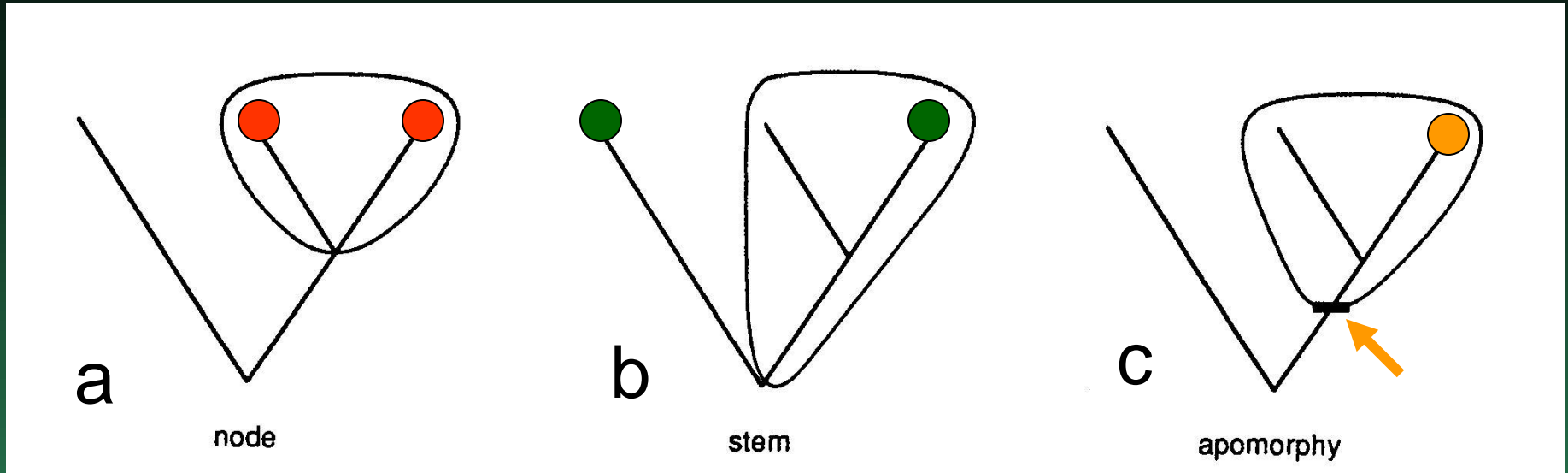
ANGIOSPERMS:
Flowering plants

- 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
- Terrestrial & dominant gametophyte & unbranched dependent sporophyte

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



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

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



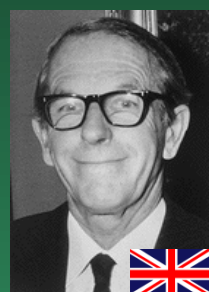
The Nobel Prize
in Chemistry 1980



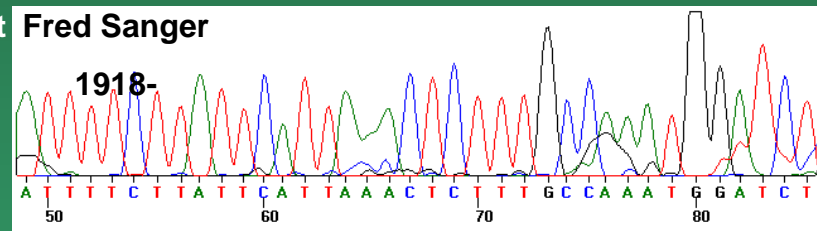
Paul Berg
1926-



Walter Gilbert
1932-



Fred Sanger
1918-



Kary B. Mullis 1944-



The Nobel Prize
in Chemistry 1993

1970 - objev restrikčních endonukleáz

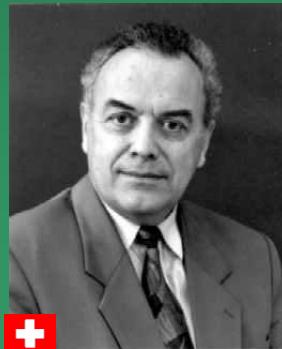
Werner Arber, Hamilton Smith a Daniel Nathans obdrželi 1978 Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu.



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

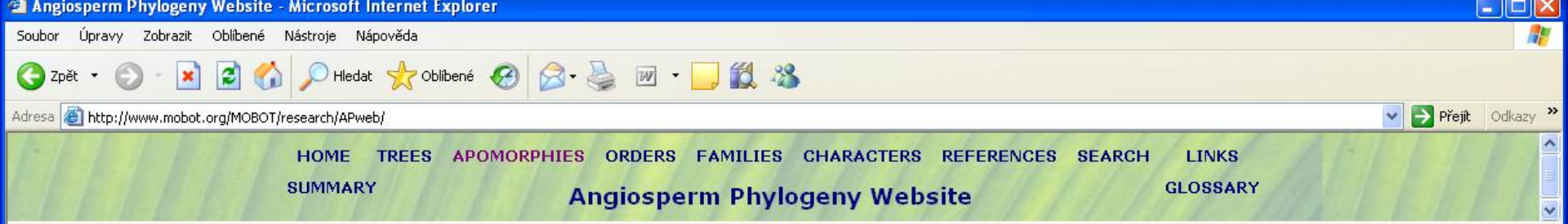
- ▶ Clusters of orthologous groups
- ▶ Coffee Break, Genes & Disease, NCBI Handbook
- ▶ Electronic PCR
- ▶ Entrez Home



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

```
CCTCTTACTATAAATTCATTGTTGTCGATATTGACATGTAGAATGGACTCTCTCTTTATTCTCGTTTGATTTATCATCATT  
TTTTCAATCTAACAAATTCATAATGAATAAAATAAATAGAATAAATTGACTACTAAAATTGAGTTTTTTCTCATTAAACTT  
CATATTTGAATCAATTTACCATAAATAATTCATAATTTATGGAATTCAAAAAATTCCTGAATTTGCTATTCCATAATCATTG  
TCAATTTCTTTATTGACATGAAAAATATGATTTGATTGTTATTATGATCAATCATTTGATCATTGAGTATATACGTACGTC  
TTTTTTGGTATAGACGGCTATCCTTTCTCTTATTTTCGATAAAGATATTTTAGTAATGCAACATAATCAACTTTATTCGTTA  
GAAAACTTCCATCGAGTCTCTGCACCTATCTTTAATATTAGATAAGAAATATTTTATTTCTTATAATAAATAAGAGATATTT  
TATATCTCTCATTCTCAAATGAAAGATTTGGCTCAGGATTGCCACTCTTAATTCAGGGTTTCTCTGAATTTGAA  
GTTAACACTTAGCAAGTTNCCATACCAAGCCAATCCAATGC
```

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](#)



Unplaced Taxa