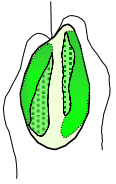


Kill your enemies and eat them: the role of *Prymnesium* toxins

Edna Graneli



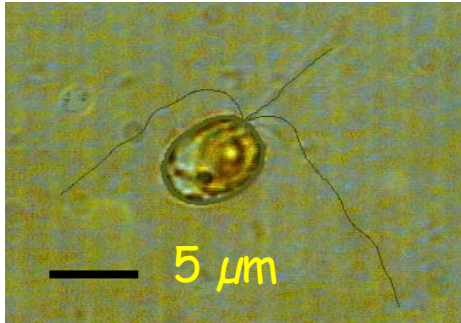
**Marine Sciences Department, University of Kalmar, SE-39182
Kalmar, Sweden**



I am deeply grateful to Christina Esplund for the great work she has done with the photographs and redrawing of the figures

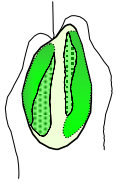
I wish to thank Urban Tillmann, Catherine Legrand, Giovana Salomon, Per-Juel Hansen, Alf Skovgaard, for kindly providing their published and unpublished results.

• The European Commission for financial support (EUROHAB projects: BIOHAB, FATE, NUTOX, DOMTOX)

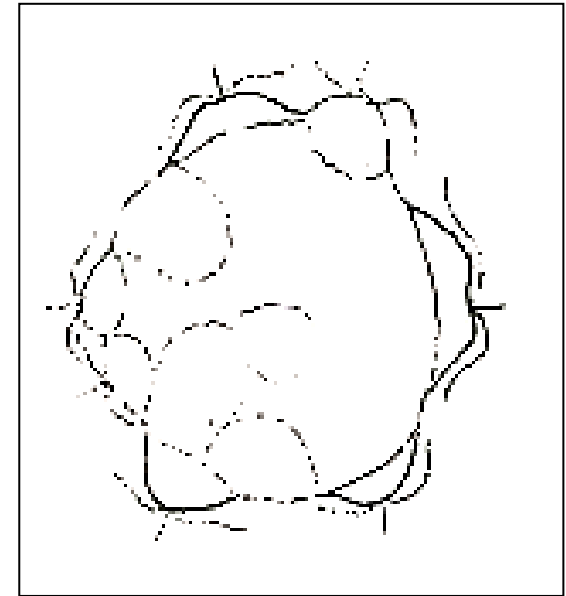


Killed salmon in
aquaculture pens by
*Chrysochromulina
polylepis*





Prymnesium phagotrophy on algae



Photos by Urban Tillmann

Tillmann, U. (1998) AME 14: 155-160



When will the first dead bathing guest float ashore?

10 000
tågade
för rent
Öresund

10 000 helsingborgare gick man ur huse för att protestera mot miljöförstöringen i Öresund.

Ett mäktigt demonstrationståg gick genom stan ner till Strandvägen, och utanför fylldes Sundet av småbåtar. Det var tre kvinnor

lyst från demonstrationen, men samtidigt riktade den ett tydligt budskap till politikerna två veckor före valet:

- De politiker som inte är beredda att lägga all kraft på att hejda miljöförstöringen har inte vårt förtroende, hette det i den avslutande resolutionen.

10 000
marched
for
a clean
Öresund

Fiskare kämpar för havet

Fishermen fights for the sea

HELSINGÖR-S
Vem kunde ana miljöminister Birgitta Dahl skulle få applåder av många hundra bittrade fiskare som på torsdagen demonstrerade utanför Nordiska rådets möteslokaler i Helsingör?

De hade kommit i egna båtar från hela Danmark och från Halland för att demonstrera mot en miljöpolitik som gör dem arbetslösa. Havsvidden har sänkt sig skrämmande snabbt och omfattar nu praktiskt taget samtliga inre danska vatten samt Kattegatt söder om en linje Grønå-Värberg.

Det finns inget lönsamt fiske i Kattegatt, sa skepparen på Busträskeren Almy West, Ingemar Torkelson, till Sydsvenskan innan demonstrationståget avgick från Helsingörs hamn till hotel Marienlyst norr om staden, där de nordiska politikerna samlades. För första gången på 33 år var han och besättningen där för på väg till Österrån. Men det är med mycket blandade känslor de lämnar havsvattnet. Många av de 500 kollegerna i Halland har inte fartyg som är stora nog för långturerna. De får bli hemma och se sin näring tväna bort.

"Det råder vrede"
- Det första larmet gick 1980 men toget har håret, sa Ingemar Torkelson. Det är en bitter fiskeliv du ser. Det råder förtvålning och vrede.

På torget ovanför kajen, vid ett uppslaget informationsutställ, samlades demonstranterna från Söderberg i sydväst till Låb och Bua i norr och Rödving i söder. Plakat som "Mörd på havet", stoppa hyckleriet och "Minister, glömma du, så minns jag", placades fram.

Utän annat än lägrmål inbördes prat drog pedan läget den korta vägen till Marienlyst.

Ställer krav

Men både danska och svenska fiskare kommer att ställa krav på statsakterna. Det avslöjade Willy Hansen, dansk fiskeriförstånds ordförande, och Wilhelm Alexandersson, representant för Sveriges fiskares riksförbund, när de talade från ett laurbållsläp utanför Marienlyst.

Miljöminister Birgitta Dahl, som sällat sig till läbörarna, fick höra att halländsfiskarna kräver att få på skadestånd ur den katastrof, som höstens fiske beskrivs som.

Det är inte vanligt att fiskare kräver statliga bidrag, men nu tvingas vi till det, sa Wilhelm Alexandersson och fortsatte:

- Ge miljöministrarna bakläxa. För de bestämma så har vi inget kustfiske om några år.

I en gemensam resolution ställer därför de bägge yrkesförbänden krav om snabba riktlinjer för att förbättra havsmiljön.



Minister:
you might
forget
I will
NOT!

Sea
assassination

Fiskarna hade kommit från hela Danmark och från Halland för att demonstrera mot en miljöpolitik som gör dem arbetslösa. Havsvidden har sänkt sig skrämmande snabbt. FOTO: MAGNUS AT GELERTS

Ministrar fick bakläxa igen för havsmiljöplan

HELSINGÖR-TT. Det blev dubbelt underkänt för de nordiska miljöministrarna. Efter många turer

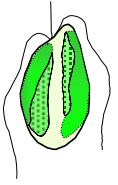
Den reviderade plan som lades fram av miljöminister Birgitta Dahl och den norska miljöministern Sissel Rönbeck så sent som på torsdagens morgon förn alltså inte nåd inför social- och miljöutskottet.

sade den svenska ledamoten i miljöutskottet Sten Svensson (m) efter det sista, avgörande sammankädet. De nordiska miljöministrarna första förslag till en gemensam havsmiljöplan le-

al- och miljöutskottet. Nu får miljöministrarna skriva thop en ny och tillfälliga havsmiljöplan att presentera vid Nordiska rådets ordinarie sammankädet i början av 1989. Det socialdemokratiska le-



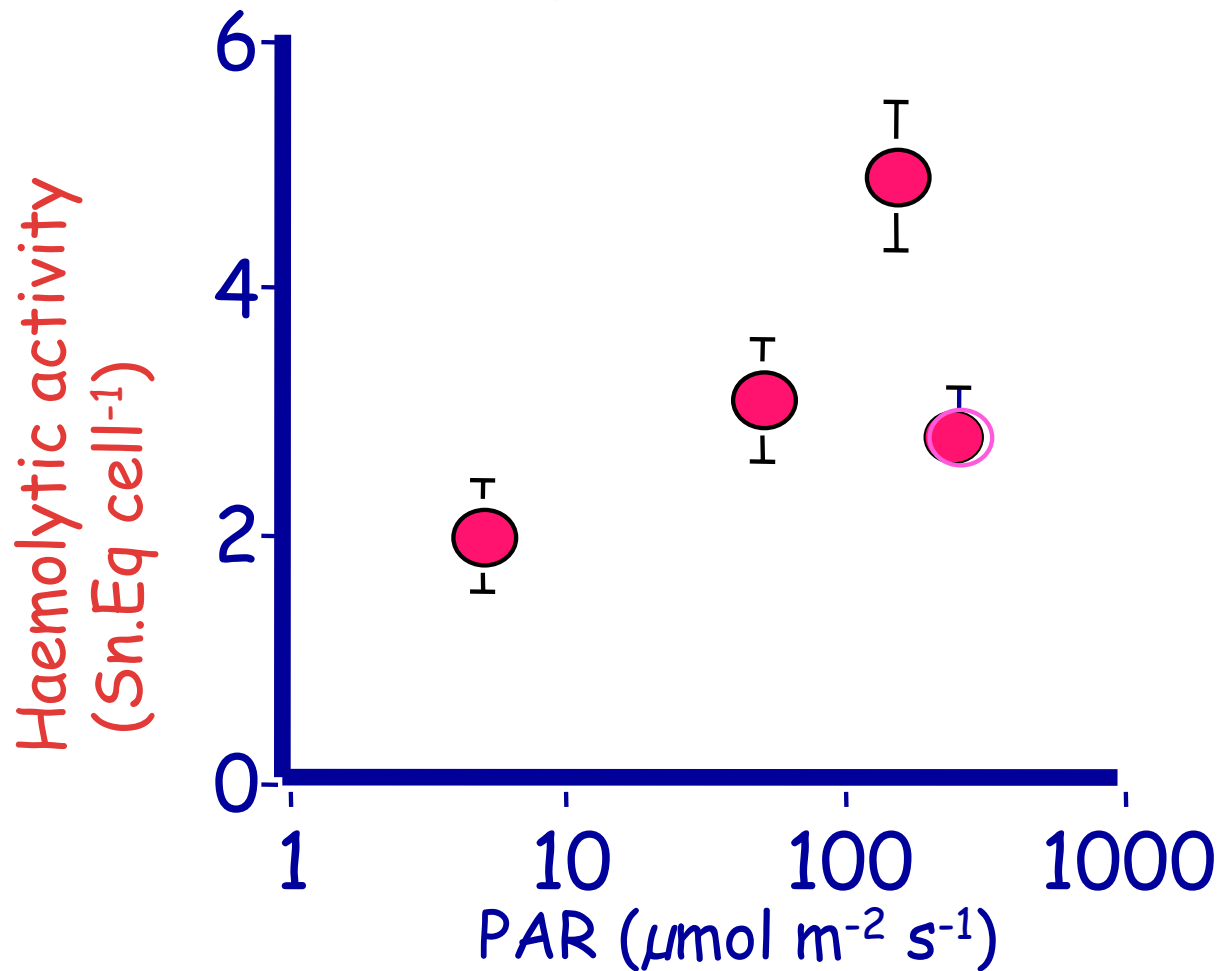
Tina 88



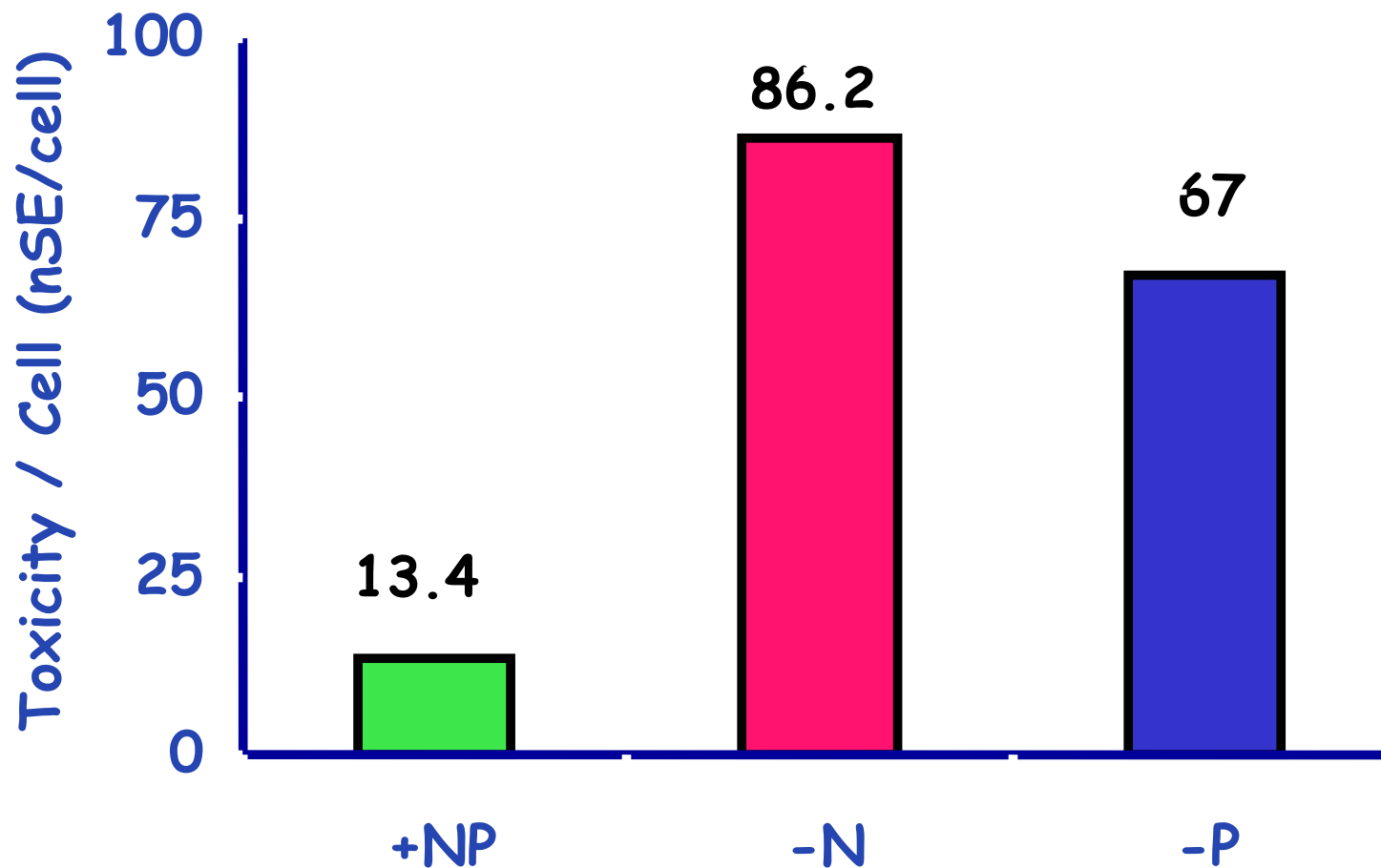
Factors influencing Prynnesium-

- 1. Toxin production and degradation**
- 2. Allelopathy**
- 3. Mixotrophy (phagotrophy)**

Toxicity in *Chrysochromulina polylepis* at different light conditions



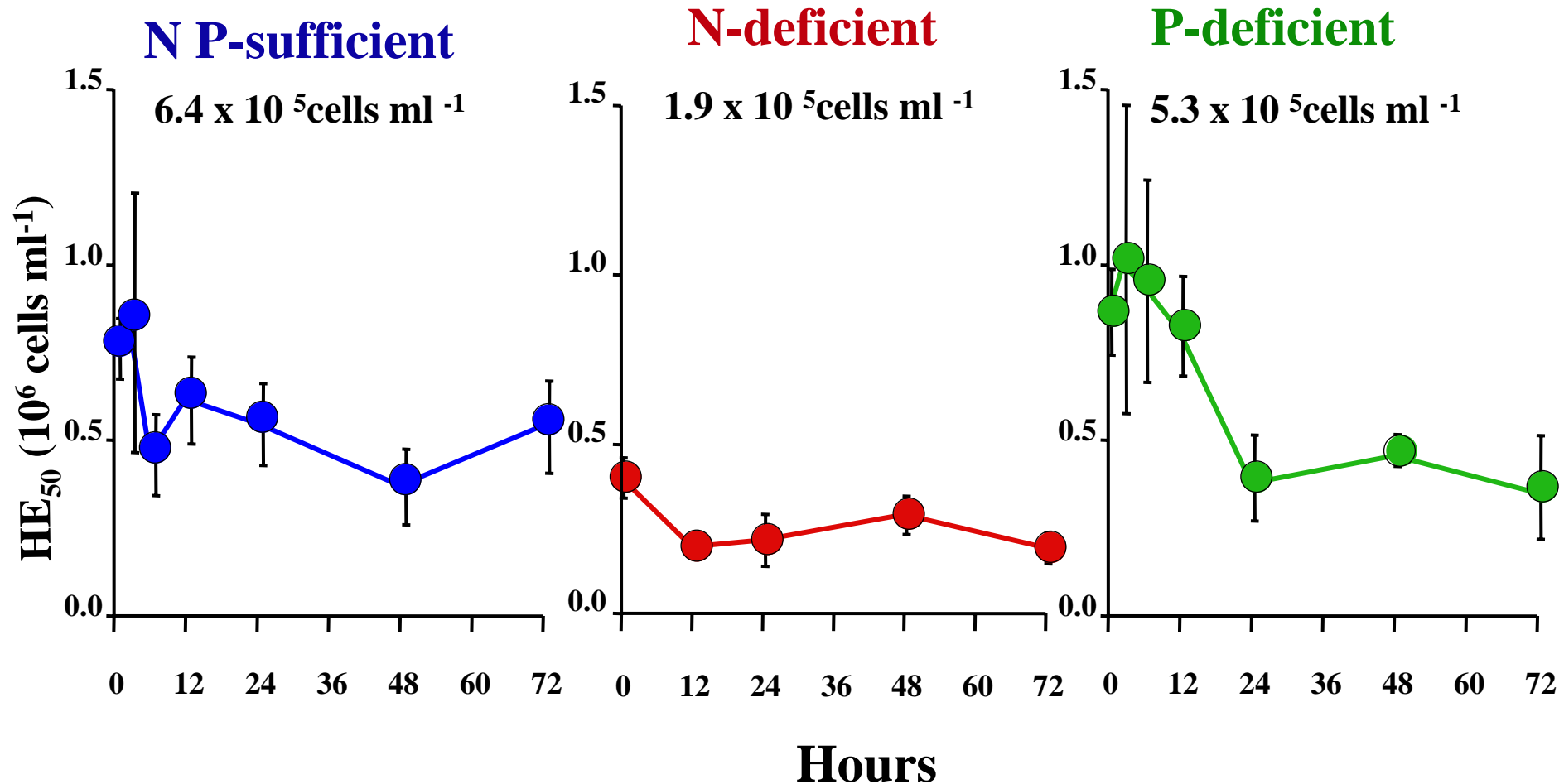
Toxicity in *Prymnesium parvum* grown under NP sufficient and deficient conditions



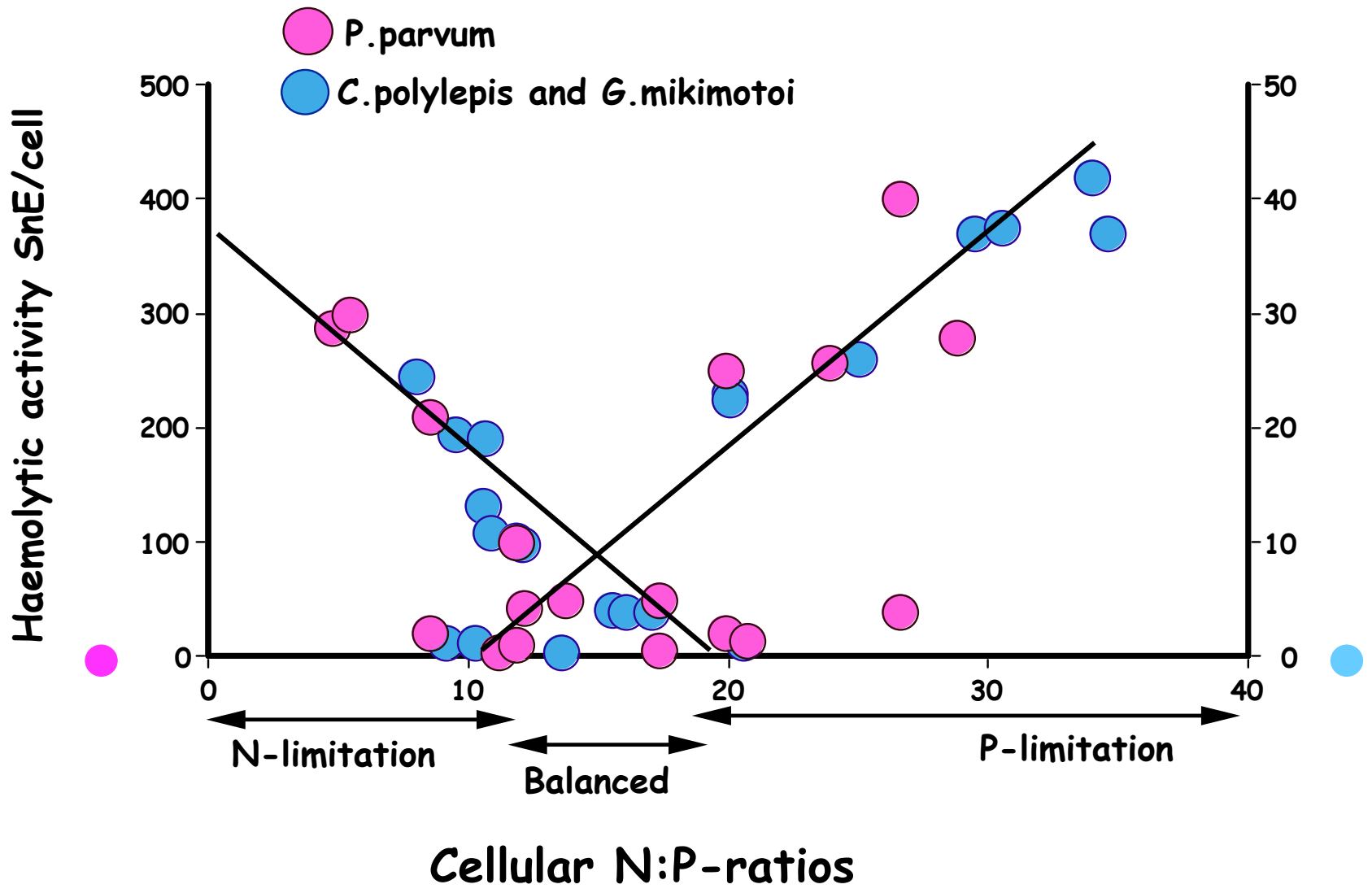
Johansson and Graneli, 1999, JEMBE 239: 243-258

Prymnesium parvum toxicity

(HE_{50} number of *P. parvum* cells necessary to kill an organism
-NOTE that the lower the HE_{50} , the more toxic the cells are)



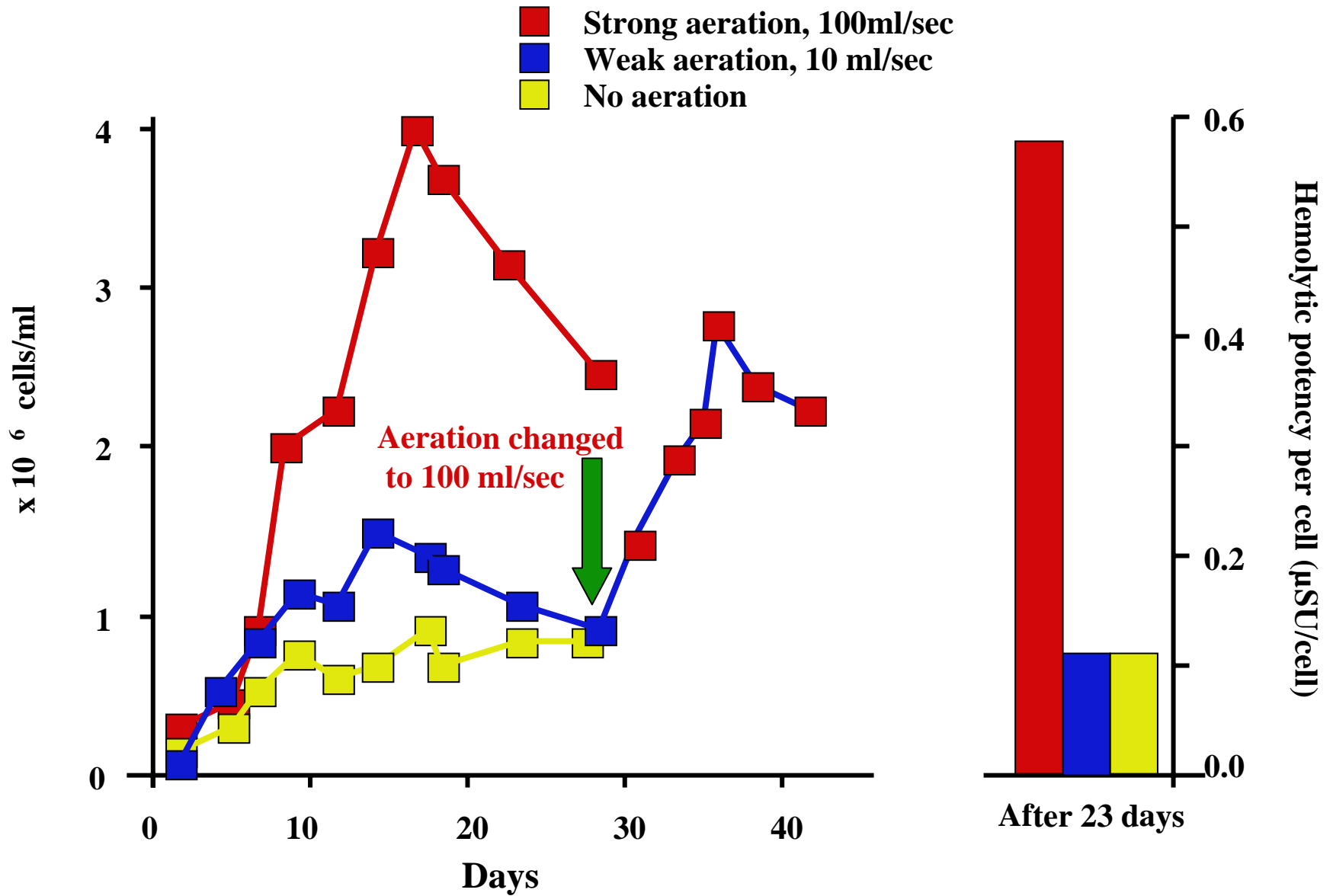
Relation between toxicity and nitrogen/phosphorus



Effect of increasing P-deficient *P. parvum* numbers on flat-fish



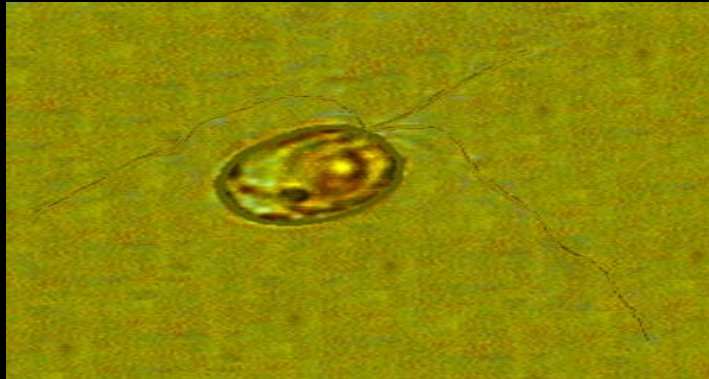
Prymnesium parvum



Ichthyotoxic species



Pymnesium parvum

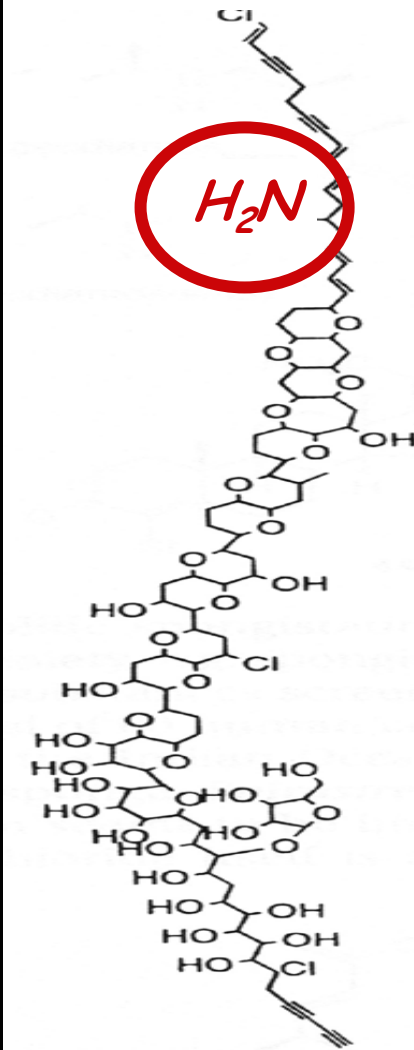


Chrysochromulina polylepis

AND...

Gymnodinium spp.,
Heterosigma akashiwo,
Chatonella spp., etc.

Prymnesin-2

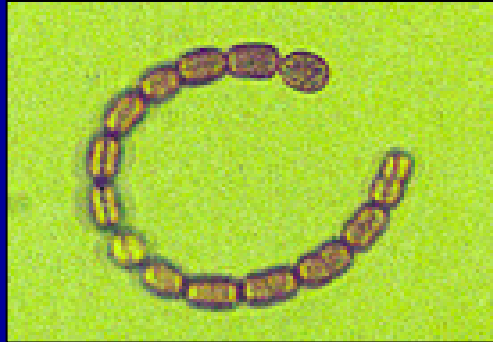


The allelopathic organism, to achieve dominance, release chemical compounds stoping/inhibiting the growth of the competitors



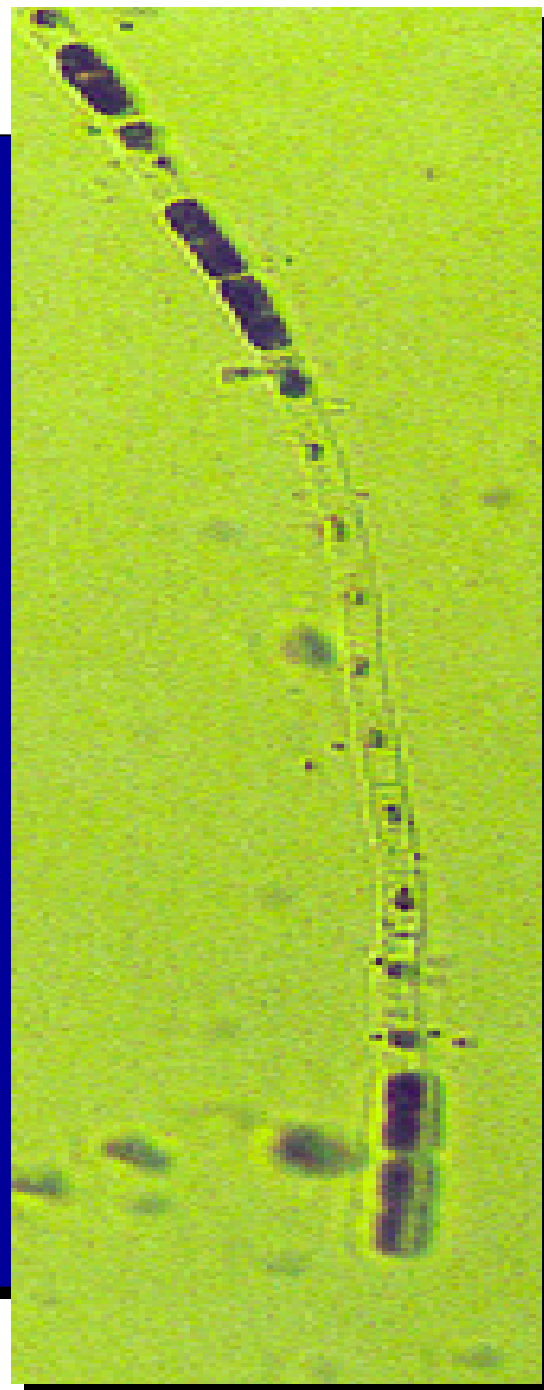
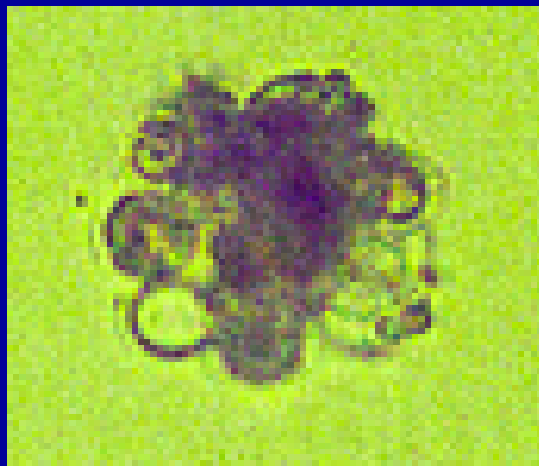
Allelopathic organism:
better competitor for resources

😊 Before

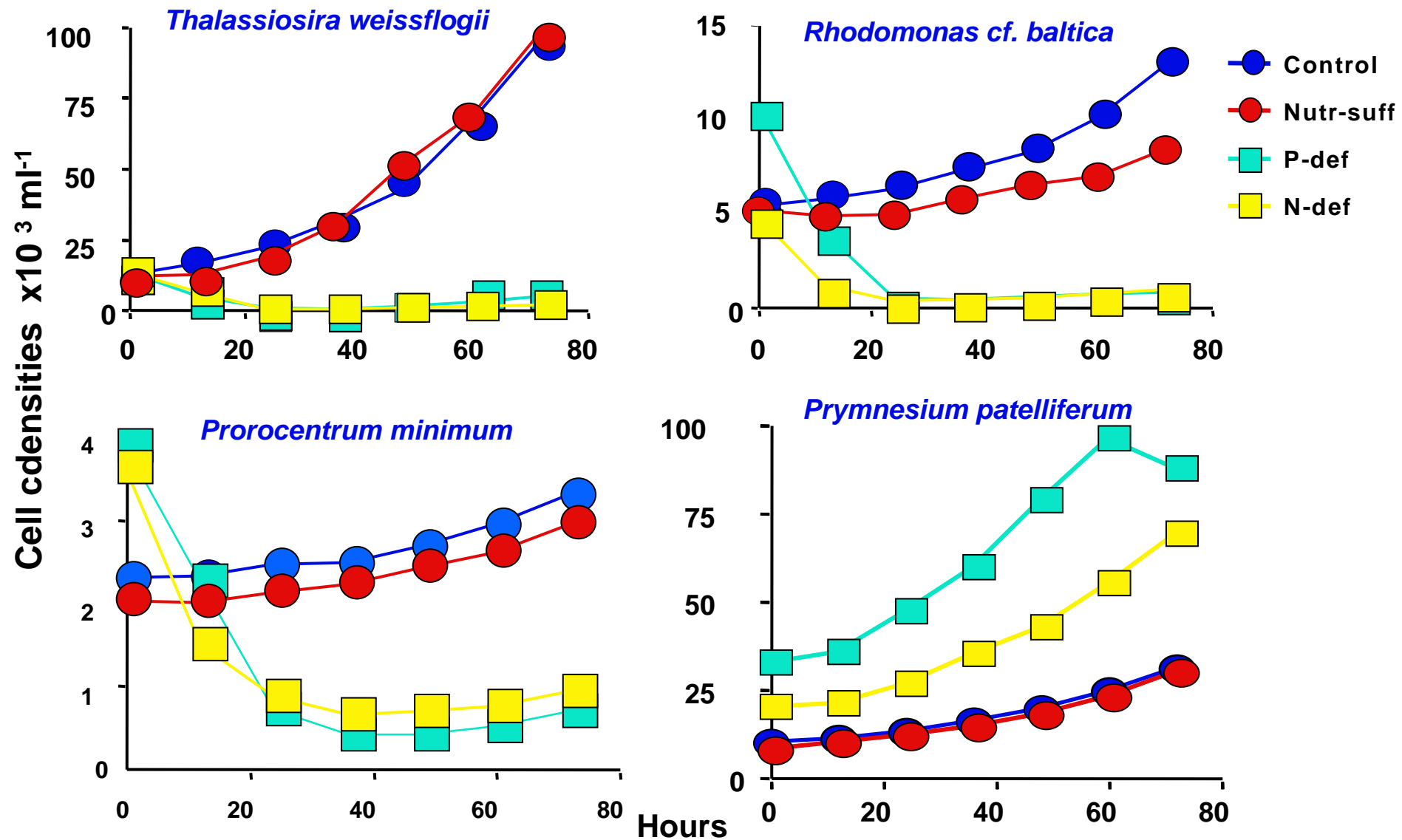




After

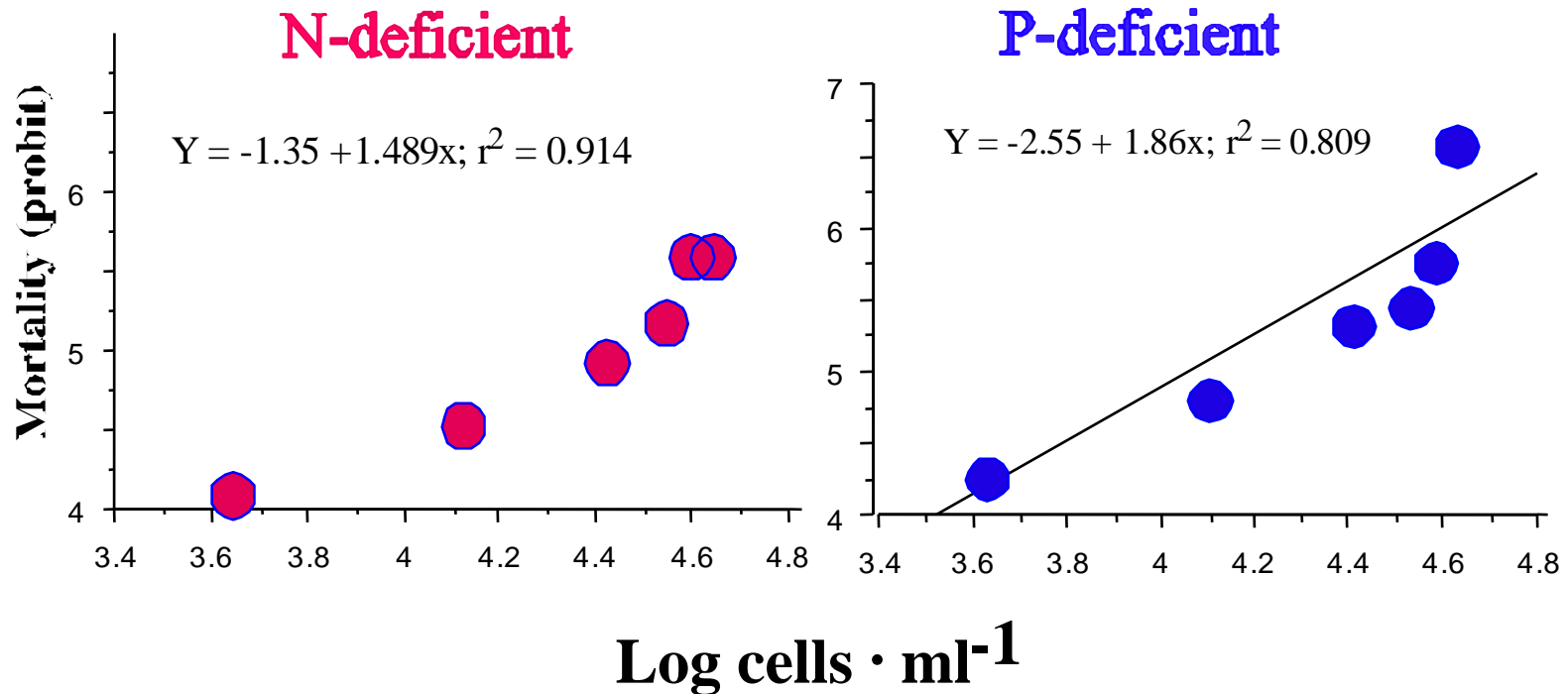


Effect of *Prymnesium parvum* filtrate on different algae

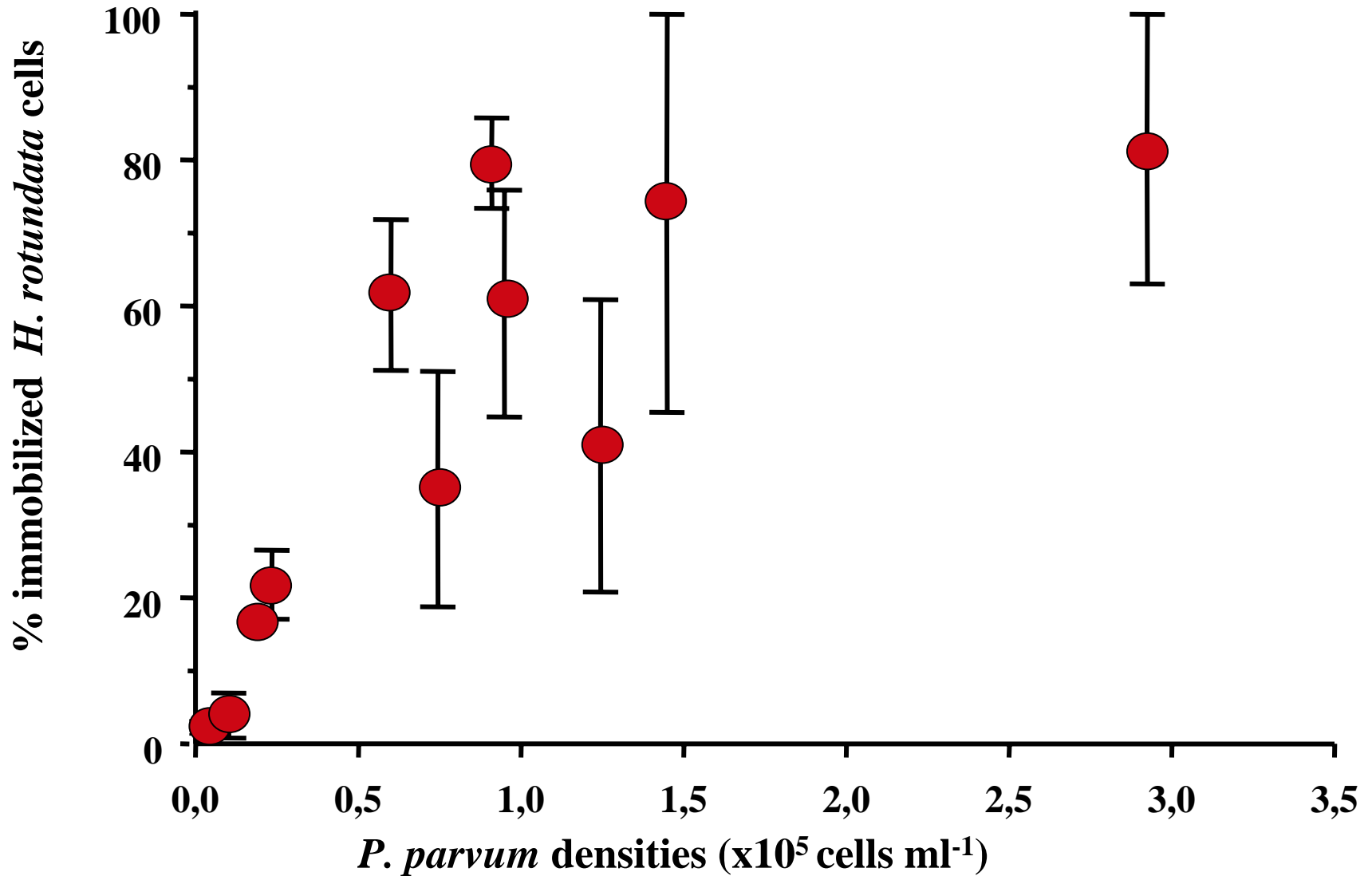


Dose response relationship between *P. parvum* cell-free filtrates on *Artemia salina* nauplia

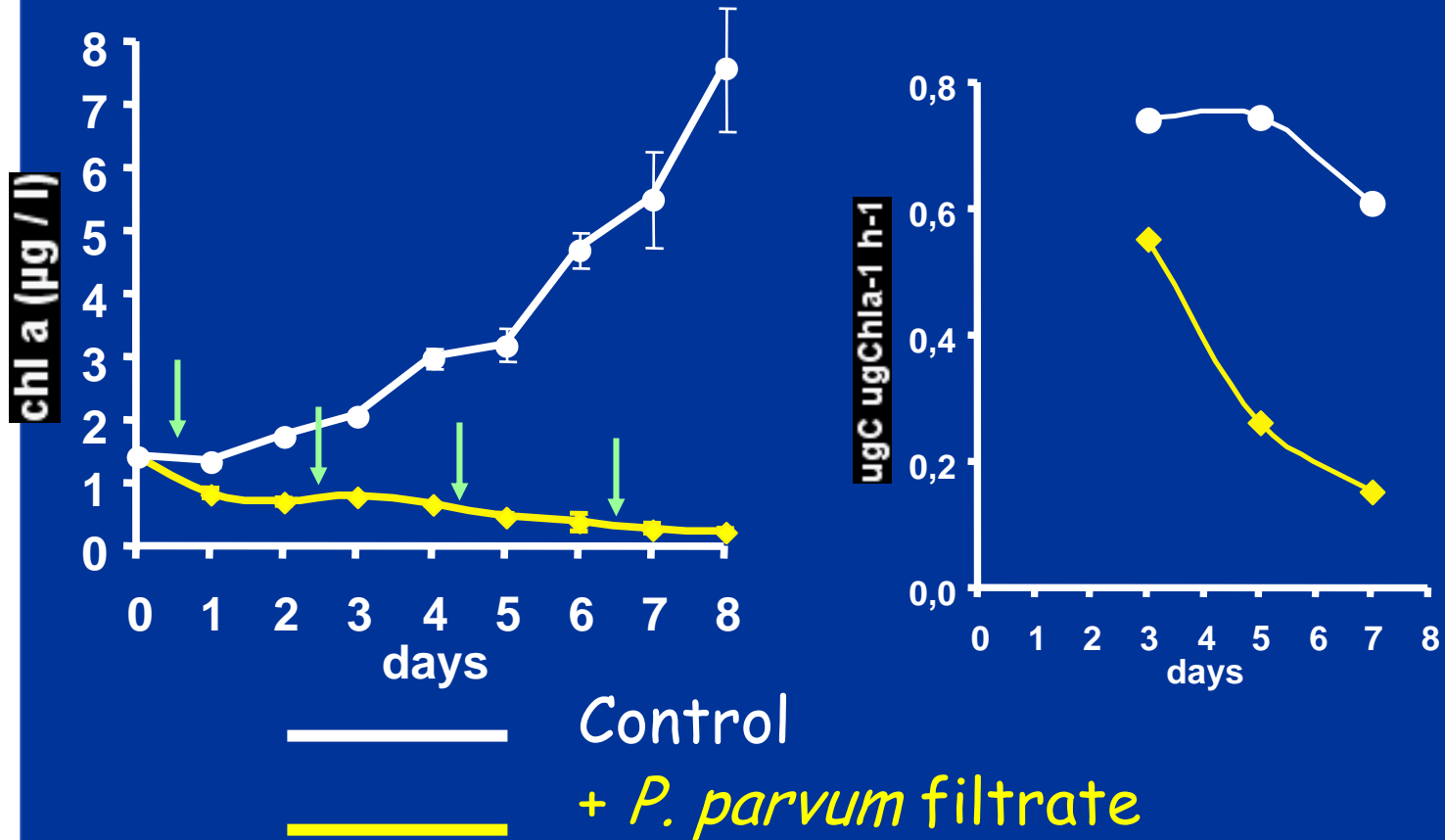
N and **P**-deficient (LC50 = **18.4** and **11.5** 10^3 cells ml⁻¹ respectively)



Effect of *P. parvum* filtrates on *Heterocapsa rotundata*



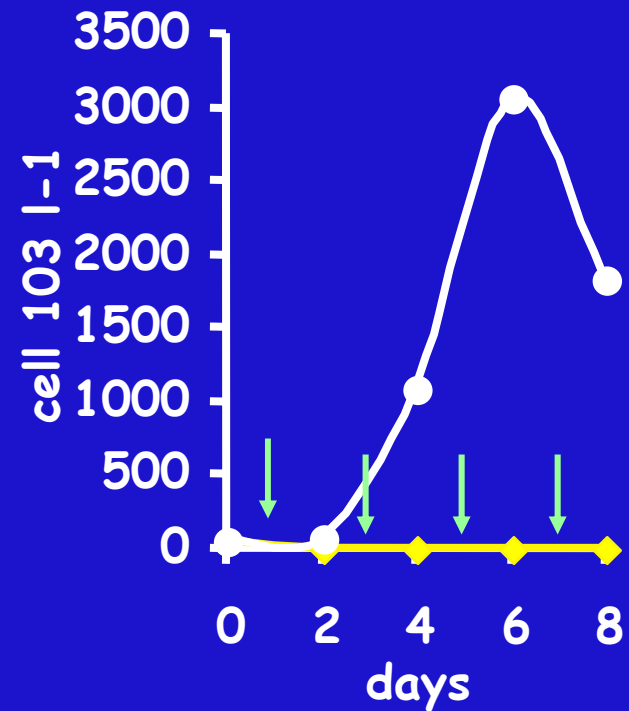
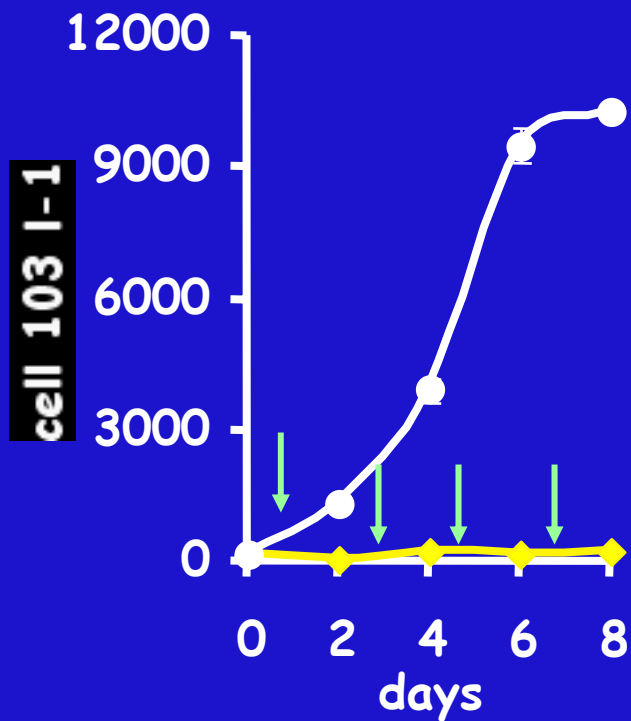
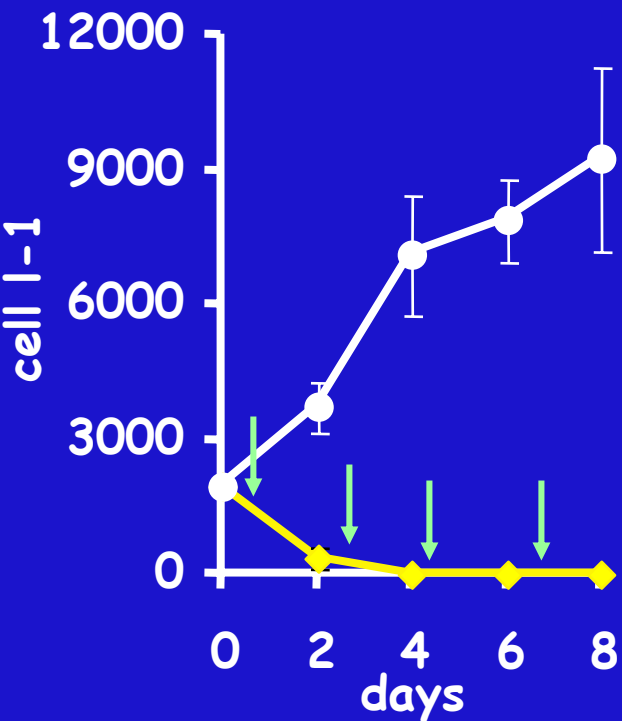
Effect of *P. parvum* filtrates on a plankton community



Ciliates

Flagellates

Diatoms

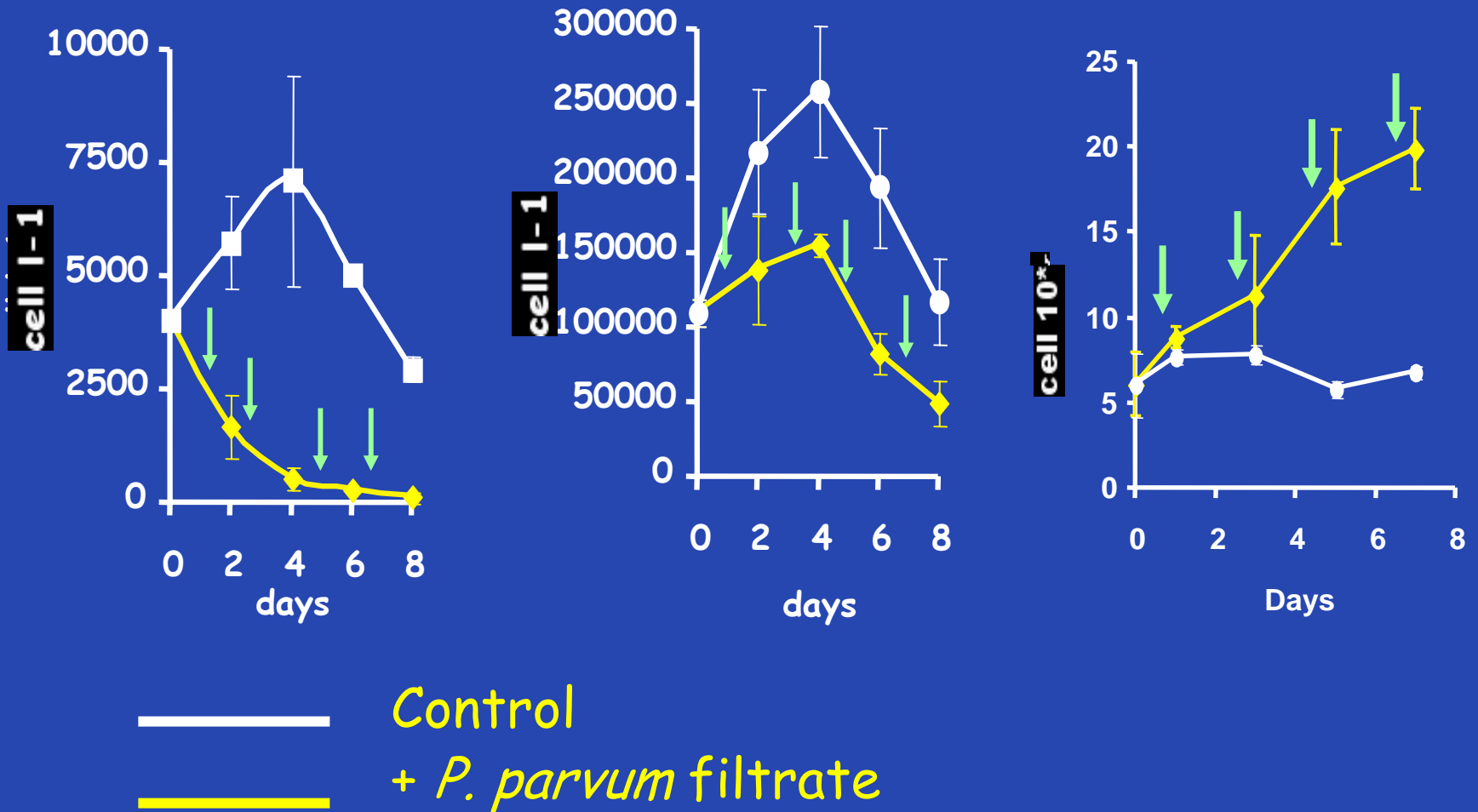


— Control
— + *P. parvum* filtrate

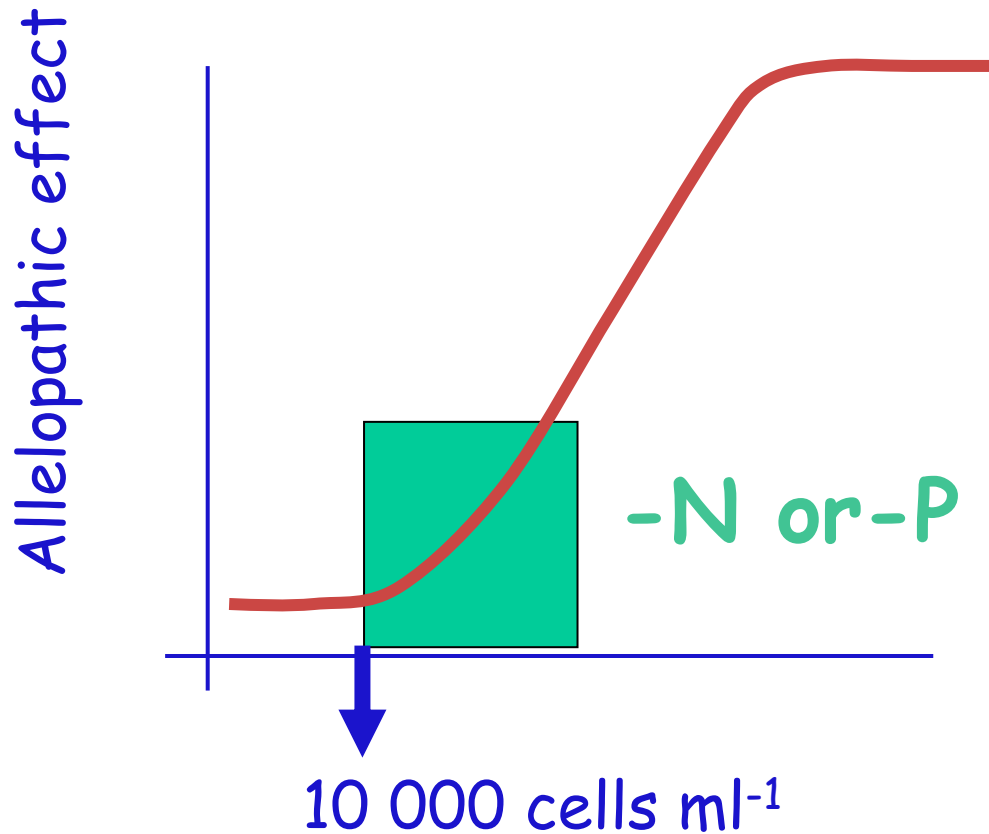
Dinoflagellates

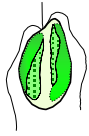
Cyanobacteria

Bacteria

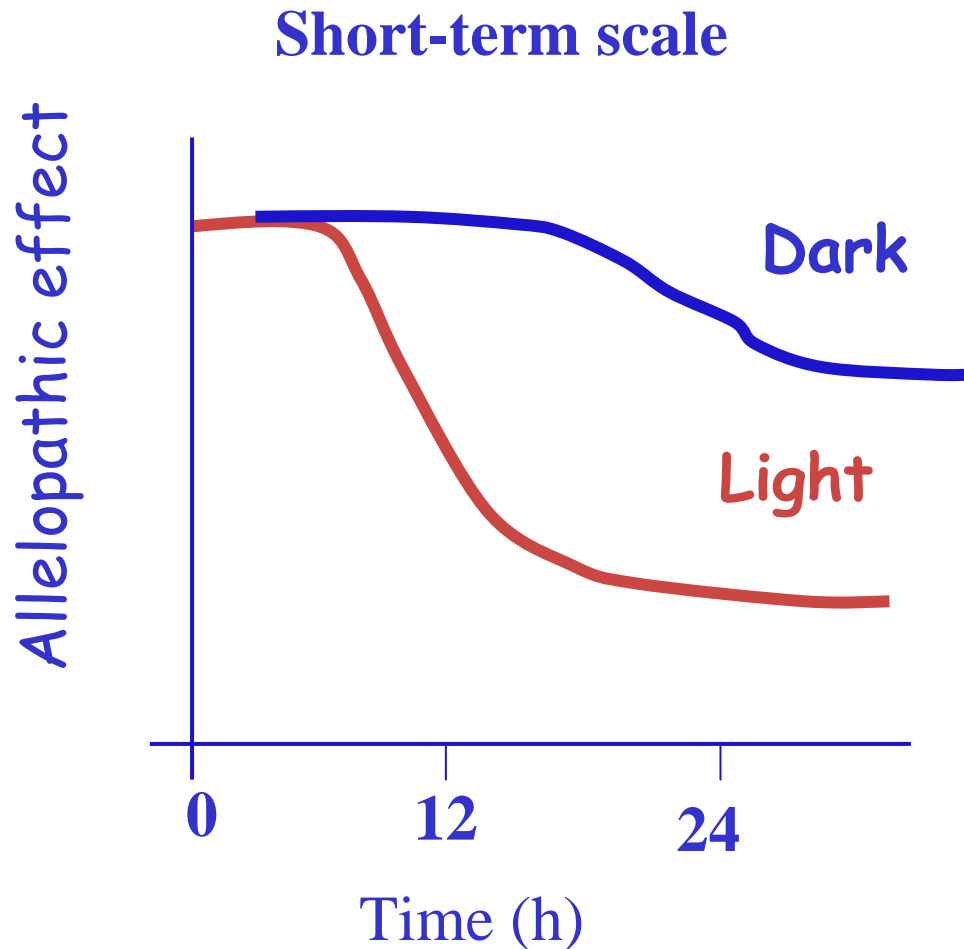


Low *Prymnesium parvum* cell numbers can produce enough allelochemicals to stop growth or kill other algae

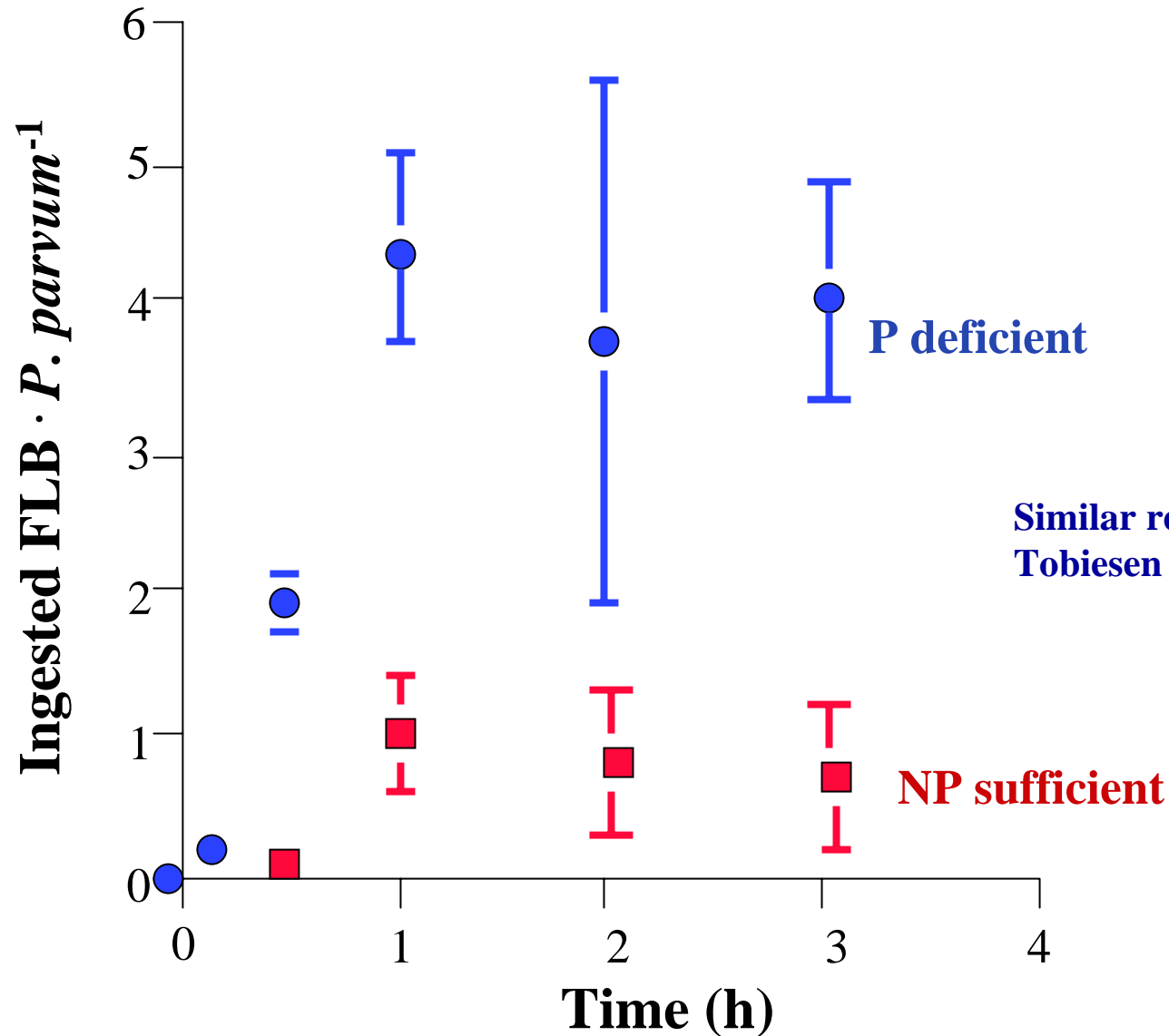




The toxicity of the cell-free filtrate decreases faster in light than in dark

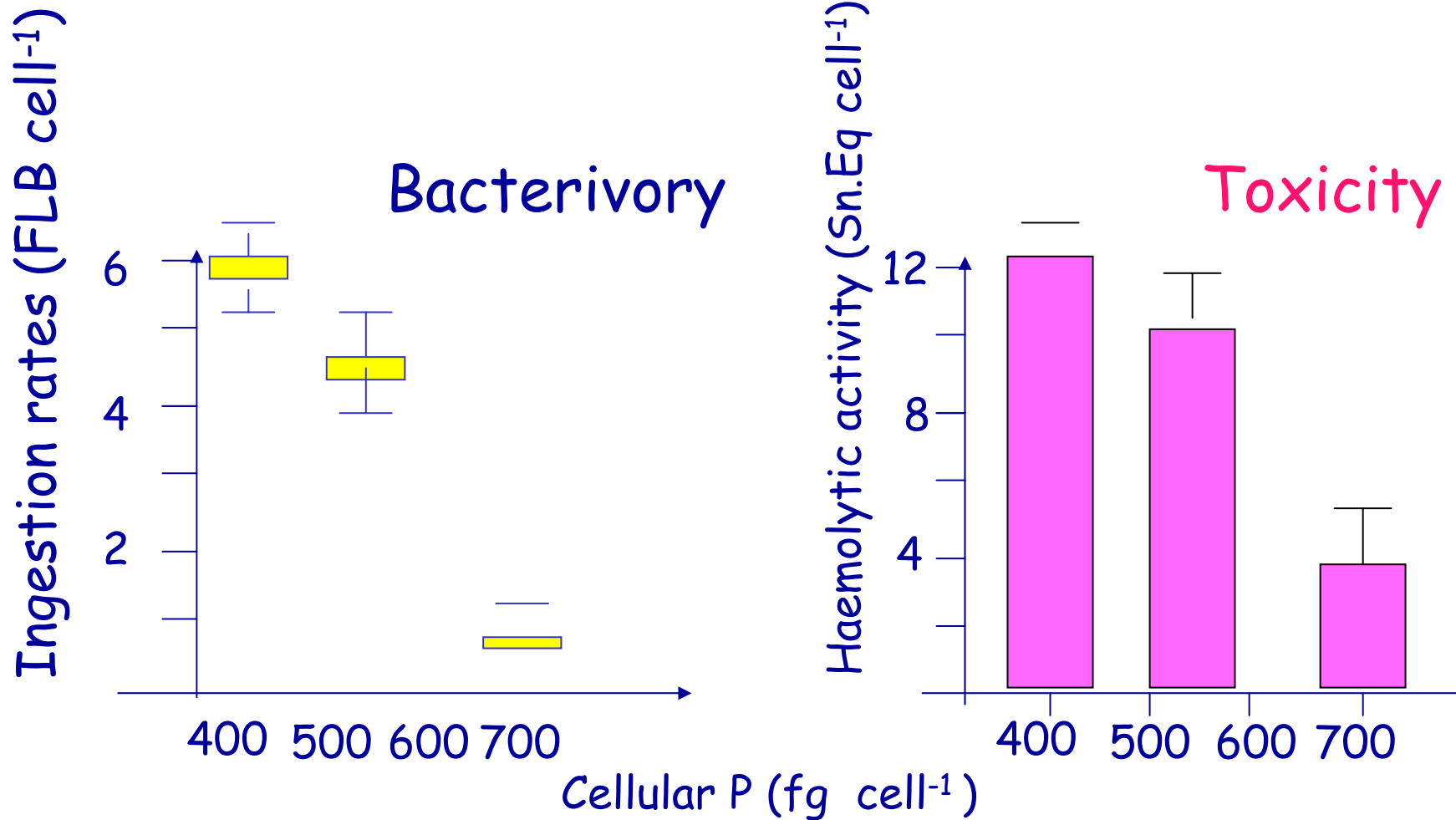


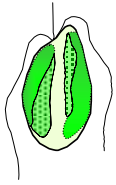
Bacterivory in *P. parvum*



Similar results to Nygaard & Tobiesen 1993, L&O 38:273-279

Bacterivory and toxicity in *Prymnesium patelliferum* with different intracellular P content





P. parvum phagotrophy (prey ingestion ca. 1 min)

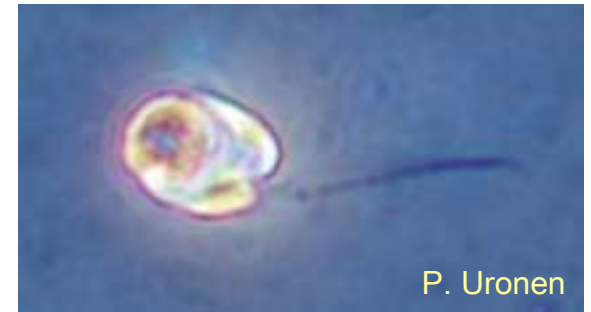
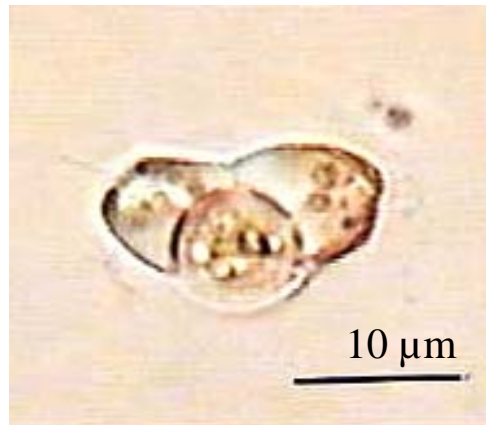


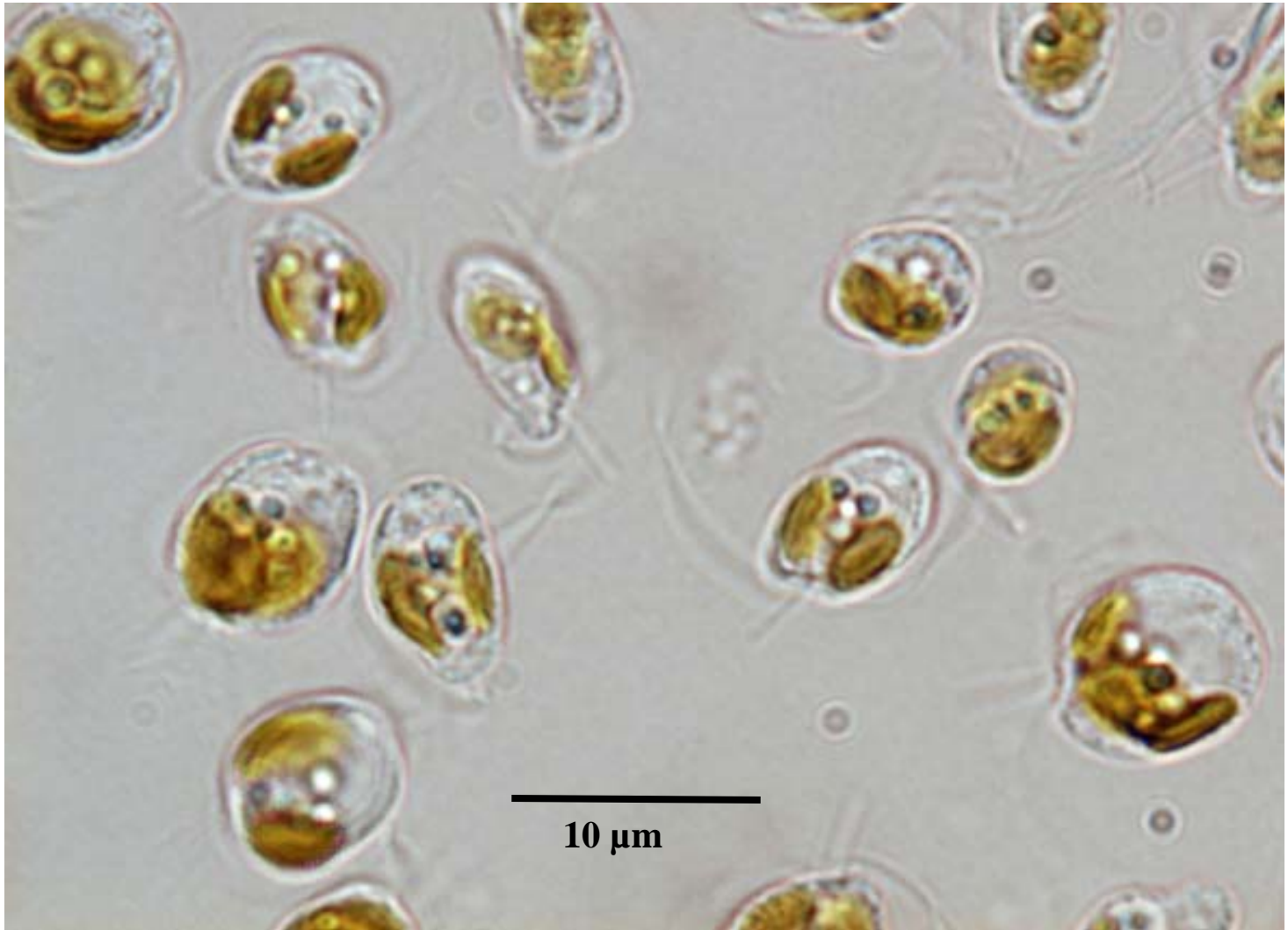
Photo Paulina Uronen



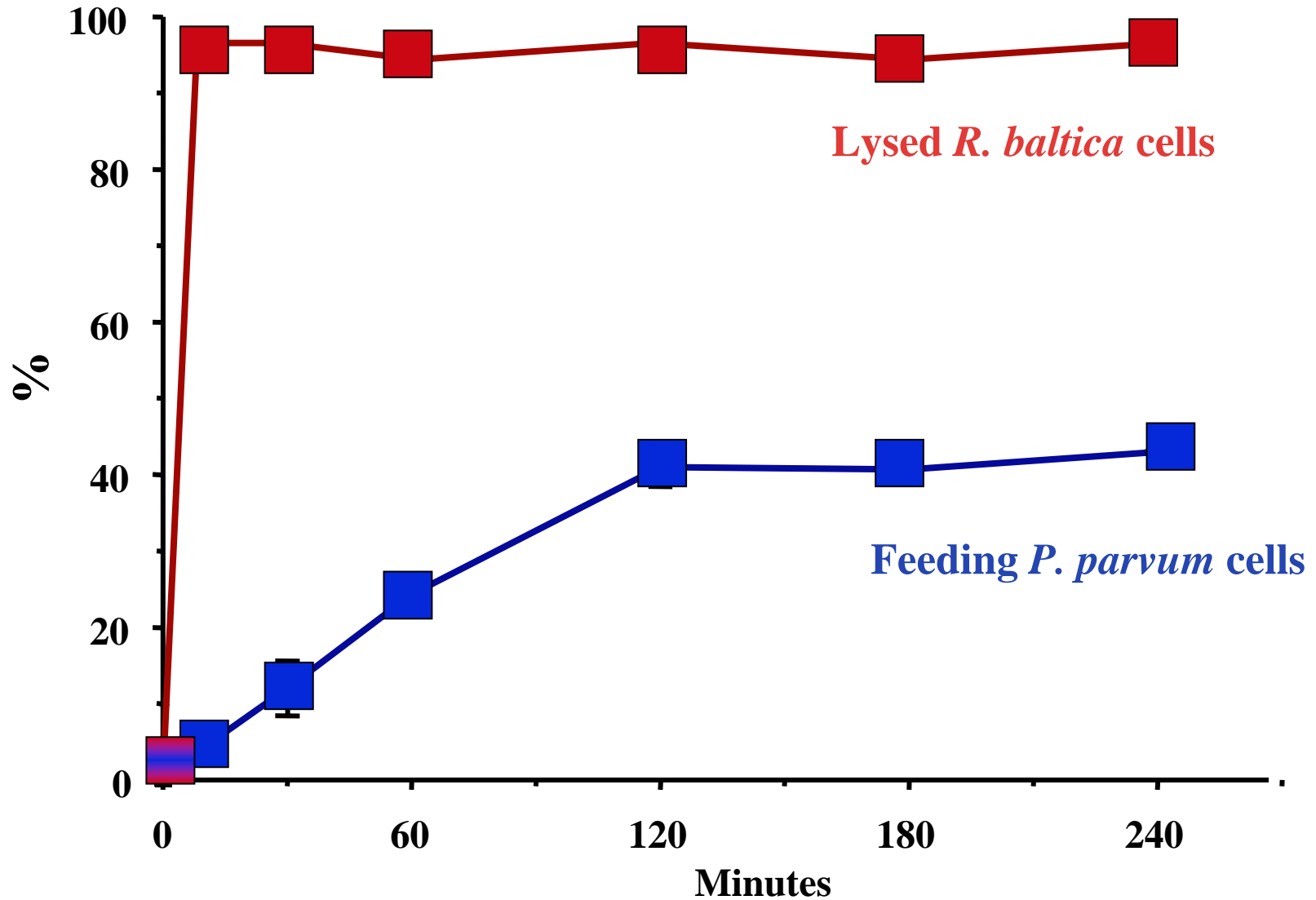
Photos by Urban Tillmann

Tillmann, U. (1998) AME 14: 155-160

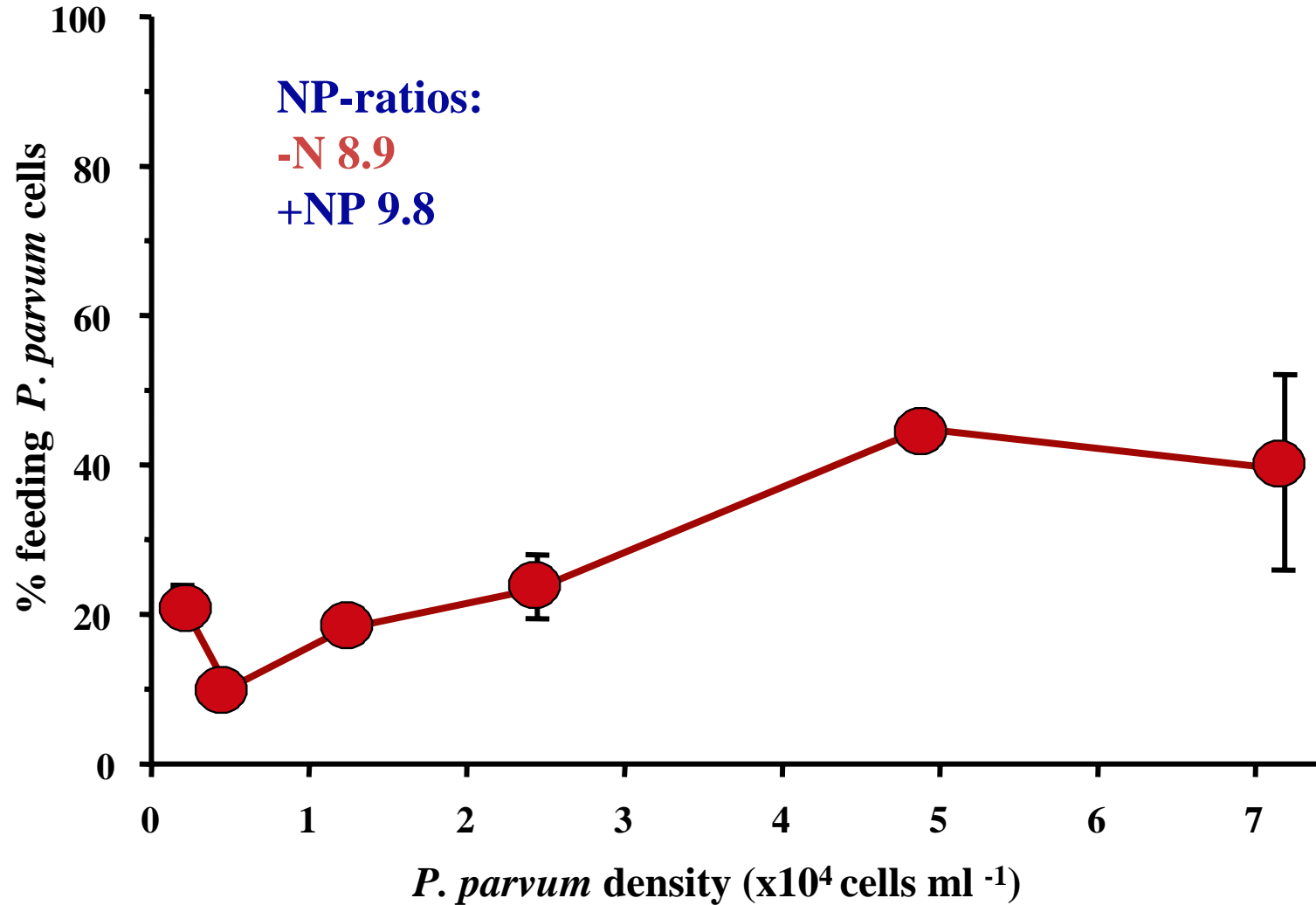
Starving cells



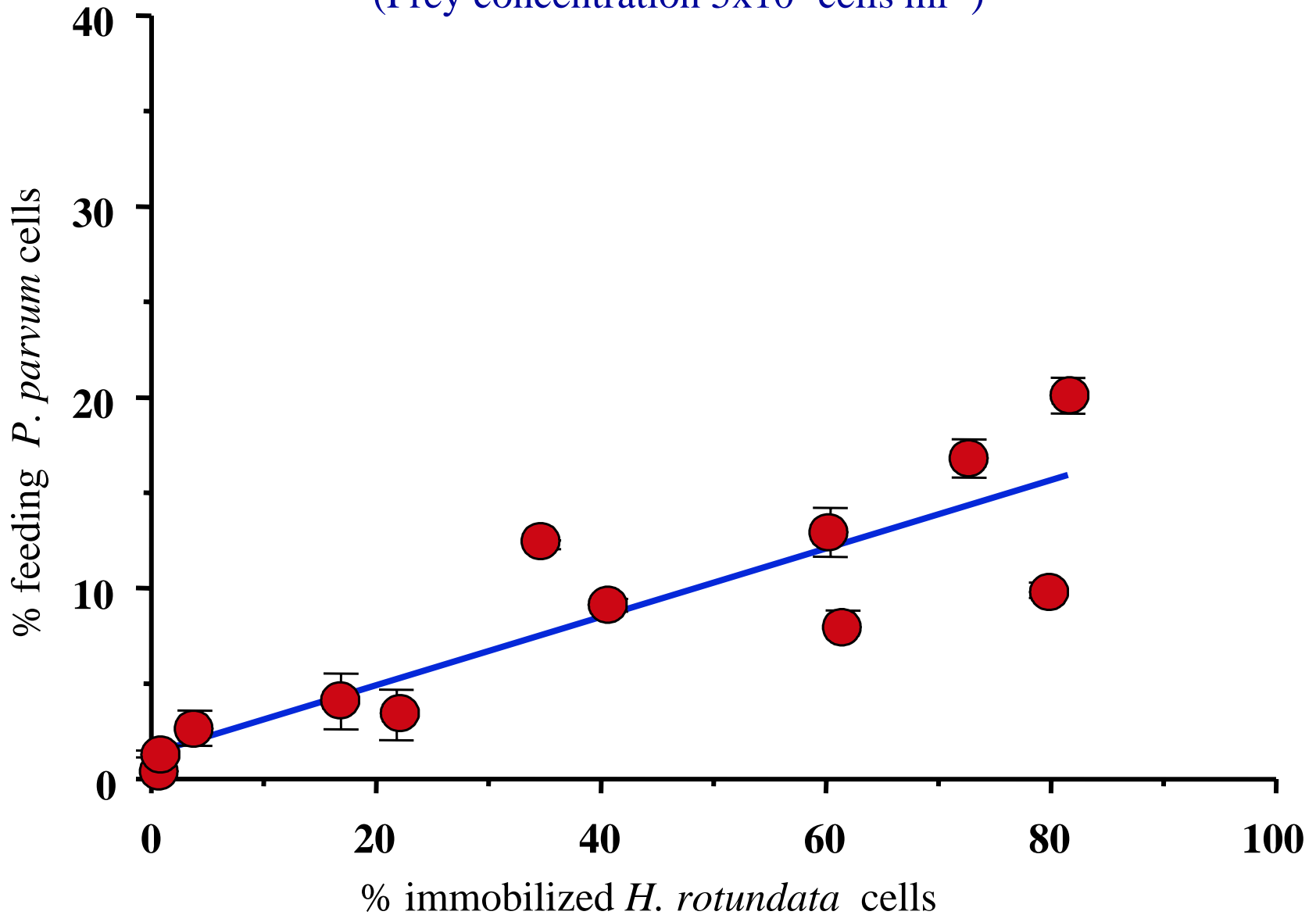
**% *P. parvum* feeding cells and lysed *R. baltica* cells
(-N treatment)**

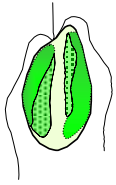


P. parvum at different densities feeding on *Rhodomonas baltica* (-N treatment)

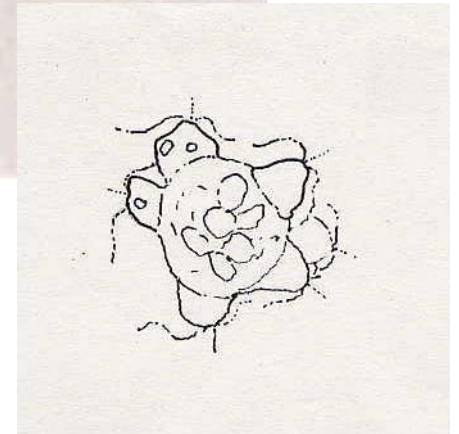


P. parvum feeding cells and toxic effect on *Heterocapsa rotundata* (Prey concentration 5×10^4 cells ml^{-1})



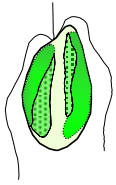


Prymnesium phagotrophy on a heterotrophic dinoflagellate

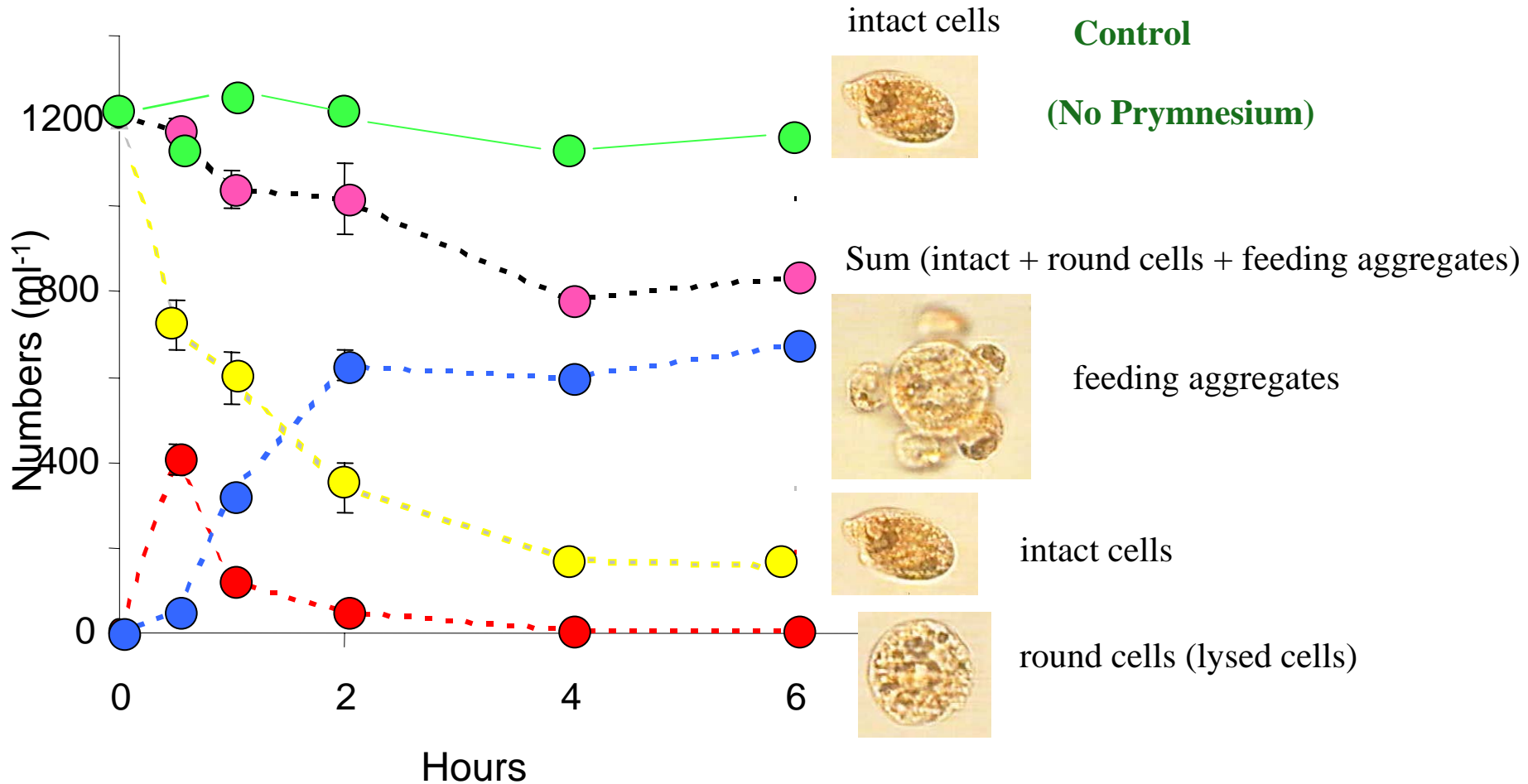


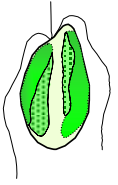
Photos by Urban Tillmann

Tillmann, U. (1998) AME 14: 155-160

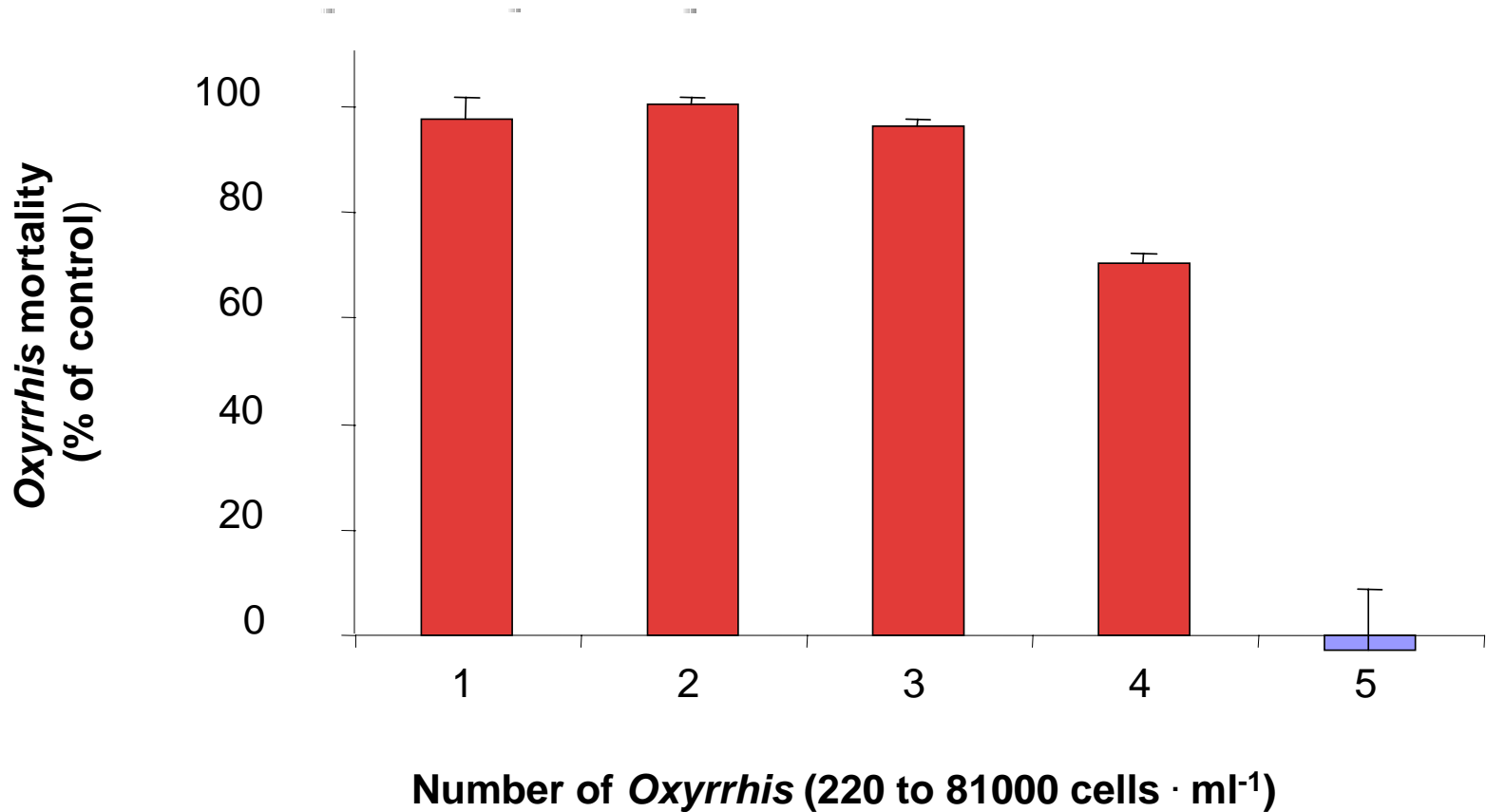


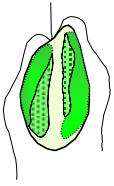
Oxyrrhis marina cell lysis in the presence and absence (control) of P- deficient *Prymnesium parvum* cells



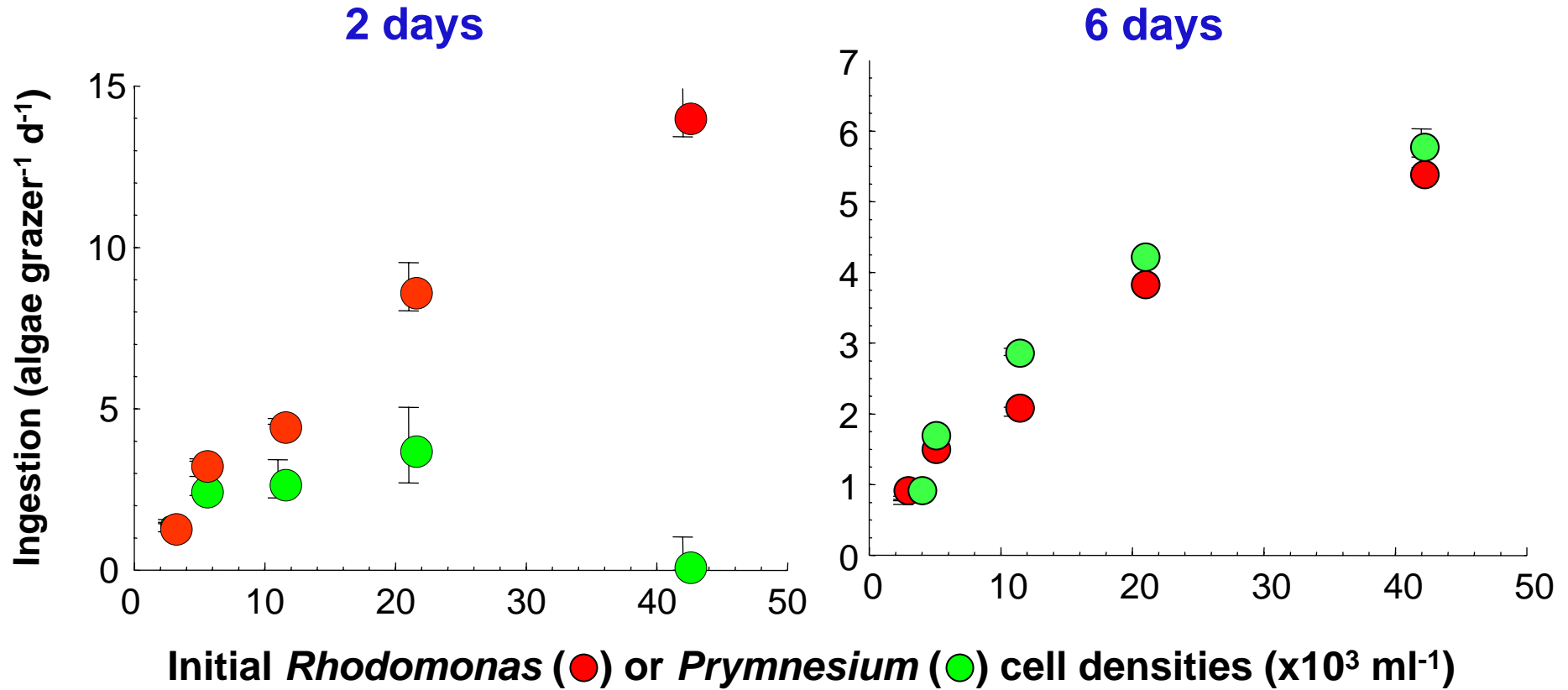


Relation between mortality of *Oxyrrhis* at different cells densities and P- deficient *P. parvum* cells ($20000 \cdot \text{ml}^{-1}$)

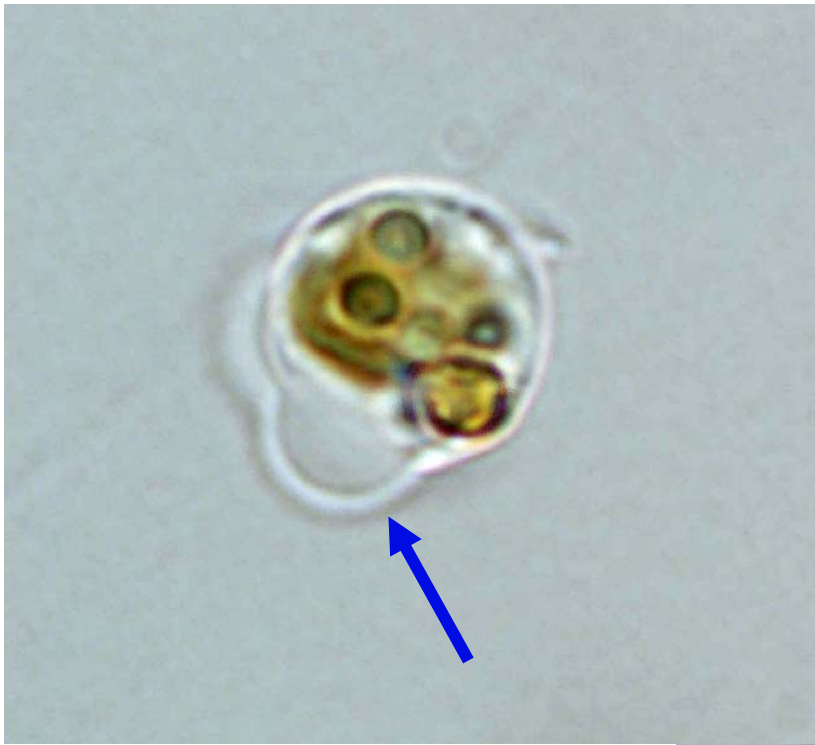




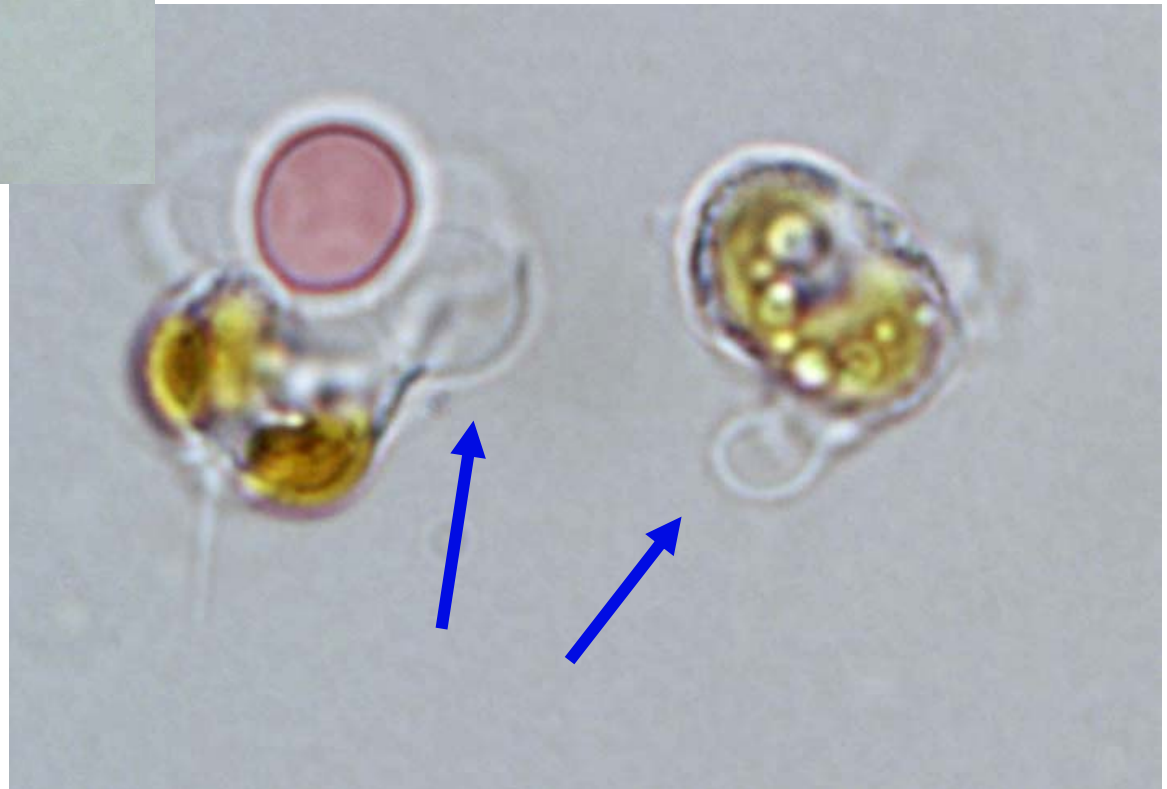
Ingestion of *Oxyrrhis* after 2 and 6 days incubation with increasing *Rhodomonas* and *Prymnesium* densities



P. Parvum feeding on horse blood cells

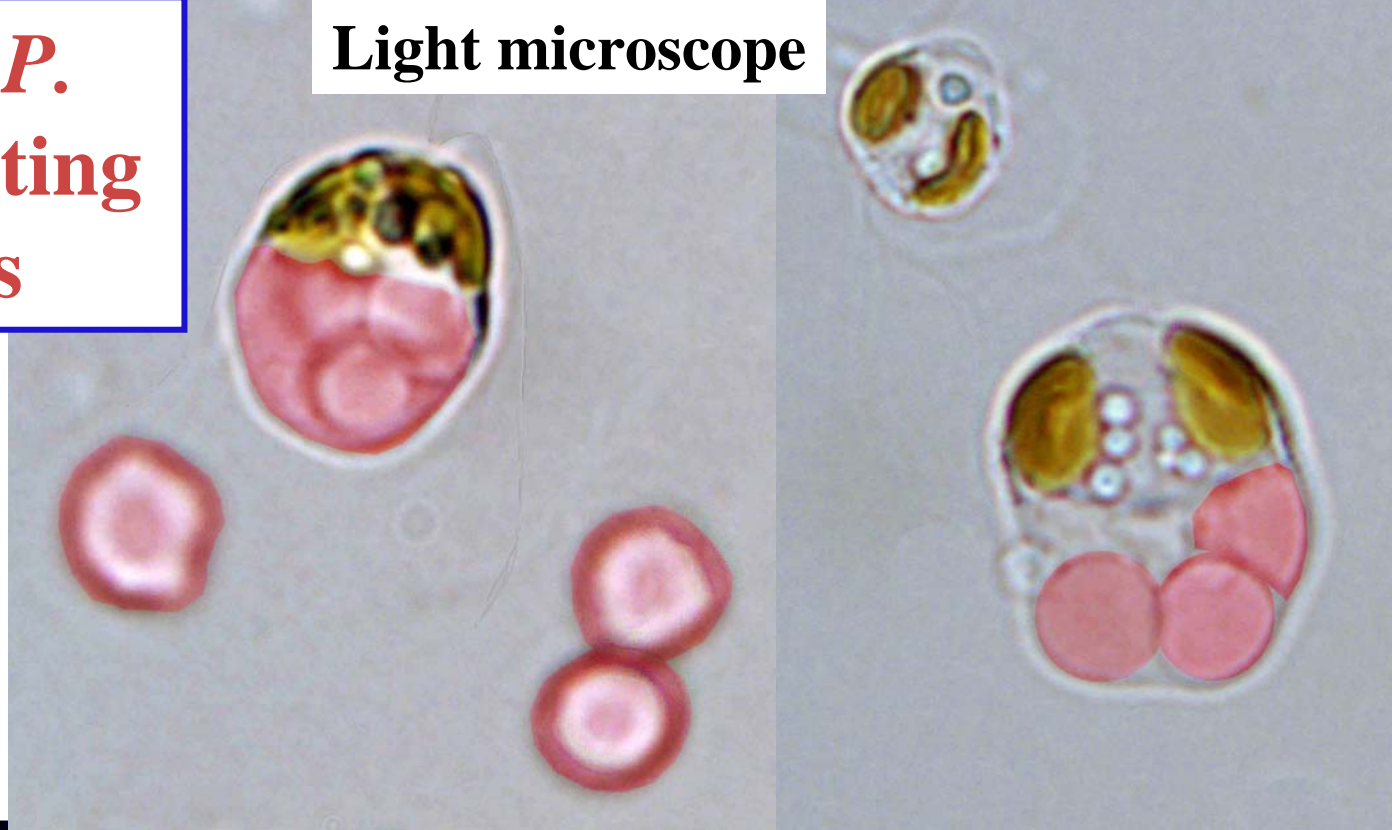


Before capturing a particle *P. parvum* forms vesicles in the posterior end of the cell.



P-deficient *P. parvum* ingesting blood cells

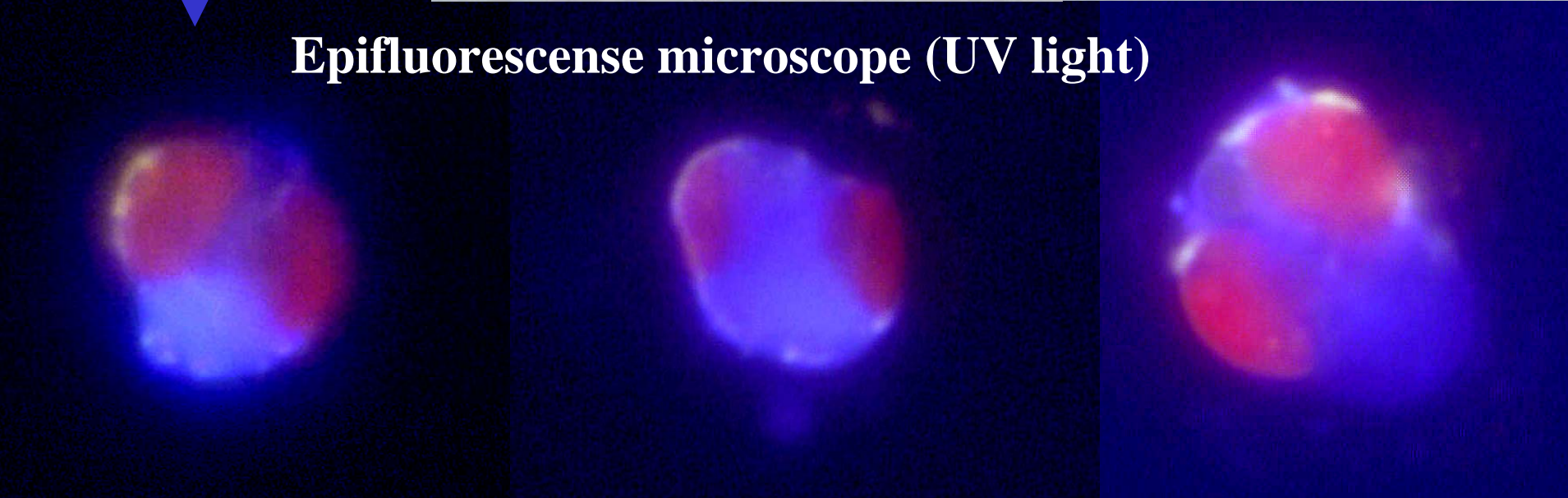
Light microscope

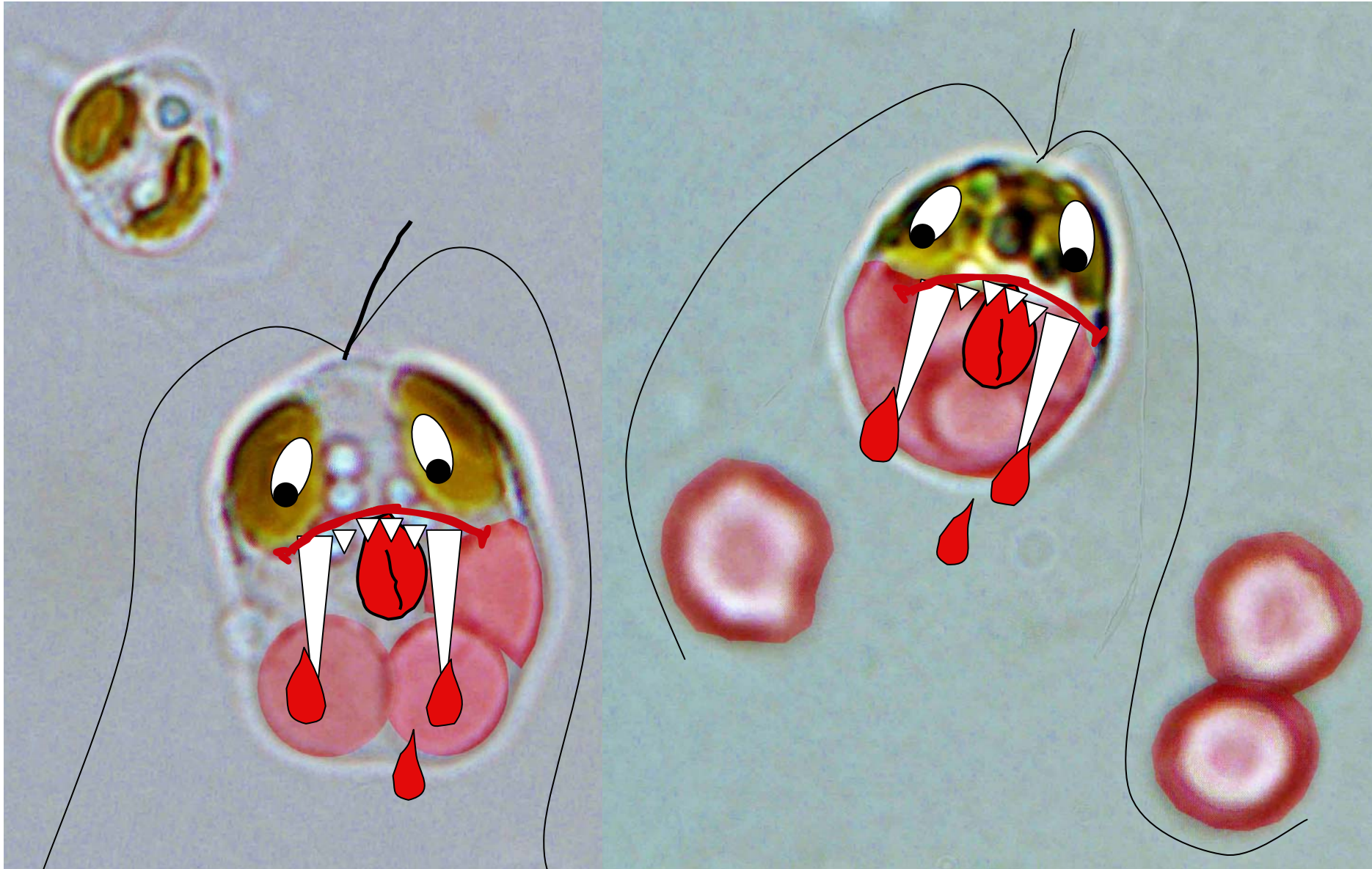


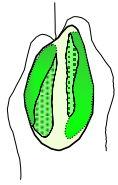
P. parvum with food vacuoles stained with blue/yellow LysoSensor™



Epifluorescence microscope (UV light)







Conclusions

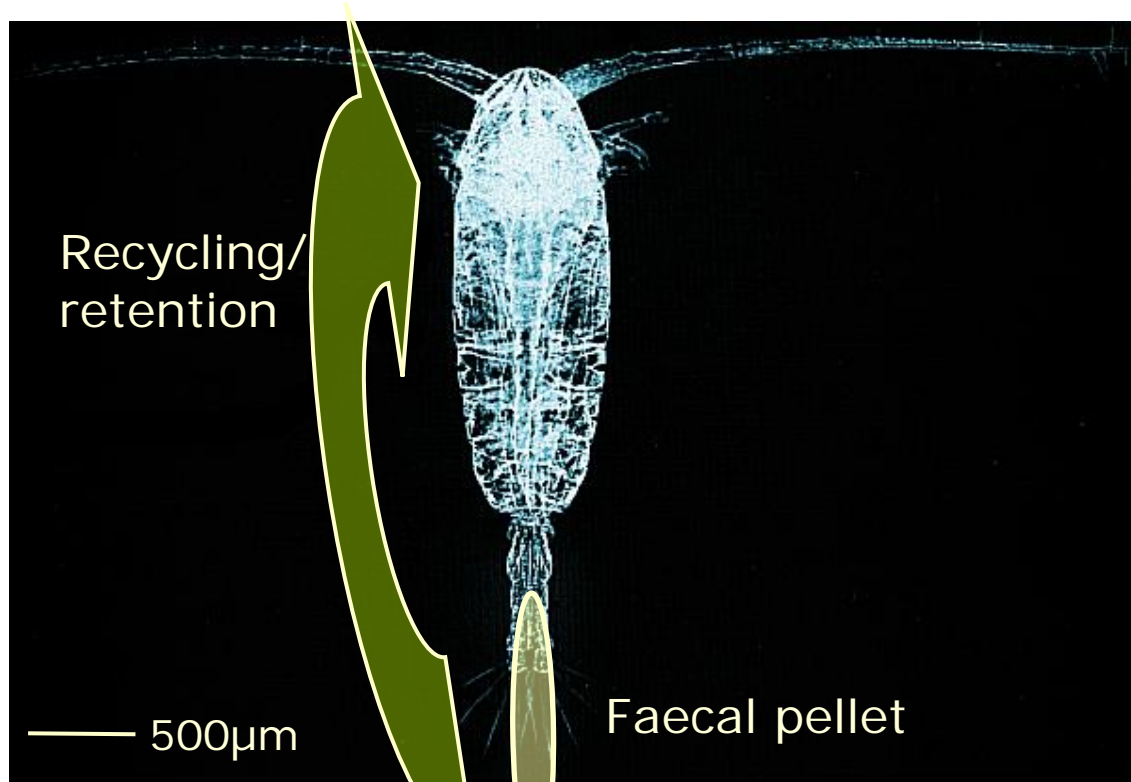
- **Toxicity is the key factor in the success of *Pymnesium* to dominate the plankton food web**

If toxicity is low: *Pymnesium* allelopathic effect is low (or non-existent) and is a suitable prey for grazers

- **At high toxicity levels: (a)** most phytoplankton groups are killed, some few species/groups may survive by being more resistant (cyanobacteria, bacteria)

- **At high toxicity levels(b)** *grazers* are rapidly killed and ingested by *Pymnesium*, thus reversing the classic grazing pathway between protozoans and algae

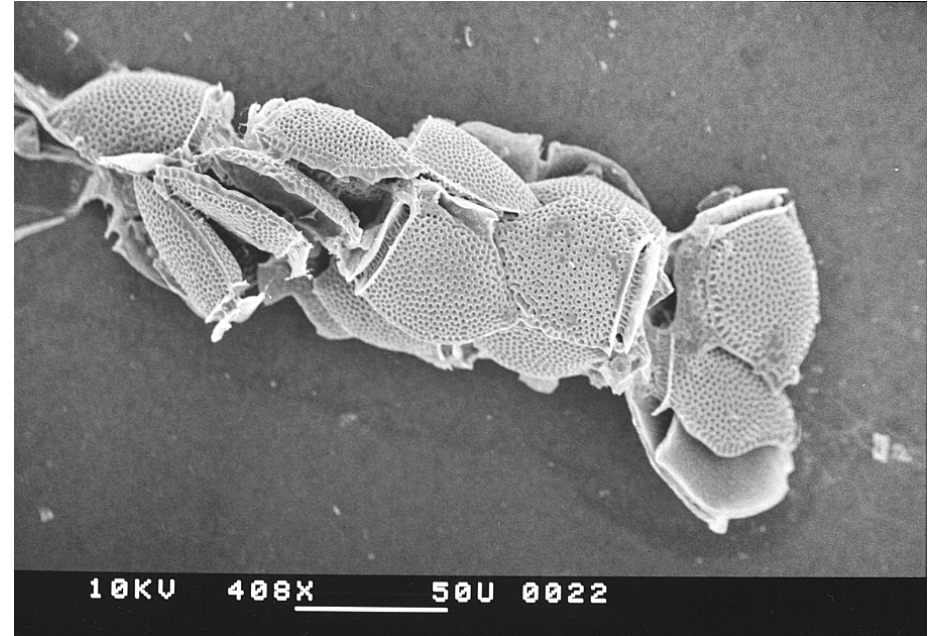
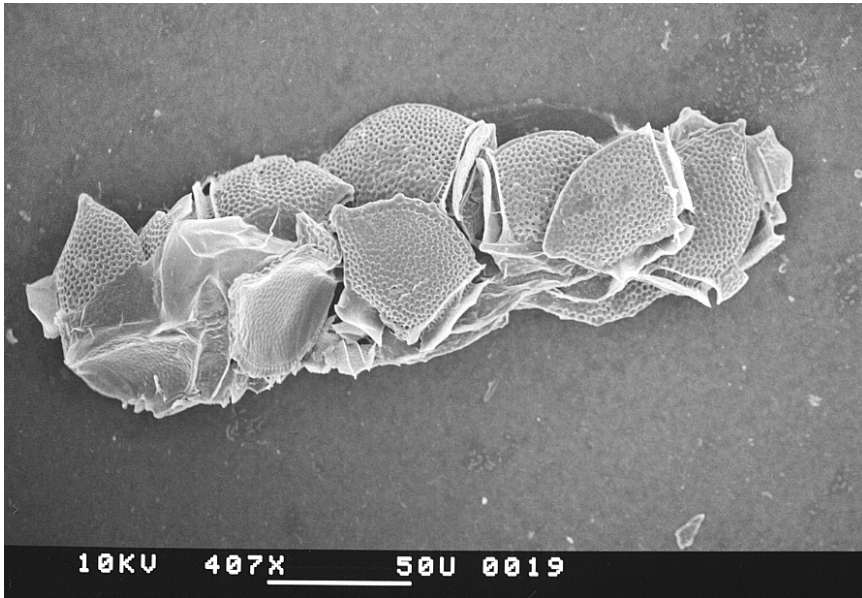
Calanus helgolandicus



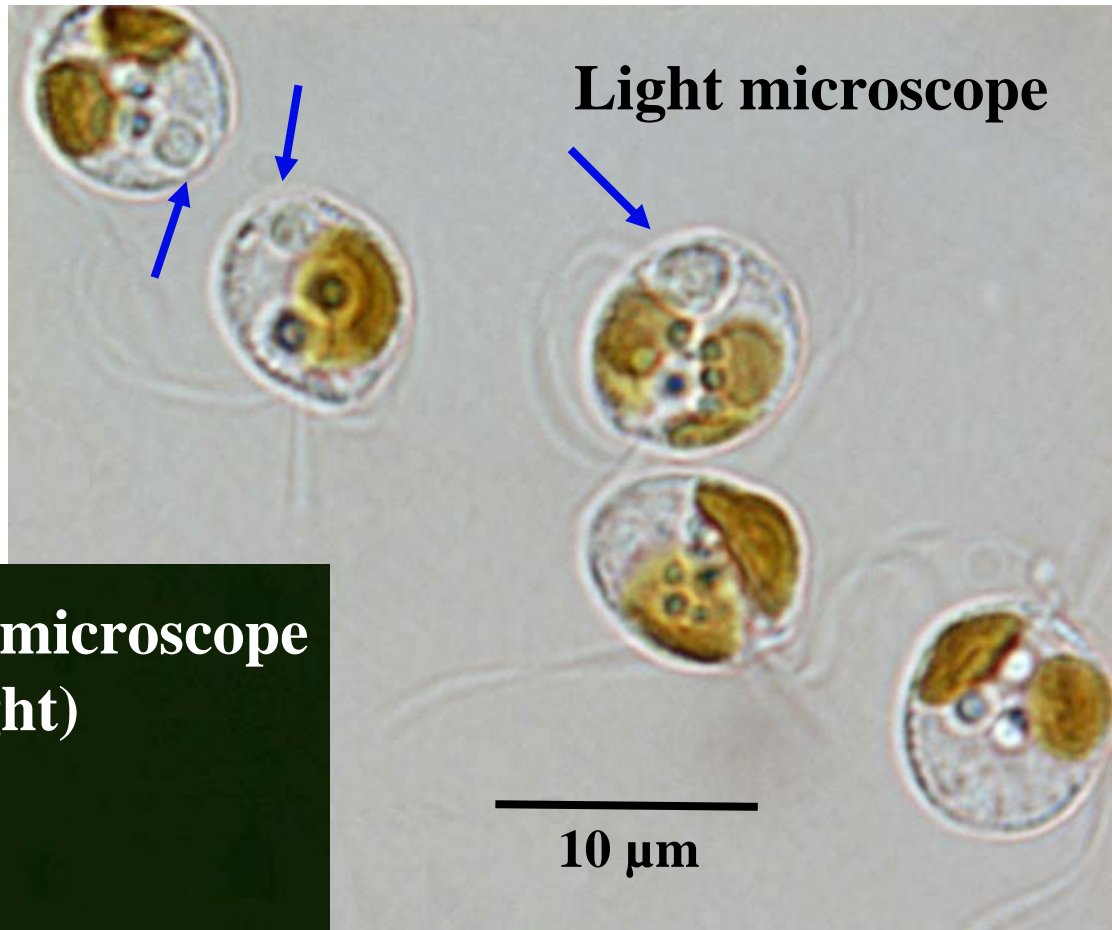
Sedimentation (export)

C. helgolandicus pellets

- Pictures taken with SEM
- 400 X magnification



P. parvum with ingested particles (arrows)



Epifluorescence microscope
(blue light)

