

Vandloppe æder
furealger. Foto:
Erik Selander

ET VANDIGT VÅBENKAPLØB

Et evolutionært våbenkapløb mellem planktonalger og deres prædatorer har givet anledning til udviklingen af forsvarsmekanismer hos algerne og måder at omgå forsvaret hos deres prædatorer. Dette kapløb er kilde til stor biologisk mangfoldighed og bestemmende for nogle af havets vigtigste funktioner.

Om forfatterne



Thomas Kiørboe er professor, dr. scient. og leder af Centre for Ocean Life ved DTU-Aqua. Forsker i samspillet mellem planktonorganismer og det omgivende miljø.
tk@aqu.dtu.dk



Josephine Bøgeskov Grønning er ph.d.-studerende ved Centre for Ocean Life, DTU-Aqua. Forsker i forsvarsmekanismer hos planktonalger.
jbgr@aqu.dtu.dk

Havet bebos af myriader af mikroskopiske planktonorganismer – en milliard liter havvand rummer således typisk mere end 1 million encellede organismer. For disse organismer – som for alle andre organismer – er nøglen til succes et spørgsmål om at “æde og ikke selv blive ædt”. Planktonalger – havets encellede planter – ædes af dyreplankton, men planktonalgerne har

udviklet et fascinerende batteri af forsvarsmekanismer: De kan flygte, de kan skræmme (med lys), de kan bevæge sig så stille, at de ikke opdages, de kan producere giftstoffer eller iføre sig harnisk. Men forsvar koster, og konflikten mellem at forsvare sig og formere sig driver et evolutionært våbenkapløb, som er en væsentlig kilde til biologisk mangfoldighed i havets frie vandmasser. Og bestemmende for nogle

af havets vigtigste funktioner. Lad os se på to eksempler, som vi har studeret:

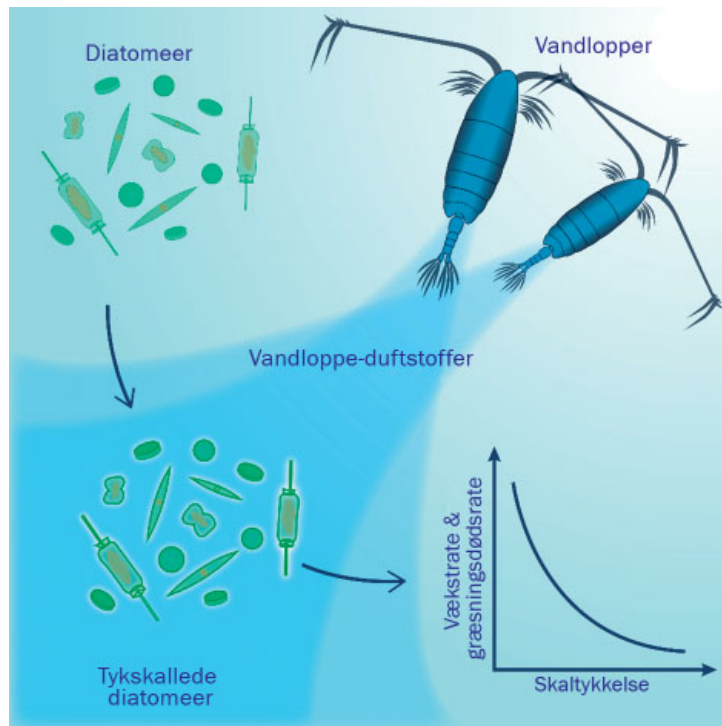
Skaltykkelse og havets kulstofpumpe

Planktonalger fikserer ligeså meget kuldioxid fra atmosfæren som alle landjordens planter tilsammen, og *kiselaalger* står for omtrent halvdelen. Algen bor i en kiselskal, som giver et effektivt mekanisk forsvar.

I forhold til vægten er kiselaskallen det stærkeste biologiske materiale, man kender. Kraften, der skal til for at knække skallen, er enorm, svarende til en belastning på op til næsten 1 tons per kvadratcentimeter, ifølge målinger lavet af tyske forskere. Kiselalger ædes især af millimeterstore vandlopper og lyskrebs (kril), som ved en evolutionær tilpasning har udviklet særligt kraftige, hærdede mundlemmer, så de kan knække skallen. Hvis altså ikke skallen er for tyk. Vi har i laboratorieforsøg vist, at en vandlottes mulighed for at knække skallen afhænger af skallens tykkelse. Jo tykkere skal, des bedre forsvar. Men det koster at bygge en tykkere skal, og prisen er en lavere vækst og langsommere formering. Algerne kan imidlertid minimere udgifterne ved at tilpasse skallens tykkelse til risikobilledet: De kan lugte vandlopperne, og når koncentrationen af lugtstoffer øges, opruster kiselalgerne ved at bygge tykkere skaller. Forskellige grader af tilpasning til prædatorer giver anledning til store variationer i kiselalgers skaltykkelse, og til en stor artsrigdom.

De tykskallede kiselalger ædes altså ikke af dyreplankton, men når de dør, lækkes deres kulstofindhold til det omgivende vand, og den tomme skal synker til bunds. Ved Antarktis dræner denne proces havet for kisel med den følge, at kiselalgers vækst er begrænset af kisel i meget store områder.

Tyndskallede kiselalger, derimod, ædes af vandlopper, og noget af cellens kulstofindhold synker med vandlottes fækalier til bunds. De tyndskallede kiselalger kan dog også forsvare sig ved at klumpe sig sammen og synke hastigt mod bunden. Begge dele giver anledning til, at atmosfærisk kuldioxid fikseret af kiselalgen transporteres til dybhavet og dermed fjernes fra atmosfæren i tusind(er) år. Dette er den vigtigste komponent i havet biologiske kulstofpumpe, som årligt fjerner kuldioxid fra atmosfære i en mængde, der svarer til den menneskeskabte udledning.



Duftstoffer fra vandlopper (copepoder) stimulerer kiselalger (diatoméer) til at producere tykkere skaller. Det sker på bekostning af en lavere vækst. Til gengæld opnår algerne en bedre beskyttelse mod vandlottes græsning.

Gift-våbenkapløb giver hurtig evolution

Den mest artsrige gruppe planktonalger er *furealger* (dinoflagellater). Mange arter producerer giftstoffer, der er udviklet i et lignende evolutionært våbenkapløb med deres prædatorer, igen især vandlopper. Når giftstoffet virker efter "hensigten", æder vandloppen ikke de giftige celler – et effektivt forsvar. Vandloppen fanger de giftige celler, ligesom de fanger andre celler, men inden cellen ædes, undersøges den, og des større indhold af giftstof, des større er chancen for, at cellen bliver afvist. Det sker rasende hurtigt, inden for få millisekunder, og det er uklart, hvordan vandloppen kan vide, at en celle er giftig. I visse tilfælde kan cellerne signalere giftighed ved at udsende lysblink, når de håndteres af en vandloppe. Lidt ligesom en bi signalerer giftighed med sine gul-sortede alarmfarver. Furealger kan ligesom kiselalger også øge deres forsvar ved at producere mere gift, når de lugter vandlopper.

I nogle tilfælde virker forsvaret ikke, vandlottes æder de giftige alger og dør eller bliver syge. Ikke godt

for vandlottes, og for algen et dårligt forsvar. Det sker især, hvis man giver giftige alger til vandlopper fra områder, hvor der ikke normalt forekommer giftige alger. Men i løbet af blot et par generationer i laboratoriet sker der en naturlig selektion, og vandlottes udvikler evne til enten at undgå algen eller tåle giftstoffet. Det sidste er ikke godt for algen. I naturen forekommer mange stammer af den samme algeart, hver med sin giftprofil. Vi forestiller os, at evolutionen gennem naturlig selektion hurtigt finder nye giftstoffer, der beskytter algen, ligesom sygdomsbakterier hurtigt kan udvikle resistens mod antibiotika. Dette stadige våbenkapløb mellem rov- og bytteorganisme driver altså en meget hurtig evolution, der giver anledning til stor biologisk mangfoldighed.

De giftstoffer, som nogle alger producerer, er meget potente og kan overføres til mennesker via skaldyr og fisk og give anledning til alvorlige forgiftninger. Vi taler om farlige nervegifte, der i værste fald kan være fatale. Derfor overvåges algesammensætningen i kystnære

Mikroskopiske kiselalger lever i en skal af kisel. →
Foto: Nina Lundholm.

Videre læsning:

Grønning J, Kiørboe T (2020). Diatom defence: Grazer induction and cost of shell-thickening. *Functional Ecology*: doi.org/10.1111/1365-2435.13635

Pančić M, Torres RR, Almeda R, Kiørboe T (2019) Silicified cell walls as a defensive trait in diatoms. *Proc. R. Soc. B* 286: 20190184. doi.org/10.1098/rspb.2019.0184

Xu J, Kiørboe T (2018) Toxic dinoflagellates produce true grazer deterrents. *Ecology* 99:2240-2249. DOI: 10.1002/ecy.2479



områder, og fiskerier lukkes, når der er opblomstringer af giftige alger. Det kan give det kommercielle fiskeri meget store tab, især på den amerikanske vestkyst.

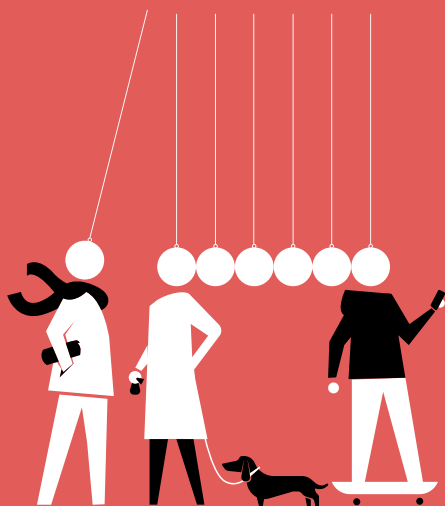
Et spørgsmål om omkostninger

Produktionen af giftstoffer er i de fleste tilfælde *tilsyneladende* omkostningsfri for algerne. Hvis man sammenligner væksthastigheden

mellem alger, der er induceret (af lugt fra vandlopper) til at producere gift med ikke-inducerede alger, så vokser de lige hurtigt. Det er en gåde, for hvis forsvaret er omkostningsfrit, ville man forvente, at de giftige alger, som ikke bliver spist, ville udkonkurrere de ikke-giftige alger. Det sker ikke. Mange furealger kan producere en vifte af giftstoffer, som vi tror hver især påvirker forskellige prædatorer og konkurrenter. Faktisk kan en meget stor del af genomet hos nogle giftige alger være dedikeret produktionen af giftstoffer ("sekundære metabolitter"). Omkostningen til syntesen af de enkelte stoffer er måske umålelig lille, men hvis algen konstant skulle producere hele batteriet, ville omkostningen være betydelig. Ved kun at producere de giftstoffer, der akut er brug for, bliver den aktuelle omkostning lille. Den virkelige omkostning er således investeringen i potentialet (genomet), hvilket måske er forklaringen på, at netop furealger, og andre grupper, der kan producere giftstoffer, vokser langsomt i forhold til andre alger. ■

Det Naturvidenskabelige Fakultet

Mød de studerende på SDU



Hvordan er hverdagen på Datalogi?
Taler underviserne på Biomedicin engelsk?
Og hvordan vælger du studie, hvis du synes, at både Matematik og Matematik-Økonomi lyder vildt spændende?

På sdu.dk/modos kan du bl.a. møde studerende fra Syddansk Universitets 10 naturvidenskabelige bacheloruddannelser og få svar på dine spørgsmål om uddannelsesvalg, studiestart og studieliv.

Du vælger selv, om du vil aftale et online-møde, fx over Skype eller Messenger, eller om du vil sende den studerende en besked og få svar på mail.

sdu.dk/modos

#moedsdu