

Ekologie rostlin

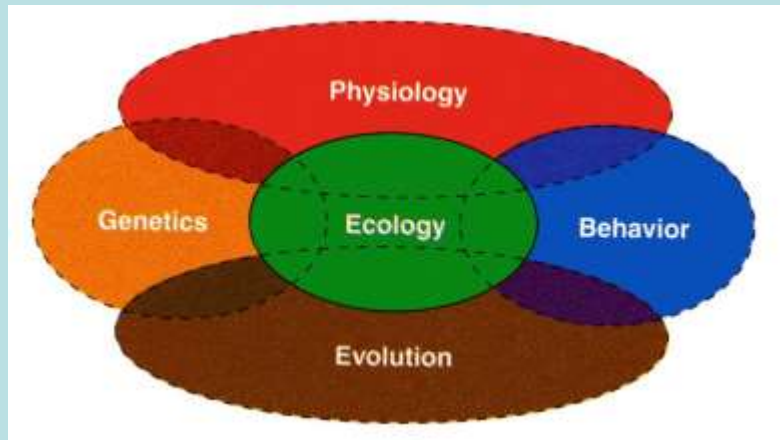
Martin Duchoslav

2014

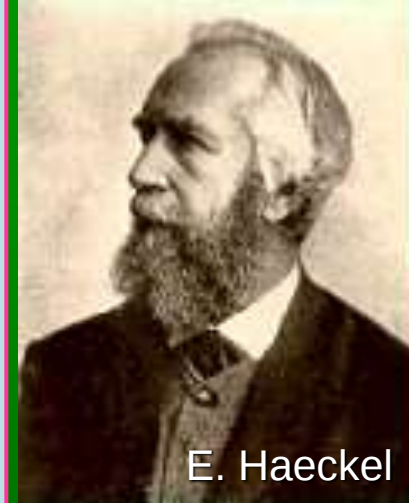
Co to je ekologie ?

Ekologie (*E. Haeckel* 1866) – PŮVODNÍ DEFINICE ...
biologická disciplína studující **vztahy mezi organismy a jejich abiotickým i biotickým prostředím**

- široká definice → skoro všechno může být předmětem studia ekologie



- specifictější definice: studium rozšíření a abundance organismů (*Andrewartha* 1961) x ale je to statická definice
- moderní definice: **Ekologie je vědecké studium interakcí, které určují rozšíření a abundanci organismů**

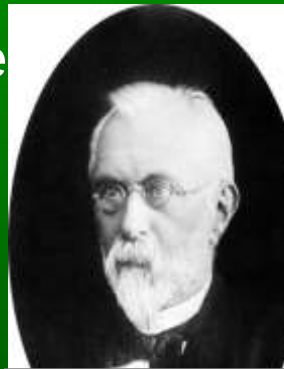


Historie ekologie I

- **Kořeny v prehistorické době** – přežití záviselo na schopnostech pochopit jak opatřit stravu, lovit, kde potravu nalézt...
- **Vznik zemědělství** – zvýšená potřeba poznatků o pěstování rostlin a chovu živočichů ... *praktická* ekologie
- **Záznamy v BIBLI** (10 ran egyptských, nálety kobylek) – vliv nadpřirozených sil, ale **Aristoteles**...nestačí predátoři, jen prudké deště
- **Theofrastos** (371-268 BC), **Plinius** (23-79 AC) - první empirické poznatky o ekol. nárocích užit. rostlin
- **ekologická harmonie** základem řeckého chápání přírody = „**rovnováha přírody**“ → jak od harmonie k současnému poznání?
- spojením matematiky a přírodních věd: zaměření na ekologii populací + **zavedení kvantitativního pohledu** (W. **Graunt** 1662, otec demografie)
- **Leeuwenhoek** A. 1687
- 18. století:
- **Buffon** 1756 – Natural History – **neguje Aristotelovo učení**
- **Malthus** 1789 – Esej o populaci (podobně již Machiavelli 1525)
- **Verhulst** P. F. 1838 – odvození S (logistické) křivky (přehlížená práce)

Historie ekologie II

- **přelom 18./19. století: narůstají důkazy proti Platónově Harmonii přírody** – přesto představa „harmonie“ přežívá dodnes (= představa, že přírodní systémy jsou stabilní a v ekvilibriu s prostředím)
- ekologie rostlin a živočichů se na evropském kontinentu vyvíjely částečně nezávisle až do 2/3 20. století
- **ekologie rostlin ve spojení s (a) fytogeografií a (b) fyziologií**
 - ad a) cestování a zámořské cesty + kolonizace – katalogizace organismů a prostředí (**Ch. Darwin**, loď Beagle, 1831-1836)
 - 1. pol. 19 .st: **Humbolt A., Grisebach A.** – první práce o charakteru vegetace Země – popisné
 - **E. Warming** (1895, 1909) - otec rostlinné ekologie, první významnější učebnice ekologie
 - **Raunkiaer** (1905) – klasifikace životních forem
 - **zač. 20. st.:** oddělení fytogeografie a fytocenologie – ekologie společenstev – studium na jemnější prostorové škále – hlubší analýzy vztahu rostliny – prostředí (**synekologie**)
 - rozvoj přístrojů + metodik = terénní měření
 - ad b) **A.P. de Candolle** (1778-1841) – snaha o vysvětlení vlivu vnějších faktorů na fyziologii rostlin – základy fyziologické ekologie/autekologie



Eugenius
Warming

Historie ekologie III

- kolem 1900 – ekologie začíná být vědou, ale až do 60. let 20. st. spíše okrajovou vědou ↔ růst populace a ničení prostředí → zacílení na ekologii...
 - význam slov „**ekologie**“ a „**životní prostředí***“ (je jen **aplikovanou částí ekologie**) se velmi často diletantsky zaměňuje, např.
 - ✗ ekologie města ✗ ekologie továrny/provozu ✗ ekologický dům aj.
 - nesmyslně zní snaha „o zlepšení ekologie Brna“ apod.
 - přijatelné ve formě adjektiva – např. ekologický provoz, ekologický přístup, ekologické chování atp.
- problémy, které řeší ekologie i **environmentalistika** (obor zabývající se životním prostředím), jsou velmi blízké
- počátky povědomí o problematice životního prostředí - kniha R. Carsonové – **Mlčící jaro** (*Silent spring*, 1962)
 - důrazné upozornění na negativní důsledky masivního používání pesticidů (**DDT***) pro život mnoha organismů



Ekologie se má k vědě o životním prostředí jako fyzika k technice (technickým vědám). Ekologie *není* environmentální či politický aktivismus !

Historie ekologie IV

- **1/2 20. století:**
 - vznik populační ekologie rostlin (Harper 1977)
 - **70. léta: angloameričtí ekologové – chápají ekologii jako obecně biologickou disciplínu s hledáním obecně platných zákonitostí**
 - podrobné studium interakcí rostliny- živočichové
 - **sjednocování terminologie** + obohacování ekologie rostlin o nové pojmy z ekologie živočichů (nika,...)
 - vycházejí učebnice Obecné ekologie (Odum 1977, česky)
 - **60.-80. léta:**
 - Mezinárodní programy ekologického výzkumu**
 - Mezinárodní biologický program (IBP)
 - program Člověk a biosféra (MAB)
 - Mezinárodní program geosféra-biosféra (IGBP), od r. 1986
 - 1980-: vznik a vzestup krajinné ekologie a konzervační ekologie

Dělení ekologie na dílčí disciplíny

- **autekologie** (**Schröter** 1896) – úroveň jedinců (organismální úroveň) určitého druhu a jejich přizpůsobení k prostředí; má zásadní význam v konzervační biologii (= biologie ochrany přírody)
- **populační ekologie** (= **demekologie**, **Schwerdtfeger** 1968) – úroveň populací jednotlivých druhů (např. změny velikosti populací, interakce v rámci populace i mezi různými populacemi); využívá poznatků genetiky
- **synekologie** (**Schröter** 1902) – úroveň společenstva; v popředí zájmu jsou hlavně dynamické procesy a systémové vlastnosti (např. druhové složení a jeho změny v čase)
- **krajinná ekologie** (**Troll** 1950) – studium krajiny a jejích složek
- **konservační ekologie** (80. léta 20. st.) – studium biodiverzity a potřeba její účinné ochrany

Hraniční disciplíny využívající ekologických poznatků: **ekofyziologie**, **ekoklimatologie** aj.

Dílčí obory ekologie: např. **produkční biologie**, **květní ekologie** aj.

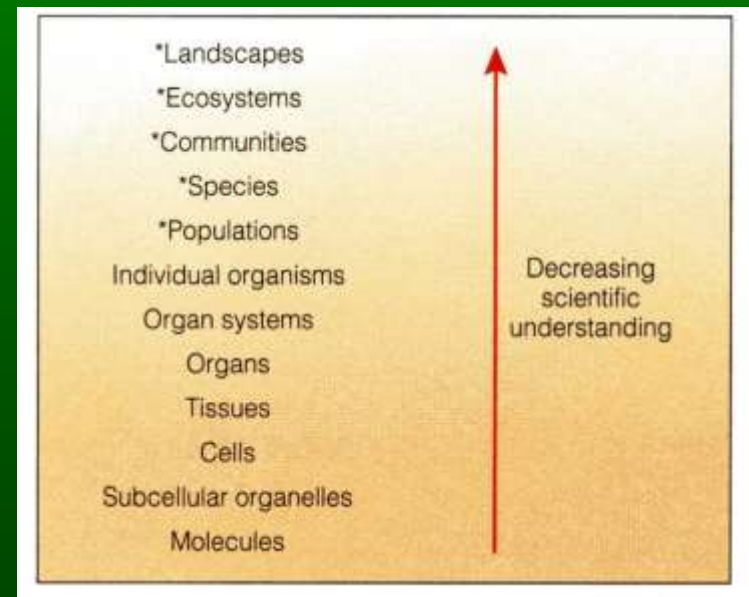
Aplikované obory ekologie: **agroekologie** aj.; někdy *není* rozdíl mezi základní a aplikovanou ekologií **zřetelný** (řešení určitého praktického problému → nové základní znalosti o studovaném jevu)

Jaké otázky si klade ekologie, hierarchičnost přírody a škála studia I

3 přístupy ke studiu ekologie:

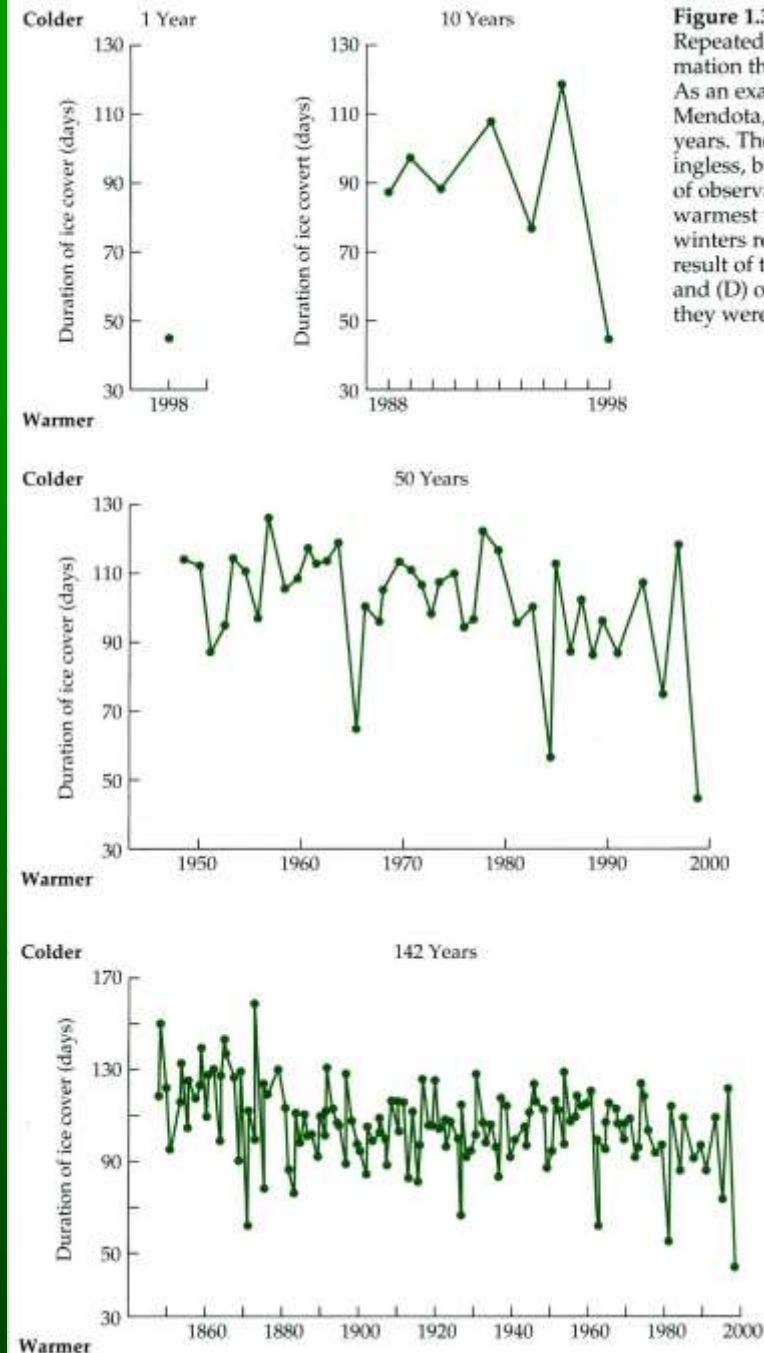
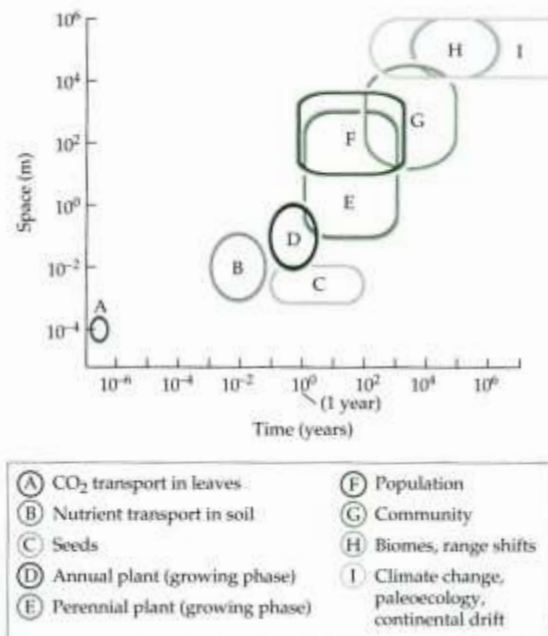
- **Co? (What?)** – popisná (deskriptivní) ekologie = *natural history*
- **Jak? (How?)** – funkční (*functional ecology*) – studium **proximálních příčin**
- **Proč? (Why?)** – evoluční (*evolutionary ecology*) – **studium ultimálních příčin**, proč selekce favorizovala pozorovanou adaptaci, jak znak zvyšuje fitness (adaptivní význam)?

- každý organismus žije v časoprostoru – distribuce a abundance mohou být studovány na různých hierarchických škálách s rostoucí komplexitou
- moderní biologie je sice redukcionistická, ale dosud např. nevíme, kolik žije na světě druhů
- obtížnost přenositelnosti závěrů mezi škálami
- znalosti klesají s rostoucí škálou



Jaké otázky si klade ekologie, hierarchičnost přírody a škála studia II

- současná ekologie se zabývá tím, jak jsou ekologické struktury a procesy variabilní jako funkce škály – stejný fenomén může být interpretován rozdílně v závislosti na studované časové/prostorové škále



Základní ekologické pojmy I

Biocenóza (*Möbius* 1877) = fytocenóza + zoocenóza + mykocenóza
+ mikrobiocenóza

Ekosystém (*Tansley* 1935), **geobiocenóza** (*Sukačev* 1942) =
biocenóza + klimatop + eda(fo)top

Biotop (stanoviště) – prostředí konkrétní biocenózy (fytocenózy, populace, jedince), vznikající vzájemným působením abiotických i biotických faktorů.

Ekotop (stanoviště) – zahrnuje pouze abiotickou složku prostředí určité rostliny, fytocenózy atp.

Lokalita (naleziště) – geograficky vymezené místo výskytu určitého rostlinného taxonu či společenstva (z.š., z.d., nadm. výška.)

Flóra (květena) – výčet rostlinných taxonů, rostoucích na určitém místě, resp. ve vymezeném území (např. flóra ČR).

Vegetace (rostlinstvo) – soubor všech rostlinných společenstev zjištěných ve vymezeném území.

Biota – soubor všech živých organismů určitého území nebo časového období.

Základní ekologické pojmy II

Biom (*Griesebach 1866*) – soubor vzhledově i strukturou $\pm$ blízkých ekosystémů, rozšířených v rozsáhlých oblastech s vlastním typem klimatu i bioty (např. tropický deštný les, savana, tundra aj.).

Biosféra (rak. geolog *E. Suess*) – sféra s vhodnými podmínkami pro život, zahrnující biotu a jí ovlivňované složky (tj. troposféru, hydrosféru a litosféru).

Ekosféra – zahrnuje soubor všech živých organismů s jejich bezprostředním okolím a dostupnými zdroji (= soubor všech ekosystémů); je užší pojem než biosféra.

Metody ekologického výzkumu I

Základní pracovní metody:

- popis
- analýza
- experiment
- srovnání
- syntéza
- modelování

V ekologii se využívá široké spektrum experimentů (často k testování vytvořených hypotéz):

- **řízený experiment** (kontrolovaný, manipulativní, experiment s.s.) – např. *vliv různého množství přidávaných živin na růst určitých druhů rostlin* (ve skleníku, ve fytotronu, na experimentálním pozemku, v terénu), *vliv pastvy na strukturu a druhové složení rostlinných společenstev* apod.
- začal být používán relativně nejpozději, poskytuje však (při dobrém provedení) jasné odpovědi na konkrétní hypotézy

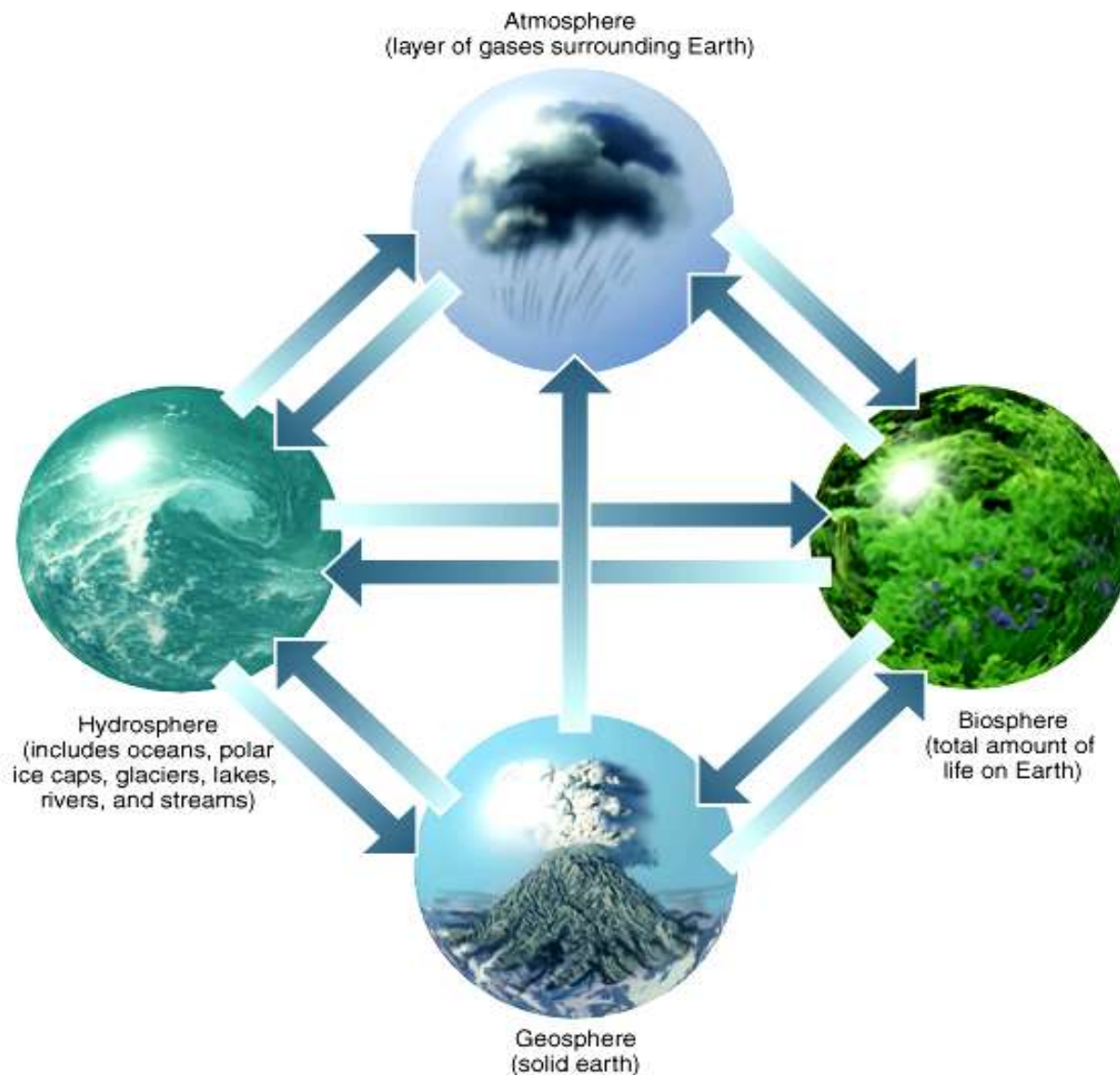
Př.: byla testována hypotéza (v roce 1993), že nedostatek Fe limituje produkci mořského ekosystému (resp. fytoplanktonu); do mořské vody v rovníkové části Tichého oceánu (na ploše o rozloze 64 km²) bylo přidáno Fe → *došlo k výraznému zvýšení produkce fytoplanktonu.*
Zopakování experimentu o dva roky později vedlo ke stejným výsledkům.

Metody ekologického výzkumu II

- **přírodní experiment** – např. lokální extinkce druhu; mohutné erupce (Krakatoa), záplavy či sesuvy
 - **omezení**: obtížné posuzování stavu ekosystému před a po události (např. srovnávání území po velkém požáru se sousední plochou nezasaženou požárem × může být vlhčí, mít jinou historii utváření biotopů či odlišnou vegetaci = problém kontroly a skrytých proměnných)
 - pokud už přírodní experimenty, tak nejlépe **opakující se v prostoru a v čase**
- **observační „experiment“ (pozorování)** – je založen na systematickém studiu přírodní variability; tato pozorování či měření jsou experimenty, pokud jimi ekologové testují své hypotézy, např. měření druhové diverzity napříč kontinentem (lze využít k testování hypotézy o vztahu mezi počtem druhů a produktivitou společenstev)

V čem je ekologie jiná? Ekologické systémy jsou komplexní, je obtížné je analyzovat ↔ problém generalizace

- Výraznou roli hraje modelování a testování použitelnosti modelů skutečnými daty
- provádění tzv. **meta-analýzy** = syntéza dílčích experimentů



Vztahy mezi hlavními složkami Země

- mezi sférami existují *dynamické interakce*, zejména v podobě *biogeochemických cyklů*
- J. E. Lovelock (1965) formuloval *hypotézu Gaia*, podle níž teplotu a složení zemského povrchu aktivně řídí živé organismy této planety (díky svému růstu a metabolismu)

Přizpůsobení prostředí a přírodní výběr

- organismus se musí vyrovnat s prostředím, navíc se prostředí mění v čase – jak vzniknou vlastnosti, které jim zaručí přežití a rozmnožení v daném prostředí (= **adaptace** = účelná vlastnost)?
 - **přírodní výběr (selekce)** – Ch. Darwin; Wallace, 1858
 - Kdy funguje?
 - **Musí existovat variabilita.**
Evoluce vyžaduje 2 typy: **fenotypová** a **genetická variabilita**
 - **V populaci se produkuje nadbytek potomků, ne všechny přežijí a zreprodukují se.**
 - **Potomci se liší ve fitness*** – zdatnější jedinci lépe přežijí a produkují více potomků než ostatní
 - **Pokud se vlastnosti těchto potomků dědí – adaptace se začne v populaci šířit.**
 - Tedy přírodní výběr vyžaduje: **fenotypovou variabilitu*, rozdíly ve fitness*, heritabilitu (dědivost)**

Přírodní výběr nevede ke vzniku dokonalých, maximálně zdatných jedinců, ale pouze zvýhodňuje ty nejzdatnější z přítomných.

Co je a není fitness?

Co je fitness (zdatnost)?

- obtížné definovat
- je to měřítko přispění individua budoucím generacím
- má několik komponent: **fekundita**, **fertilita** a **přežívání**
- **relativní** pojem – lze aplikovat pouze na individua v rámci téhož druhu + **selekce operuje prostřednictvím rozdílu** mezi individui
- (absolutní fitness, relativní fitness w , selekční koeficient $s = 1 - w$)
- **evoluce působí zvyšování fitness a vede k optimalizaci**

Co není fitness?

- není absolutní
- nelze ji srovnávat mezi druhy
- není pouze o reprodukci
- není to krátkodobá míra
- není o jednotlivých znacích

TABLE 3.2 Hypothetical data illustrating the calculation of relative fitness and the selection coefficient from absolute fitness data

Genotype	Absolute fitness (no. of offspring)	Relative fitness (w)	Selection coefficient ($s = 1 - w$)
<i>AA</i>	60	1	0
<i>Aa</i>	60	1	0
<i>aa</i>	48	0.8	0.2

(Conner et Hartl 2004)

Studium selekce má 2 části:

- **fenotypová selekce** (*phenotypic selection*)
- **genetická odpověď** (*genetic response*)

Evoluce přírodním výběrem (selekcí)

Evoluce selekcí má tři

“předpoklady“ (Endler 1986):

1. Existuje fenotypová variabilita pro sledovaný znak.
2. Existuje vztah mezi touto fenotypovou variabilitou a variabilitou ve fitness.
3. Významná část fenotypové variability je způsobena **aditivní** genetickou variabilitou = znak vykazuje vysokou **dědivost s.s.** (*narrow-sense heritability*; h^2)

$$H^2 = \frac{V_G}{V_P}$$

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

$$(V_P = V_G + V_E; \\ V_E = \text{vliv prostředí})$$

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

V_G = variabilita fenotypu způsobená genetickými faktory =
aditivní účinek genů + vliv dominance + epistáze
 V_P ... celková variabilita hodnot fenotypu

(* dědivost s.l. H^2 ~ auto- vs. dědivost s.s. h^2 ~ allogamické druhy)

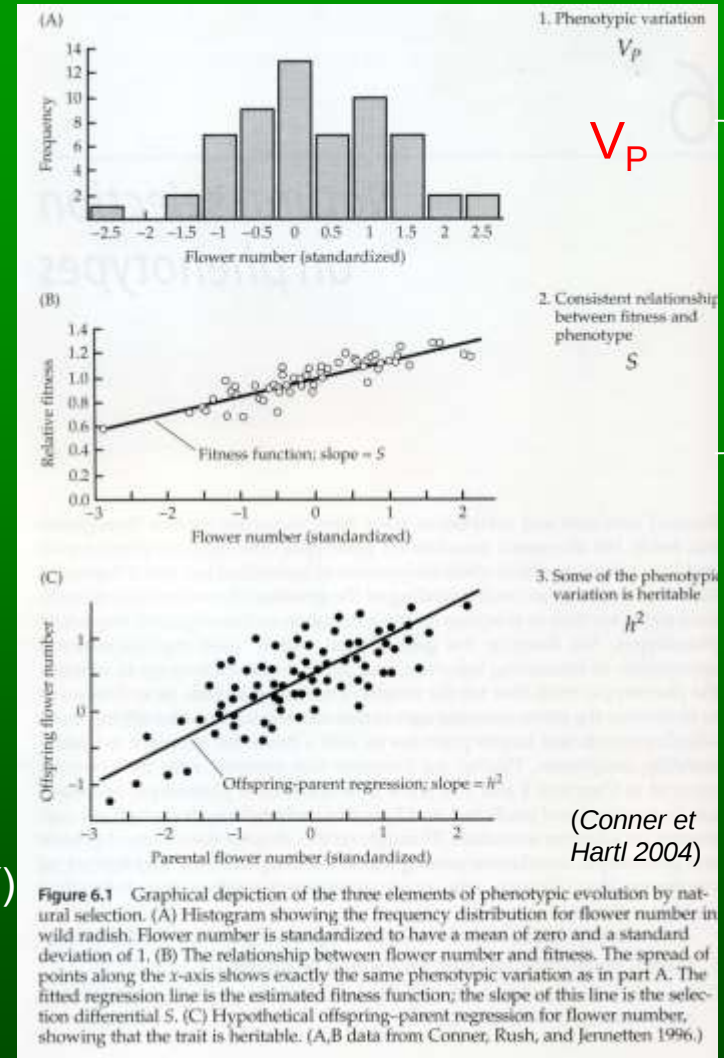


Figure 6.1 Graphical depiction of the three elements of phenotypic evolution by natural selection. (A) Histogram showing the frequency distribution for flower number in wild radish. Flower number is standardized to have a mean of zero and a standard deviation of 1. (B) The relationship between flower number and fitness. The spread of points along the x-axis shows exactly the same phenotypic variation as in part A. The fitted regression line is the estimated fitness function; the slope of this line is the selection differential S . (C) Hypothetical offspring-parent regression for flower number, showing that the trait is heritable. (A,B data from Conner, Rush, and Jennetten 1996.)

Dědivost: udává do jaké míry je podobnost mezi příbuznými jedinci, ve srovnání s nepříbuznými jedinci téhož druhu, důsledkem dědičnosti

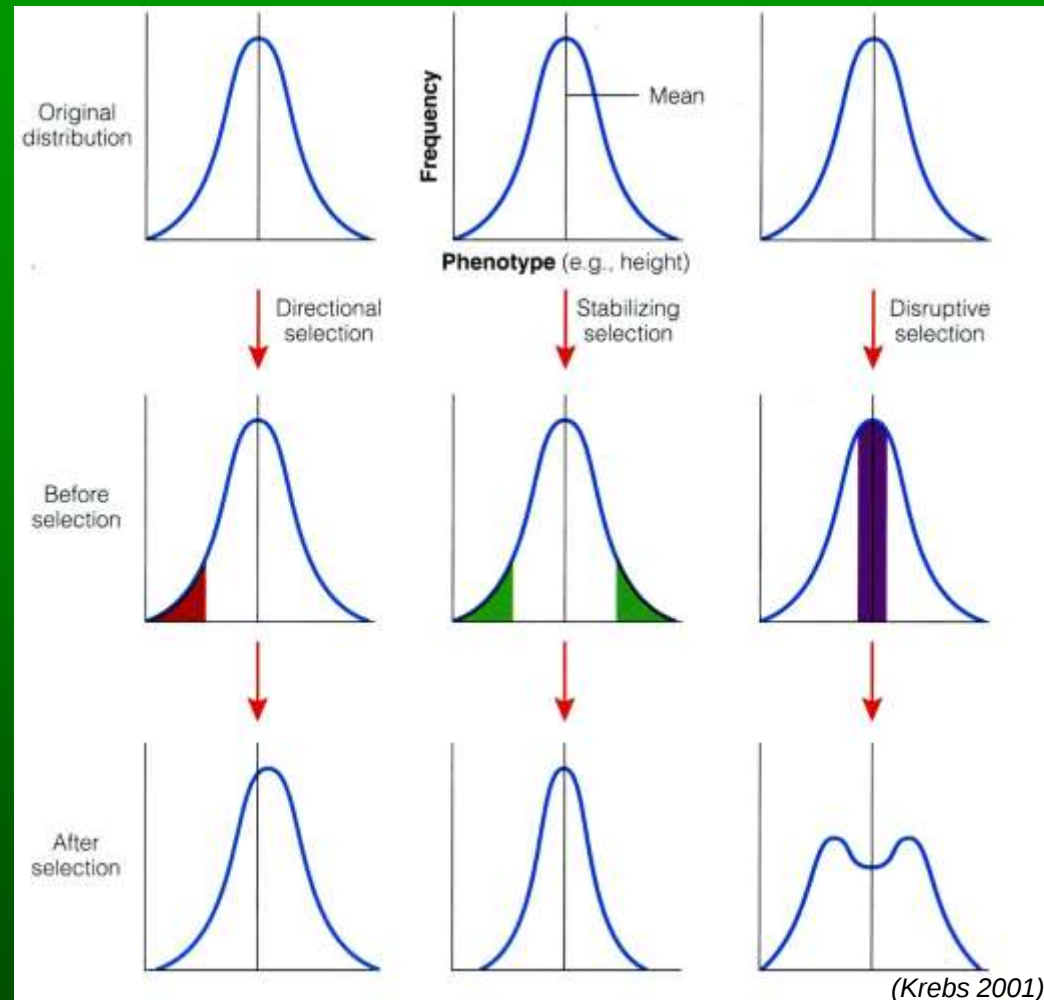
Typy selekce fenotypu

Přírodní výběr probíhá na fenotyp – to, co pozorujeme.

Typy selekce:

- **usměrňující** (*directional*) s.
- **stabilizují** (*stabilizing*) s.
- **disruptivní** (*disruptive*) s.

Vlivem stabilizující a usměrňující selekce by byla všechna aditivní genetická variabilita pro daný znak odstraněna, pokud další procesy negenerují novou variabilitu



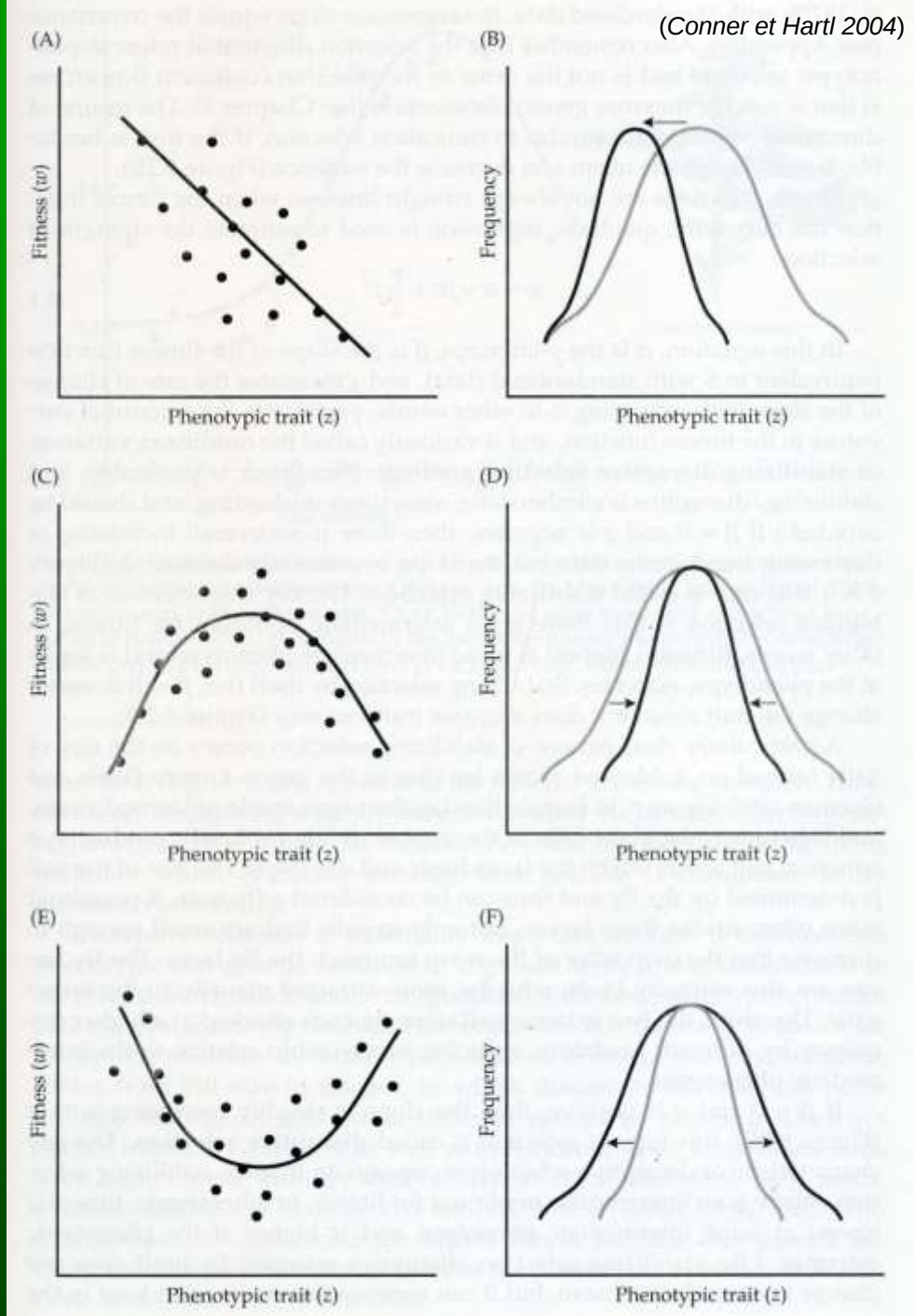
Preadaptace (exaptace) – vlastnosti, které původně nevznikly k danému účelu, jakému slouží dnes (ptačí křídlo; vyšší fenotypová plasticita → invaze)

Selekce fenotypu a vztah mezi fitness a fenotypem

Tři základní hypotetické funkce fitness-fenotyp („**fitness function**“) a odpovídající tři základní typy fenotypové selekce.

Obr. B, D, F:

- šedá křivka: populace před selekcí
- černá křivka: populace po selekci



Vztah mezi fenotypovou variabilitou a rozdíly ve fitness → vedou k fenotypové selekci.

Pokud existuje pro tyto znaky i genetická variabilita, pak může dojít k evoluční změně.

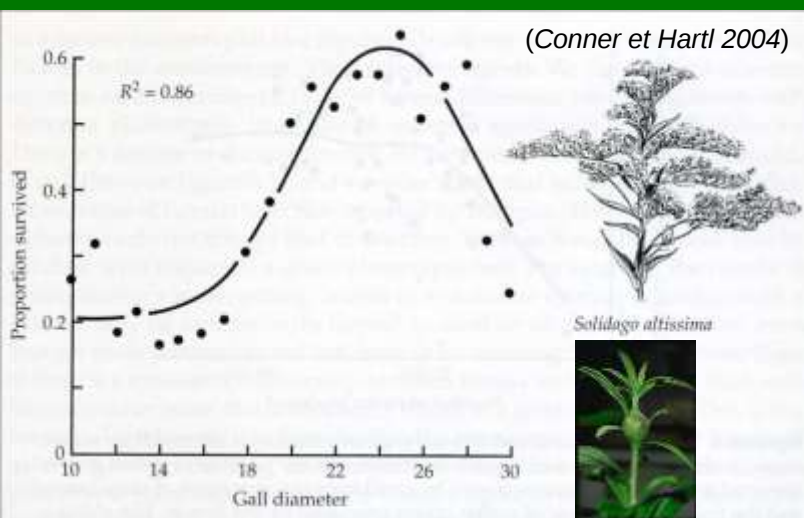


Figure 6.3 Stabilizing selection on gall size of *Eurosta* flies on goldenrod. Survival of the fly larvae was the measure of fitness, and the phenotypic trait was gall diameter measured to the nearest mm. Over 3500 galls were measured and scored for survival to adulthood; each point in the graph represents the proportion of individuals in one population that survived at each gall size. (After Weis and Gorman 1990.)

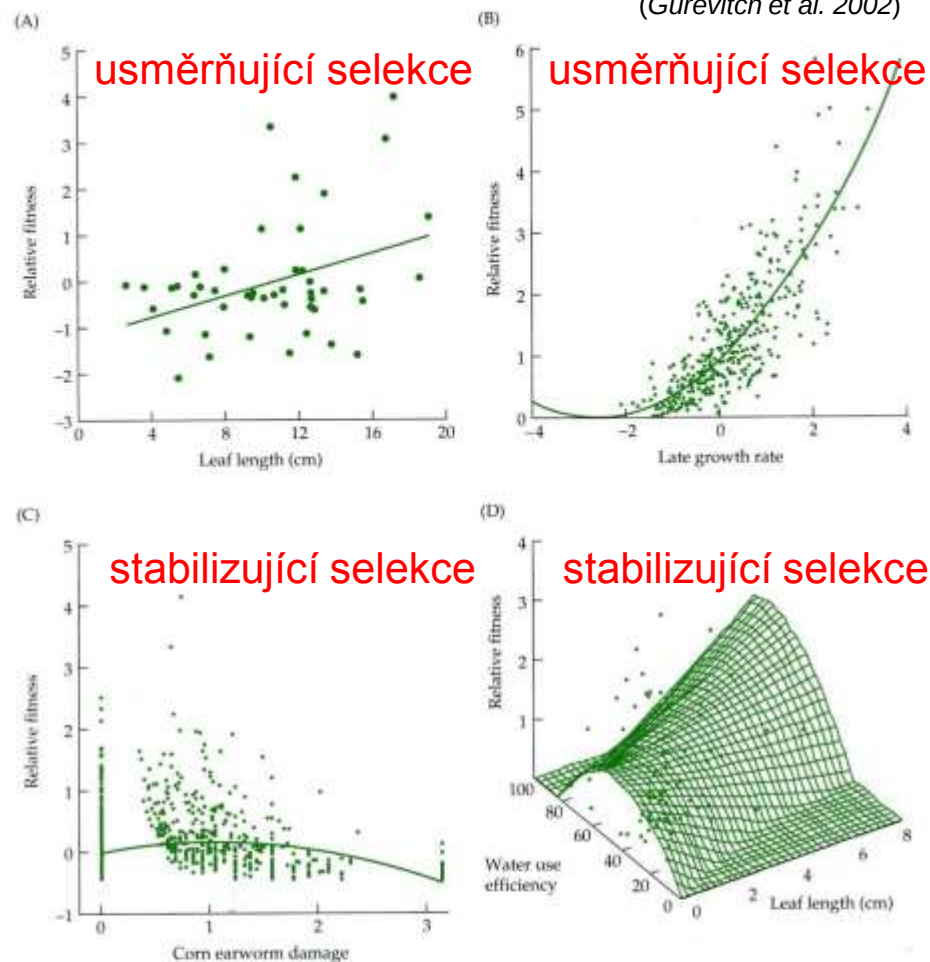


Figure 5.2 Relationships between phenotypic variation in plant traits and fitness differences result in phenotypic selection. If genetic variation for these traits also exists, then evolutionary change may occur. (A) Directional selection for longer leaf length in the perennial *Danthonia spicata* (poverty grass, Poaceae) in a natural population growing in a white-pine forest in northern lower Michigan. Fitness was measured as the total number of spikelets produced over five years and was corrected for correlations with other traits. (Data from Scheiner 1989.) (B) Directional selection for greater growth rate late in the season in the annual *Impatiens capensis* (jewelweed, Balsaminaceae) in a natural population growing in a deciduous forest in Wisconsin. Fitness was measured as the final dry weight of the plant, which is correlated with the number of seeds produced. The fitness function is curved, but still monotonically increasing. (After Mitchell-Olds and Bergelson 1990.) (C) Stabilizing selection for the amount of damage caused by the corn earworm to the annual *Ipomoea purpurea* (morning glory, Convolvulaceae) in an experimental population growing in an old field in North Carolina. Fitness was measured as the number of seeds produced by the end of the growing season. (Data from Simms 1990.) (D) Stabilizing selection for water use efficiency and directional selection for smaller leaf size in the annual *Cakile edentula* (sea-rocket, Brassicaceae) in an experimental population growing on a beach along southern Lake Michigan. Fitness was measured as the number of fruits produced by the end of the growing season. The optimal water use efficiency depends on leaf size, which is an example of correlational selection. (After Dudley 1996.)

Omezení vlivu adaptace a fenotypová plasticita

Vliv adaptace je omezen těmito faktory:

- **genetické vlivy** – mutace, genový tok, imigrace
- **variabilita prostředí**
- **trade-off mezi znaky** (některé způsoby, jak se vyrovnat s vnějším prostředím, se navzájem vylučují; např. investice buď do podzemní či nadzemní biomasy) = jeden nemůže dělat všechno dobře
- **historická (evoluční) omezení (*constraints* – nátlak, vynucení)** – důsledkem přímých fyzikálních zákonů, předchozího evol. vývoje, omezení ontogenetického vývoje)

Fenotypová variabilita přesto může přetrvat v důsledku 2 jevů:

- **fenotypová plasticita** (*phenotypic plasticity*)
- **chyby ve vývoji** (*errors in development*)

Není-li však v populaci žádná genetická variabilita, bez ohledu na tlak selekce neprobíhá žádná odpověď na úrovni genotypu.

Fenotypová plasticita (phenotypic plasticity)

= schopnost organismu vytvářet různý fenotyp v závislosti na vnějších podmínkách.
(= jeden genotyp odpovídá mnoha fenotypům)

- na úrovni celé rostliny či jednotlivých orgánů

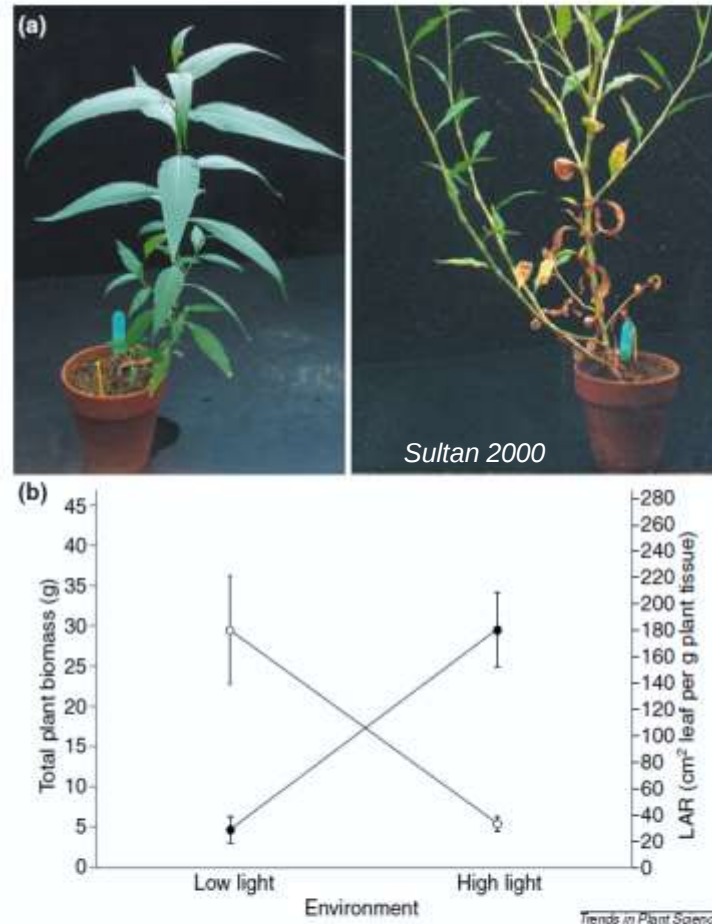


Fig. 2. (a) Inbred replicates of the same *Polygonum lapathifolium* genotype grown for eight weeks at low light [20% available photosynthetically active radiation (PAR); left] and high light (100% available PAR; right). Low-light plant bears large, thin leaves and few branches. The larger high-light plant bears narrow leaves on many branches and is also more mature, as shown by the senescence of the earliest leaves and the production of mature achenes. (b) Mean norms of reaction for 25 genotypes of *P. lapathifolium* grown at low (20%) and high (100%) light (mean within each treatment plus or minus the standard deviation). Low-light plants have less total biomass (filled circle) but produce far more photosynthetic leaf area per unit mass (unfilled circle) through changes in leaf biomass allocation, morphology and structure.

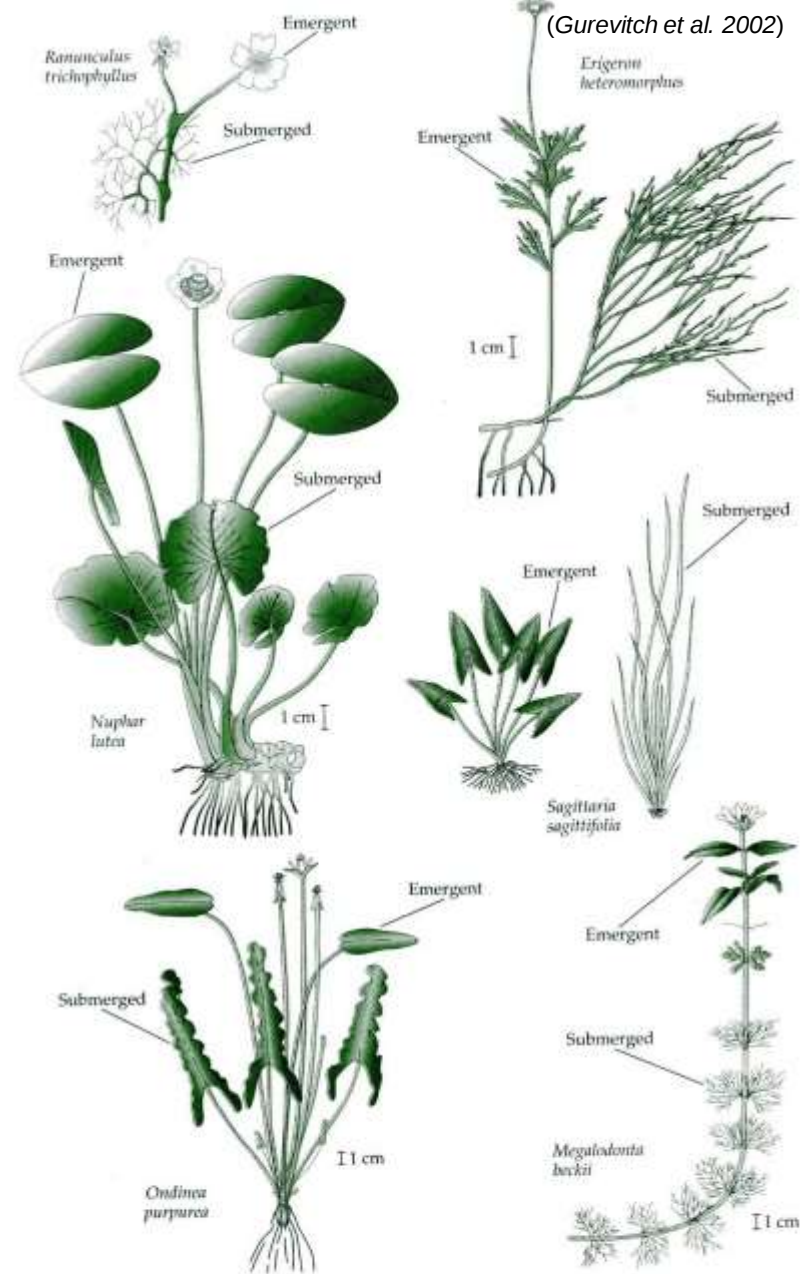


Figure 5.5 Phenotypic plasticity results in adaptive differences in form between emergent and submerged leaves of several aquatic plant species. Clockwise from top left: *Ranunculus trichophyllus* (threadleaf crowfoot, Ranunculaceae), *Erigeron heteromorphus* (fleabane, Asteraceae), *Sagittaria sagittifolia* (Hawaii arrowhead, Alismataceae), *Megalodonta beckii* (Beck's water marigold, Asteraceae), *Ondinea purpurea* (purple water lily, Nymphaeaceae), and *Nuphar lutea* (yellow pond lily, Nymphaeaceae).

Formy adaptace

Přírodní výběr může vést ke třem formám adaptace (v populaci):

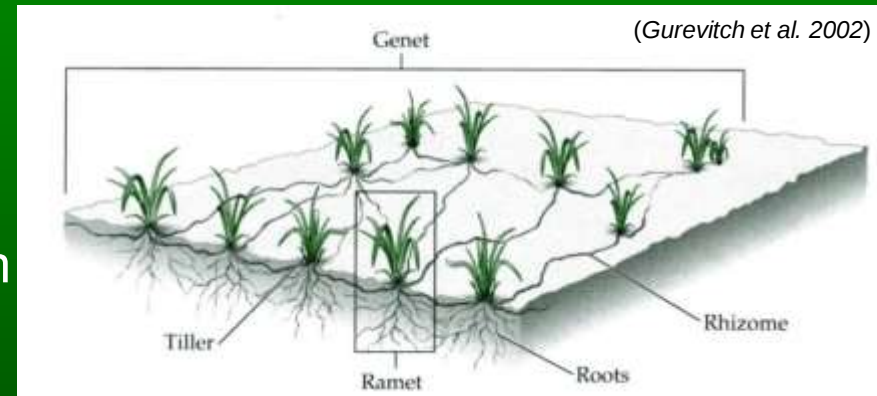
- **specializace** na konkrétní (mikro)prostředí, kde je nejlepší (**master-of-some**) (genetický polymorfismus)
- **fenotypová plasticita**
- **konvergence k jednomu, intermediálnímu fenotypu** (**jack-of-all-trades, master-of-none**)

Který z modelů převládne?

- závisí to na míře prostorové a časové variability prostředí, míře genetické variability, genovém toku a reprodukčním systému

Na jaké úrovni probíhá selekce?

- primárně rovina **individua**
(problém s definicí individua u rostlin: genet, rameta)
- pod úrovní individua (somatická mutace v rametě)
- **nad úrovní individua** (skupinová selekce,...)



Procesy ovlivňující vnitro- a mezipopulační genetickou variabilitu

Procesy zvyšující vnitropopulační variabilitu

- mutace
- migrace
- sexuální reprodukce

Procesy snižující vnitropopulační variabilitu

- přírodní výběr
- genetický drift
- efekt hrdla láhve (efekt zakladatele či bottleneck efekt)

A co mezipopulační variabilita?

Tam to může být jinak....

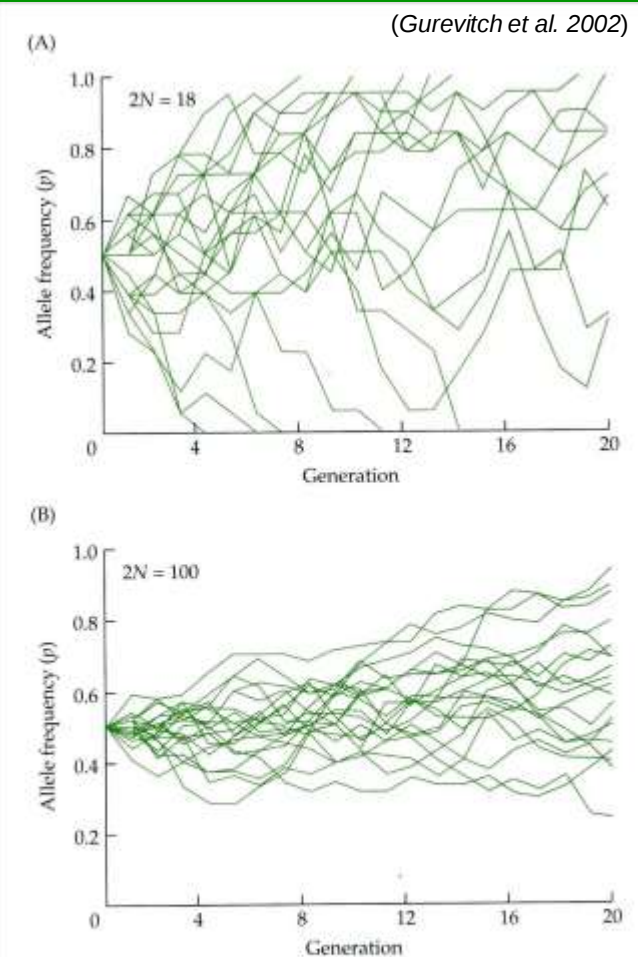
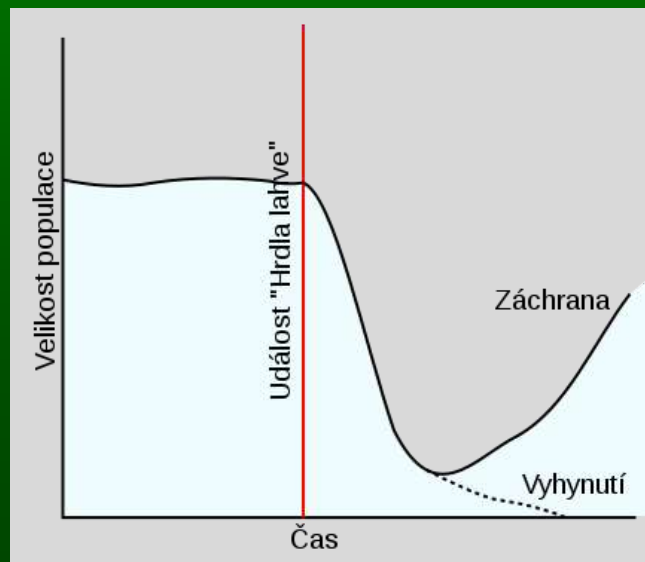


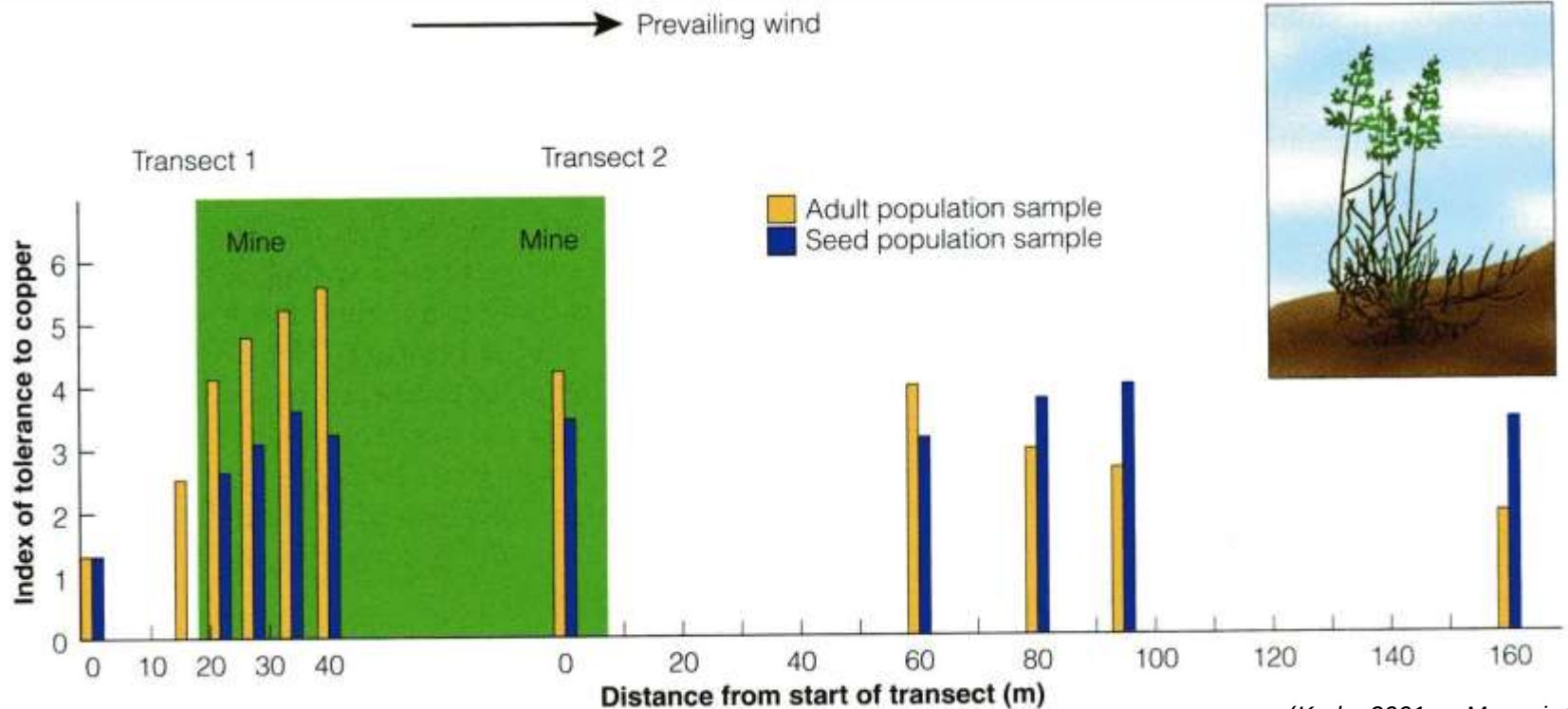
Figure 5.9 Changes over 20 generations in gene frequencies due to random sampling. (A) An allele frequency of $p = 0.5$ implies that there are 9 copies of the A allele and 9 copies of the a allele. (B) An allele frequency of 0.5 implies 50 copies of each allele. The much larger population size in (B) results in smaller oscillations in allele frequencies. As population size decreases, the effects of genetic drift increase.

Výsledky evoluce I

Jak poznáme, že daný znak byl utvářen přírodním výběrem?

Příklady:

Tolerance k těžkým kovům (Bradshaw et al.) –
Agrostis tenuis, příklad **disruptivní selekce**



(Krebs 2001 ex Macnair 1981)

Výsledky evoluce II

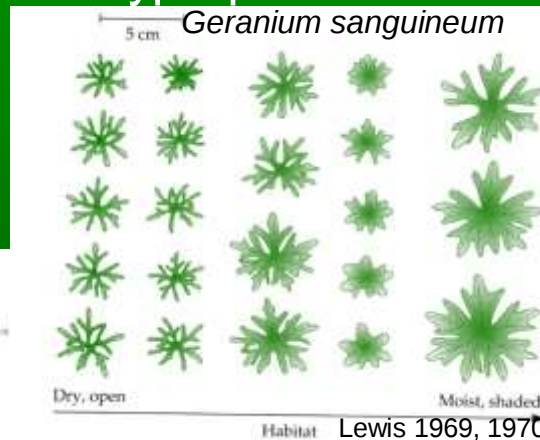
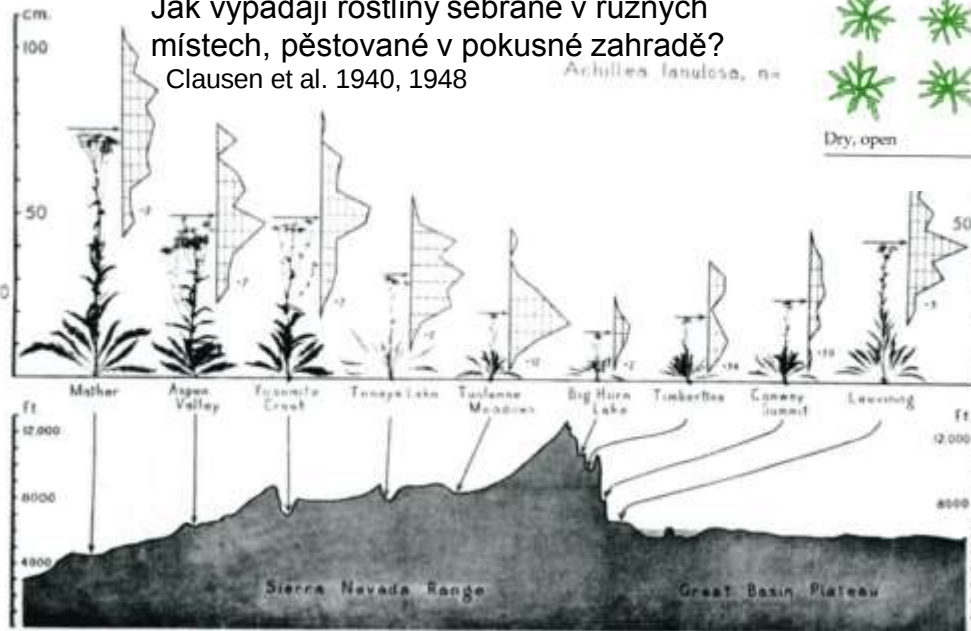
Ekotypy (ecotype) – populace druhu z různých prostředí/lokalit, které nesou geneticky založené rozdíly v morfologii a funkcích (ostré genet. a fenotyp. mezipop. rozdíly)

Klinální variabilita (cline) – postupná genetická změna odpovídající za postupnou změnu fenotypu podél geografického/ekol. gradientu

Common garden („pokusná zahrada“ = stejné prostředí), transplantační experimenty, maternální efekt

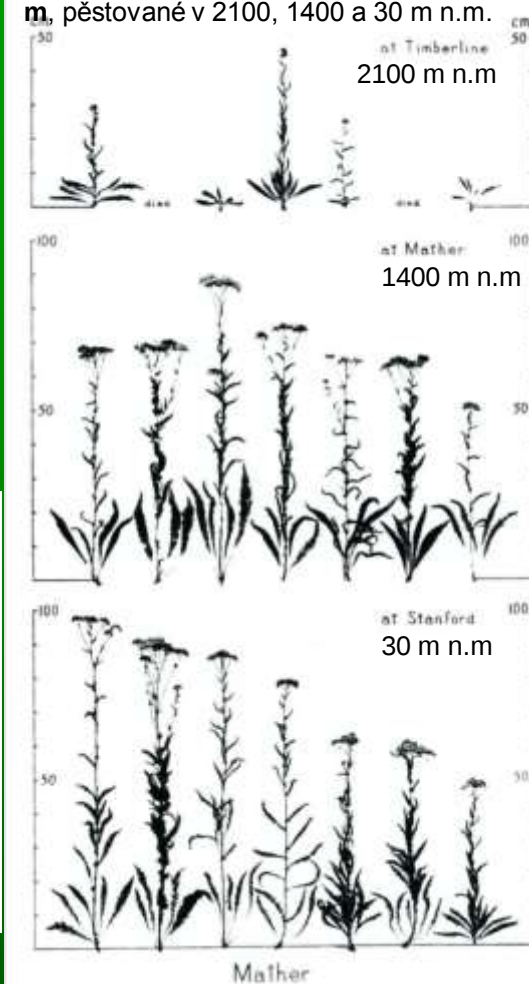
Jak vypadají rostliny sebrané v různých místech, pěstované v pokusné zahradě?
Clausen et al. 1940, 1948

Achillea lanulosa, n.s.

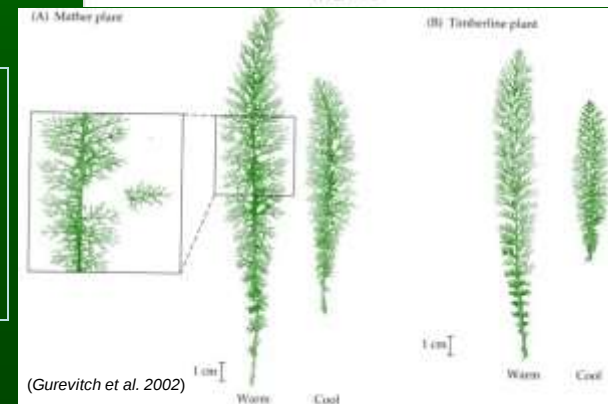


Habitat Lewis 1969, 1970

Achillea lanulosa: **fenotyp rostlin z 1400 m**, pěstované v 2100, 1400 a 30 m n.m.



Turesson 1922,
Clausen et al. 1940, 1948,
Lewis 1969, 1970



(Gurevitch et al. 2002)

Výsledky evoluce II

Adaptivní plasticita: změna fenotypu, která zajistí nejvyšší fitness v daném prostředí

$$V_P = V_G + V_E + V_{G \times E} + V_e + \text{COV}(G, E)$$

Další příklad:
zvýšení
produkce
obránných
chemických
látek a
struktur v
reakci na
herbivora

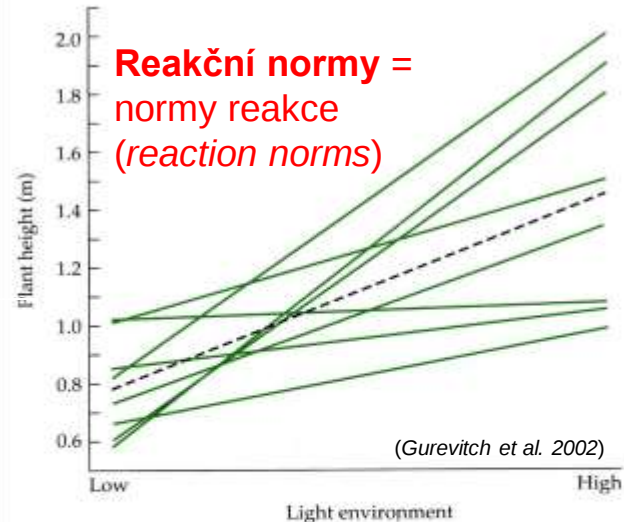


Figure 5.4 An example of phenotypic plasticity and genotype-environment interaction for plants growing in high light and low light environments. In this example, cuttings were taken from individual genets and grown in each environment. Each shaded line connects the mean height for each genet in the two environments. The dashed line connects the overall means in each environment and represents V_E . Variation in average heights among genets represent V_G . The extent to which the shaded lines are not parallel represents $V_{G \times E}$.

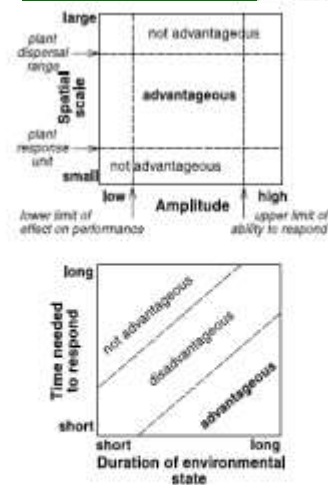
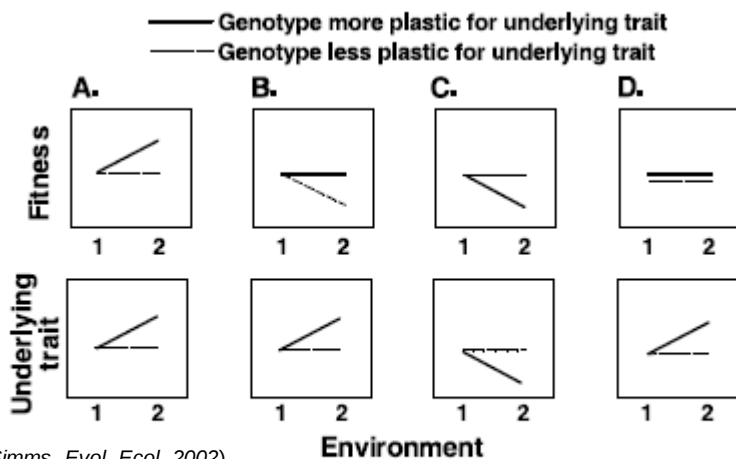
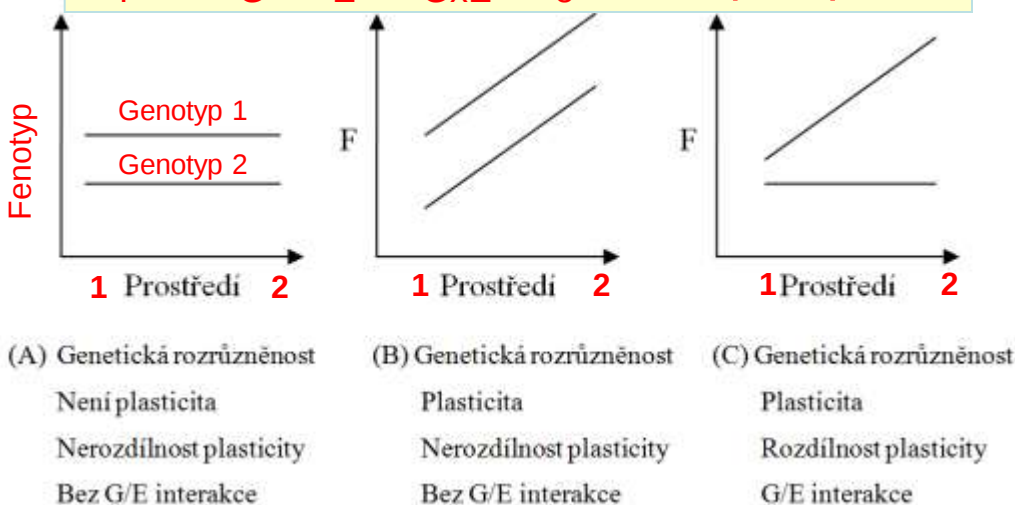


Figure 2. (A) Plasticity is expected to be advantageous only when the scale and amplitude of spatial heterogeneity are within certain bounds. The spatial scale of environmental heterogeneity must be less than the scale of offspring dispersal and more than the scale of the unit of the plant that undergoes the plastic response. The amplitude of environmental heterogeneity must be great enough to affect plant performance but not so great as to exceed the ability of the plant to tolerate the environment after making its maximum response. (B) Plasticity may be advantageous when the duration of temporal states tends to be long compared to the response time of a trait and disadvantageous when duration and response time are similar.

Dudley a Schmitt 1996
Impatiens capensis

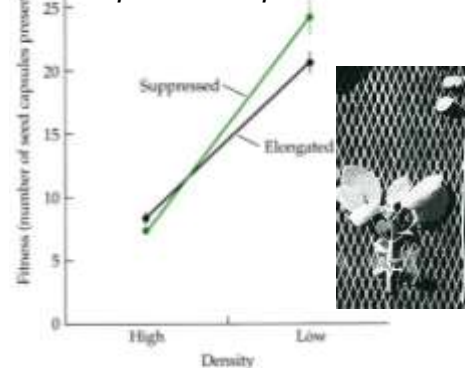


Figure 6.7 A test of adaptive plasticity of stem elongation in *Impatiens capensis*. Elongated plants were initially grown in a greenhouse with filters that blocked the red part of the light spectrum; suppressed plants were grown with full-spectrum controls that reduced light by the same amount without changing the red:far-red ratio. The two sets of plants were then grown at high or low density. The bars indicate 1 standard error. (After Dudley and Schmitt 1996.)

Figure 1. Some types of phenotypic plasticity: (A) adaptive plasticity with increased plasticity in fitness; (B) adaptive plasticity with decreased plasticity in fitness; (C) injurious plasticity; (D) neutral plasticity.

(Alpert a Simms, *Evol. Ecol.* 2002)

Aktivní a pasivní plasticita

RESEARCH PAPER

Limited phenotypic plasticity in range-edge populations: a comparison of co-occurring populations of two *Agrimonia* species with different geographical distributions

Maris Mägi, Marina Semchenko, Reim Kalamees & Kristjan Zobel

Department of Botany, Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu, Tartu, Estonia

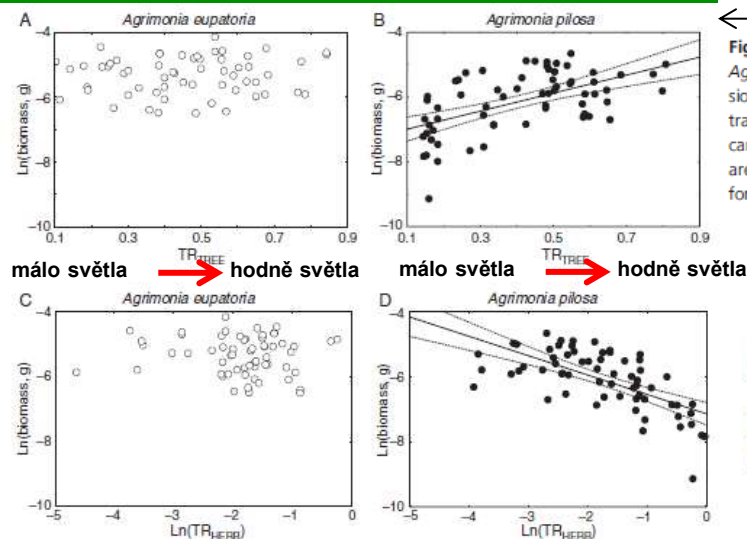


Fig. 1. Relationship between aboveground biomass of *Agrimonia eupatoria* and *A. pilosa* and A, B: transmission of radiation through the tree canopy, and C, D: transmission of radiation through the herbaceous canopy. Regression lines and 95% confidence intervals are presented for significant relationships. See Table 1 for associated R and P values.

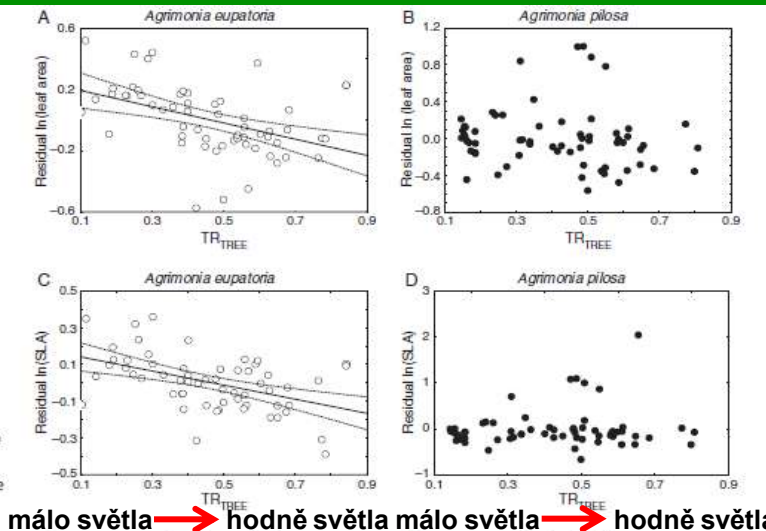


Fig. 2. Relationship between light permeability through the tree canopy and A, B: residual ln-leaf area, and C, D: residual ln-SLA in *Agrimonia eupatoria* and *A. pilosa*. Regression lines and 95% confidence intervals are presented for significant relationships. See Table 3 for associated R and P values.

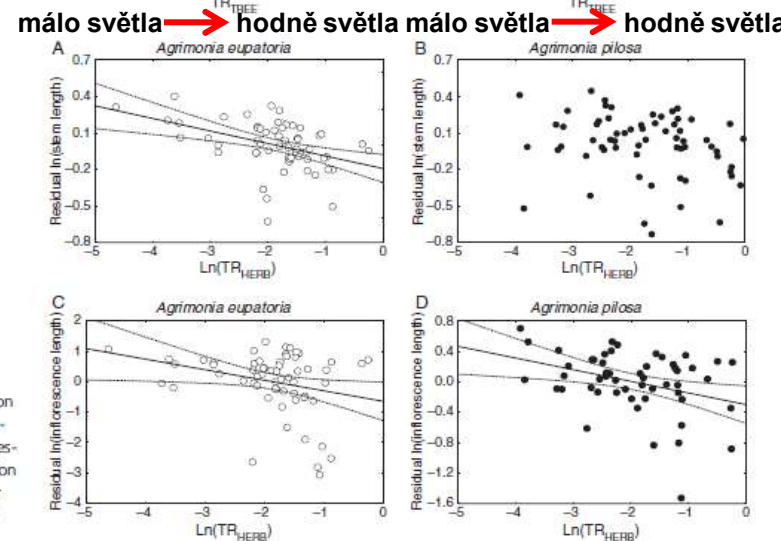


Fig. 3. Relationship between transmission of radiation through the herbaceous canopy and A, B: residual ln-length of stem, and C, D: residual ln-length of inflorescence in *Agrimonia eupatoria* and *A. pilosa*. Regression lines and 95% confidence intervals are presented for significant relationships. See Table 3 for associated R and P values.

- plasticita k zastínění se lišila mezi příbuznými druhy v závislosti na tom, zda-li byl druh na okraji svého rozšíření (*A. pilosa*) nebo ne (*A. eupatoria*)
- aktivní (=adaptivní) plasticita vedla u *A.e.* k zachování fitness v různých ekol. podmínkách

Rostliny a vznik biosféry

- tvoří 99,9% živé hmoty
- termín **Biosféra** – 1875, geolog Suess; 1929, Vernadsky „*La Biosphère*“
- Země je unikátní ve vesmíru:
 - voda
 - vnější zdroj energie (Slunce)
 - teploty v rozsahu různého skupenství vody

Toky energie a fotosyntéza

Vznik a existence života jsou podmíněny:

- 1) Tokem energie do systému
- 2) Dostupnost zdrojů
 - Jaké byly časné zdroje při vzniku života?
 - Morowitz 1968: termodynamické výpočty ukazující jak energie stimulovala chemické interakce a vytvářela molekuly s vyšší potenciální energií – biosféra je otevřený systém
 - Již na molekulární úrovni docházelo k přírodnímu výběru
 - Selektce stabilních složitějších molekul

Table 1.1. The early atmosphere of Earth probably resembled the composition of gases produced by volcanoes such as these two on Hawaii (from Strahler 1971).

Volcanic gases from basaltic lava of Mauna Loa and Kilauea	Percent composition
Water, H ₂ O	57.8
Total carbon, as CO ₂	23.5
Sulfur, S ₂	12.6
Nitrogen, N ₂	5.7
Argon, A	0.3
Chlorine, Cl ₂	0.1
Fluorine, F ₂	—
Hydrogen, H ₂	0.04

(Keddy 2007)

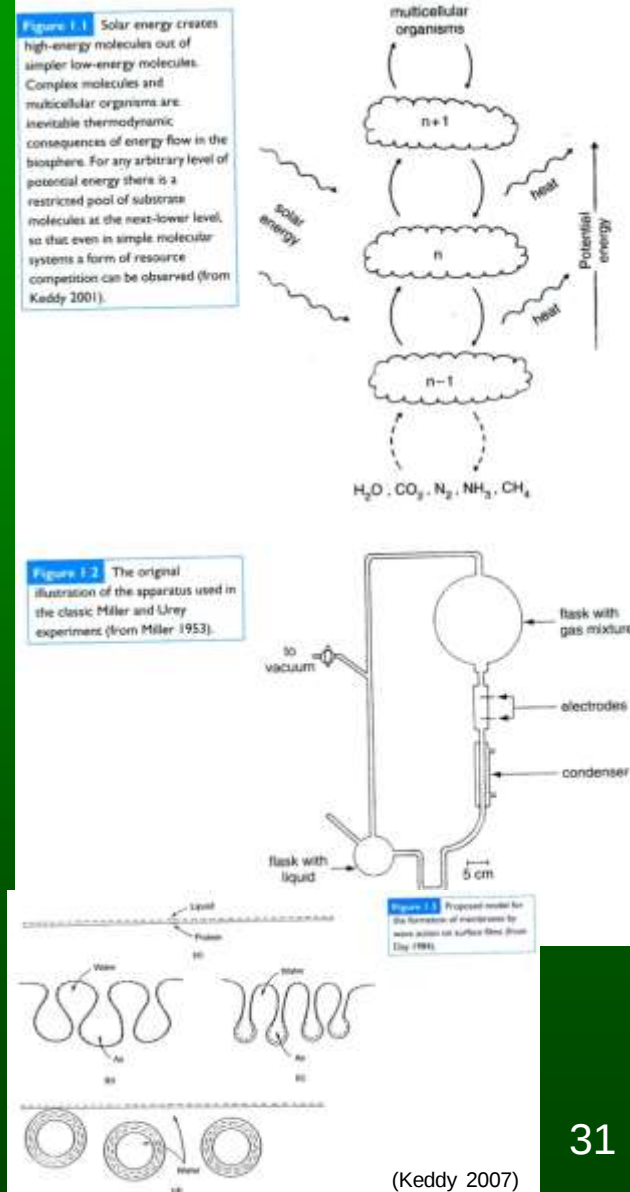
Table 1.2. The equilibrium concentration of chemical compounds formed in the mixed gas with the composition C₂H₁₀NO₈ at 1 atm and 500 °C (from Morowitz 1968).

Compound	Equilibrium concentration	Compound	Equilibrium concentration
Water	2.24	Glycine	0.48×10^{-21}
Carbon dioxide	0.88	Acetylene	0.11×10^{-22}
Nitrogen	0.50	Lactic acid	0.20×10^{-23}
Methane	0.12	Acetamide	0.11×10^{-23}
Hydrogen	0.18×10^{-1}	Ethylene glycol	0.62×10^{-24}
Ammonia	0.15×10^{-3}	Benzene	0.52×10^{-25}
Carbon monoxide	0.54×10^{-4}	Alanine	0.97×10^{-27}
Ethane	0.34×10^{-7}	Furan	0.14×10^{-28}
Formic acid	0.93×10^{-9}	Pyrole	0.31×10^{-30}
Acetic acid	0.25×10^{-9}	Pyridine	0.16×10^{-30}
Methanol	0.73×10^{-11}	Cyanogen	0.77×10^{-31}
Formaldehyde	0.13×10^{-11}	Benzoic acid	0.65×10^{-31}
Ethylene	0.88×10^{-13}	Pyruvic acid	0.31×10^{-31}
Hydrogen cyanide	0.73×10^{-13}	Pyrimidine	0.13×10^{-31}
Methylamine	0.64×10^{-13}	Phenol	0.10×10^{-31}
Acetaldehyde	0.81×10^{-14}	Xylene	0.17×10^{-33}
Ethanol	0.49×10^{-15}	Benzaldehyde	0.12×10^{-35}
Acetone	0.92×10^{-17}	Naphthalene	$< 10^{-38}$
Ketone	0.19×10^{-17}	Anthracene	$< 10^{-38}$
Methyl ether	0.30×10^{-19}	Asphalt	$< 10^{-36}$
Formamide	0.24×10^{-20}	Oxygen	$< 10^{-38}$

(Keddy 2007)

Vznik složitých molekul, vznik membrán

- **Miller 1953:** klasický pokus – elektrické výboje do umělé atmosféry s vodní parou – vznik aminokyselin
- **Které faktory umožňují akumulaci a zvýšení stability složitých molekul?**
 - ochranné membrány, přímé využití energie, např. sluneční, schopnost vytvářet shluky schopné vyrovnávat krátkodobé nepříznivé podmínky, schopnost replikace
- **Vznik membrán:**
 - Oparin 1938 – *koacervátová teorie*;
 - Day 1984: *model založený na formaci proteinových membrán* s hydrofobním (vně vody) a hydrofilním koncem (do vody) a účastí lipidů (lipidová dvouvrstva) – fluidní mozaika;
 - Cairns-Smith 1985: *jílové částice* jsou též samoorganizující se



Prokaryotická a eukaryotická buňka

-3,1 mld let: nejstarší fosilie prokaryotické b. (J Afrika)

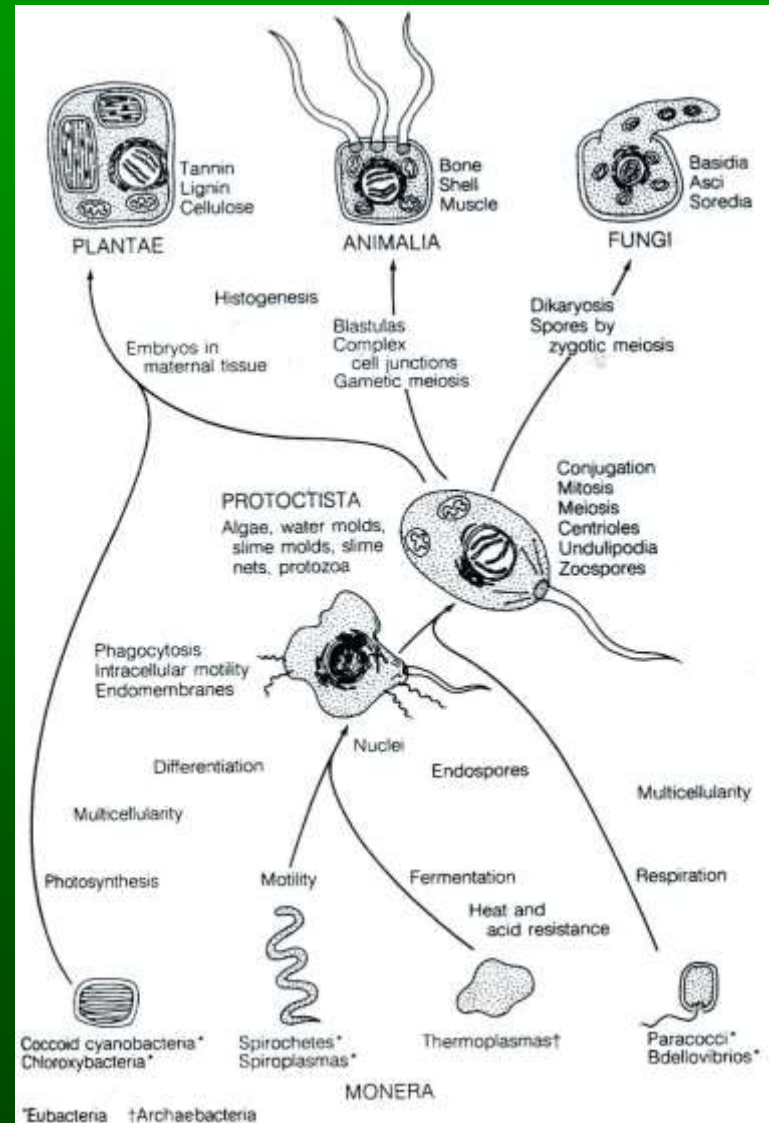
-1,8-1,9 mld. let: nejstarší fosilie eukaryotické b. (Čína)

Vznik eukaryotické buňky:

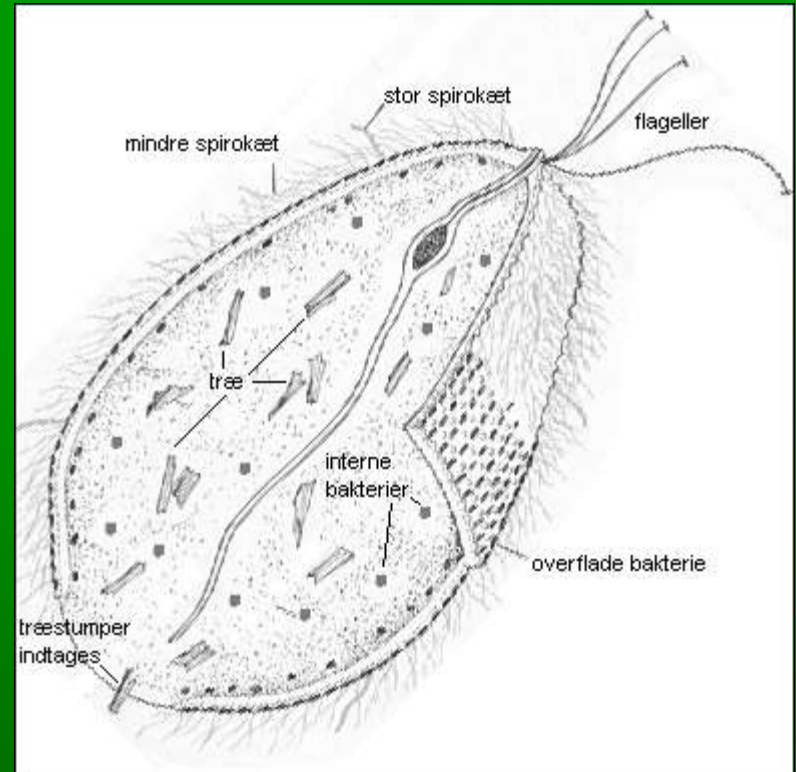
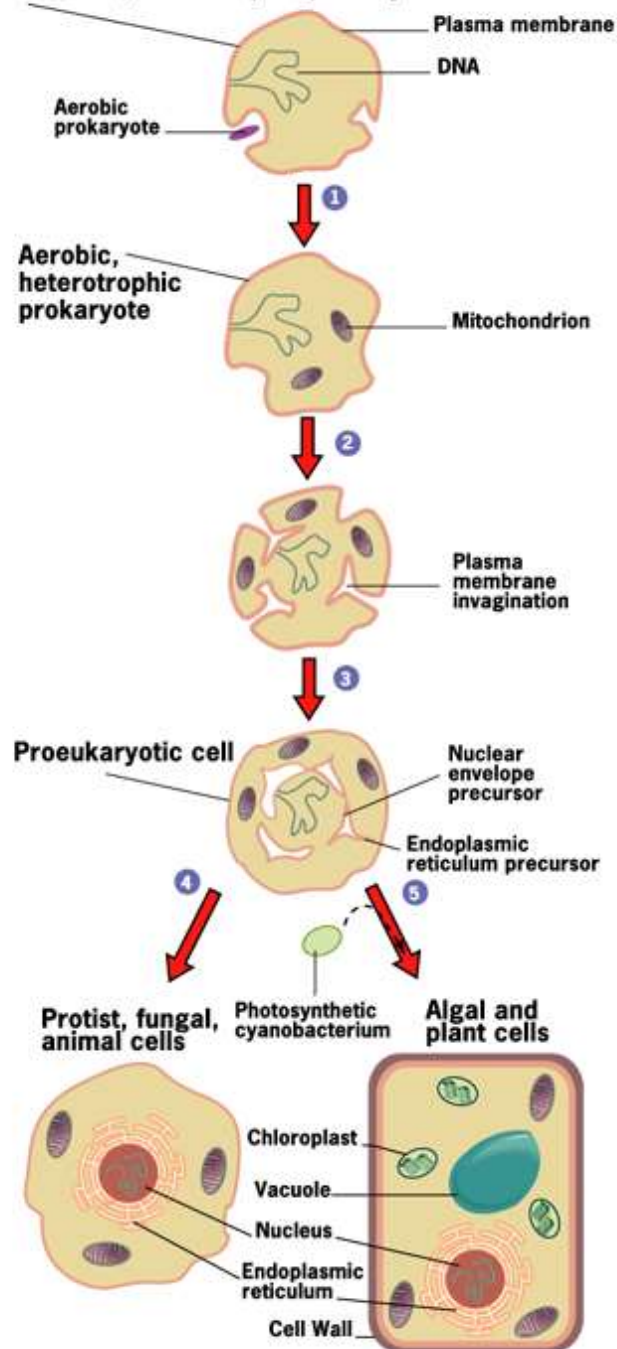
1970 Margulis L.: „*Serial endosymbiosis hypothesis*“ (endosymbiotická hypotéza)

primitivní anaerobní prokaryotická b. +
aerobní nefotosyntetizující bakterie +
Spirocheta (gramnegativní bakterie) + [sinice]
→ + mitochondrie + bičík + [chloroplast] =
eukaryotická [rostlinná] buňka

Myxotricha paradoxa – bičíkatý prvok, žije v žaludku termitů, má 4 symbionty (baktérie), kompozitní organismus vzniklý symbiogenezí



Anaerobic, heterotrophic prokaryote



Myxotricha paradoxa

Vznik fotosyntézy I

Na počátku anaerobní podmínky (žádný O_2 , O_3):

- anaerobní fermentace (málo energeticky účinná)
- vhodný substrát spotřebován → nedostatek → kompetice → selekce k využití energie Slunce k syntéze složitějších molekul

Jaký typ energie se nabízí a který je výhodné využít a proč?

- viditelné světlo
(400-750 nm)
- excitace elektronů

(Keddy 2007)

Table 1.3. Possible sources of energy for life to exploit (from Morowitz 1968).

Source	Energy ($\text{cal cm}^{-2} \text{ year}^{-1}$)
Sunlight (all wavelengths)	260 000
<2500 Å	570
<2000 Å	85
<1500 Å	3.5
Electric discharges	4
Cosmic rays	0.0015
Radioactivity (to 1.0 km depth)	0.8
Volcanoes	0.13

Note:

1 Å = 0.1 nm.

Table 1.4. The characteristics of some regions of the electromagnetic spectrum (from Morowitz 1968).

Region	Wavelength range (μm)	Energy range (kcal/Einstein)	Fraction of solar spectrum (%)	Molecular changes
Far ultraviolet	0.1–0.2	152.2–304.4	0.02	Ionization
Ultraviolet	0.2–0.38	75.3–152.2	7.27	Electronic transitions and ionizations
Visible	0.38–0.78	36.7–75.3	51.73	Electronic transitions
Near infrared	0.78–3	9.5–36.7	38.90	Electronic and vibrational transitions
Middle infrared	3–30	0.95–9.5	2.10	Rotational and vibrational transitions

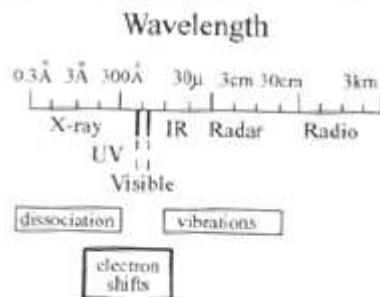


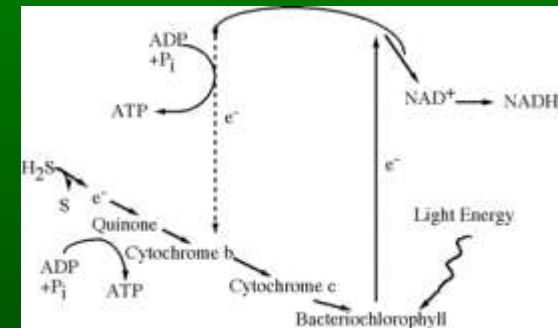
Figure 1.8 The electromagnetic spectrum, showing the narrow range of wavelengths causing electron shifts that is used in photosynthesis and vision.

Vznik fotosyntézy II

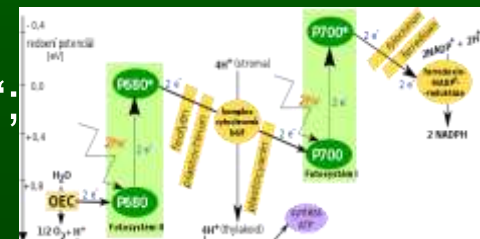
Vznik chlorofylu

- existuje velké množství fotosenzitivních molekul
- časně molekuly byly strukturně mnohem jednodušší a fotosyntéza byla primitivní (nebyla specifická organela, fotosenzitivní pigmenty v cytoplazmatické membráně) → vchlípením membrány patrně vznik tylakoidů u sinic
- syntéza porfyrinu (má schopnost tvořit komplexy s kovovými ionty, např. s Mg → bakteriochlorofyl, chlorofyl)

- **anaerobní fotosyntéza** (bakteriální fotosyntéza) → nutný **externí zdroj redukčního činidla**, donorem je např. H_2 , H_2S , Fe^{2+} aj. (Purpurové b., [zelené sírné bakterie](#):
 $12 \text{H}_2\text{S} + 6\text{CO}_2 + \text{☀} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 12\text{S}$)



- nedostatek → silná selekce → vznik mechanismu fotolýzy vody (**kyslík vyvíjející komplex** („*oxygen-evolving complex*“; metaloenzymové jádro s atomy vápníku a manganu, oxiduje vodu) → nekonečný zdroj vodíku = **aerobní fotosyntéza**
 $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + \text{☀} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$)



Kyslíková revoluce

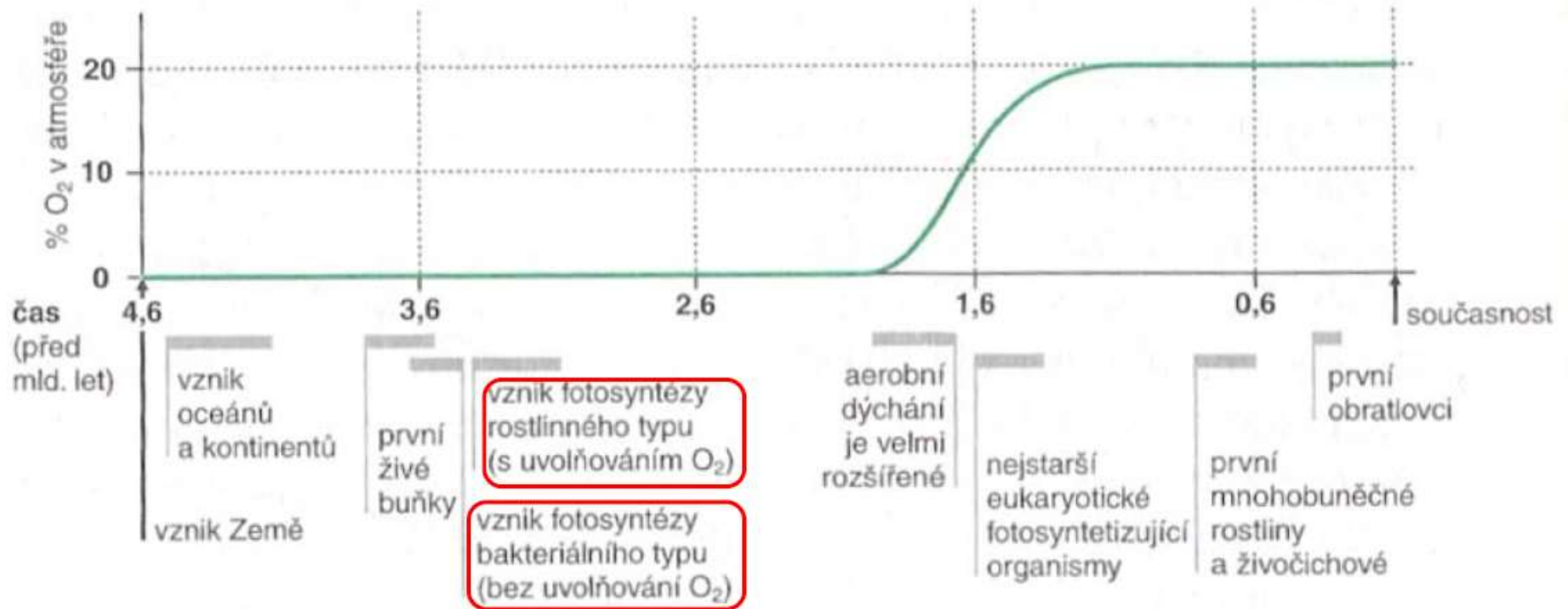
Aerobní fotosyntéza – produkuje jako odpad kyslík → silné oxidační činidlo
→ **fatální důsledky pro tehdejší anaerobní život:**

- 1) změna chemického složení oceánů (oxidace kovů, hl. iontů železa, pozor - [ale](#) i důsledkem anaerobní fotosyntézy)
- 2) změna složení atmosféry
- 3) roste a mění se charakter eroze
- 4) formování ozónové vrstvy (asi – 2 mld. let)

Páskované železné rudy (vznik (-3,8)-3,0 mld. až -1,8 mld. let, sedimentace) – oxidy železa, mj. magnetit Fe_3O_4 , [hematit](#) Fe_2O_3 / vrstvy na železo chudší, mj. křemen



Mezníky v evoluci života na Zemi



Významné mezníky v evoluci života na Zemi (Alberts a kol. 2001, upraveno)

Kolonizace pevniny – kambrická exploze

- **700 mil. let:** exploze mnohobuň. organismů ve vodě
Proč to tak trvalo? Více hypotéz: 1) mnohobuněčnost jako důsledek aerobní respirace, nebo 2) až stoupne koncentrace O_3 nebo 3) už byly dávno, ale nedochovaly se fosilie

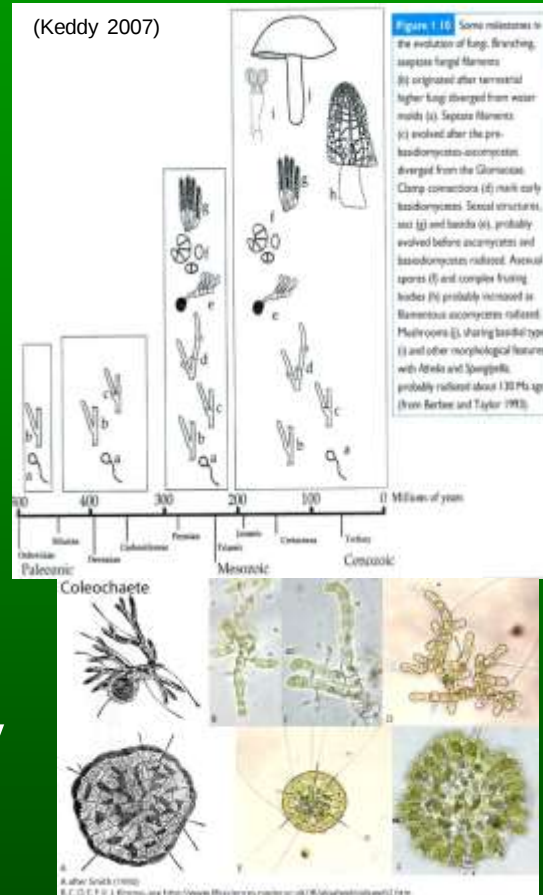
- **400 mil. let:** kolonizace pevniny najednou rostlinami a živočichy (cca -460 mil. l.: nejstarší jistý doklad kryptospor, -420 mil. l: vznik a adaptivní radiace cévnatých rostlin, viz ►)

- **350-460 mil. let:** vznik mykorhizních hub

Původ suchozemských rostlin: snad z předchůdce, který byl podobný současným zeleným řasám z r. *Coleochaete*

Proč to tak trvalo? Více hypotéz: 1) až stoupne dostatečně koncentrace O_2 na dýchání nebo 2) až stoupne ještě více koncentrace O_3 , 3) vznik sexuálního rozmnožování – urychlení evoluce, 4) evoluce hub a mykorhizy

(Keddy 2007)



Pokles přísunu živin z pevniny do oceánů; selekce v důsledku suchozemského prostředí (vodivá pletiva, kutikula, sklerenchym, průduchy,...)

Kolonizace pevniny rostlinami

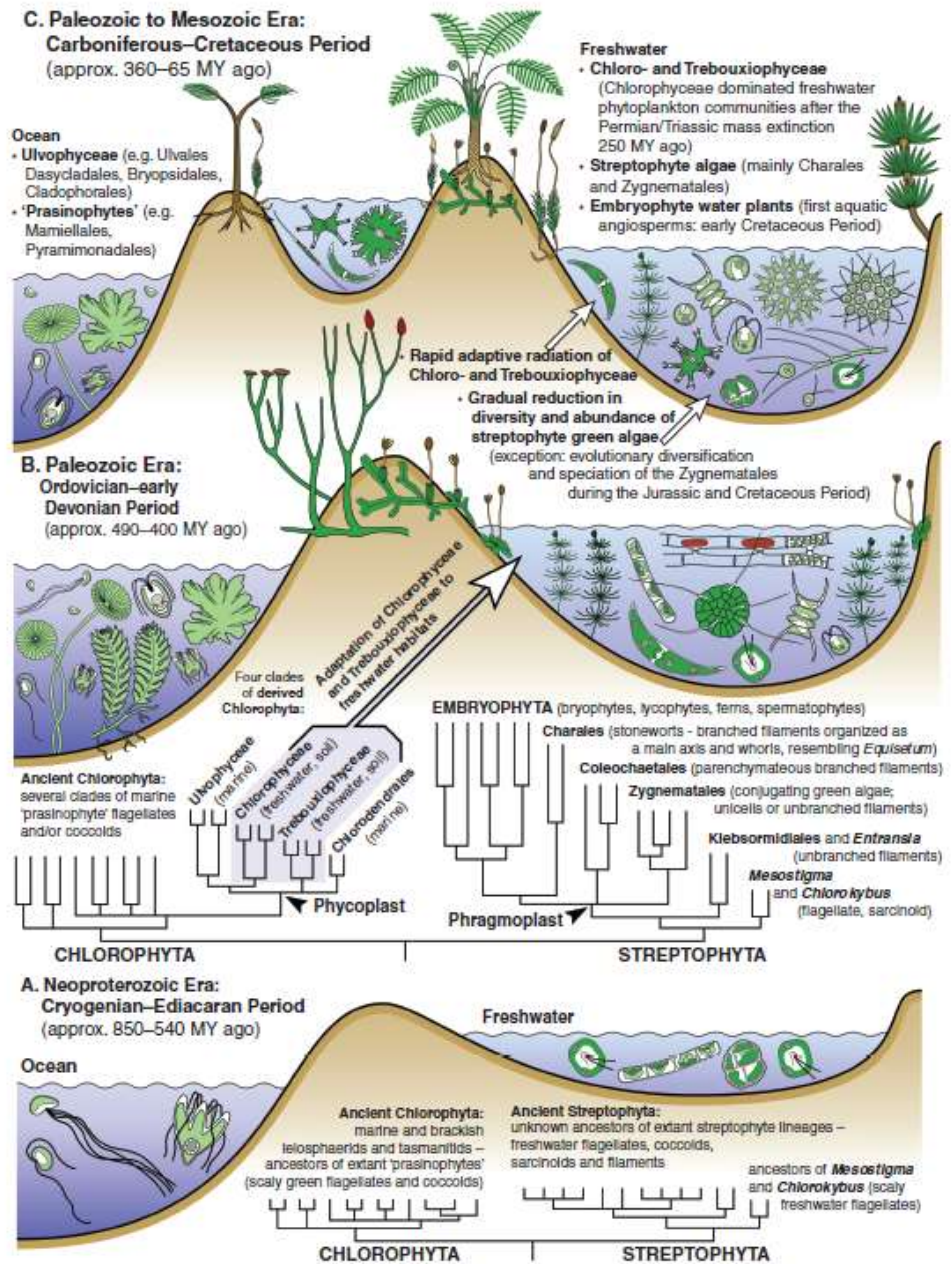


FIG. 2. Diversification of green plants (Viridiplantae) and colonization of terrestrial habitats by streptophyte algae. Three stages are shown: (A) early evolution of the viridiplant algae during the Neoproterozoic era; (B) colonization of terrestrial habitats by streptophyte algae during the Paleozoic era; and (C) origin of current freshwater ecosystems during the Paleozoic to Mesozoic era. The smaller freshwater body illustrates an acidic bog-pool with zygnematalean algae. Green algae and embryophytes are illustrated in different tones of green: dark (Streptophyta) vs. bright green (Chlorophyta).

Rostliny a klima

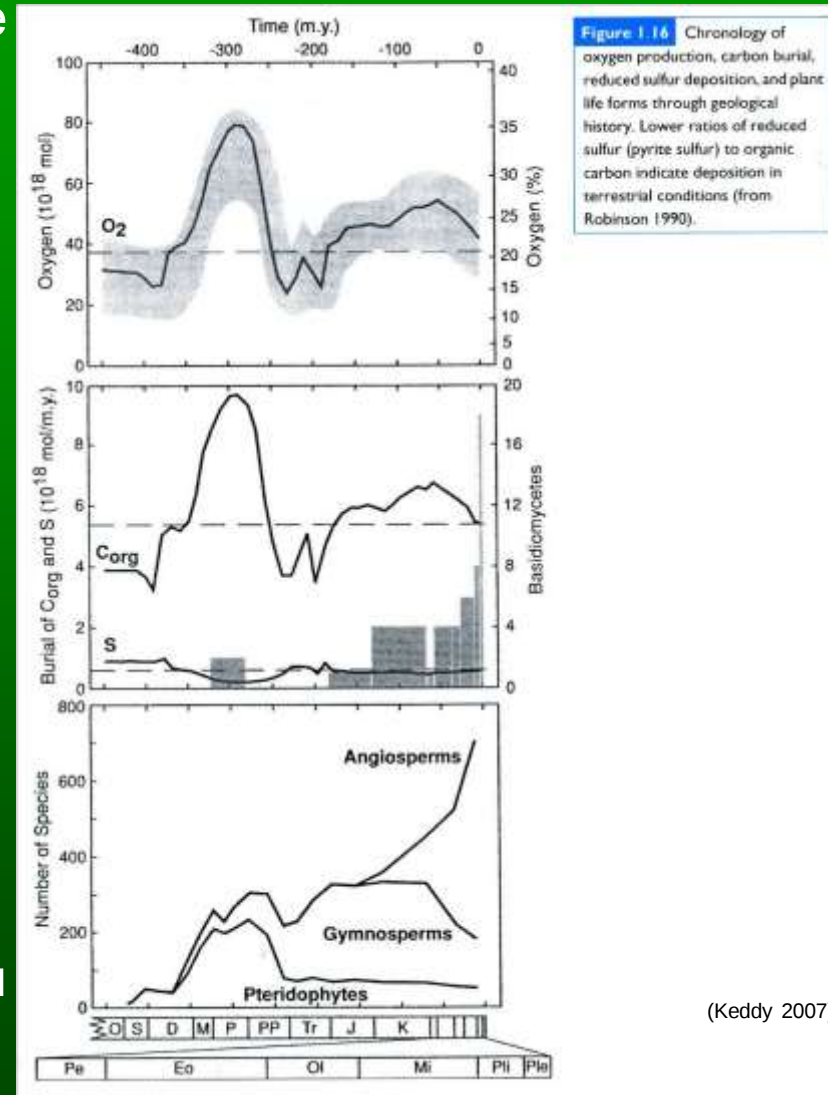
Časná atmosféra: teplo (vysoká koncentrace CO_2), nyní je více C v tělech a sedimentech (uhlí, ropa)

Kde se vzalo tolik C v uhlí a ropě?

Ekologické příčiny stále nejasné: u uhlí – zaplavené mokřady (vysoká konc. CO_2 stimulovala růst rostlin, ale i tání ledovců a záplavy)

Velká ložiska uhlí (pík v ca -300 mil.let) souvisejí s **evolucí ligninu** (zebezpečuje dřevnatění r.) – lignolytické org. byly tehdy vzácné či ještě nebyly – viz evoluce hub (*Basidiomycetes*) (Robinson 1990)

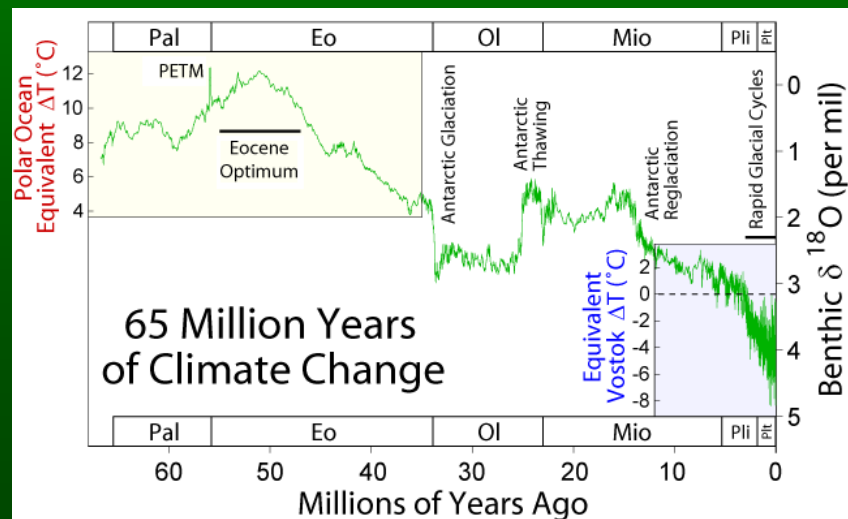
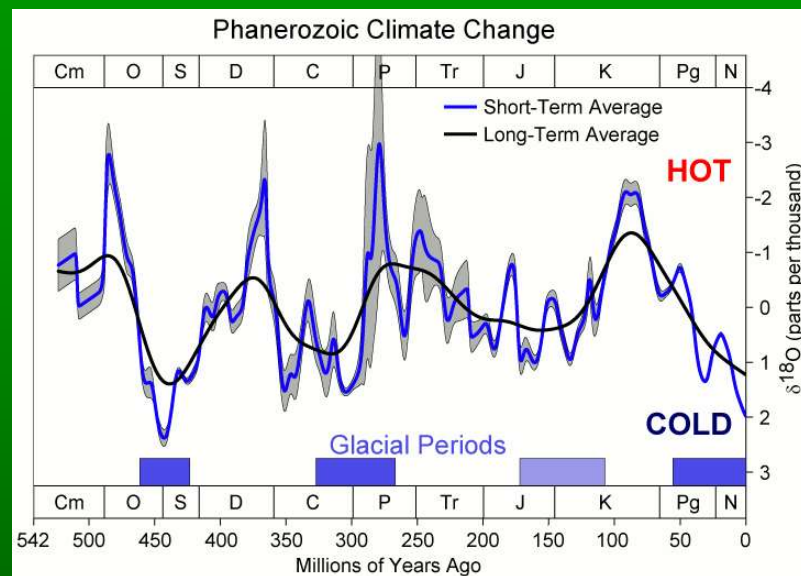
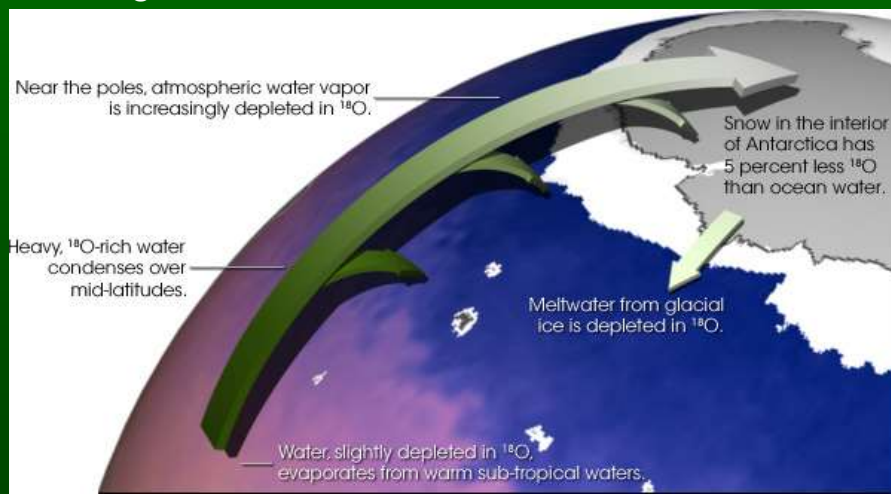
Alternativně: než proběhla evoluce herbivorů schopných rozkládat celulózu a lignin (ca 60-70 mil let) (Southwood 1985)



(Keddy 2007)

Sedimenty a ledovce: rekonstrukce klimatu I

- 65 mil. l.: K/T extinkce, příčiny: meteorit (*iridiová anomálie*), ve hře i další cca 3 možné příčiny (mj. vulkanismus, požáry)
- vymírání dinosaurů, prudký rozvoj krytosemenných r. a savců
- studium sedimentů z moří – teplota stále klesá (poměr izotopů $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, též v ledu či CaCO_3)



Sedimenty a ledovce: rekonstrukce klimatu II

- 0,5 mil. l.: 4 ledové doby,
- vzorky z ledovců nesou cenné info:
bubliny vzduchu (lze měřit koncentraci
např. CO_2 a CH_4)

- příčiny: **Milankovičovy cykly** -
periodické změny klimatu, příčiny: 1/ precese zemské
osy, tedy pohyb osy, kolem které se Země otáčí -
podobně jako když strčíte do roztočeného setrvačníku,
2/ náklon zemské osy vůči oběžné dráze a 3/
excentricita oběžné dráhy, tedy jak moc se dráha Země
kolem Slunce liší od kružnice.

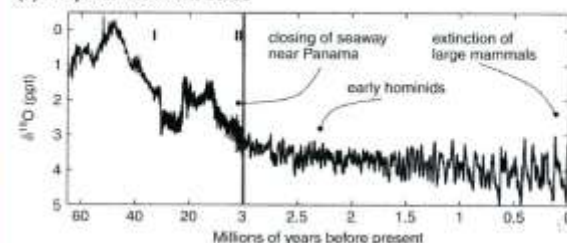
+ konfigurace kontinentů + pozitivní
zpětná vazba

- perioda glaciálů 1x za 100 t. let se
shoduje s předpovědí Milankoviče

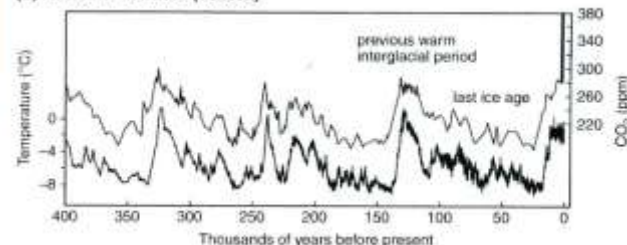
- Milankovičovy cykly mají s pok-
lesem teploty stále větší význam

Figure 1.17 Changes in global climate over two time scales from two sources of data (adapted from Fedorov et al. 2006). (a) Global temperature for the last 65 million years inferred from oxygen isotope ratios in deep sea sediment cores. I marks the onset of glaciers at the south pole, and II the onset of glaciers at the north pole. (b) Global temperature for the past 400,000 years inferred from oxygen isotope ratios in an ice core (bottom line), and associated CO_2 levels measured from bubbles (top line). Vertical bar denotes change in time scale.

(a) Deep sea sediment cores

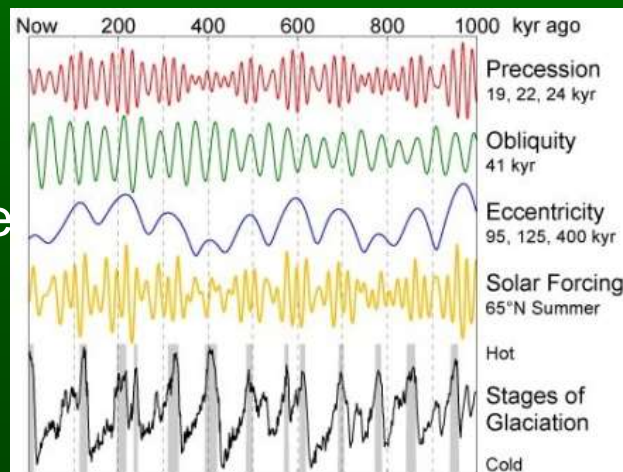


(b) Antarctic ice core (Vostok)



(Keddy 2007)

- prudký vzestup
koncentrace CO_2 za
posledních 100 let
(topení, vypalování,
doprava)



(Keddy 2007)

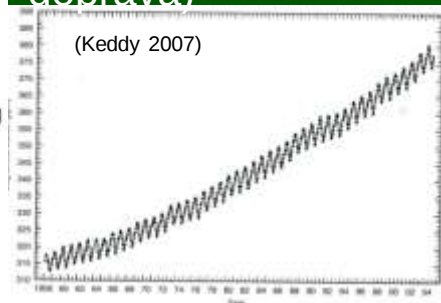


Table 1.6. *Some of the major effects of plants in creating life on Earth.*

Stage of plant evolution	Some principal effects
Origin of photosynthesis	1. Increased amounts of biological matter 2. Oxidation of oceans a. Precipitation of metal ions b. Respiration c. Eukaryotic cells 3. Oxidation of atmosphere a. Ammonia and methane removed b. Ozone layer formed c. Nitrates replace ammonia d. Oxidative weathering of rocks
Invasion of land	1. Reduced rates of erosion and sedimentation 2. Removal of atmospheric CO₂ and cooling of Earth 3. Production of coal 4. Formation of soils 5. Food and shelter for terrestrial animals
Origin of angiosperms	1. Flowers lead to insect diversification 2. Fruits provide food for birds, mammals, and insects

(Keddy 2007)