



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

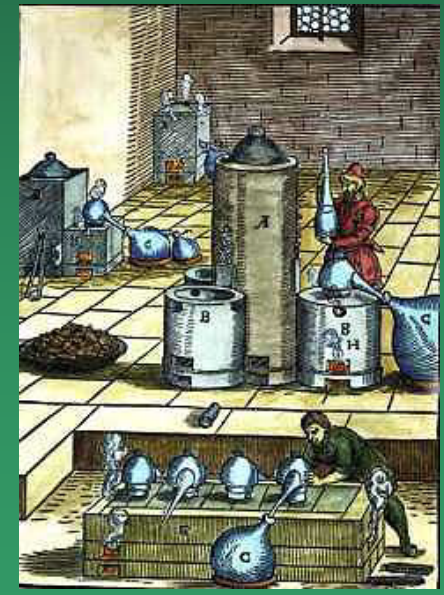


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

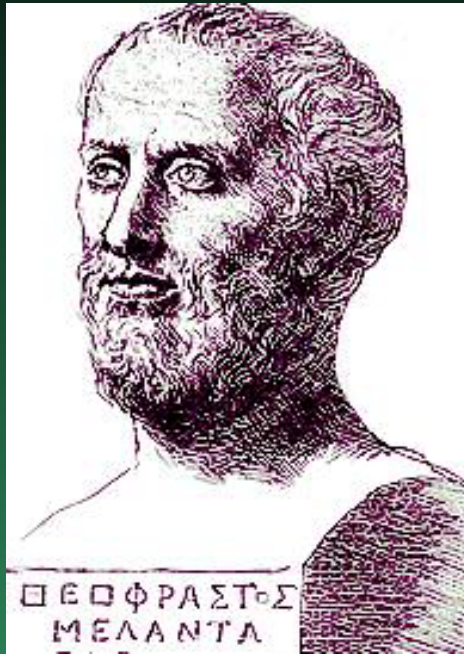
Vývoj klasifikace rostlin

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



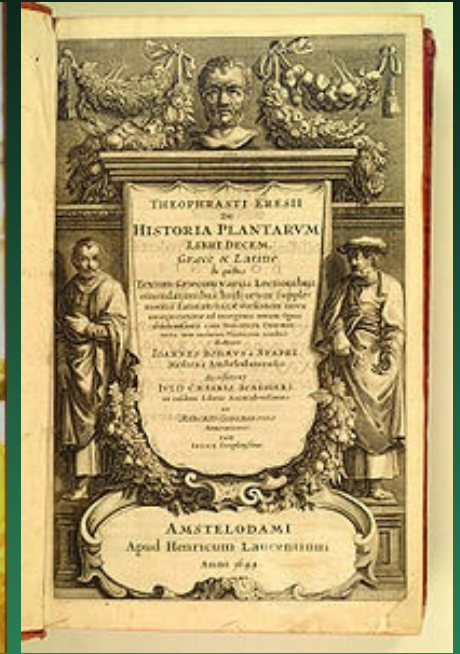
Antické Řecko (4–3. stol. př. Kr.) – Theophrastos



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.



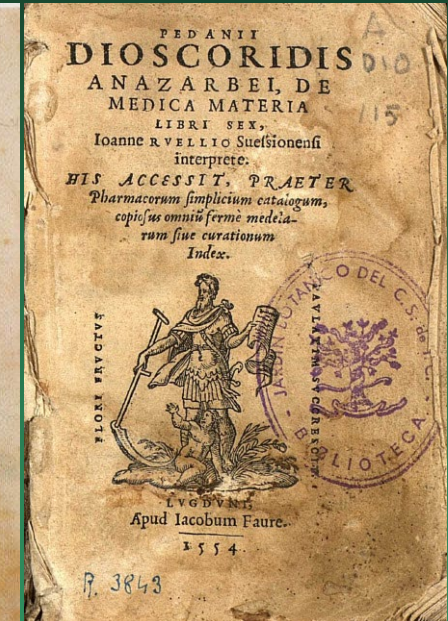
Řecký přepis
Dioskoridova
De materia medica
10. stol.



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.

Renesanční bylináře (16 - 17. stol)



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

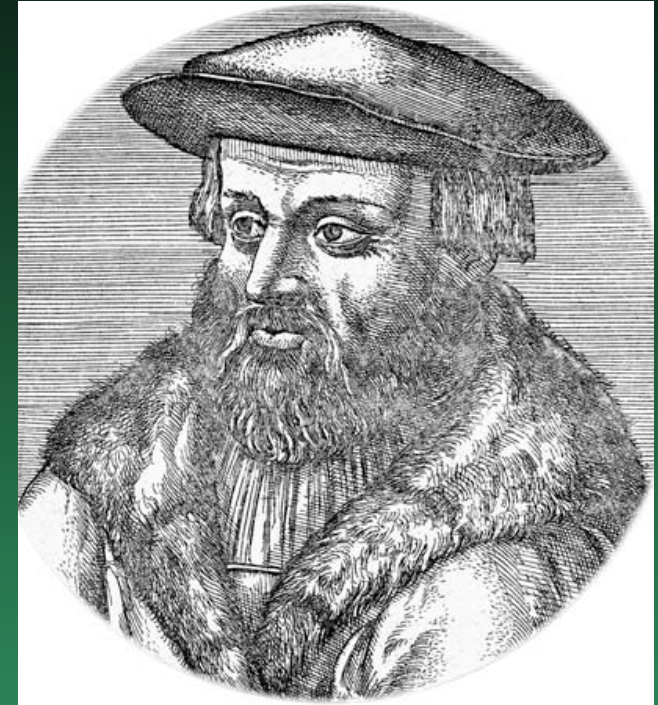
Němečtí renesanční otcové botaniky (16. stol.)



Otto Brunfels
1488 - 1534



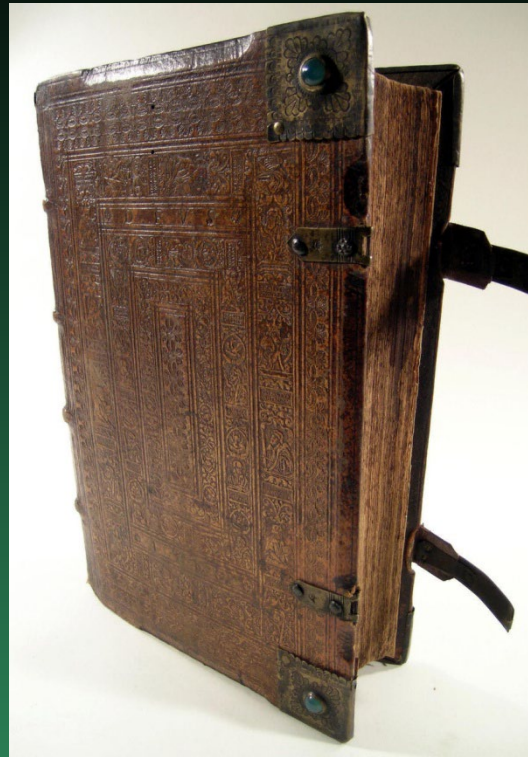
Hieronimus Bock
(Tragus)
1498 - 1554



Leonard Fuchs
1501 - 1566

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

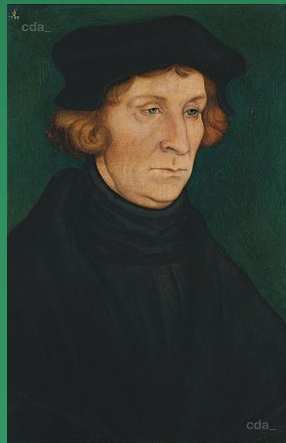
Fenomenální ilustrace
Hans Weiditz jun.
=
předlohy k dřevořezům
v Brunfelsově herbáři



¼ stránkové dřevořezy
Fuchsova herbáře
(podle obrazů Albrechta Meyera
a Heinricha Füllmaurera)
byly znovu použity pro
první kapesní atlas rostlin
na světě
Historia stirpium, 1549



Otto Brunfels



Leonard Fuchs



Herbáře = kolekce preparovaných rostlin

Vynálezce herbarizace rostlin = **Luca Ghini**

prefekt botanické
zahrady v Pise.



IOANNES FRANCISCUS
BECKOWSKY.

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 *Petelských* »Abbildungen«, díl II.
(Z výtisku *Dobrovošská* v Knihovně Národního Musea v Praze.)

Nejstarší herbářovou sbírku v Čechách vytvořil
Jan František Beczkovský,

křížovník řádu s červenou hvězdou. (Přelom 17/18.
stol.)

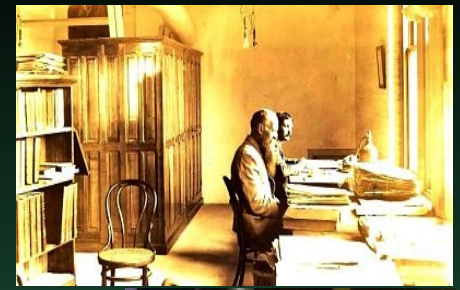
ČR je v počtu herb. položek na 1 obyvatele

na 5. místě na světě

Před námi Švýcarsko, Švédsko, Finsko, 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)

Karlova univerzita	PRC	2 240 000
Národní muzeum	PR	2 000 000
Moravské muzeum	BRNM	903 000
Masarykova univerzita	BRNU	685 000
Bot. ústav Průhonice	PRA	250 000
Muz. Olomouc	OLM	210 000
Muz. Opava	OP	190 000
Muz. Pardubice	MP	124 000
Muz. Litoměřice	LIT	104 000
Muz. Rožtoky	ROZ	101 000
Palackého univerzita	OL	100 000
Muz. České Budějovice	CB	141 000
Muz. Plzeň	PL	85 000
Muz. Hradec Králové	HR	68 000
Muz. Třebíč	ZMT	58 800
Muz. Mikulov	MMI	50 000
Muz. Jihlava	MJ	47 000
Muz. Liberec	LIM	35 000
Jihočeská univerzita	CBFS	35 000
Muz. Chomutov	CHOM	30 000
Muz. Zlín	GM	30 000
Slov. nár. múzeum	BRA	468 000
Bot. ústav Bratislava	SAV	323 000
Komenského univerzita	SLO	175 000
Tech. Univ. Zvolen	ZV	41 000
Muz. Tat. Lomnica	TNP	40 000
Univ. P.J. Šafárika	KO	40 000
Polnohosp. Univ. Nitra	NI	35 000



Herbářové sbírky nad 30 tis. v České republice a na Slovensku (stav v r. 2014)

Karlova univerzita	PRC	2 240 000
Národní muzeum	PR	2 000 000
Moravské muzeum	BRNM	903 000
Masarykova univerzita	BRNU	685 000
Bot. ústav Průhonice	PRA	250 000
Muz. Olomouc	OLM	210 000
Muz. Opava	OP	190 000
Muz. Pardubice	MP	124 000
Muz. Litoměřice	LIT	104 000
Muz. Rožtoky	ROZ	101 000
Palackého univerzita	OL	100 000
Muz. České Budějovice	CB	141 000
Muz. Plzeň	PL	85 000
Muz. Hradec Králové	HR	68 000
Muz. Třebíč	ZMT	58 800
Muz. Mikulov	MMI	50 000
Muz. Jihlava	MJ	47 000
Muz. Liberec	LIM	35 000
Jihočeská univerzita	CBFS	35 000
Muz. Chomutov	CHOM	30 000
Muz. Zlín	GM	30 000
Slov. nár. múzeum	BRA	468 000
Bot. ústav Bratislava	SAV	323 000
Komenského univerzita	SLO	175 000
Tech. Univ. Zvolen	ZV	41 000
Muz. Tat. Lomnica	TNP	40 000
Univ. P.J. Šafárika	KO	40 000
Polnohosp. Univ. Nitra	NI	35 000



Největší světové herbáře (nad 5 milionů položek – stav v r. 2024)



Royal Botanic Gardens	Kew, London, UK	K	8,3
New York Botanical Garden	Bronx, New York, USA	NY	7,9
Missouri Botanical Garden	St. Louis, USA	MO	7
Muséum National d'Histoire Naturelle	Paris, France	P	6
Komarov Botanical Institute	St. Petersburg, Russia	LE	6
Conservatoire et Jardin botaniques	Geneva, Switzerland	G	6
Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève	Genève, SWI	G	6
Naturhistorisches Museum	Wien, Austria	W	5,5
British Museum of Natural History	London, England, UK	BM	5,2

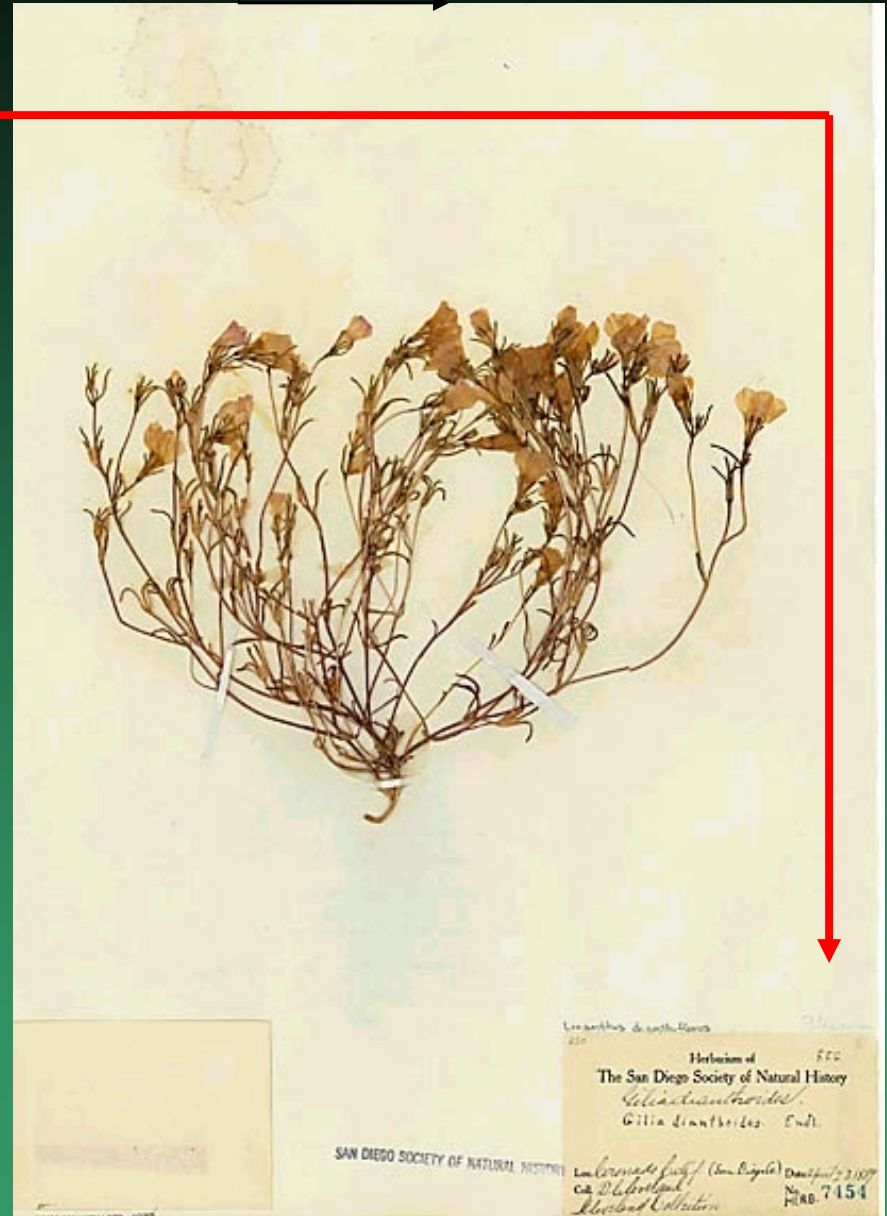
Z čeho sestává herbářová scheda?

Musí na ní být:

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

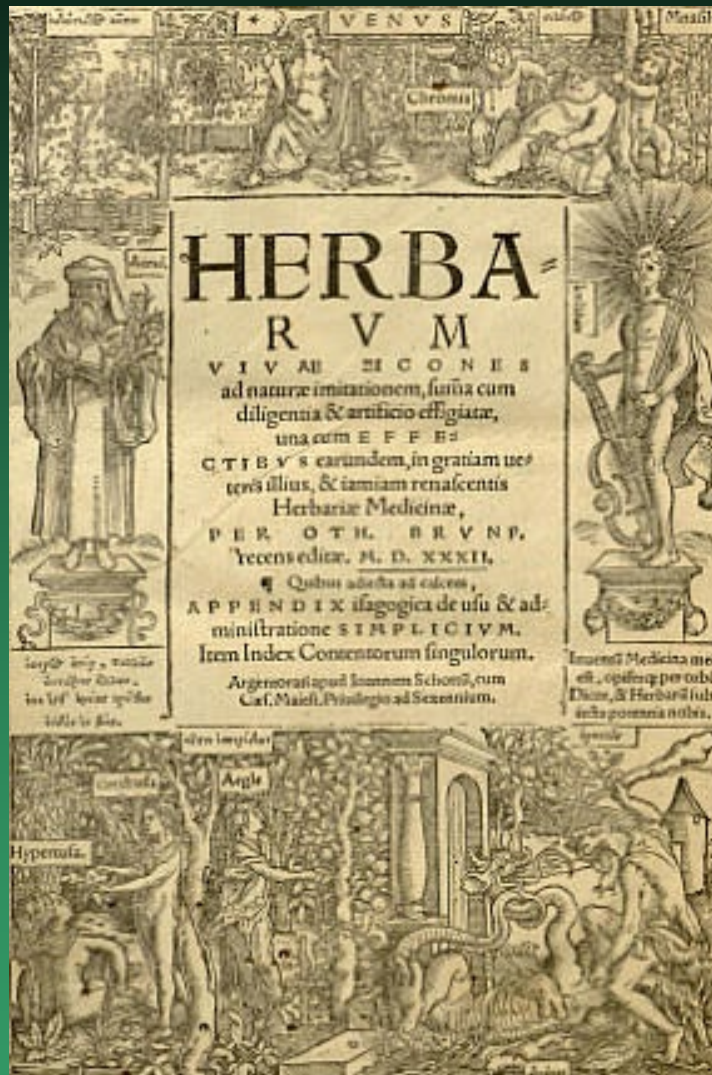
Je vhodné aby na ní bylo:

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

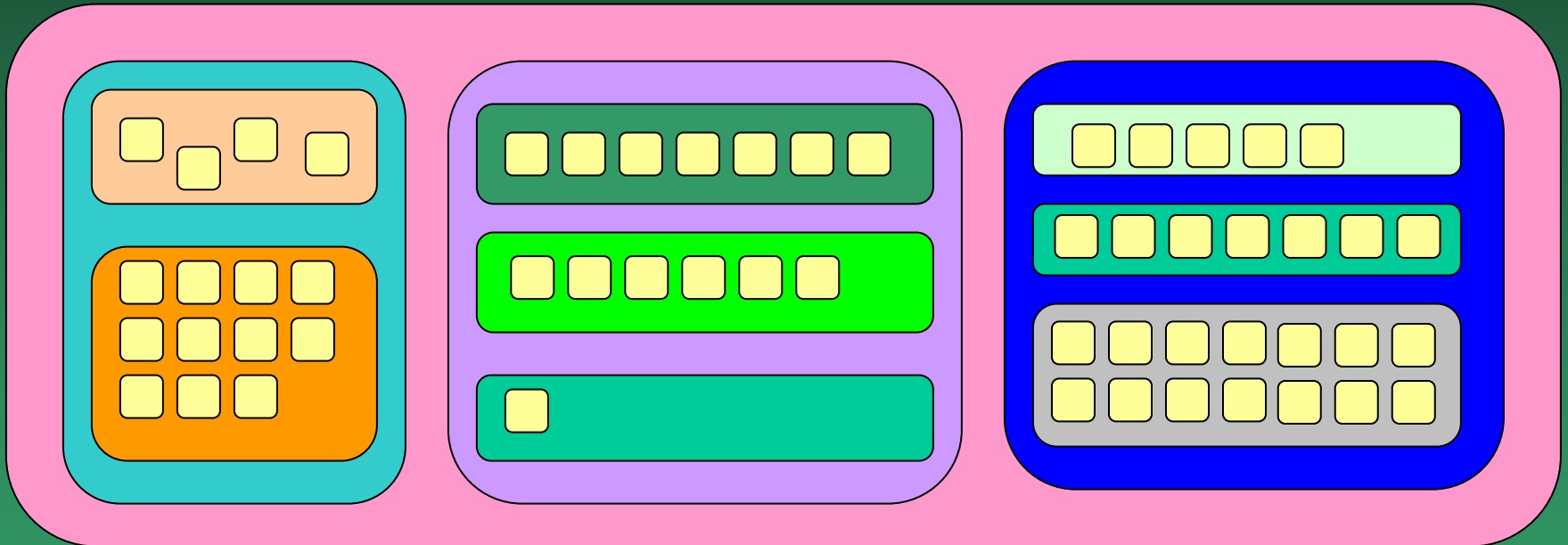
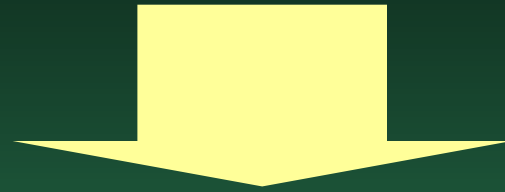


V renesanční bylinářích nebyly rostliny hierarchicky klasifikovány

bylo jich několik set
200-500

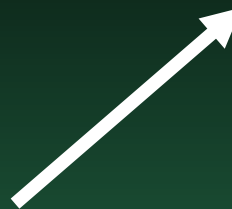


jednoúrovňová (**lineární**) klasifikace =
přiřazení jmen k objektům



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

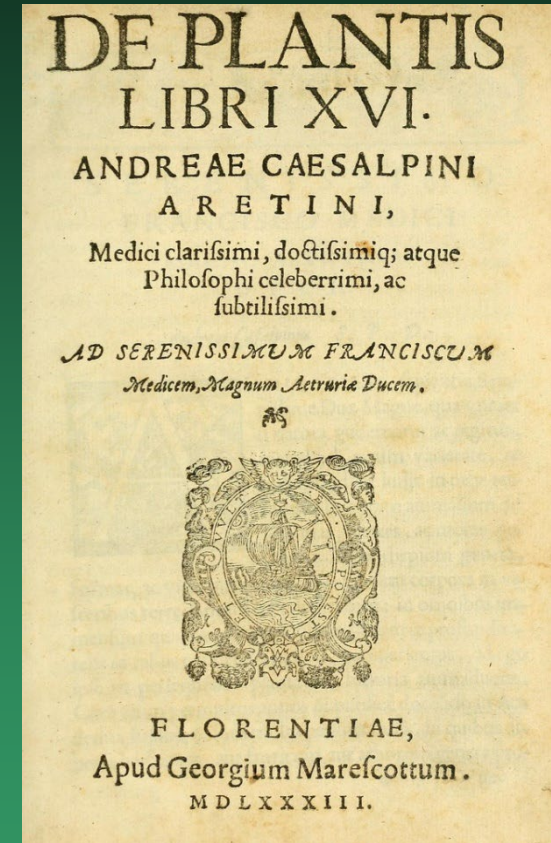
1500 druhů

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

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

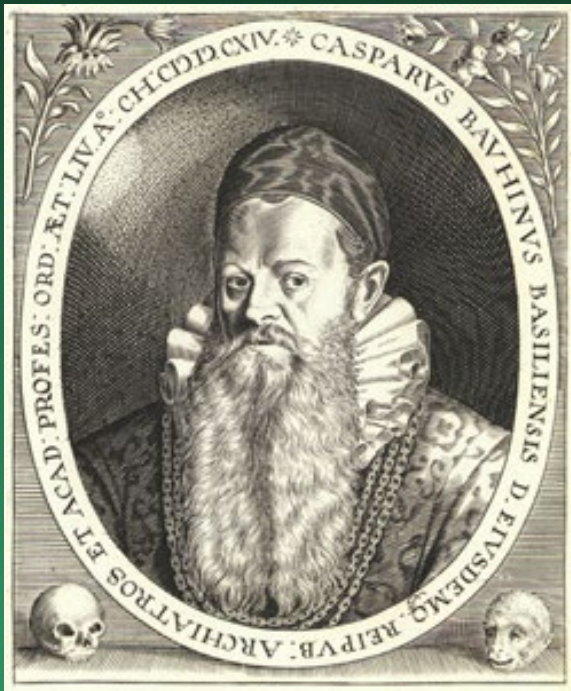
Clavis Classica.

PLAN- TÆ sunt vel.	ARBO- RIS & FRU- TICES.	e corde in seminis	sapice	I	
			lbasi	II	
			simplici e	Seminibus	III
				Pericarpis	IV
				Vasculis	V
	Semi- nibus sub singu- lo flo- re di- stri- buis	duplici e	Seminibus	VI	
			Conceptacol.	VII	
		triplici e	non bulbosa	VIII	
			bulbosa	IX	
	quadruplici e	Seminibus	X		
	SUF- FRU- TICES & HER- BÆ.	ex prin- cipio.	multiplici	Semin. fl. di- stributo.	XI
				XII	
			Semin. fl. in- cludente.	XIII	
				Folliculis	XIV
	Seminibus deslitatis.	XV.			



Druhové diagnózy (počátek 17. stol.)

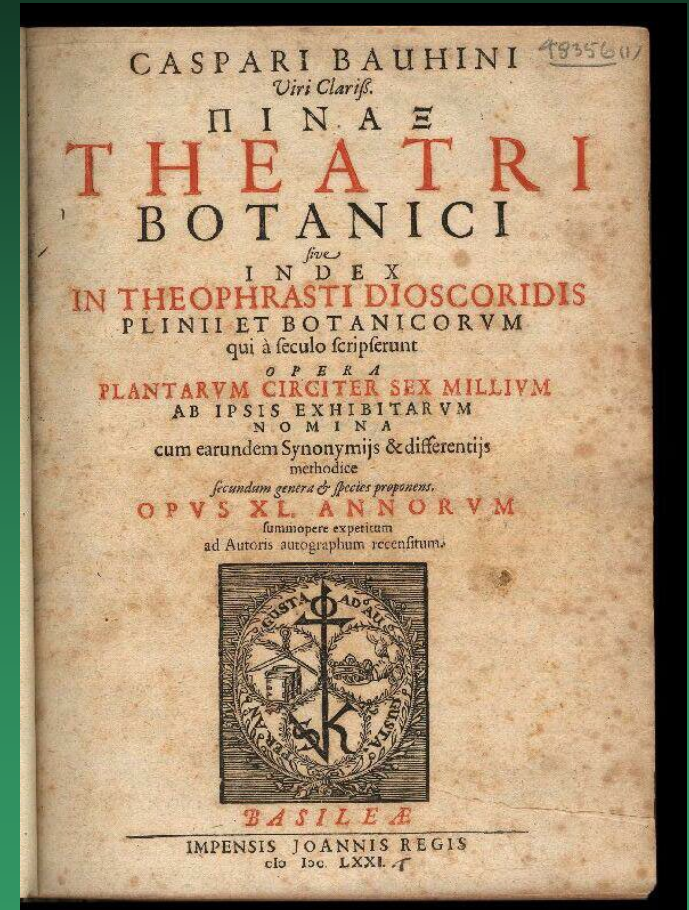
Počet známých druhů rychle rostl - od dob "německých otců botaniky" za necelých 100 let se víc než zdesateronásobil.



Gaspard Bauhin
1560 - 1624

6000 druhů

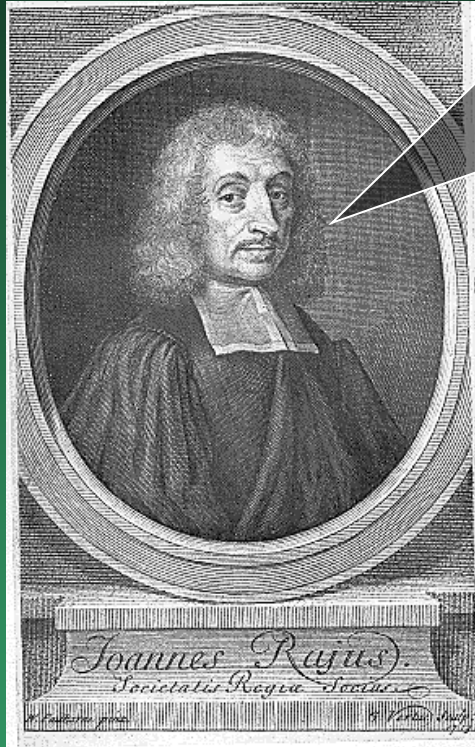
Švýcar Gaspard Bauhin použil krátké a výstižné diagnózy = soubory rozlišovacích znaků, k pojmenování rostlin a zároveň jako determinační pomůcka = určovací klíč



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.)

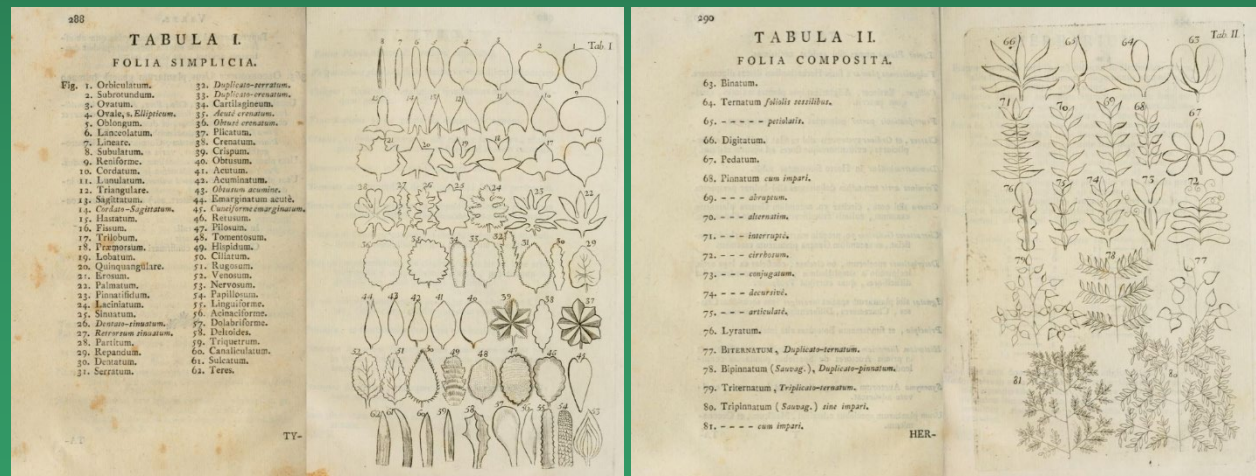


Carl Linné
(Linnaeus)
1707-1778

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

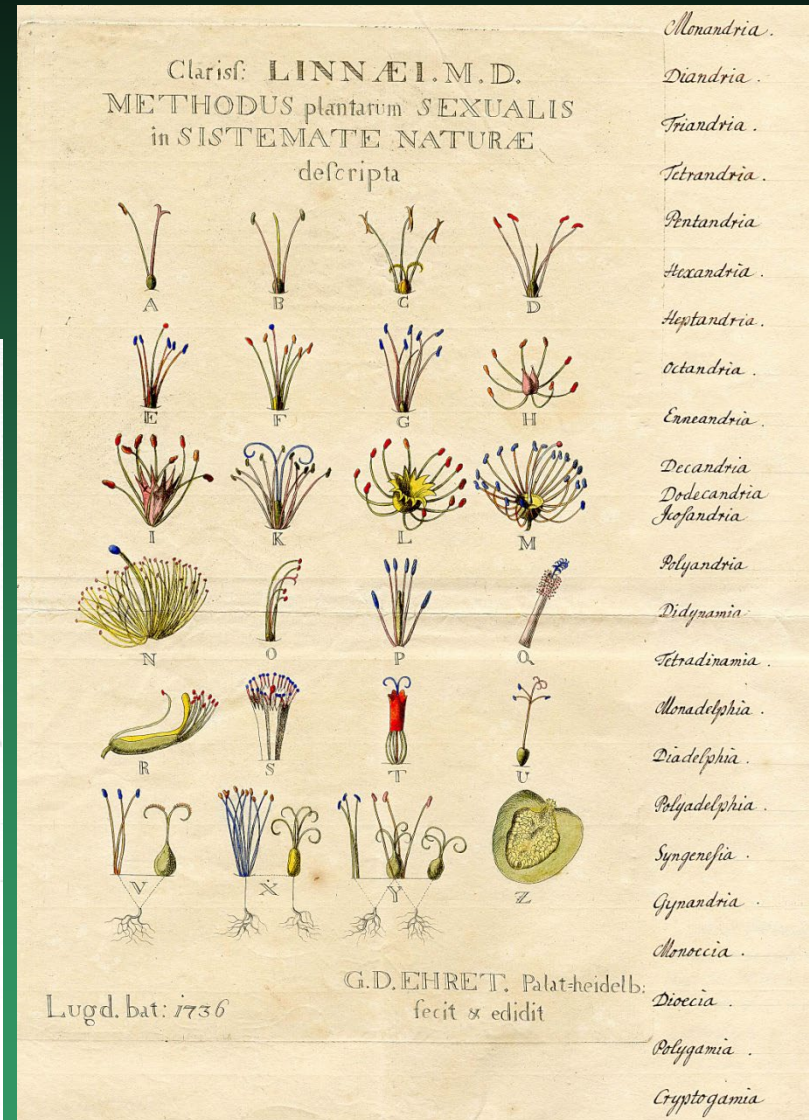
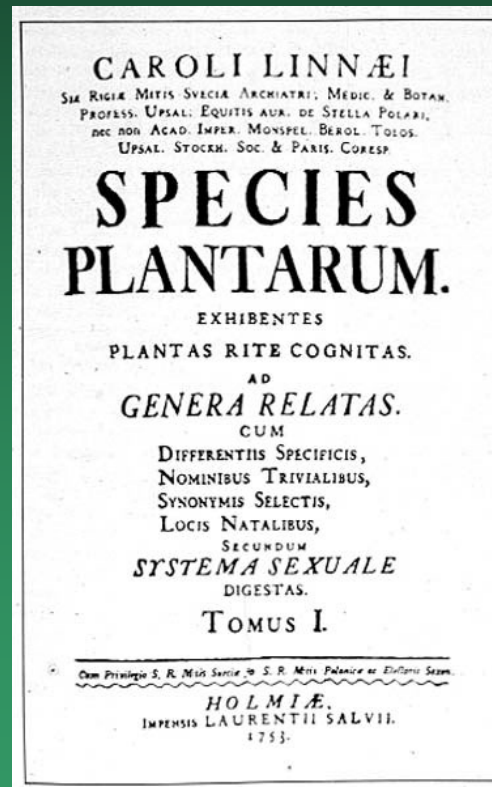
Tabulky zobrazující tvary listů – v Linnéově *Philosophia botanica* 1751



Species plantarum (1753)



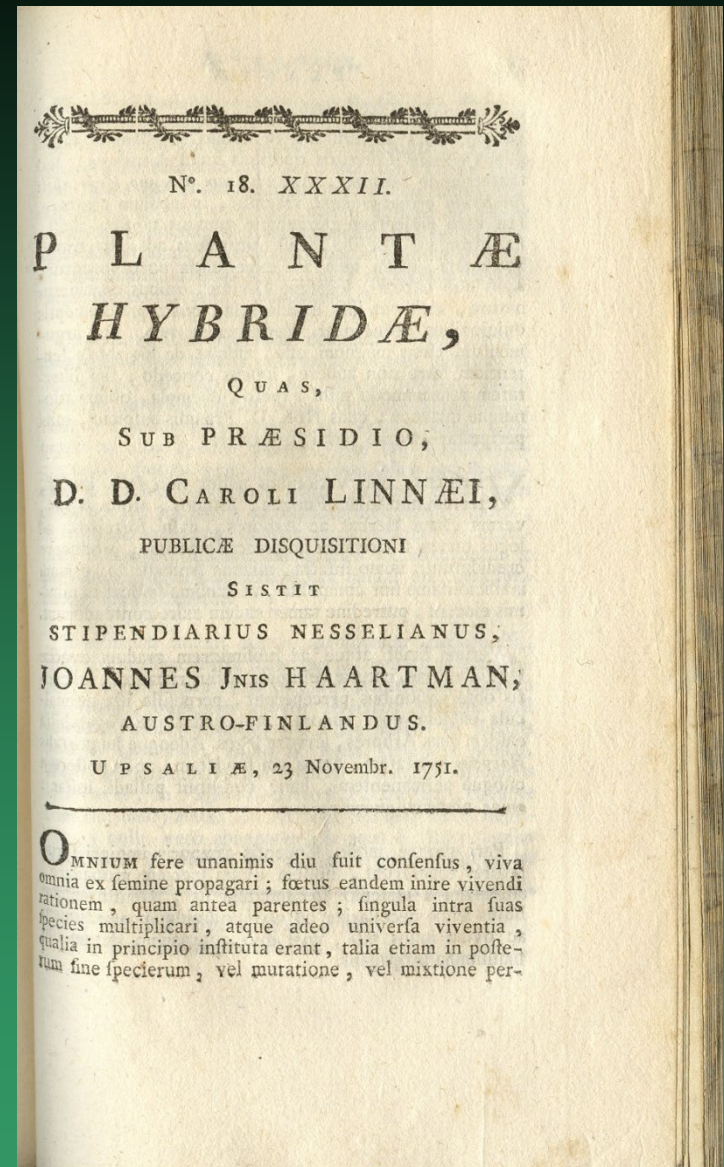
24 tříd dle počtu, délky, srůstu tyčinek a pestíků, tedy pohlavních orgánů je proto nazýván systém sexuální



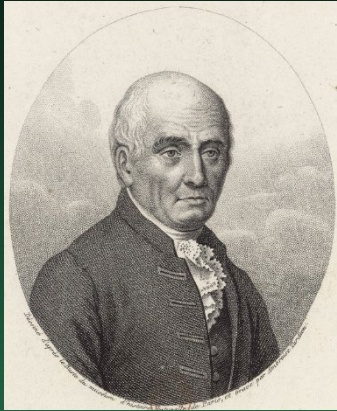
Plantae hybridae (1751)



Mezidruhová hybridizace = způsob vzniku nových druhů



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

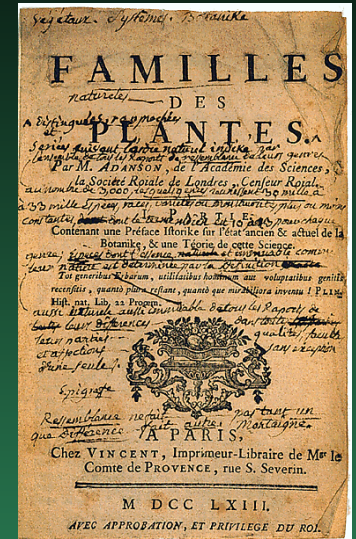


Michel Adanson
1727 - 1805

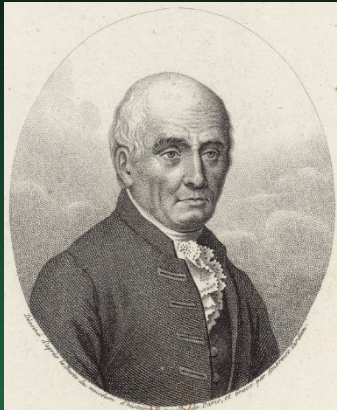
1763

58 čeledí

1. komplex morfologických znaků
2. hodnota všech znaků stejná



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

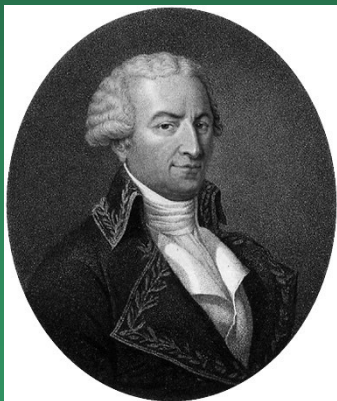
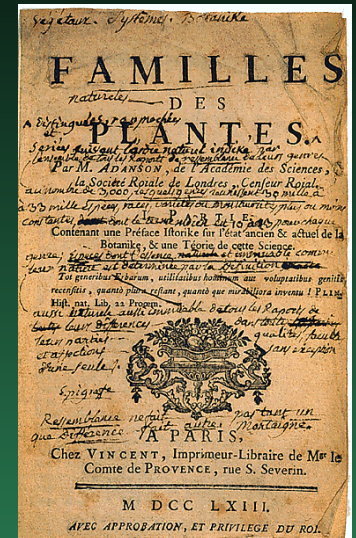


Michel Adanson
1727 - 1805

1763

58 čeledí

1. komplex morfologických znaků
2. hodnota všech znaků stejná

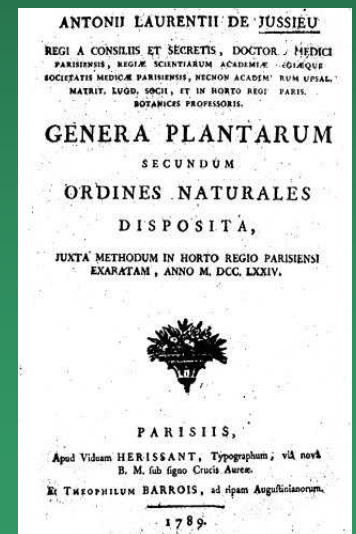


Antoine Laurent de Jussieu
1748 - 1836

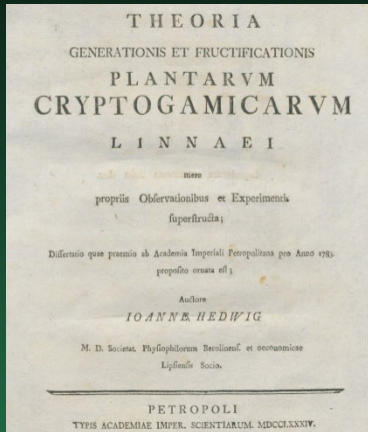
1789

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

1. v diagnózách čeledí má vztahy k sousedním čeledím
2. tyto vztahy použil jako třídící kritérium
3. hodnota znaků (hlavně stavba květu) v různých skupinách různá



Objev a zobecnění rodozměny (18/19. stol)

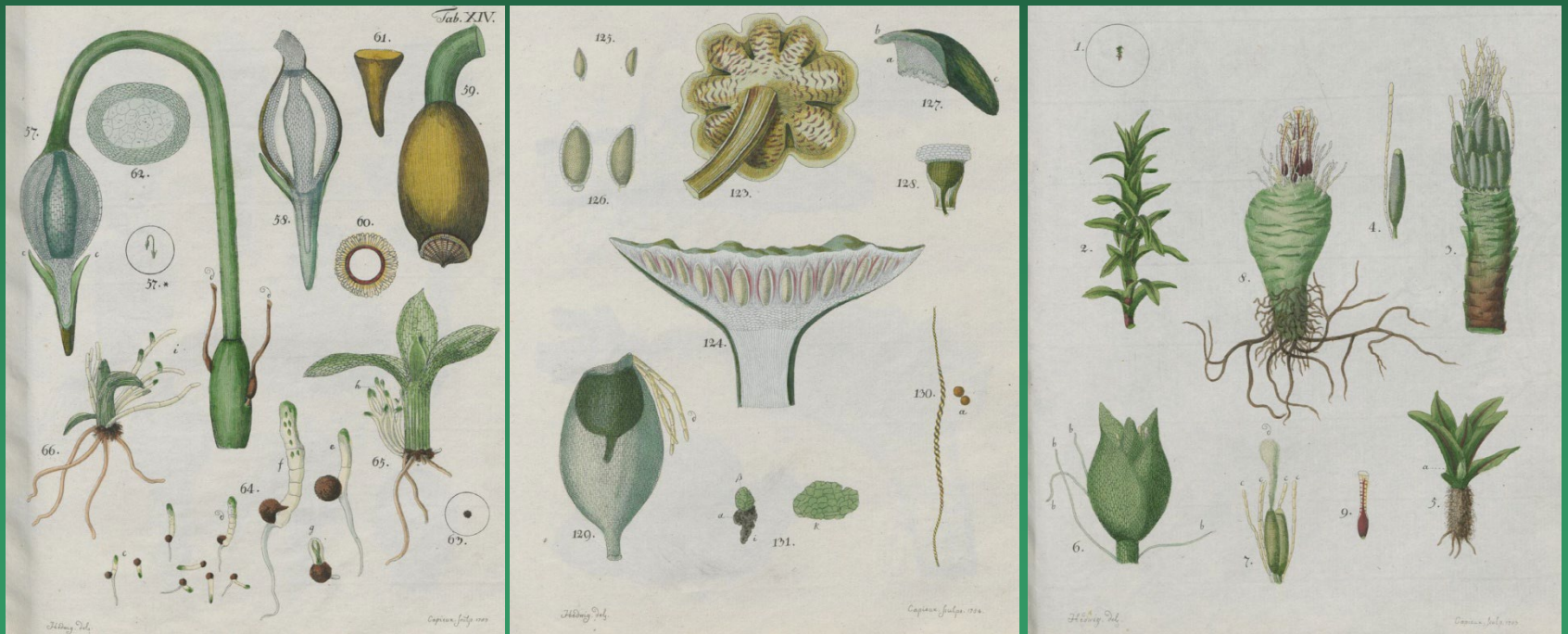


1784 – mechorosty

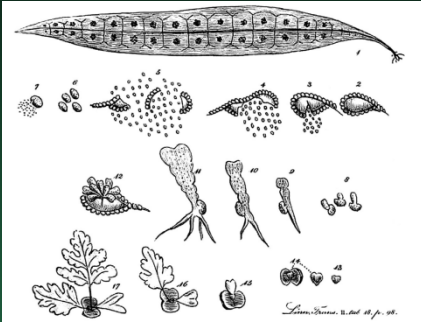
- první zobrazení spór a jejich klíčení
- první zobrazení archegonií a antheridií



Johann Hedwig (1730–1799)



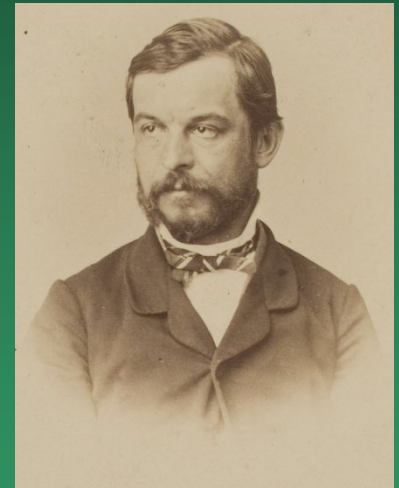
Objev a zobecnění rodozměny (1. pol. 19. stol)



1796 – první zobrazení klíčení spór kapradin a vznik sporofytu na gametofytu – **John Lindsay** (britský lékař působící na Jamaice)

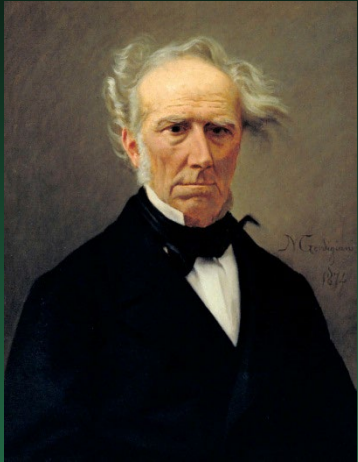


1851 – rodozměna = životní cyklus všech výtrusných vyšších rostlin – **Wilhelm Hofmeister** (1824–1877 německý botanik)



1874 – genetická podstata haploidní a diploidní fáze – **Eduard Strassburger** (1844–1912, prof. botaniky univ. v Jeně)

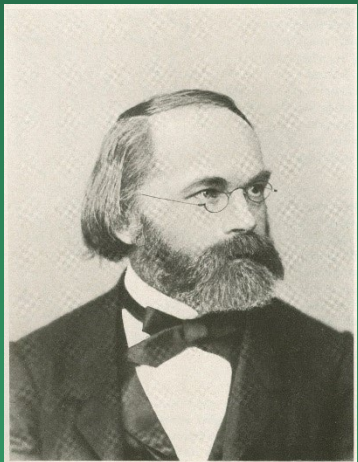
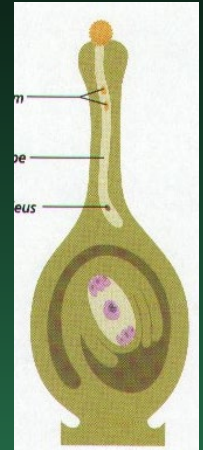
Objev principu opylení rostlin (1. pol. 19. stol)



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)



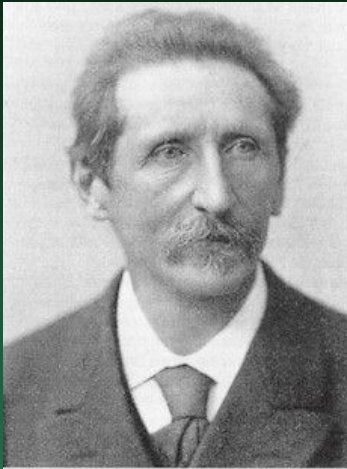
Carl Wilhelm von Naegeli (1817 - 1891) prof. botaniky na univ. v Zürichu

1842 studuje dělení buněk uvnitř vznikajícího pylového zrna

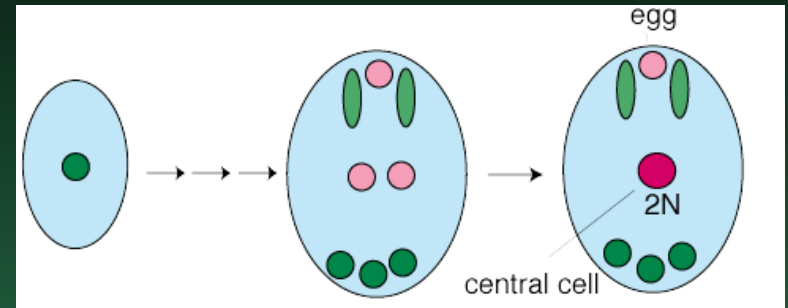
Zur Entwicklungs-geschichte des Pollens bei den Phanerogamen. (Zürich 1842).



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



1877 popis dělení a diferenciacce buněk uvnitř zárodečného vaku



Über Befruchtung und Zelltheilung (Jena 1877)

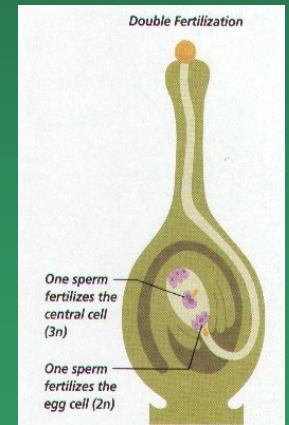
Eduard Strassburger, 1844–1912, prof. botaniky univ. v Jeně



1898 objev dvojího oplození u rostlin

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

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



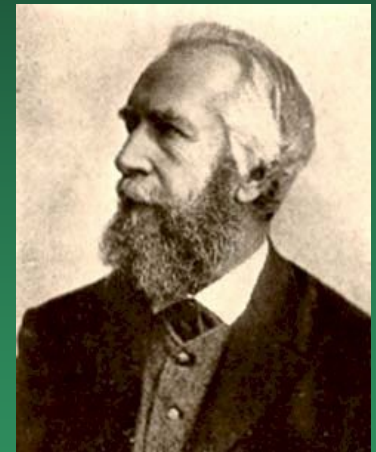
Evoluční teorie (2. pol. 19. stol.)



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).

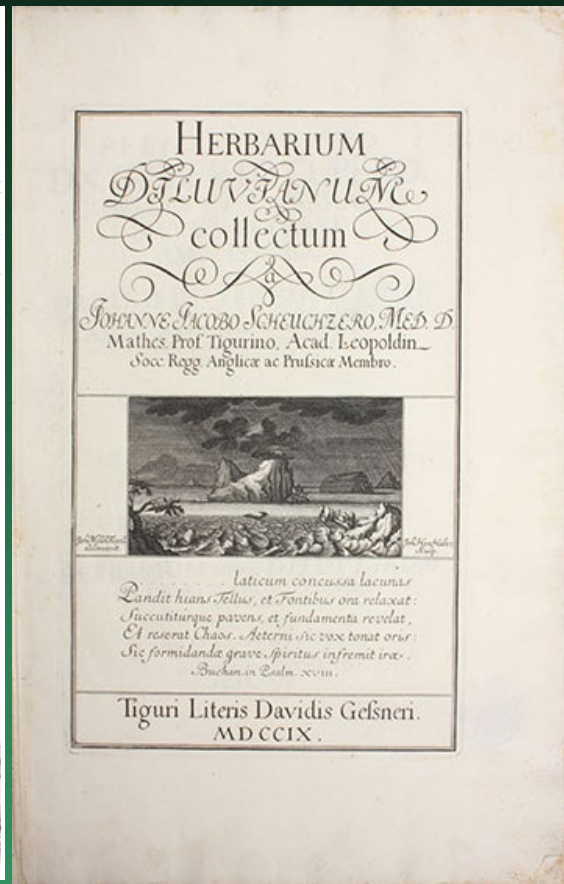
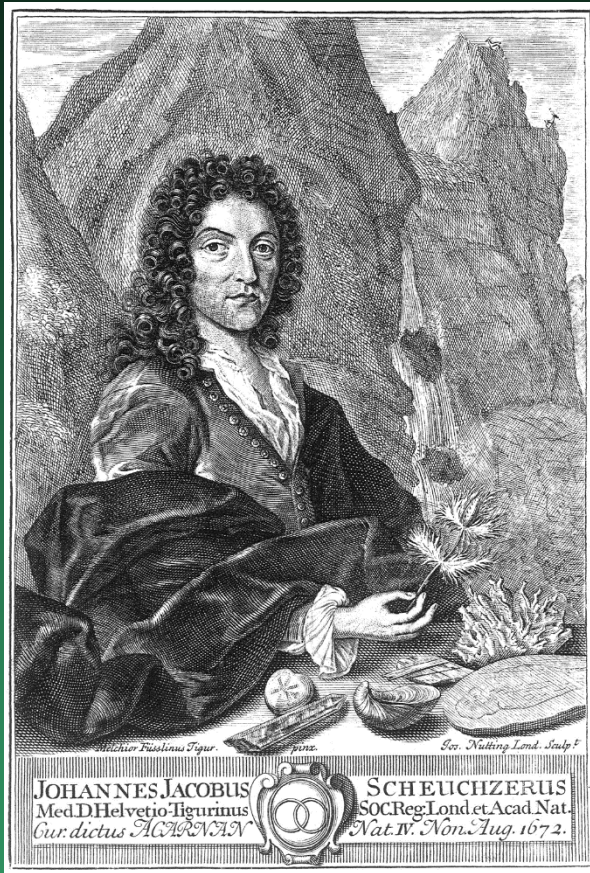


1846 Angličan **Richard Owen** (1804-1892) definoval homologie a analogie / později obdoba v Hennigových apomorfíích a homoplasiích

Report on the archetype and homologies of vertebrate skeleton

Paleobotanické přístupy (počátky)

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



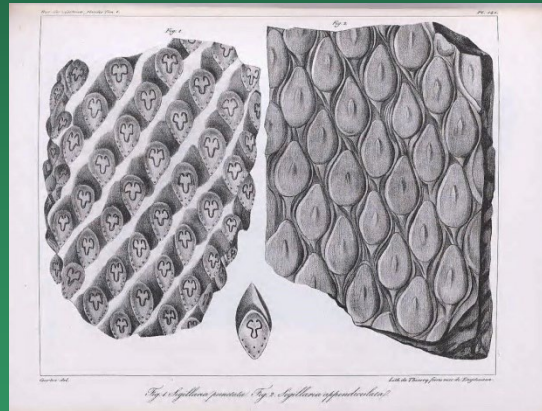
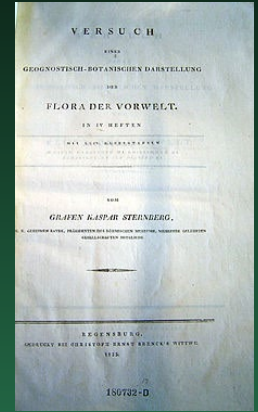
1709 – *Herbarium diluvianum* – první vyobrazení nálezů fosilních rostlin, zejména otisků listů kapradin z karbonu a permu a také třetihorních nálezů krytosemenných – zejména listů stromů

Paleobotanické přístupy (19. století)

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

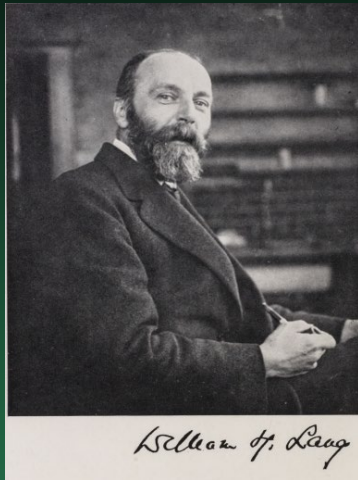


Alexandre Brongniart (1770–1847)

francouzský chemik, mineralog a geolog – *Histoire des végétaux fossiles* (1828-37)

1828 – první periodizace fosilní flóry do 4 období – výtrusných rostlin, jehličnanů, cykasů, kvetoucích rostlin

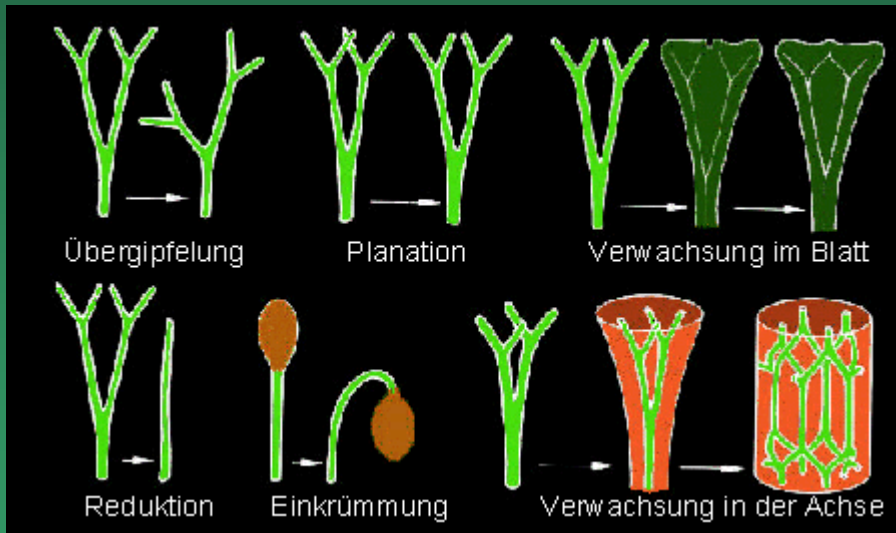
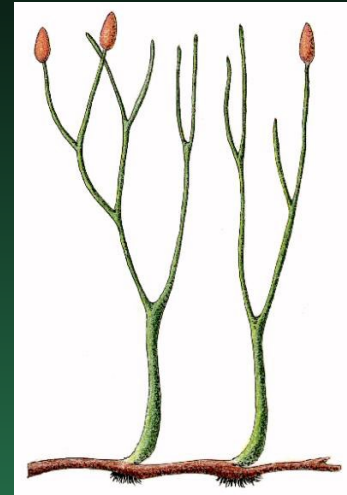
Paleobotanické přístupy (od 1. pol. 20. stol.)



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

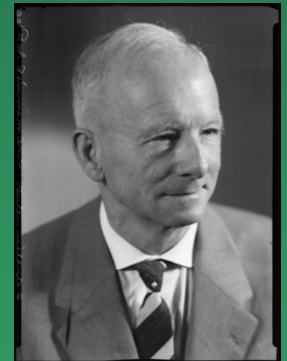
Popsali řadu unikátních prvních terestrických rostlin – ryniofytů

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

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**.

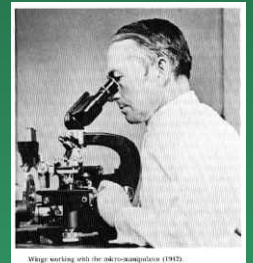


Hugo de Vries
1848–1935



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

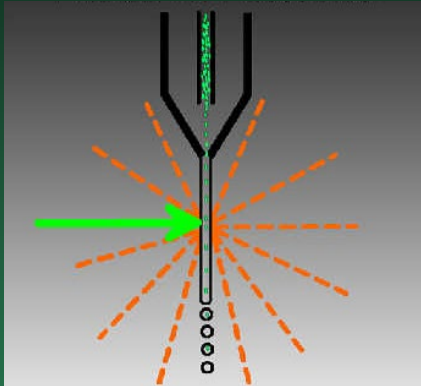


Ojvind Winge
1886–1964

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.)

Suspenze jader

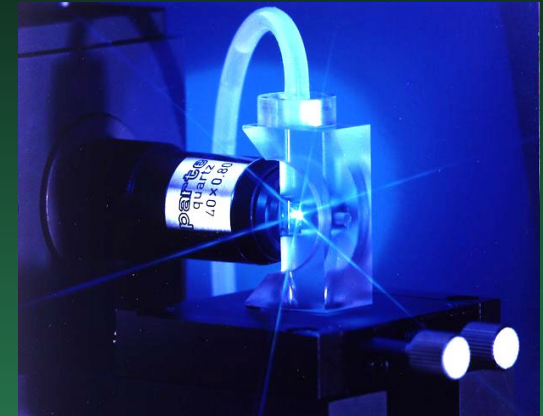


Jednotlivá jádra jedno za druhým

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

Původně sloužila k analýze krevních buněk

Měří obsah DNA a stupeň ploidie v buněčných jádrech



Efektivní a šetrná metoda umožňující sledovat mikroevoluční procesy v populacích

Vedle polyploidie, velikosti genomu může analyzovat i breeding systémy (identifikovat, zda semeno vzniklo apomixií nebo sexuálně)

Velikost genomu známa u 5 % druhů vyšších rostlin

Kde najít kumulovaná data o počtu chromosomů a velikostech genomu?

CCDB CHROMOSOME COUNTS DATABASE

The **Chromosome Counts Database (CCDB, version 1.52)** is a comprehensive community resource for plant chromosome numbers. CCDB aims to combine existing data resources into an extensive central database that will be updated regularly by the community. Users and researchers are encouraged to contribute to the accuracy and completeness of the data in CCDB by *submitting new counts*, or *reporting erroneous counts*.

To start browsing for chromosome numbers, use the *Browse* page, or the search box above.

Recommended citation:
CCDB is built upon many individual data collection efforts. In addition to the main citation detailed below we recommend citing the major resources where the downloaded data were first assembled.
Main citation: Rice et al. 2015. The Chromosome Counts Database (CCDB) – a community resource of plant chromosome numbers. *New Phytol* 206(1): 19-26.
[Abstract](#).

Browse

- Flowering Plants
Angiosperms
- Conifers, Cycads and allies
Gymnosperms
- Ferns and fern allies
Polyploids
Monilophytes and Lycophytes
- Mosses and liverworts
Bryophytes

<http://ccdb.tau.ac.il/home/>

Kewscience

Plant DNA C-values Database

Plant DNA C-values Database
Release 7.1, April 2016. Letchy IJ, Johnston L, Pettifer J, Hidalgo O, Bennett MD
<https://cvalues.science.kew.org/>

- All Plants
- Angiosperms
- Gymnosperms
- Plantifoliales
- Bryophytes
- Algae
- All Plant C-values
- Angiosperm C-values
- Gymnosperm C-values
- Plantifoliales C-values
- Bryophyte C-values
- Algal C-values

The DNA amount in the amplified genetic nucleus of an organism is referred to as its C-value. Irrespective of the ploidy level of the tissue, the Plant DNA C-values Database currently contains C-value data for 12,273 species comprising 10,717 angiosperms, 471 gymnosperms, 303 plantifoliales (216 ferns and fern allies and 87 lycophytes), 134 bryophytes, and 416 algae.

If you have comments and/or suggestions contact enr-uk@kew.org

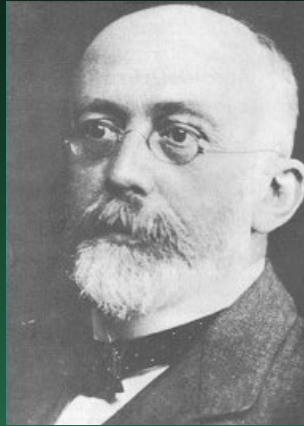
Royal Botanic Gardens
Kew
Terms and Conditions | Cookie Policy | Privacy Policy
© Copyright 2016 of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew.

<https://cvalues.science.kew.org/>

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. Evoluce = změna frekvence alel v populaci – selekce, ... drift, ... drive(s)

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

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

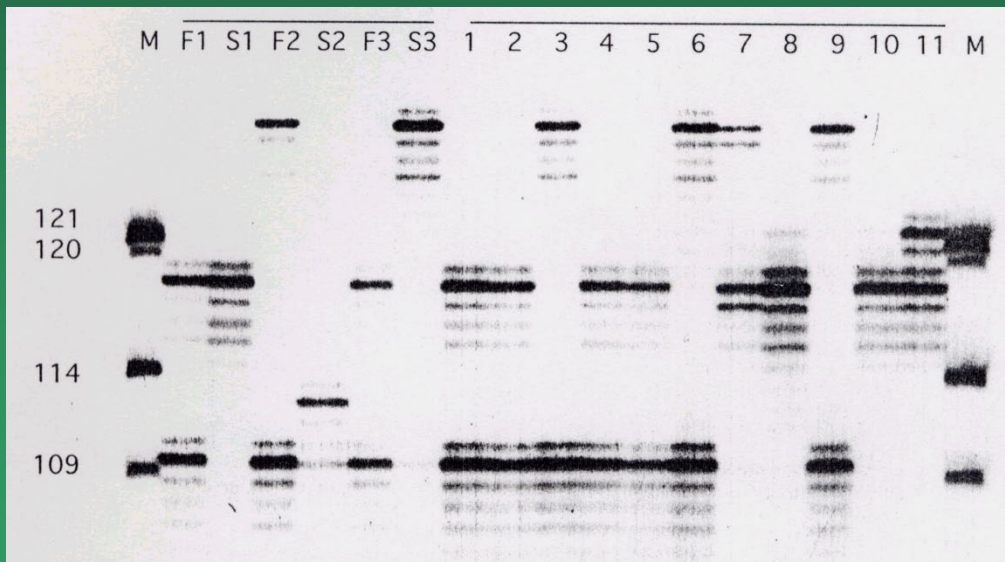
Isoenzymy - markery populační genetiky 20. stol.

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: selfing vers. outcrossing, 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)

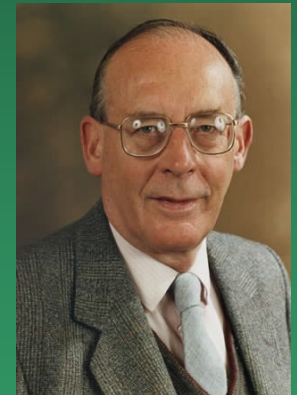
Fenetika = „každý znak má a priori stejnou váhu“

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



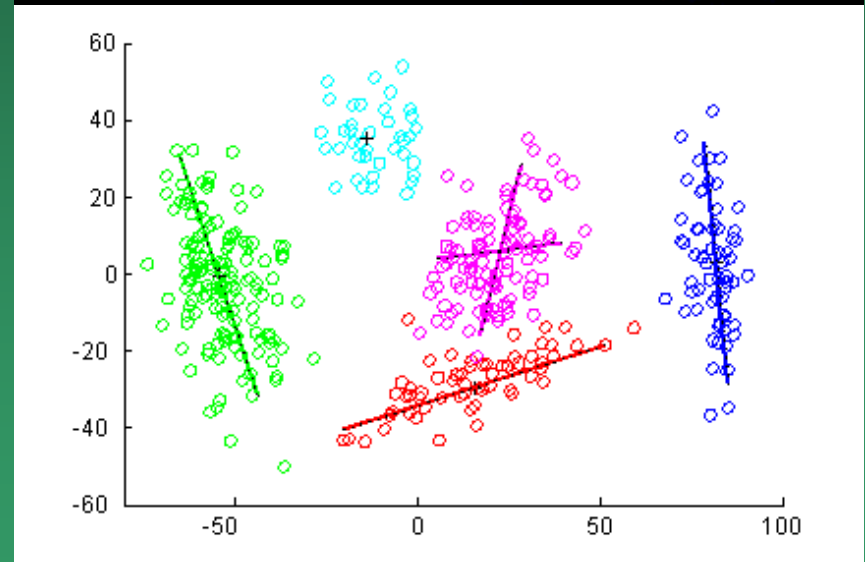
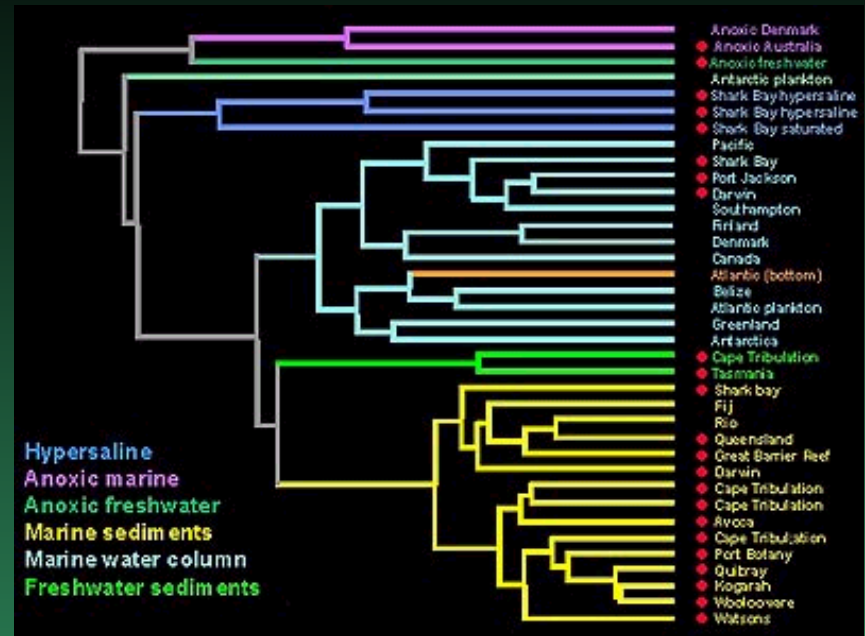
Peter Sneath
(1923-2011)
mikrobiolog

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

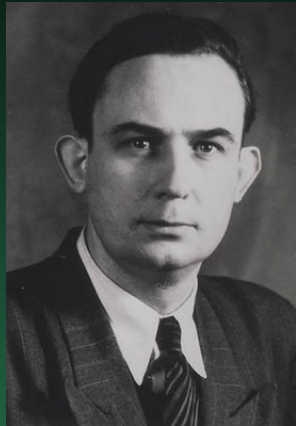
ordinační diagram (vyjádřený obvykle ve formě scatter plotu, v případě metod ordinačních jako je např. analýza hlavních komponent PCA = principal component analysis, a. hlavních koordinát PCoA, či analýza DCA).



Kladistika

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)

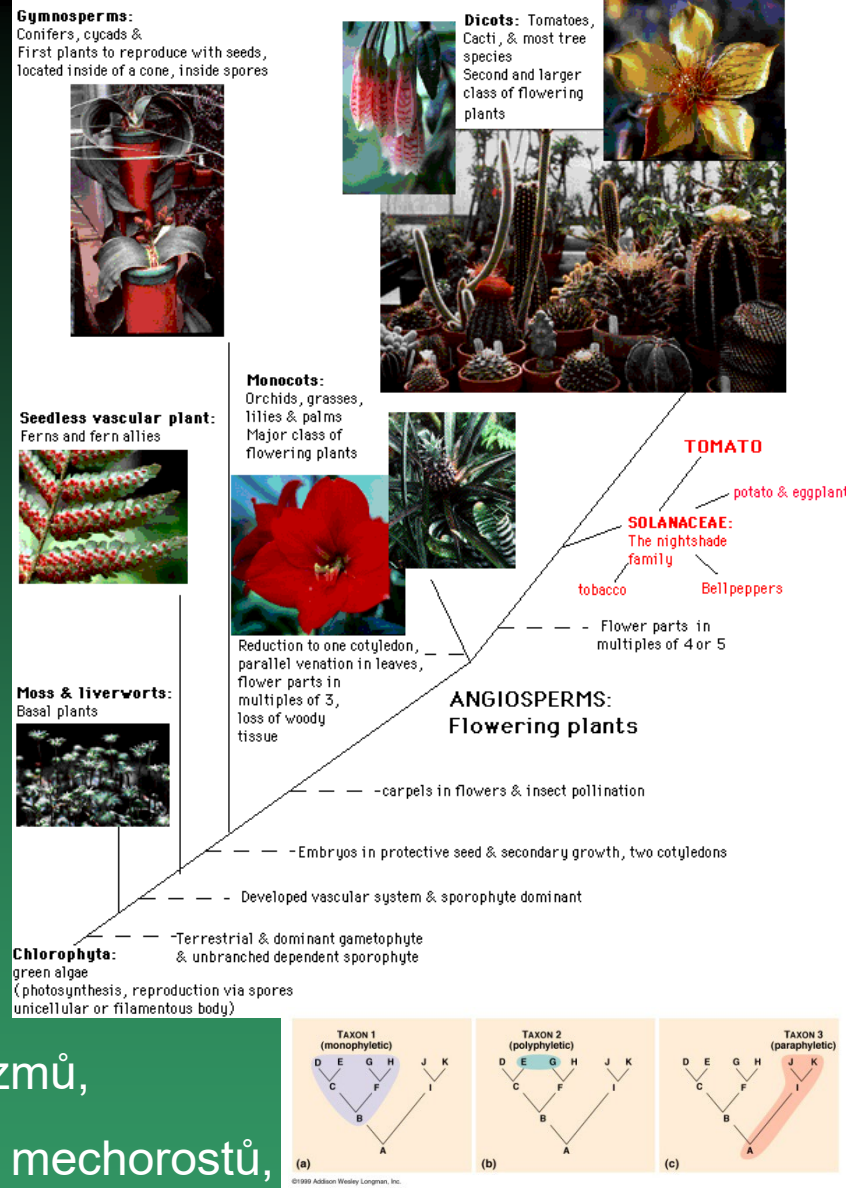
Kladogram vychází z apomorfii při
maximální úspornosti (= minimálního počtu
změn) „**maximum parsimony tree**“.

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.



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

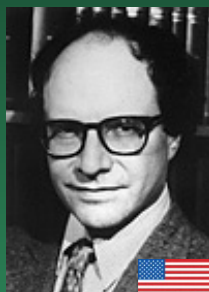


The Nobel Prize
in Chemistry 1980



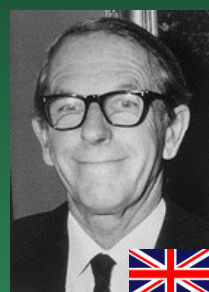
Paul Berg

1926-



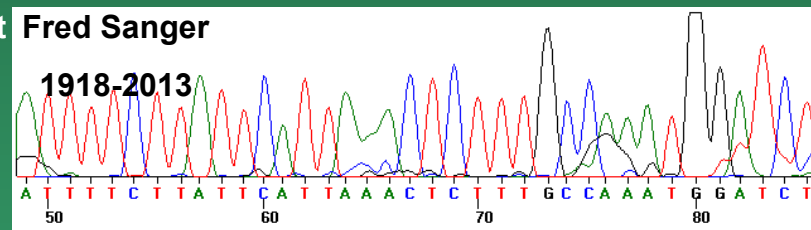
Walter Gilbert

1932-



Fred Sanger

1918-2013



Kary B. Mullis 1944-2019



The Nobel Prize
in Chemistry 1993

Bar-coding

identifikace rostlin pomocí sekvence DNA

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

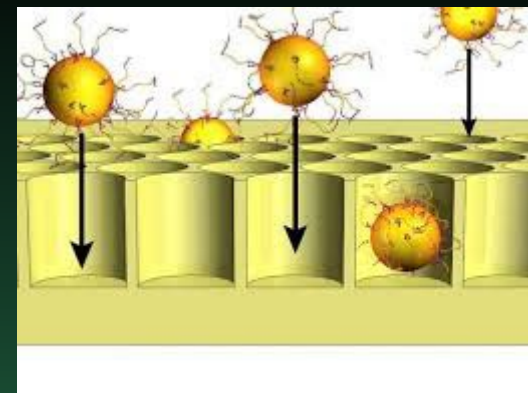


Př. *Eriophorum angustifolium*: sekvence intronu chloroplastového genu pro transferovou RNA

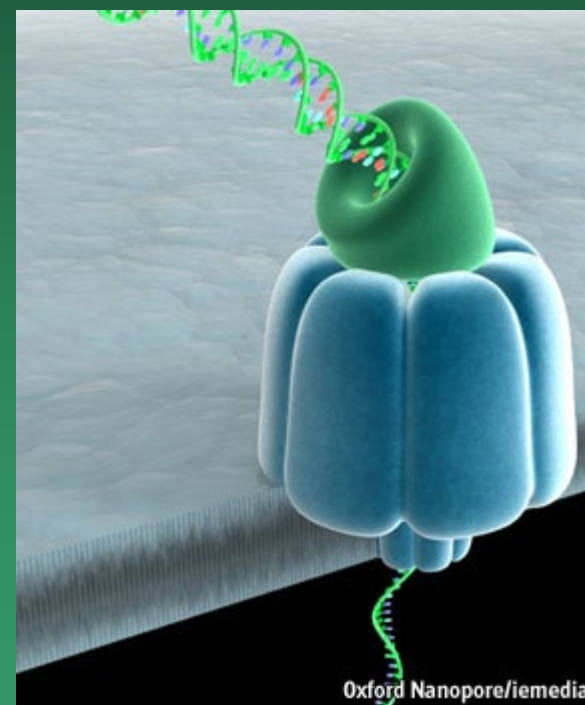
```
CCTCTTACTATAAATTCATTGTTGTCGATATTGACATGTAGAATGGACTCTCTCTTTATTCTCGTTTGATTTATCATCATT  
TTTTCAATCTAACAAATTCTATAATGAATAAAATAAATAGAATAAATTGACTACTAAAATTGAGTTTTTTCTCATTAACTT  
CATATTTGAATCAATTTACCATAAATAATTCATAATTTATGGAATTCAAAAAATTCCTGAATTTGCTATTCCATAATCATTG  
TCAATTTCTTTATTGACATGAAAATATGATTTGATTGTTATTATGATCAATCATTGATCATTGAGTATATATACGTACGTC  
TTTTTTGGTATAGACGGCTATCCTTTCTCTTATTTGATAAAGATATTTAGTAATGCAACATAATCAACTTTATTCGTTA  
GAAAACTTCCATCGAGTCTCTGCACCTATCTTTAATATTAGATAAGAAATATTTTATTCTTATAATAAATAAGAGATATT  
TATATCTCTCATTCTCAAATGAAAGATTTGGCTCAGGATTGCCACTCTTAATTCCAGGGTTTCTCTGAATTTGGAA  
GTTAACACTTAGCAAGTTNCCATACCAAGGCCAATCCAATGC
```

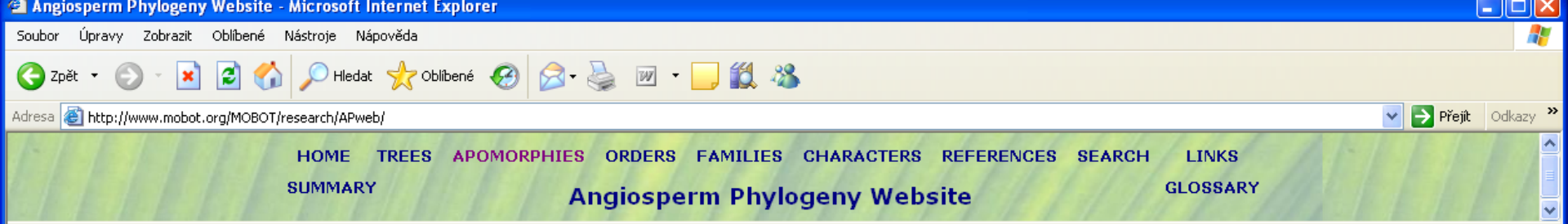
http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome

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](#)



Rekapitulace

Botanika = vědní obor starší než křesťanství

Rekapitulace

Botanika = vědní obor starší než křesťanství

Klasifikace hierarchická = důsledek rostoucího počtu klasifikovaných druhů

Rekapitulace

Botanika = vědní obor starší než křesťanství

Klasifikace hierarchická = důsledek rostoucího počtu klasifikovaných druhů

Objektivní / na tvůrci nezávislá klasifikace = založena na fylogenetické příbuznosti

Rekapitulace

Botanika = vědní obor starší než křesťanství

Klasifikace hierarchická = důsledek rostoucího počtu klasifikovaných druhů

Objektivní / na tvůrci nezávislá klasifikace = založena na fylogenetické příbuznosti

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

Rekapitulace

Botanika = vědní obor starší než křesťanství

Klasifikace hierarchická = důsledek rostoucího počtu klasifikovaných druhů

Objektivní / na tvůrci nezávislá klasifikace = založena na fylogenetické příbuznosti

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

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

Rekapitulace

Botanika = vědní obor starší než křesťanství

Klasifikace hierarchická = důsledek rostoucího počtu klasifikovaných druhů

Objektivní / na tvůrci nezávislá klasifikace = založena na fylogenetické příbuznosti

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**