

Den hjælmklædte dafnie og den bitre radise

Evolution

Børn af bodybuildere bliver ikke mere muskuløse end børn af utrænede personer. Vi mener at vide, at erhvervede egenskaber i livets løb ikke kan nedarves. Men her beskrives et eksempel, hvor "dafniebørn" udvikler en større hjælm, hvis dafniemoderen har fået induceret en sådan.

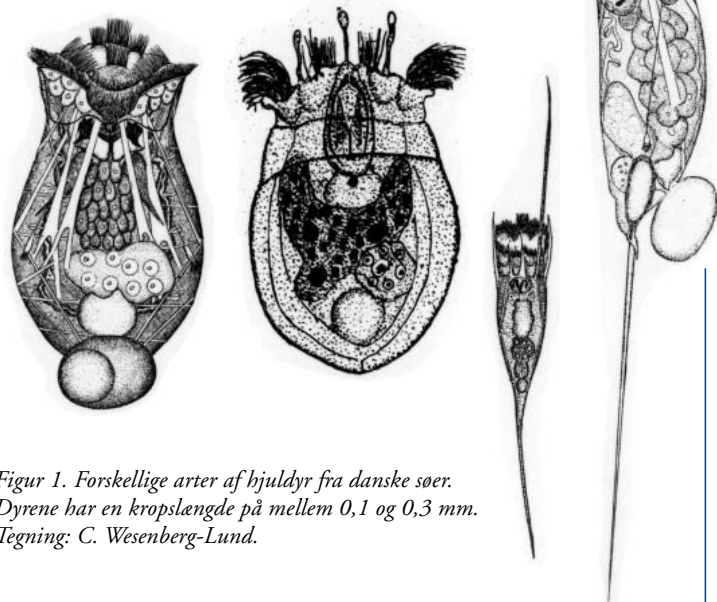
Planter og dyr forsvare sig mod fjender ved at danne udvækster, blive giftige eller skjule sig. Forsvaret er både dyrt og besværligt, og tit udvikles det først, når der er særligt behov for beskyttelsen. Nye forskningsresultater viser, at dafnier udvikler høje, spidse hjelme, når der er fisk i farvandet. Den nyerhvervede hjælm bevares endog i afkommet, hvilket lyder som den rene lamarckisme. Dafnier i forurenede søer med masseopblomstring af blågrøn-alger udvikler sig også i løbet af få årtier til bedre at kunne tåle giftstoffer fra algerne.

Faste forsvar

Planter og dyr forsvare sig på mange fantasifulde måder mod at blive spist. Og røverne prøver på utallige måder at bryde igennem forsvaret. Igennem årmillionerne har udviklingen af nye forsvar eller angrebsvåben skabt fordele, som dannede grundlag for etablering af nye arter. I dag møder vi derfor en stor variation af ydre forsvars- og angrebsvåben, et mangfoldigt indre kemisk forsvar og en vekslende adfærd, som afspejler den fortsatte kamp for på den ene side at beskytte sig mod at blive spist, og på den anden side at bryde forsvaret og dermed sikre et så talrigt og levedygtigt afkom som muligt.

Det mangfoldige søplankton

De mikroskopiske alger og dyr i søernes plankton indeholder mange arter og tilpasninger. Planktonalger forsvare sig mod at blive spist ved at blive for stor en mundfuld, ved at udvikle lange børster eller ved at indeholde giftstoffer. Blågrøn-algen *Microcystis* danner store



Figur 1. Forskellige arter af hjuldyr fra danske søer. Dyrene har en kropslængde på mellem 0,1 og 0,3 mm. Tegning: C. Wesenberg-Lund.

kolonier, hvor op mod 1 million celler holdes sammen i 1 mm store geléklynger, som dafnier og vandlopper ikke kan gabe over (foto 1, næste side). Algen producerer også giftstoffer, som afskrækker dyrene i planktonet. Men alt har sin pris – også denne beskyttelse. De store gelékolonier er dårligere til at udnytte lys og næringsstoffer end enlige celler og vokser derfor langsommere. Og det koster at producere giftstoffer. Derfor findes både giftige og ugiftige stammer.

Hos kiselalgerne er de enlige celler omgivet af en toklappet kiselskal omtrent som låg og bund i en petriskål. Hos visse arter hænger cellerne sammen i lange bændler. Andre arter har lange tynde torne på skallerne. Det tjener altsammen til at gøre livet beværligt for dyreplanktonet. Dyrene filtrerer algerne fra vandet vha. et fint net, som dannes af børster på kropslidder og mundlemmer. Både de lange bændler og de tornklædte kiselalger filtreres ind i nettet, så dyrene får svært ved at filtrere og i stedet må ty til

den langsommere metode at snappe algerne enkeltvis.

Selve kiselaskallen yder også beskyttelse. Meget tykskallede former kan passere ufordøjede og uskadede gennem dyrene. Til gengæld kræver tykke skaller mere kiseltsyre at producere, og kiseltsyre er ofte et begrænsende vækststof i søerne om sommeren. De tykskallede former er også tunge og oplever derfor en større risiko for at synke ned på søbunden end de tyndskallede. Så udvikling af beskyttelse er et kompromis mellem fordele og ulemper.

Dyreplanktonets glasklare look

Dyreplanktonet er selv udsat for at blive spist af rovplankton, fiskelarver og småfisk. Blandt de 0,1-0,3 mm store hjuldyr finder man nogle arter med meget lange børster, andre er hurtige svømmere, og atter andre danner bare en ildesmagende rund sæk (figur 1).

Det er et gennemgående træk, at dyreplanktonet fremtræder glasklart i et forsøg på at gøre sig mindre synlig for fiskene, som benytter synet til at

spotte byttet. Det glasklare look er derimod ingen beskyttelse mod de arter af rovplankton, som "føler" sig frem til byttet. I den mikroskopiske verden opleves vandet meget tykflydende, så dyrene trækker rundt på en tyk vandkappe, som afslører deres bevægelser langt ud i vandet.

Det mest synlige hos dafnierne er det mørke øje, og dafnien kan ikke skjule sig for fisken ved at lukke øjet. Når der er mange sultne fisk, spiser de derfor flere af de store og storøjede dafnier, som dermed bliver sjældne i forhold til de små og småøjede dafnier, som fiskene har sværere ved at få øje på.

En særligt storøjet rovdafnie så som *Polyphemus* – med navn efter den enøjede cyklop i Odysséen – må leve skjult for fiskene mellem planterne langs søbredden (figur 2).

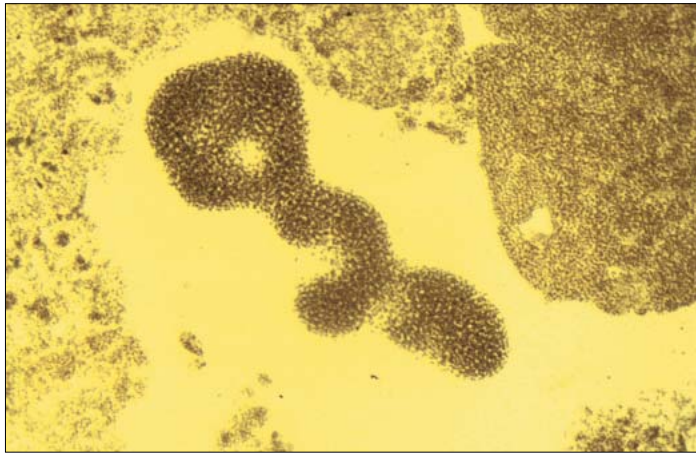


Foto 1. Blågrønalgen *Microcystis* danner masseopblomstring i forureneede søer om sommeren. Algen har cellerne i en stor fællesgelé og visse stammer producerer gifte. Størrelsen og giften beskytter algen mod at blive spist.

hovedet og en længere torn i bagenden (figur 3). De hjælmlædte dafnier er vanskeligere at håndtere for småmundede rovdyr end "fladpandede" dafnier. Til gengæld svømmer de fladpandede dafnier bedre, og de sparer også udgiften til hjælmen.

Den nyeste opdagelse går ud på, at de hjælmlædte dafnier også producerer unger, som har en større hjelm og bagtorn end de fladpandede dafnier. Det sker på trods af, at de hjælmlædte og fladpandede dafnier genetisk set er identiske. Forskellen mellem ungerne findes både i moderdyrets første og andet kuld. Ungerne får dog kun den maksimale hjælmstørrelse, hvis de også selv modtager den kemiske påvirkning fra fiskene.

Den rene lamarckisme?

Det lyder umiddelbart som den rene lamarckisme. Betegnelsen stammer fra den franske biolog Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), som mente, at erhvervede egenskaber kan nedarves. Vi ved jo godt, at børn af bodybuildere ikke bliver mere muskuløse end børn af utrænede personer. Men her er altså et eksempel, hvor "dafniebørn" udvikler en større hjelm, hvis moderen har fået induceret en sådan. Æggene kunne selvfølgelig modtage påvirkningen, mens de lå inde i moderen, men effekten holder sig også i næste kuld, selv om moderen ikke længere modta-

ger kemisk påvirkning fra fjender.

Uden brug af lamarckisme er det muligt at forklare fænomenet med, at de gener, som aktiveres i moderen til en vis grad forbliver aktiverede i afkommet, mens generne forbliver hvilende i de genetisk identiske dafnier med det fladpandede udseende. Moderens omgivelser påvirker med andre ord den måde afkommets gener bliver udtrykt på.

Fidusen er åbenbar!

Dafnierne lever i gennemsnit mindre end en måned om sommeren, og de producerer en lang række kuld tæt efter hinanden ved jomfrufødsel. Hvis de første kuld dafnier udsættes for mange fjender, er det sandsynligt, at de næste kuld også møder mange fjender, da fjenderne lever fra mange måneder

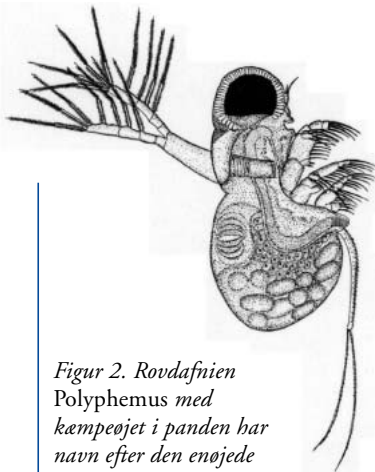
til år. Derfor er det en fordel for dafnierne, at de fra fødslen "er klædt godt på til at klare den risiko, som møder dem".

Dafniernes adfærd påvirkes også af fiskene. Dafnierne udviser en større tilbøjelighed til at vandre op og ned i vandet i løbet af døgnet, hvis der er mange fisk til stede. Herved reducerer dafnierne risikoen for at blive spist, da de skjuler sig på det mørke, dybe vand om dagen, mens de om natten skjult for fiskenes blikke stiger op mod søens overflade for at græsse alger.

Hurtig evolution hos dafnier

Dafnierne rummer en anden spændende historie. Ved indgangen til vinteren, eller i perioder med fødemangel, producerer dafnierne befrugtede hvileæg (foto 2). De er særligt tykskallede og overlever vinteren i bunden af søen. Men ikke nok med det. Hvileæggene kan overleve i mere end 100 år aflejret nede i den iltfrie søbund. Vi kan derfor tage en borekerne op af søbunden og vække hvilesporier af dafnier til live i lag i søbunden, som blev aflejret på forskellige tidspunkter i fortiden.

Det er præcist hvad man har gjort i Konstanzsøen i Sydtykland. Søen har oplevet en stigende opblomstring af blågrønalger i de sidste 20 år pga. forurening. Og vi har allerede hørt, at dafnierne ikke bryder sig om disse blågrønalger, fordi de hæmmer deres fødeoptagelse.

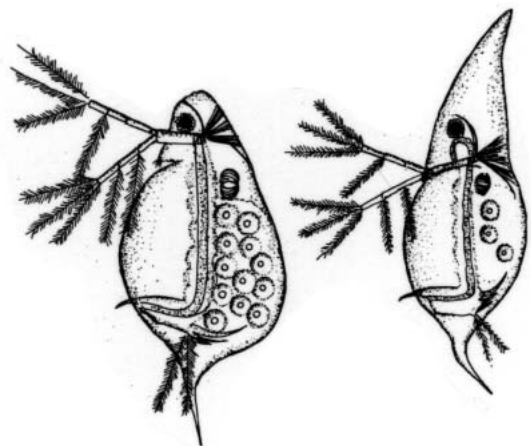


Figur 2. Rovdafnien *Polyphemus* med kæmpeøjet i panden har navn efter den enøjede cyklop, som Odysseus bekæmpede. *Polyphemus* kan ikke risikere at svømme rundt i vandet frit synlig for fiskene. I søer søger den skjul mellem planter langs søbredden. I damme uden fisk lever den frit fremme.

Tegning: C. Wesenberg-Lund.

Dafnier "trækker" en hjelm på hovedet

Det mest fantastiske er måske, at en række forsvarsværker først etableres, når der er særlig hårdt brug for dem. Dafnierne kan smage, hvis der er meget rovplankton eller mange fisk i farvandet. Rovdyrene frigiver et kemisk stof til vandet, som menes at aktivere gener hos dafnierne, så de udvikler en større og spidsere hjelm på



Figur 3. Dafnier af arten *Daphnia cucullata* optræder i en form med en høj hjelm og en lang bagtorn, som kan induceres ved kemiske stimuli fra rovplankton og fisk. Den fladpandede form med kort bagtorn er genetisk identisk. Tegning C. Wesenberg-Lund.

Foto 2. Dafnien på fotoet har tykskallede hvileæg i rygeposen bag rygskjoldet.

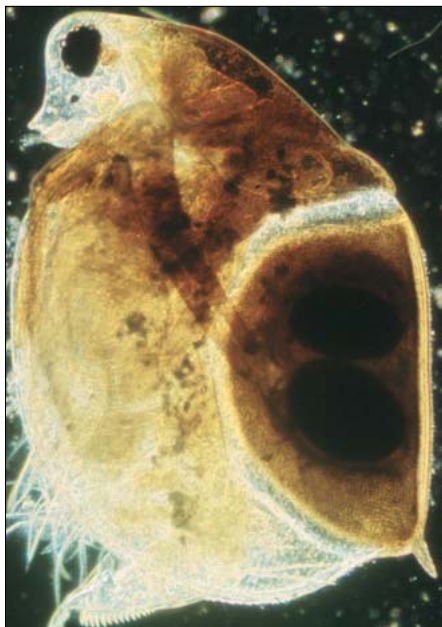


Foto: K. Christoffersen.

Ved kontrollerede forsøg, hvor man har blandet vekslende andele af blågrønner i føden til dafnierne, har man målt den hæmning blågrønnerne udøver på de nutidige dafniestammer og de "fortidige" dafniestammer, som er opdyrket fra de hvileæg, som blev lagt før blågrønnerne blev almindelige. Forsøgene viste, at de gamle dafniestammer havde en meget varierende følsomhed overfor blågrønnerne (figur 4). De nutidige dafniestammer udviste derimod alle en mere ensartet og lavere følsomhed overfor blågrønnerne. Denne første undersøgelse fra Konstanzsøen viser altså, at i løbet af blot 20 år falder hyppigheden af de dafniestammer, som er mest følsomme overfor blågrønner. Der er således sket en systematisk ændring (evolution) i gensammensætningen i dafniebestanden på blot 20 år henimod individer, som bedre tåler blågrønner, selv om de

stadigvæk hæmmes af deres tilstedeværelse.

Den bitre radise

Nu optræder disse fleksible forsvarsreaktioner ikke bare hos dafnier. De findes også i udpræget grad hos planter og endog hos hvirveldyr.

Hvis radiseblade bliver græsset af sommerfuglelarver, udvikler planterne nye blade, som er mere hårede og indeholder 10 gange højere koncentrationer af bitterstoffer som reaktion på larveangrebet. Det er almindeligt, at planternes fysiske og kemiske forsvar således vækkes og intensiveres, når de udsættes for at blive spist. Forsvaret kan endog vækkes hos ubidte planter, som modtager luftbårne kemiske signaler fra græssede naboplanter. Disse flygtige signaler kan også vække rovdyr til angreb på planteædende insekter.

Men man har nu opdaget, at nye planter opspiret fra frø af de larvebefængte radiser, også er

mere hårede og indeholder mere bitterstof end planter, der er opspirede fra frø af ugræssede moderplanter. I lighed med de hjælmlædte dafnier kan forklaringen være, at de gener, som aktiveres i moderplanten i betydelig grad oprettholder deres aktivitet i frøplanterne.

Den pukkelryggede karusse

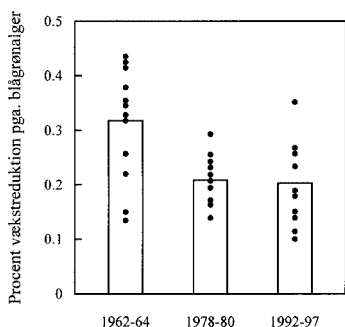
Blandt hvirveldyrene er det almindeligt, at de enkelte individer eller flokke udvikler en særlig adfærd ved forsvar og angreb. Især aberne har en til lært kultur.

Men visse fisk og haletudser kan endog ændre kroppens udseende, hvis der er fjender i området. Svenskeren Christer Brönmark har vist, at karussen reagerer på kemiske stimuli fra rovfisk som gedde og aborre. Hvis karusser udsættes for vand, hvori der har gået rovfisk, bliver de pukkelryggede af angst. De udvikler en højere pukkelrygget form, som betyder, at rovfiskene har vanskeligere ved at gabe over dem. Forsøg viser, at de klarer sig uskadte igennem en større andel af angrebene fra rovfisk end "normale" artsfæller af samme længde men lavere højde. På samme måde som hos den hjælmlædte dafnie, koster det mere for karussen at producere den pukkelryggede form, og karussen bliver en dårligere svømmer. Ikke desto mindre slår effekten igennem i dammene. I damme med gedder er karusserne mere pukkelryggede end i damme uden gedder.

Jeg kender ingen eksempler på, at pattedyr og fugle kan ændre den ydre form, hvis de lugter eller ser rovdyr. Hos disse dyr er det tilsyneladende udelukkende adfærden, som påvirkes. Men hvem ved, måske ligger der en overraskelse og venter. Længden på giraffens hals er dog stadigvæk alene bestemt af generne. Det er ikke sådan, at giraffens hals kun vokser sig lang, når den strækker sig efter bladene, eller når der er mange løver på savannen, så giraffen fra stor højde bedre kan holde øje med de farer, som skjuler sig i græsset.

Om forfatteren

Kaj Sand-Jensen er professor i økologi ved Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet Helsingørsgade 51 3400 Hillerød Tlf.: 48267600



Figur 4. Blågrønner hæmmer væksten hos dafnier. Dafniestammer fra hvileæg i Konstanzsøen før blågrønnerne blev almindelige udviser meget vekslende følsomhed. I dag er blågrønnerne almindelige, og de mest følsomme dafniestammer er forsvundet. Omtegnet efter Hairston et al. (1999).

Kilder og videre læsning

- Agrawal, A.A., Laforsch, C. & Tollrian, R. 1999. Transgenerational induction of defences in animals and plants. *Nature* 401: 60-63.
- Brönmark, C. & Miner, J.G. 1992. Predator-induced phenotypical change in crucian carp. *Science* 258: 1348-1350.
- Christoffersen, K. & Bosselmann, S: 1997: Zooplankton growth, grazing and interactions with fish. In: K. Sand-Jensen & O. Pedersen, *Freshwater Biology*: 162-182. Gads Forlag.
- Hairston Jr., N. G. et al. 1999. Rapid evolution revealed by dormant eggs. *Nature* 401: 446.