

Vliv teploty na růst

Zdroje živin, limitující prvky.

Modely příjmu živin (Monod, Droop).

Kompetice, kompetiční vyloučení, koexistence (Tilmanův model).

Mixotrofie.

Změny abundance v přírodních podmínkách

$$dN/ dt = \mu - (S + G + Pa + D)$$

N..... koncentrace buněk řas
μ..... specifická růstová rychlost
S..... sedimentace
G..... predace
Pa..... parazitismus
D..... odumírání z jiných příčin

- záření

- teplota

- živiny

Růstová rychlost a teplota

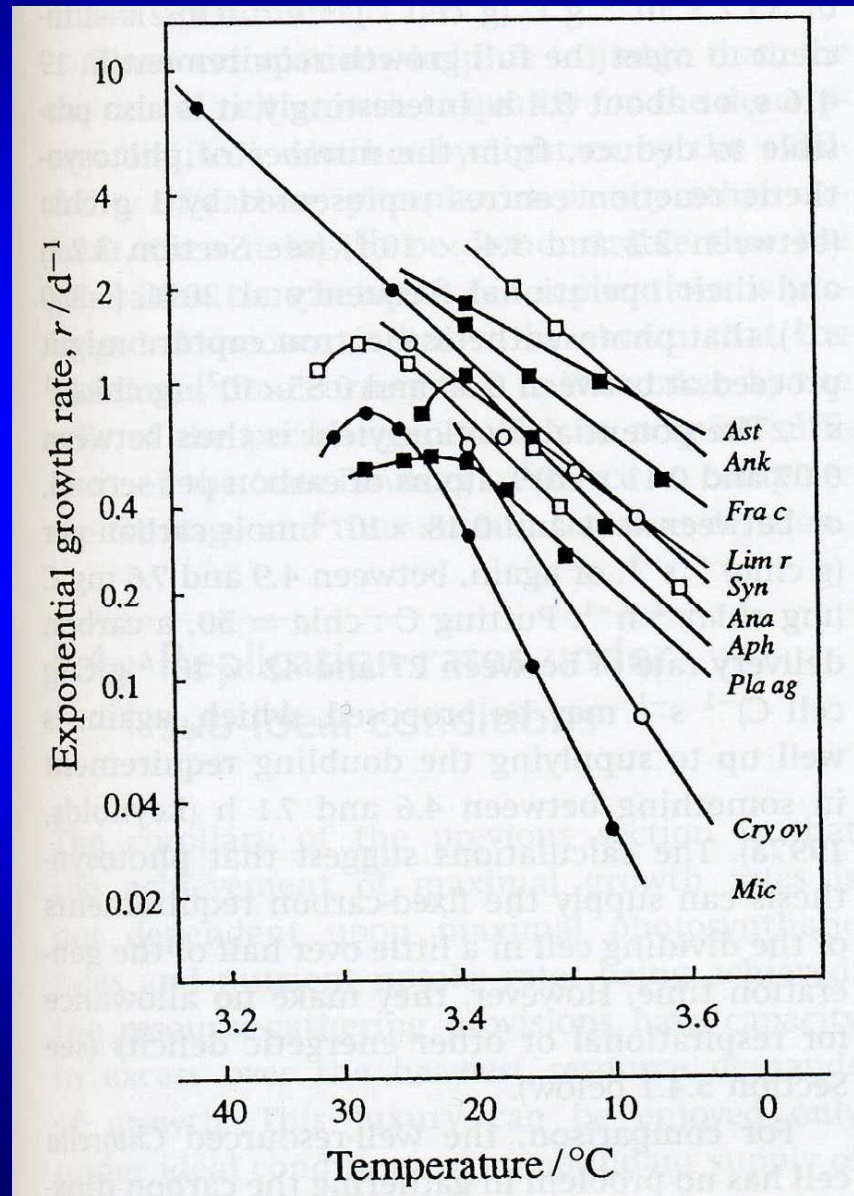
Teplotní spektrum

stenotermní – teplotní rozmezí ne větší než 5°C
eurytermní – v teplotách s rozmezím > 15°C

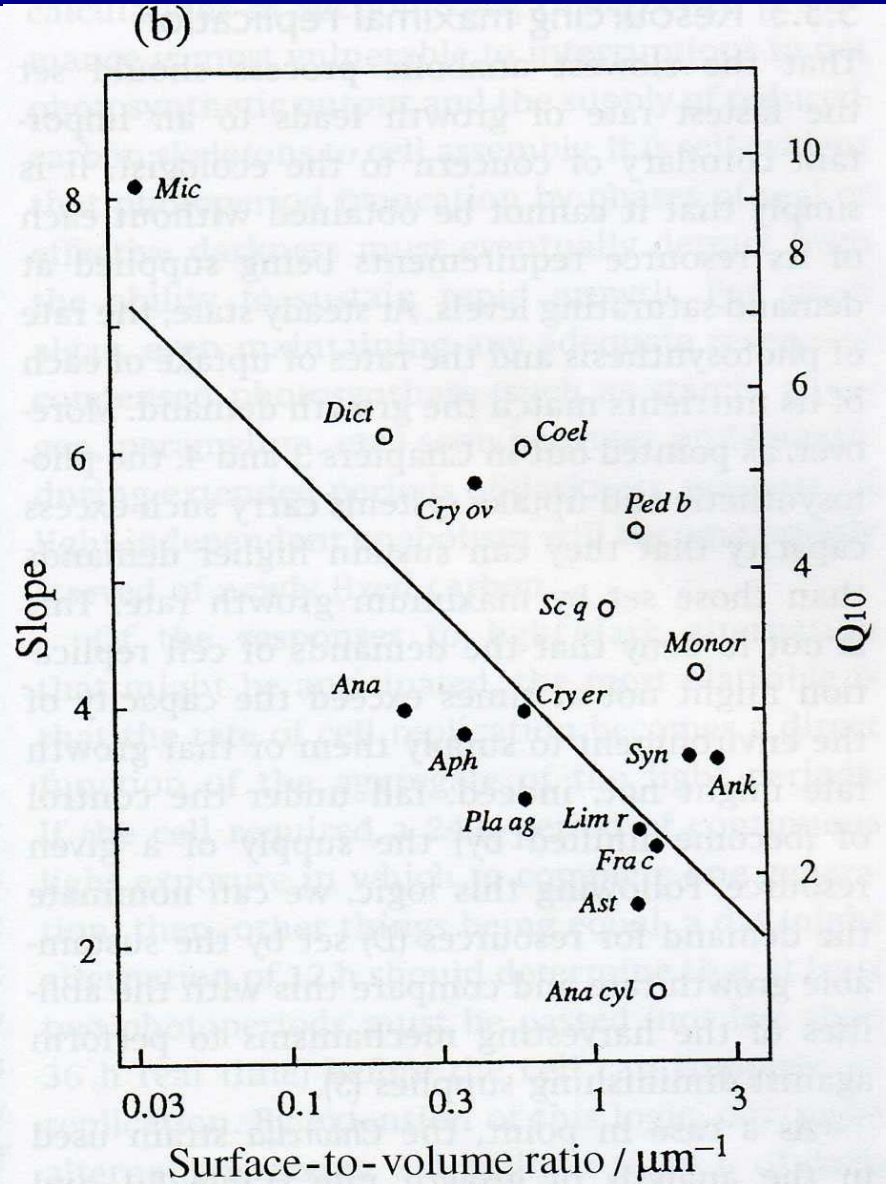
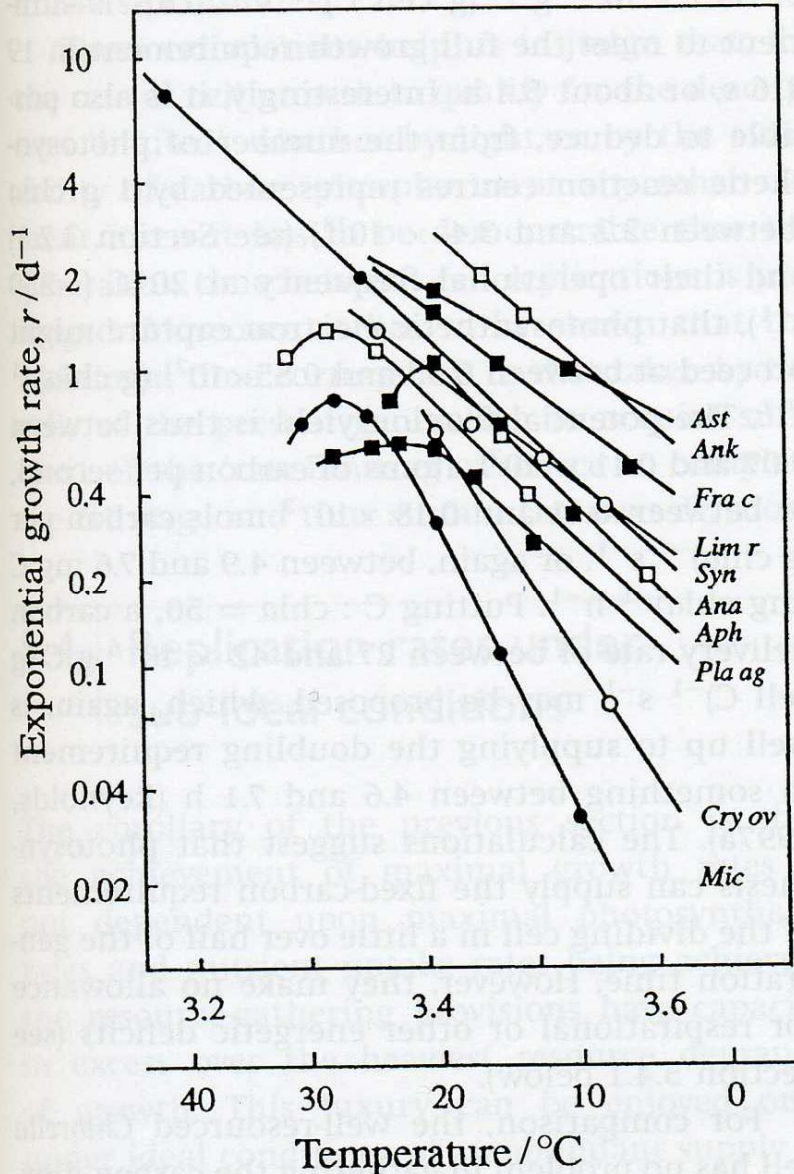
psychrotrofní – *psychrofilní*
termofilní
mezofilní

• většina druhů – optimum 25-35 °C

Růstová rychlost a teplota



Růstová rychlost a teplota



Živiny

Živiny

Pearsall (1930) – sledování jezer v severozápadní Anglii

- změny v chemickém složení vody důležité pro regulaci abundance, druhového složení a periodicitu fytoplanktonu
 - **rozvoj rozsivek při dostatku křemíku, *Dinobryon* při vysokém poměru N/P, atd.**
- první uplatnění „chemického“ přístupu k ekologii fytoplanktonu
- fosfor, dusík a pro rozsivky křemík jsou v přírodních podmínkách nejčastěji limitujícími prvky

Table 15. *Minimum and optimum contents of various elements in freshwater 'algae', expressed as percentages of dry-weight or *ash-free dry-weight*

Content	C	N	P	Si
Minimum				
<i>Anabaena flos-aquae</i>	49.7 ⁽¹⁾	—	0.40 ⁽²⁾	—
<i>Microcystis aeruginosa</i>	46.5 ⁽¹⁾	3.8 ⁽³⁾	0.34 ⁽³⁾	—
Various cyanobacteria	—	4.5 ⁽⁴⁾	—	—
<i>Asterionella formosa</i>	—	—	—	32 ⁽⁴⁾
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	—	—	—	20 ⁽⁴⁾
* <i>Asterionella formosa</i>	—	3.4 ⁽⁵⁾	0.03 ⁽⁶⁾	—
<i>Scenedesmus obliquus</i>	54.6 ⁽¹⁾	—	—	—
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	—	—	0.59 ⁽⁷⁾	—
<i>Scenedesmus</i> sp.	—	—	0.10 ⁽⁸⁾	—
Optimum				
Cyanobacteria	46–49 ⁽¹⁾	8–11 ⁽⁹⁾	0.7–1.1 ^{(1),(9)}	—
Chrysophytes	—	3.3–5 ⁽⁹⁾	2.1 ⁽⁹⁾	—
Chlorophytes	49–56 ⁽¹⁾	6.6–1.9 ⁽⁹⁾	1.2–2.9 ^{(1),(9)}	—
In General (tentative) ¹⁰	51–56	8.0–10.4	0.8–1.45	—

Živiny

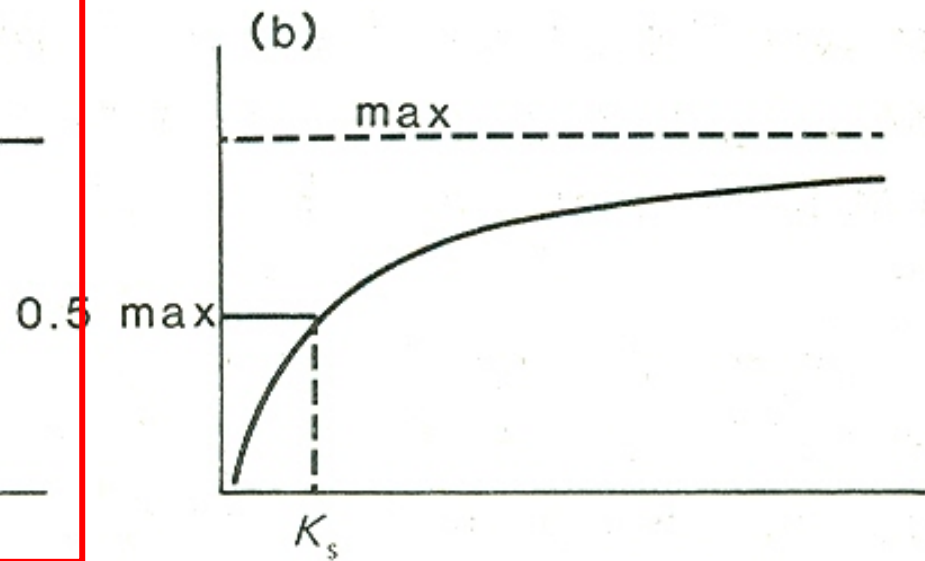
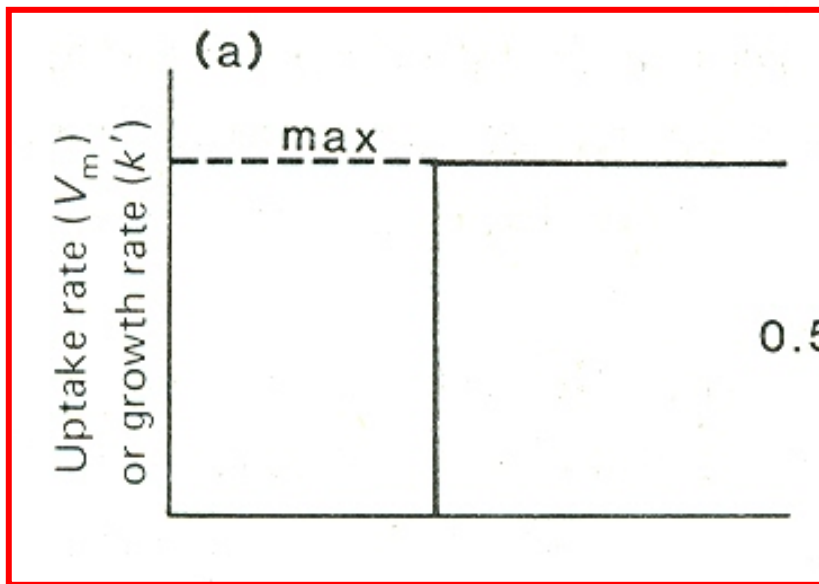
- Redfieldův poměr

C : N : P 106 : 15 : 1 atomární poměr

- odchylka – limitace
 - idealizovaný poměr, různý pro různá společenstva, slouží jako první odhad, který z prvků je limitující
-
- Gibson (1971) - faktor není limitující, pokud jeho vzestup nezpůsobí signifikantní stimulaci růstu

Živiny

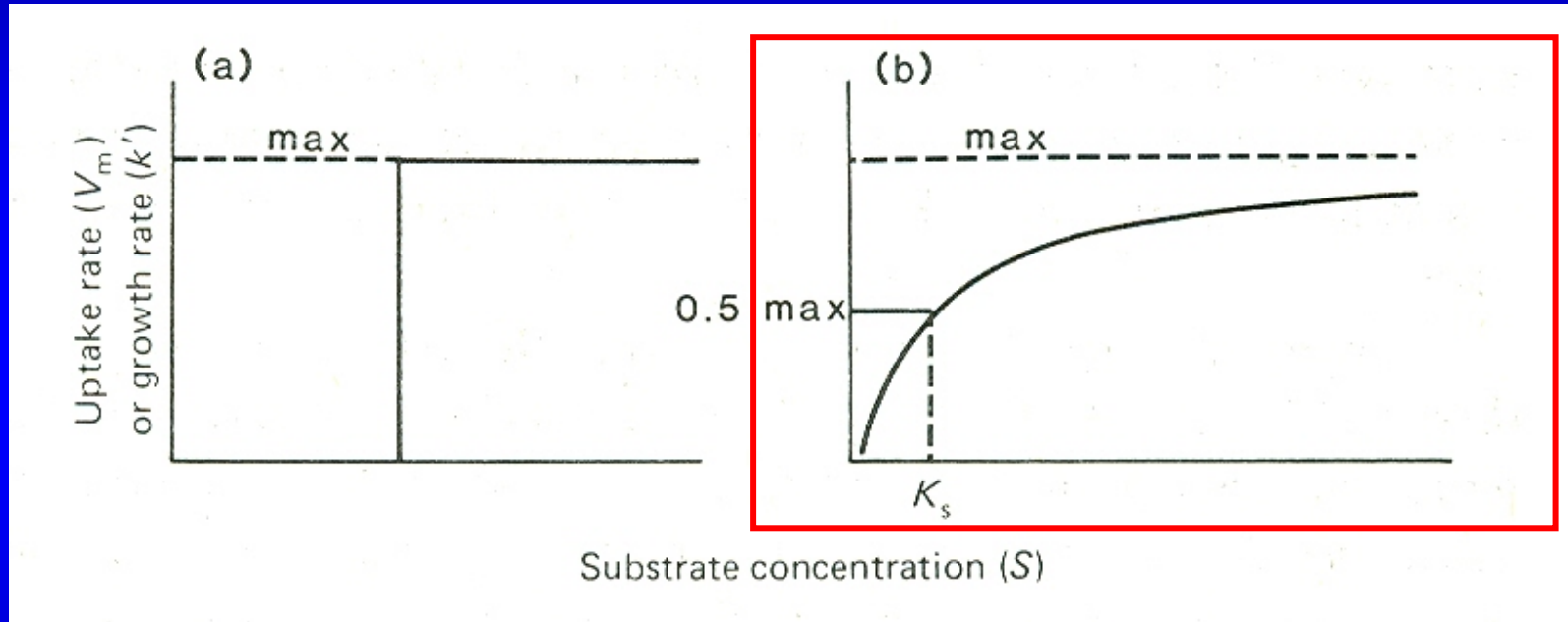
- Liebigův zákon minima – růst je limitován živinou, která je v minimu
- růstová rychlost je nezávislá na koncentraci živin, do doby než nějaká začne být limitující



Substrate concentration (S)

Živiny

- Monodova rovnice



$$V_S = V_{Smax} * S / (K_S + S)$$

$$\mu = \mu_{max} * S / (K_S + S)$$

Živiny

- Droop (1973) - zahrnuje živiny aktuálně dostupné pro buňky

$$\mu = \mu_{\max}^* (q - q_0) / (K_S + (q - q_0))$$

q ... „cell quota“ – množství limitující živiny dostupné pro buňku

q_0 ... množství limitující živiny když $\mu=0$, tedy absolutní minimum dané živiny

Fosfor

- zdroj zvětrávání substrátu, hlavní zásoby v sedimentech, o uvolňování ze sedimentu rozhoduje koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vrstvě nade dnem

- DP (SRP), PP

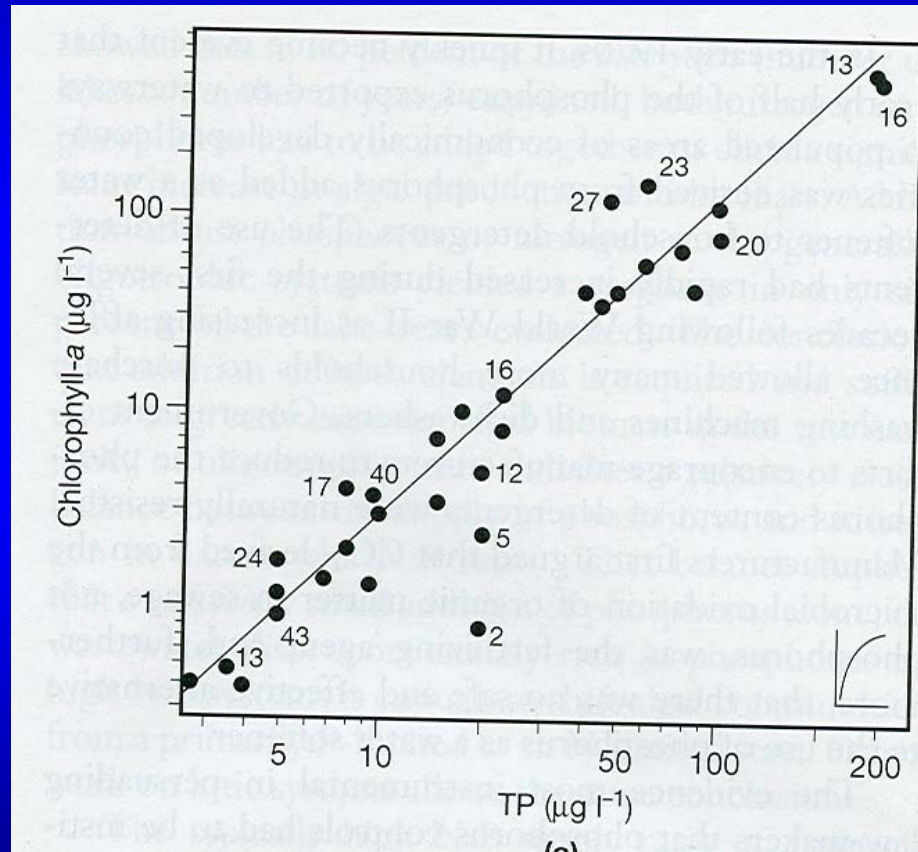
- při nedostatku SRP – produkce fosfatáz, rozklad forem P přímo nedostupných pro buňku

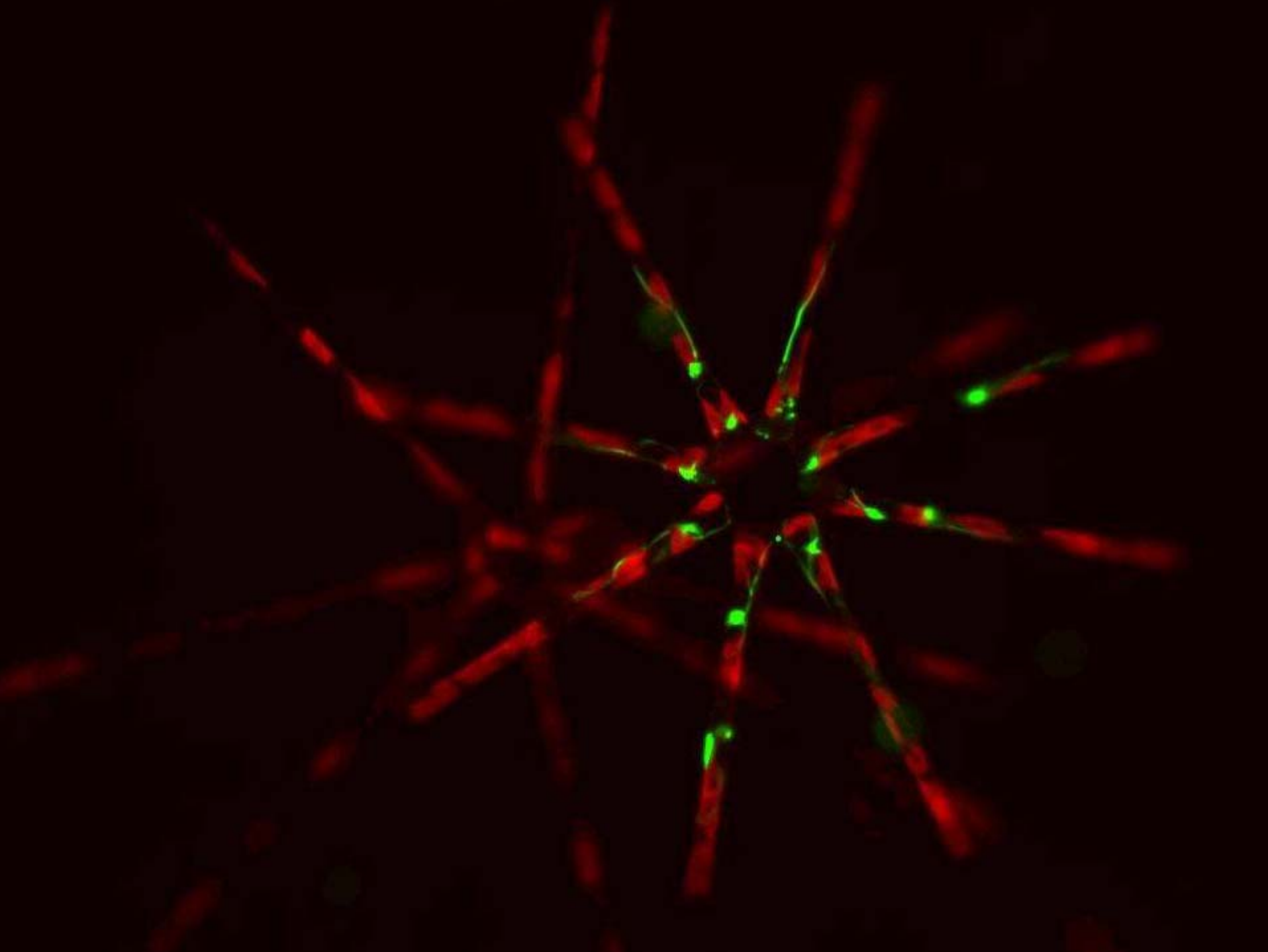
- „luxury uptake“ – i když koncentrace substrátu v prostředí klesne, růstová rychlost se snížit nemusí

- K_S – mezidruhové rozdíly – ovlivnění složení a dynamiky společenstev

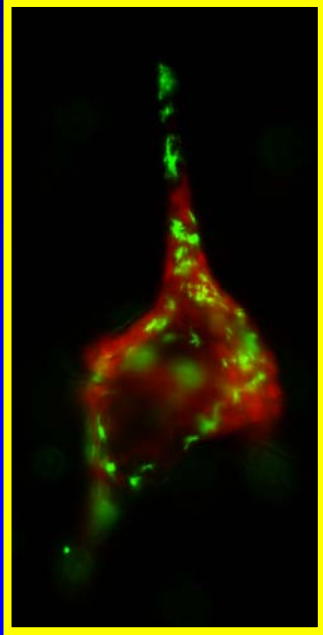
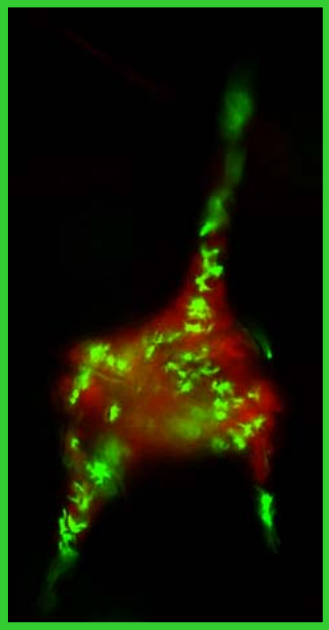
- Tilman – *Asterionella formosa* X *Cyclotella meneghiniana*

Sakamoto (1966) - japonská jezera

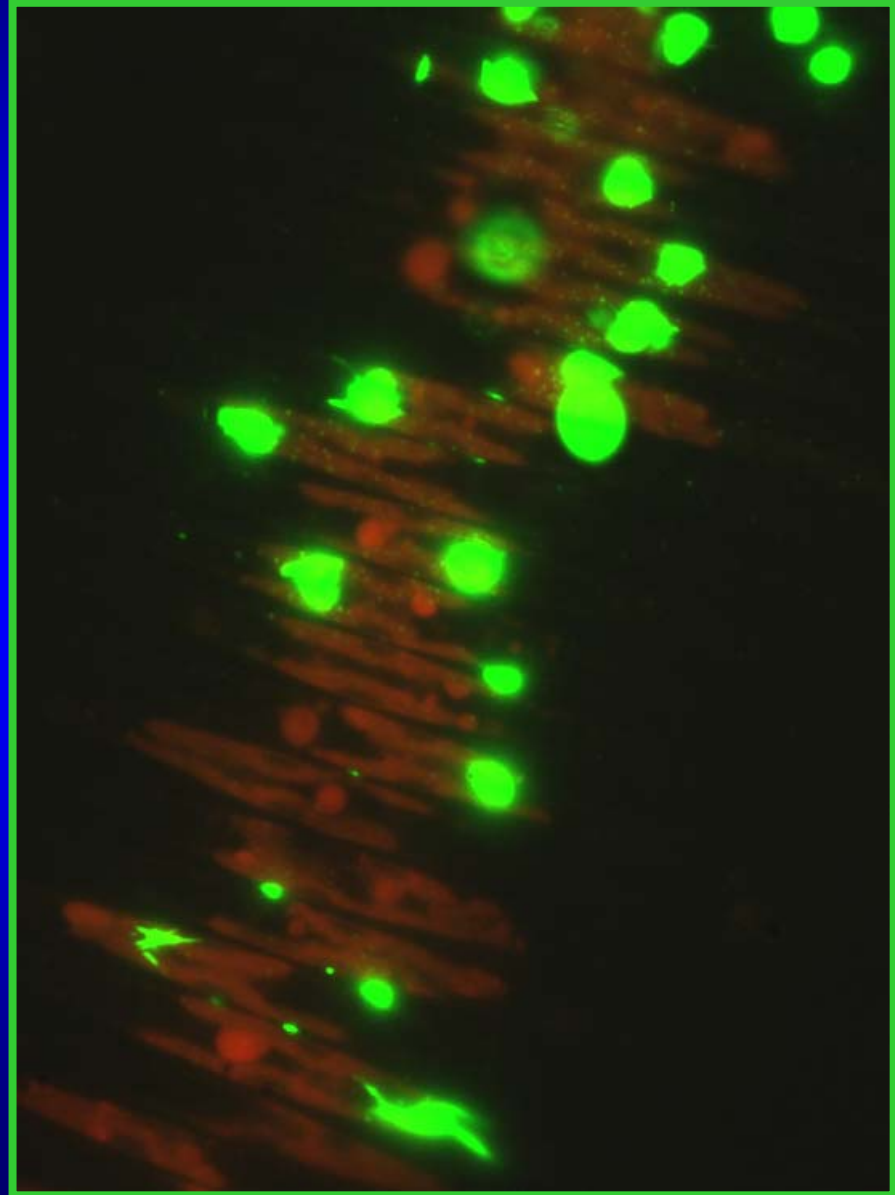




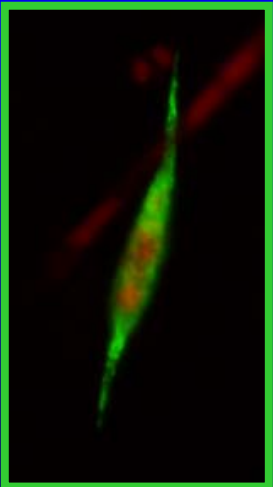
Ceratium hirundinella



Fragilaria



Ankyra



Cryptomonas



Dusík

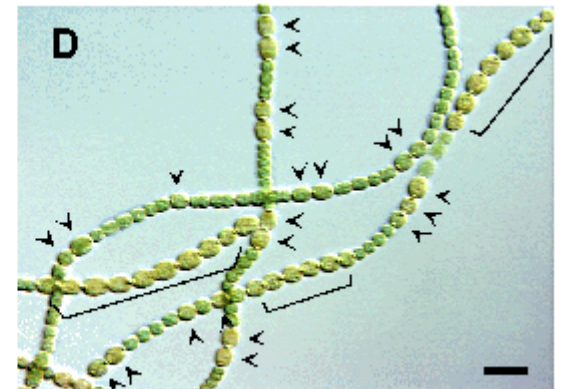
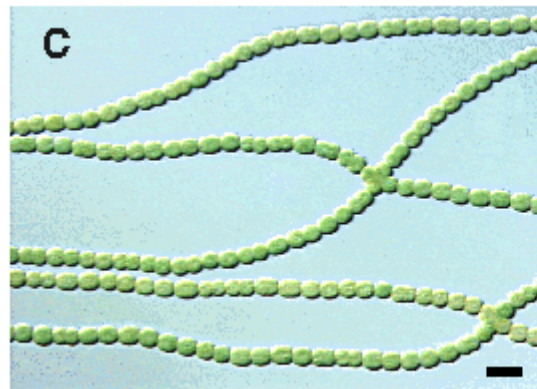
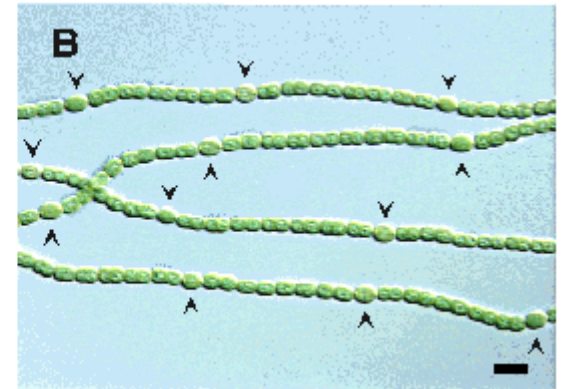
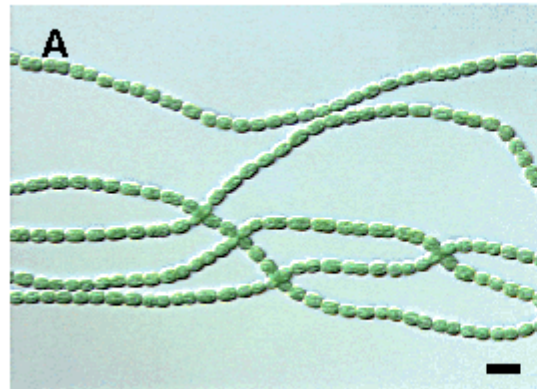
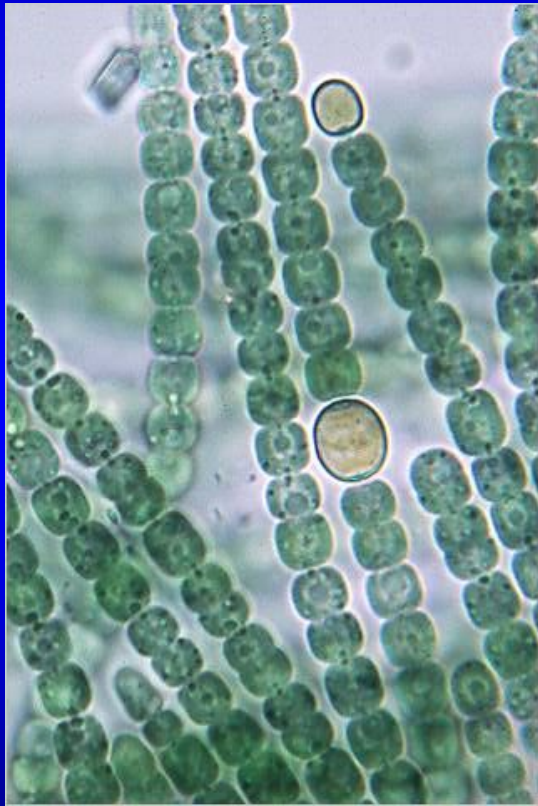
- min. 3–5 % sušiny buněk
- DN (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), PN, TN
- limitující když poměr N/P nízký
- energeticky nejvýhodnější NH_4^+ , ostatní formy se musí v buňce redukovat
 - NH_4^+ preferován, v hypereutrofních podmínkách některé druhy ostatní formy vůbec nevyužívají (*Chlamydomonas reinhardtii*, *Euglena gracilis*)
- K_S – vyšší hodnoty pro druhy eutrofních vod
- „luxury uptake“ ve srovnání s P méně významný

Fixace dusíku

- sinice – kompetitivní výhoda, fixace N z největší zásobárny – atmosféry, fakultativní
- Dugdale, Dugdale, Ness et Goering (1959)
– Sanctuary Lake, Pensylvánie - *Anabaena*
- heterocyty – nitrogenáza inhibována kyslíkem
% heterocytů stoupá s klesající nabídkou N ve vodě
(*Anabaena*, *Anabaenopsis*)
- u druhů bez heterocytů nutnost alternativně zajistit prostředí bez kyslíku (*Plectonema*, *Gloeocapsa*) u mnoha běžných rodů fixace N nezjištěna (*Microcystis*)
- ve sladkovodním prostředí může představovat až 50 % celkových zdrojů dusíku, v mořích relativně nevýznamné

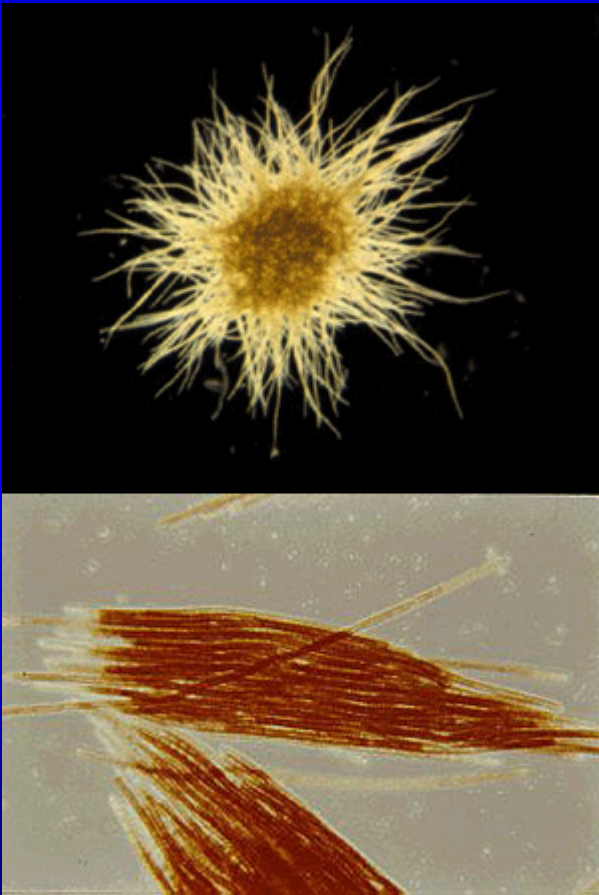
Fixace dusíku

- regulace tvorby heterocytů – geny **patS** a **hetR**



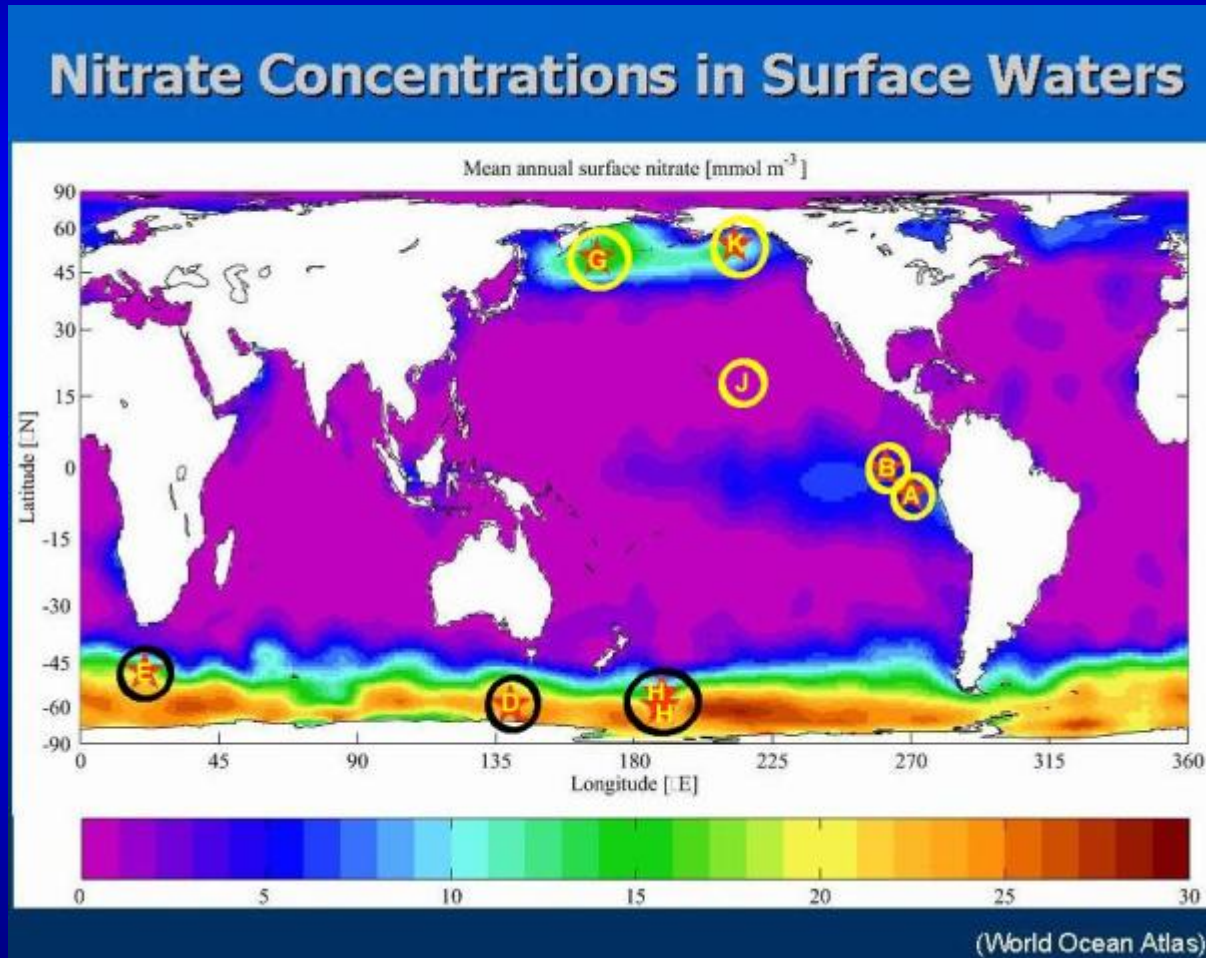
Fixace dusíku

- moře - *Trichodesmium*



Železo

- fertilizační experimenty



- A: IronEx I
- B: IronEx II
- D: SOIREE
- E: EisenEx
- G: SEEDS
- H: SOFeX
- J: Planktos
- K: SERIES

- až 40x nárůst koncentrace chlorofylu

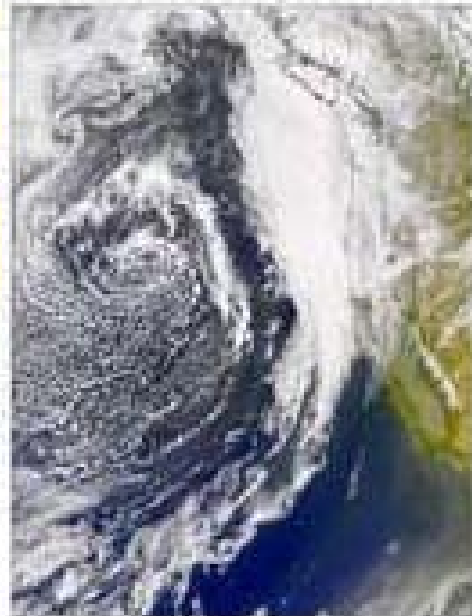
Železo

- „přírodní“ fertilizační experiment

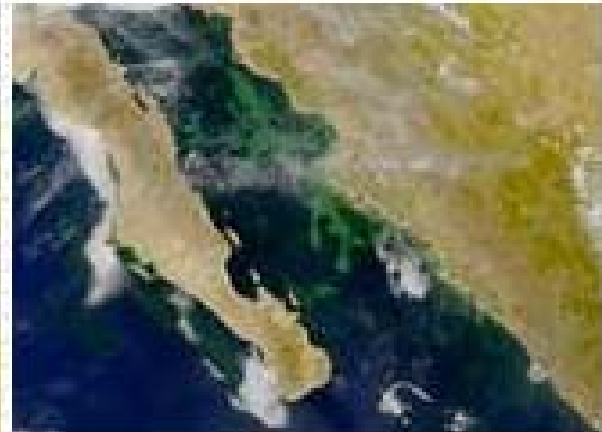
The Asian Dust Storm over Western America April 2001



April 16th



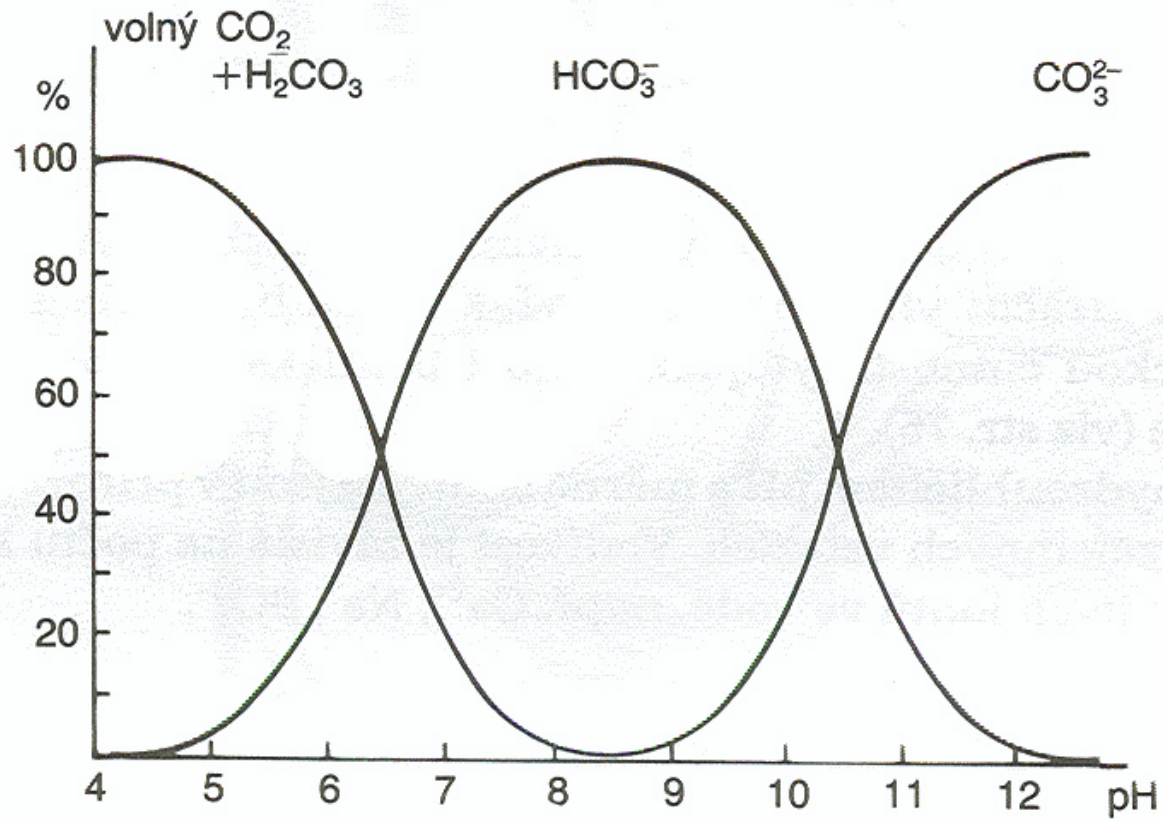
April 17th



April 18th

Images from nasa visible-Earth site: <http://visibleearth.nasa.gov>

Uhlík



Uhlík

- málokdy limitující
- ALE relativně vysoká polosaturační konstanta karboxylace RUBISCO – citlivost k nízkým koncentracím DIC
- mnoho druhů CCM (carbon concentration mechanism)
např. *Chlamydomonas*, *Synechococcus*, ale energeticky náročné

Křemík

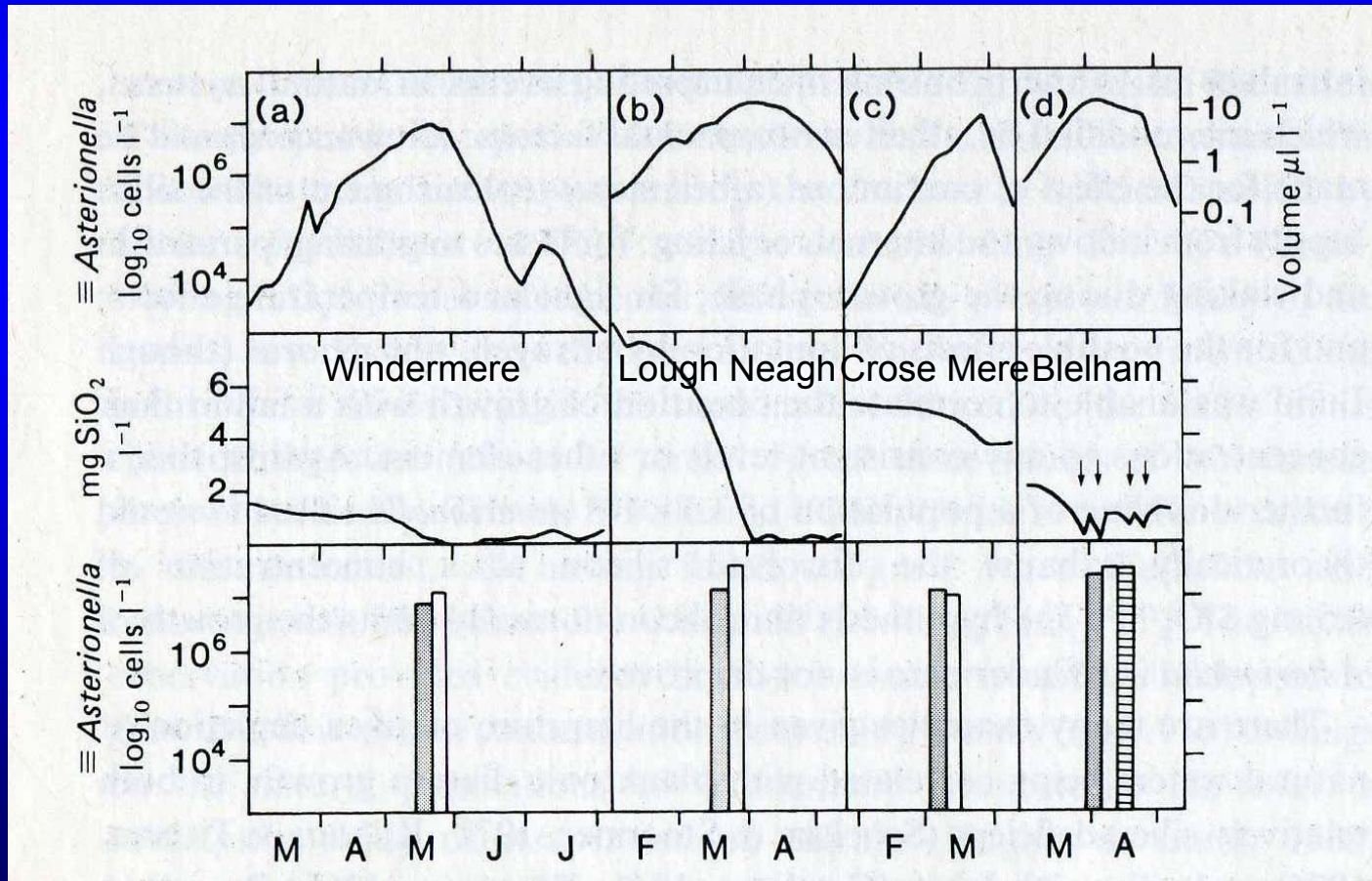
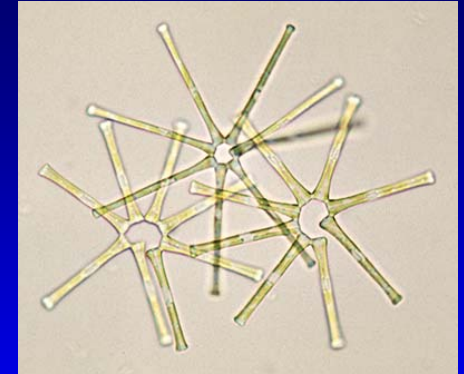
- ekologicky významné pro rozsivky a druhy s křemičitými šupinami
- „soluble reactive silicon“ SRS – ortokřemičitan, hlinitokřemičitanové komplexy - pravděpodobně jediná dostupná forma pro fytoplankton
- koloidní (polymery), **partikulovaný křemík**
- zdrojem jsou horniny povodí, uvolňování ze sedimentů za anaerobních podmínek
- schránky rozsivek – málo rozpustné – ukládání do sedimentů

Křemík

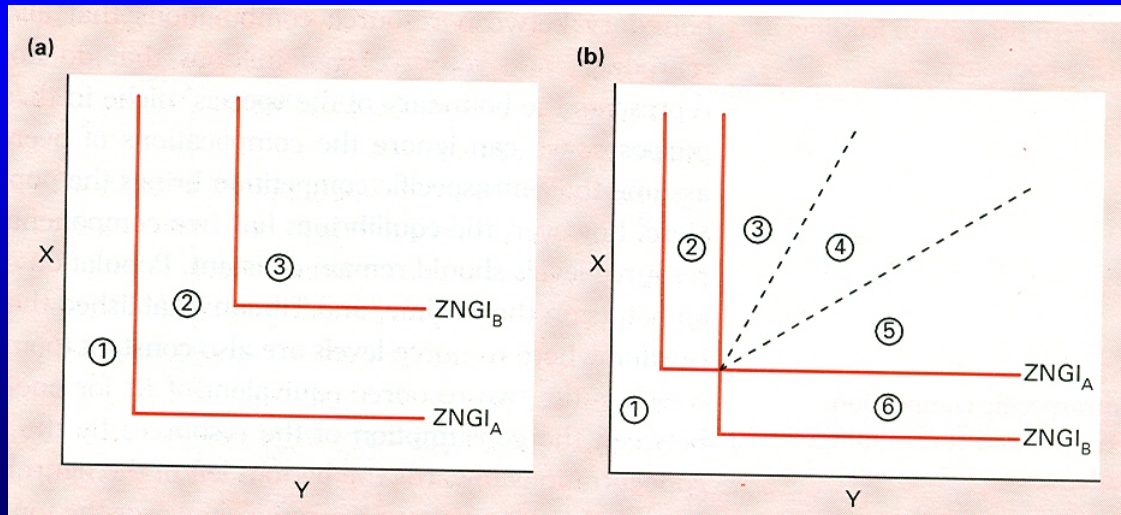
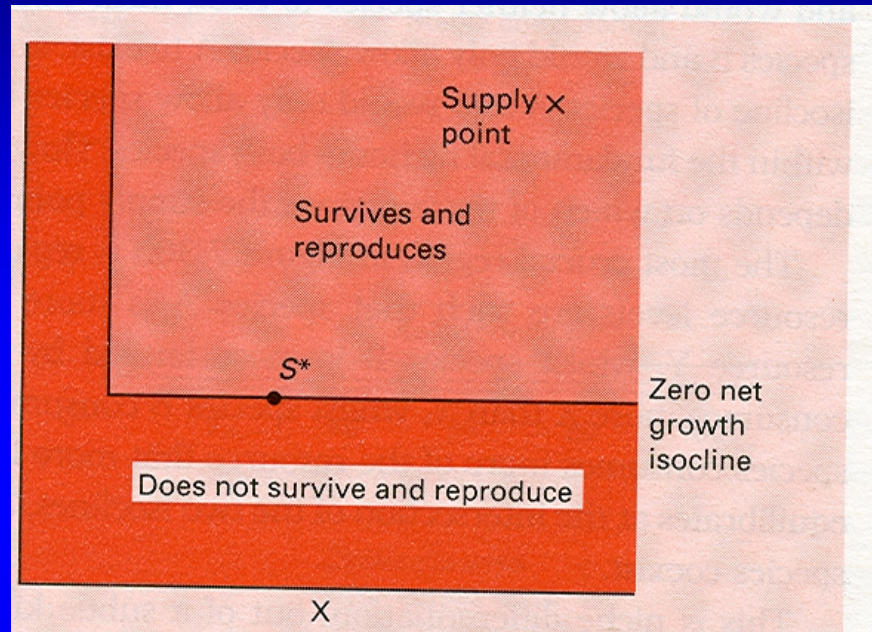
- „luxury uptake“ nevýznamný, což umožňuje lepší předpovědi růstu ve srovnání s P a N = rozšívky reagují bezprostředně na nedostatek Si
- kinetika příjmu blízká Liebigovu modelu, růstová rychlost nezávislá na koncentraci, až do určitého minima – kritické hodnoty
 - limitace křemíkem poměrně častá
 - výsledkem je pokles biomasy

Křemík

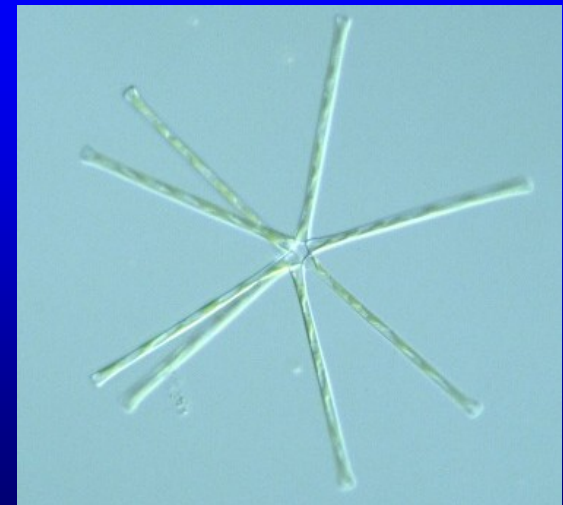
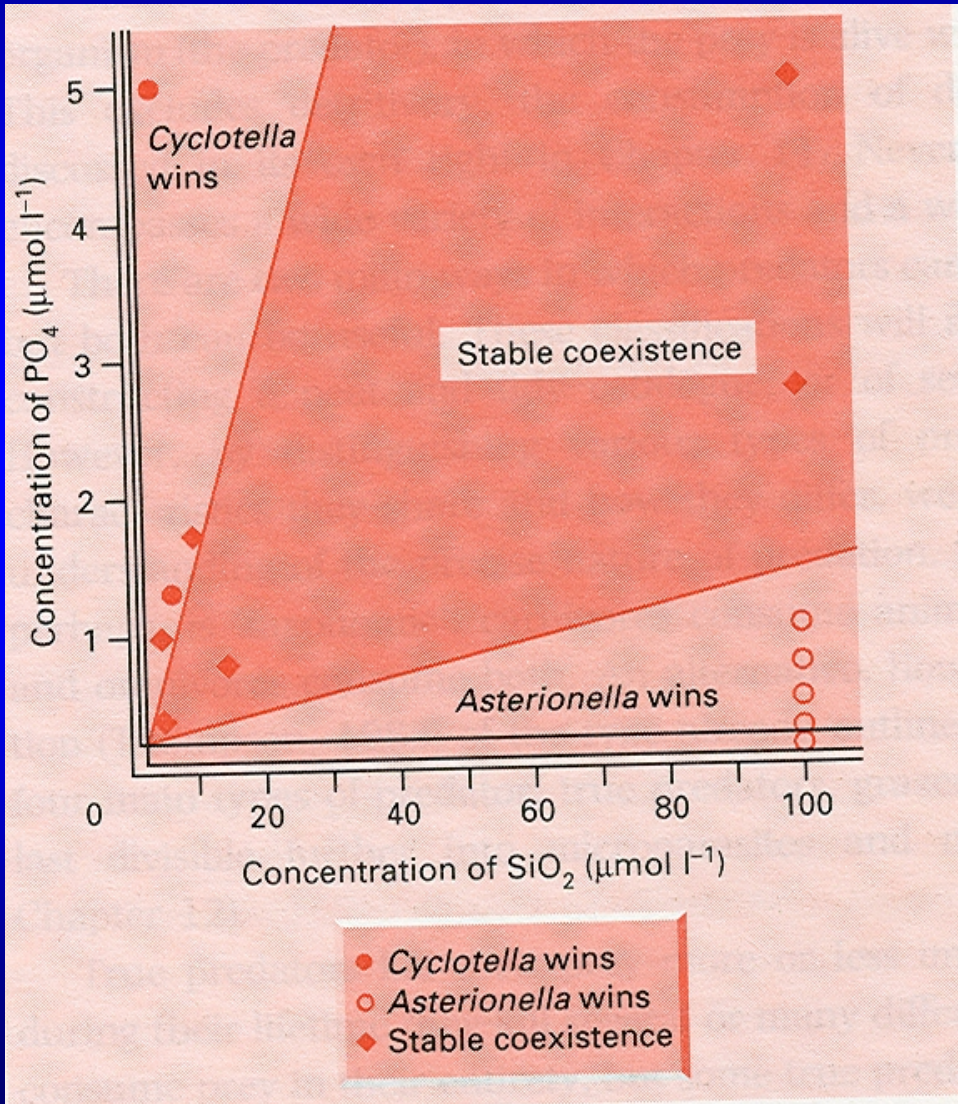
- klasické studie – *Asterionella* v jezerech v Anglii (Lund)



Tilman – *Asterionella formosa* X *Cyclotella meneghiniana*



Tilman – *Asterionella formosa* X *Cyclotella meneghiniana*



Mixotrofie

Mixotrofie

- kombinace auto- a heterotrofie, organismy využívají jako zdroj energie kromě světla také organické látky
- X auxotrofní výživa - vitamíny
- mezi mikroorganismy široce rozšířená strategie
- mixotrofní organismy často představují důležitou část potravních řetězců, kvantifikace obtížná
- široké spektrum strategií, různý poměr auto-/heterotrofní výživy

Mixotrofie

- Jones (1997)

Group A: Protists whose primary mode of nutrition is heterotrophy and which employ phototrophy only when prey concentrations limit heterotrophic growth.

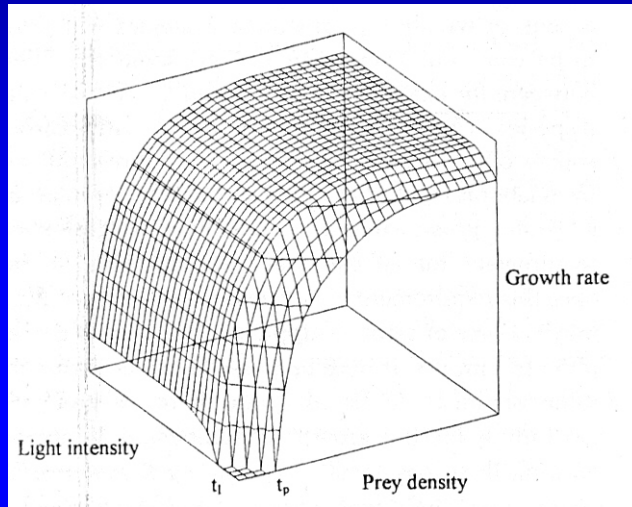
Group B: Protists whose primary mode of nutrition is phototrophy, but which supplement growth by phagotrophy when light is limiting.

Group C: Protists whose primary mode of nutrition is phototrophy, but in which phagotrophy provides substances essential for growth.

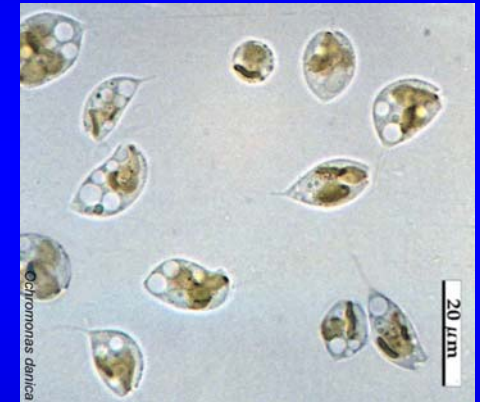
Group D: Protists whose primary mode of nutrition is phototrophy and which ingest prey only at very low rates, for example, to meet requirements for cell maintenance during prolonged dark periods.

Mixotrofie

A



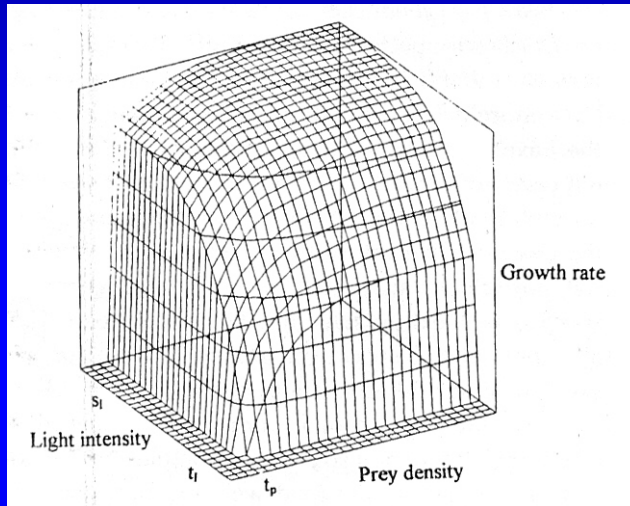
Ochromonas spp.
Poterochromonas malhamensis



- heterotrofie primární
- způsob výživy řízen koncentrací kořisti – pokud limituje růst, je využíván fototrofní způsob výživy

Mixotrofie

B

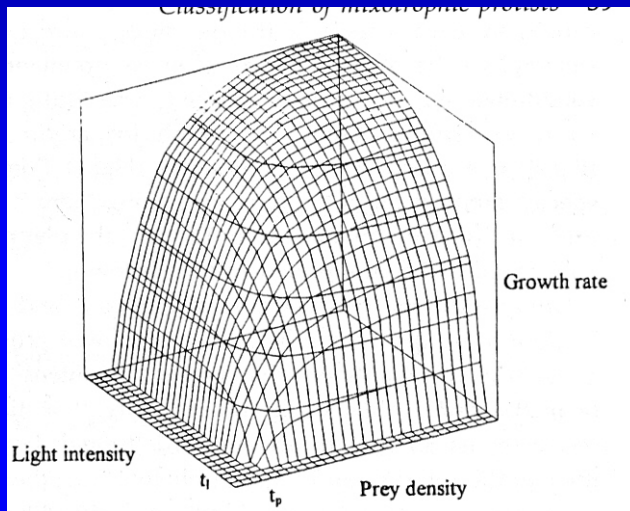


Chrysochromulina brevifilum
Dinobryon divergens
Ochromonas spp.
Amphidinium cryophilum

- fototrofie primární
- způsob výživy řízen dostupností světla, při limitaci světlem nastupuje heterotrofie
- kořist využívána jako zdroj energie, při silné limitaci také jako zdroj základních živin

Mixotrofie

C



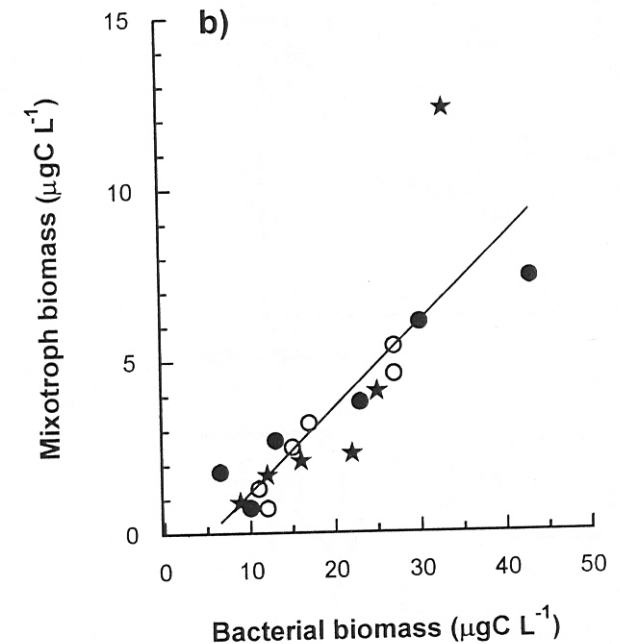
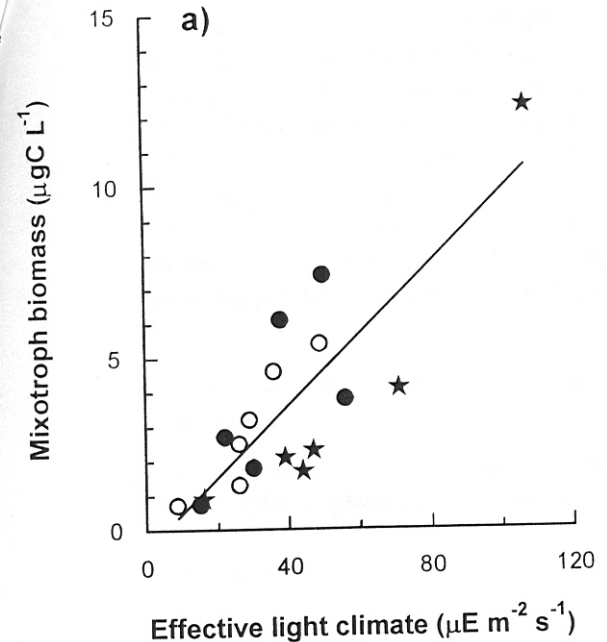
Uroglena americana
Dinobryon sertularia
Dinobryon cylindricum



- fototrofie primární
- ale heterotrofie obligátní, např. zdroj fosfolipidů
- růst spotřeby kořisti je proporcionální intenzitě světla a růstové rychlosti
- bez přítomnosti kořisti (bakterií) nerostou

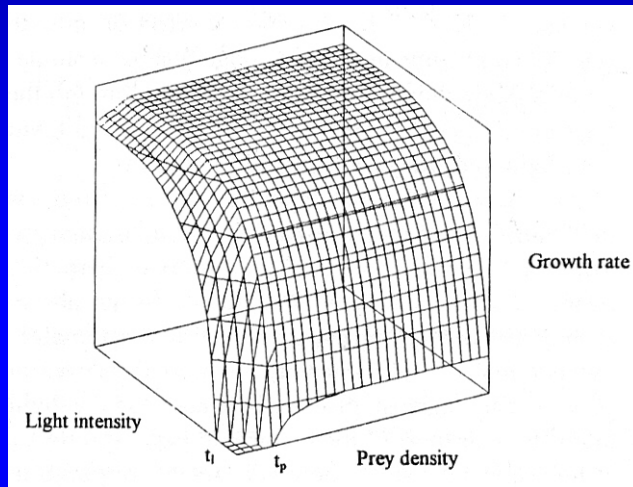
Mixotrofie

- jezera v severním Švédsku s dominancí mixotrofů
- typ C, biomasa mixotrofů pozitivně koreluje s intenzitou světla a současně s biomasou bakterií
- organismy silně závislé jak na světle tak na koncentraci kořisti



Mixotrofie

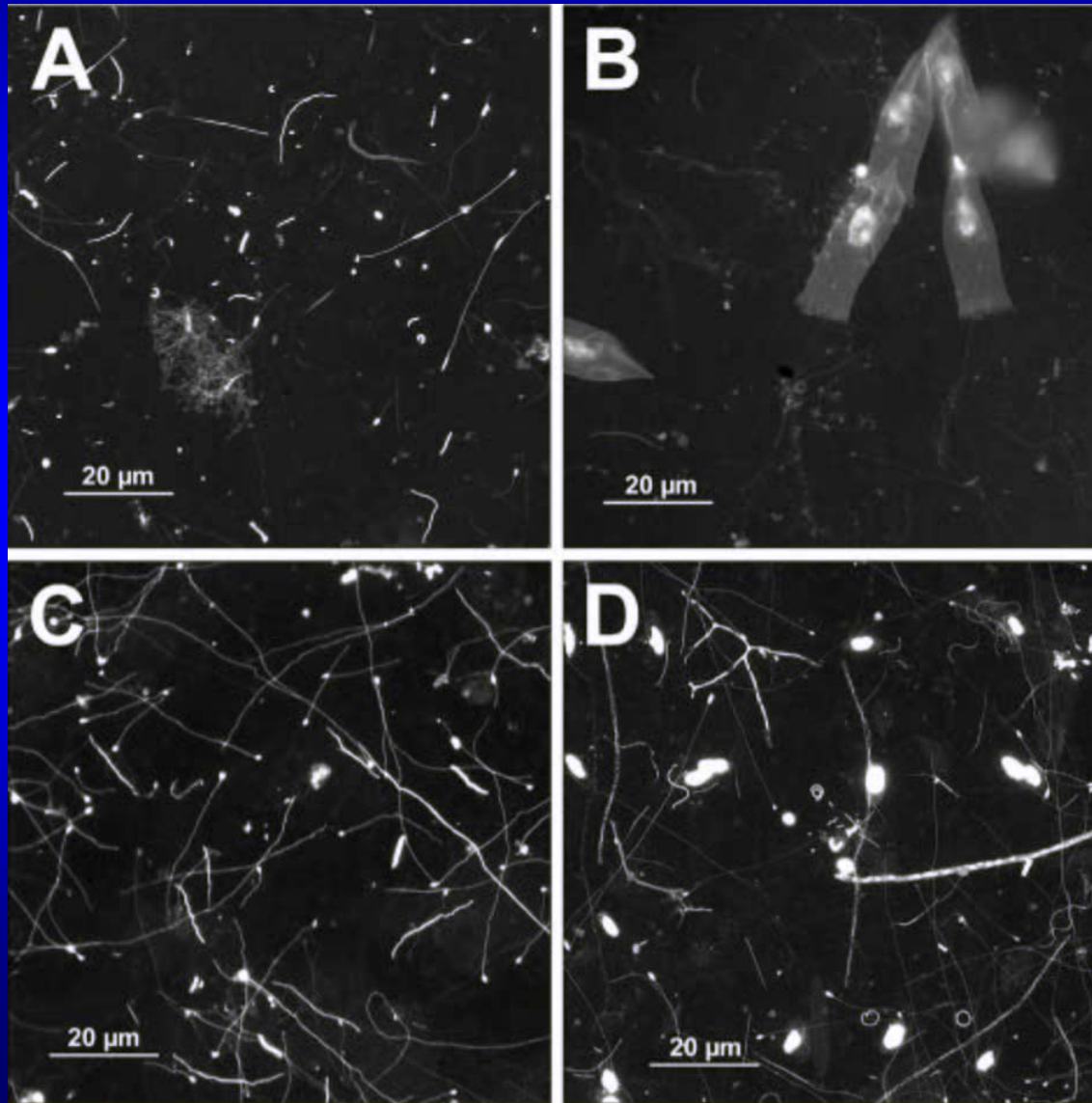
D



Cryptomonas ovata
Cryptomonas erosa
Ulva lactuca
Pyrenomonas salina

- fototrofie primární
- přijímají rozpuštěný organický uhlík za podmínek limitace světlem
- malý vliv na kořist
- z ekologického hlediska je možné považovat za čisté primární producenty

Vliv fagotrofie rodu *Dinobryon* na strukturu pelagických společenstev šumavských jezer



Vliv fagotrofie rodu *Dinobryon* na strukturu pelagických společenstev šumavských jezer

Čertovo Lake

