

Aiptasia levert nieuwe inzichten op in koraalbleking

Door Jessi Kershner & Tim Wijgerde – www.koraalwetenschap.nl

Hoe koralen hun zoöxanthellen verliezen

Koraalbleking is één van de hoofdoorzaken van de teloorgang van koraalriffen wereldwijd. Bleking van koralen ontstaat doordat kolonies hun symbiotische algen verliezen, na blootstelling aan watertemperaturen van 30°C en hoger (zie het archief voor meer informatie over koraalbleking). De oorzaken worden gezocht in klimaatverandering en koraalziekten, hoewel het hele proces van bleking pas nu beter wordt onderzocht.

Wetenschappers van de Oregon State University, VS, onderzochten het blekingsproces in de bekende plaaganemoon *Aiptasia pallida*. Net als koralen leven deze dieren ook in symbiose met zoöxanthellen. De biologen onderzochten twee verschillende processen die mogelijk de uitstoot van zoöxanthellen stimuleerden. Hun hypothese was dat als één of beide processen hier inderdaad een rol in speelden, bleking van de anemonen kon worden geremd door deze te blokkeren.

Figuur 1: Aiptasia pallida, een bekende anemoon onder zeewaterhobbyisten, is inmiddels een dankbaar modelsysteem voor wetenschappers geworden. Deze dieren zijn gemakkelijk te houden, en experimenten kunnen relatief eenvoudig worden opgezet. Bovendien lijken deze dieren erg op koralen, zodat verkregen onderzoeksresultaten gerelateerd kunnen worden aan het wel en wee van koraalriffen, bleking en genetica (foto: Dr. Christy Schnitzler).



Een "labanemoon"

Aiptasia anemonen leven net zoals koralen in symbiose met algen. Deze algen leveren koolhydraten aan hun gastheren, en in ruil hiervoor ontvangen zij voedingsstoffen en een schuilplaats

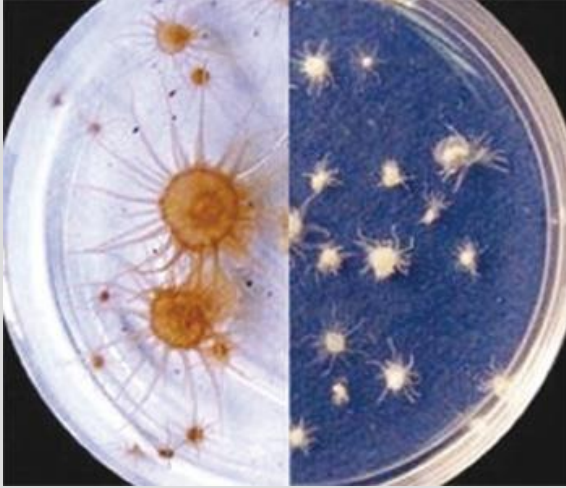
van de anemoon. Deze samenwerking is stabiel onder normale omstandigheden, maar zodra watertemperaturen te hoog worden valt deze uiteen. De cellen van de anemoon kunnen de algen op diverse manieren uitstoten of afbreken, wat bleking veroorzaakt. De redenen waarom wetenschappers gebruik maken van deze anemoon zijn dat ze gemakkelijk in leven zijn te houden (zelfs zonder zoöxanthellen), kunnen worden gemanipuleerd in het laboratorium (zoals het opwekken van bleking) en snel groeien. Het is zelfs mogelijk om genen van deze soort lam te leggen, waardoor biologen kunnen achterhalen hoe deze de lichaamsprocessen in dit organisme reguleren.

Twee processen actief tijdens bleking

Het eerste proces dat een actieve rol speelt in bleking van neteldieren is apoptose; een proces waarbij cellen worden geprogrammeerd om te sterven. Dit wordt in gang gezet wanneer een cel niet meer goed functioneert, geïnfecteerd is of is blootgesteld aan gifstoffen. Dit proces vertoont hoge activiteit tijdens bleking van anemonen, en men denkt dat dit twee belangrijke functies heeft. Ten eerste voorkomen neteldieren onnodige weefselschade door zoöxanthellen te verwijderen die niet meer goed functioneren. Ten tweede is het mogelijk dat de symbiotische algen door het immuunsysteem worden herkend als lichaamsvreemd, in dit geval als ziekteverwekkers. Vervolgens worden de algen afgebroken in de gastheercellen.

Autofagie is een ander mechanisme wat ook actief lijkt te zijn tijdens koraalbleking. Het woord autofagie is afgeleid uit het Grieks; het is een samenvoegsel van *auto*, wat 'zelf' betekent, en *fagie*, wat 'eten' betekent. In eenvoudige termen is autofagie een proces waarbij een levende cel zichzelf afbreekt. Dit kan worden veroorzaakt door een gebrek aan voedingsstoffen en infectie door bepaalde organismen zoals bacteriën. Deze cellulaire route wordt geactiveerd wanneer in dit geval de zoöxanthellen worden herkend als verzwakt, wat wordt gevolgd door de vorming van kleine zakjes rondom de algen. Deze worden vervolgens verteerd. Deze vertering van symbiotische algen draagt bij aan het blekingsproces. Apoptose en autofagie zijn processen die

vaak nauw met elkaar verbonden zijn, die samen een complete celdood reguleren waardoor slecht functionerende zoöxanthellen effectief worden verwijderd.



Figuur 2: Aiptasia sp. kunnen eenvoudig worden gebleekt in het laboratorium, waardoor onderzoekers dit proces goed kunnen bestuderen (foto: Dr. Christy Schnitzler)

Het experiment

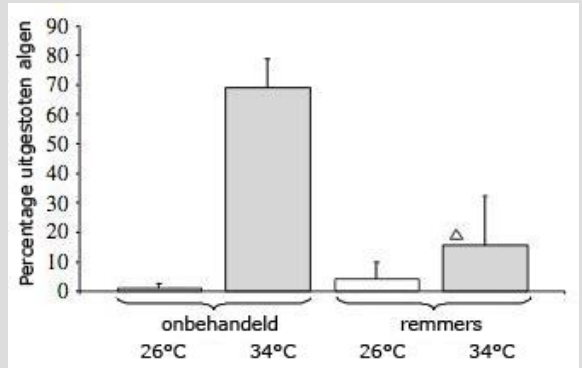
Voor het uitvoeren van blekingsexperimenten

werden exemplaren van *Aiptasia pallida* in individuele kamertjes gevuld met zeewater geplaatst. De dieren werden blootgesteld aan twee temperaturen: 26°C (controle) en 34°C. Niet verrassend bleekten de anemonen die waren blootgesteld aan de hogere temperaturen. Verschillende behandelingen werden toegepast om zowel de rol van apoptose als autofagie vast te stellen. Bij zowel controle als temperatuur-gestresste dieren werd wortmannin toegediend, een middel wat apoptose blokkeert. De wetenschappers veronderstelden dat ook de anemonen die waren blootgesteld aan hoge temperaturen niet zou bleken, als gevolg van de behandeling met wortmannin. De controledieren zouden niet bleken vanwege het feit dat de zoöxanthellen nog steeds goed functioneerden; er was immers geen reden om de algen te verwijderen.

De resultaten waren zeer onverwacht; in plaats van een daling in blekingsgraad waar te nemen na behandeling was deze juist gelijk aan die van onbehandelde anemonen. Hoe konden zij dit resultaat verklaren? Eerdere studies lieten namelijk zien dat apoptose werd geactiveerd tijdens bleking. Een mogelijke verklaring was dat een tweede mechanisme actief was wat zoöxanthellen herkende als niet-functionerend. Dit bleek uiteindelijk autofagie te zijn.

De onderzoekers zetten een nieuw experiment op waarbij zowel apoptose als autofagie werden geblokkeerd, om te bepalen of deze nieuwe behandeling bleking tijdens hoge temperaturen wel kon remmen. Anemonen werden gelijktijdig behandeld met verschillende chemicaliën om beide processen te inactiveren, en blootgesteld aan zowel 26° als 34°C. Zij namen een sterke reductie van bleking waar wanneer beide processen werden geremd met chemicaliën (figuur 3). Wanneer apoptose en autofagie actief waren werden juist veel zoöxanthellen losgelaten. Dit resultaat was een belangrijke doorbraak in het onderzoek, en bevestigde de theorie dat beide processen cruciaal waren om bleking op te kunnen wekken.

*Figuur 3, rechtsboven: Blokkering van apoptose en autofagie (remmers) bij *Aiptasia pallida* leidde tot een drastische vermindering van bleking. Witte balken geven controle-temperaturen van 26°C aan, grijze balken geven temperaturen van 34°C aan (Dunn et al, *Journal of molecular evolution*, 2006).*



Het is nu duidelijk dat bleking niet slechts door één proces wordt gestuurd, en dat apoptose en autofagie verbonden zijn volgens een weegschaal-principe. Wanneer het ene proces niet goed werkt, zorgt het tweede proces alsnog voor een succesvolle uitstoot van zoöxanthellen. De uitstoot van nuttige algen lijkt niet voordelig te zijn voor een anemoon of een koraal, maar dit proces voorkomt waarschijnlijk dat de weefsels van deze dieren zwaar beschadigd raken door de productie van giftig zuurstof door slecht functionerende zoöxanthellen.

Inzichten in koraalbleking; een stap verder

Dit onderzoek heeft kritieke processen geïdentificeerd die essentieel zijn voor bleking van neteldieren zoals anemonen. Het feit

dat koralen zo verwant zijn aan anemonen betekent dat deze processen waarschijnlijk ook in deze dieren plaatsvinden. Onderzoek heeft aangetoond dat de clade van zoöxanthellen bepaalt hoe gevoelig koralen zijn voor bleking, en hoe de eerste stap van het proces wordt opgewekt na membraanschade van deze algen. De laatste resultaten gaan een stap verder door te laten zien welke cellulaire processen worden geactiveerd na de opwekking van deze membraanschade. Het gehele proces is begrijpelijk wanneer het wordt samengevat in een set principes; hoge temperaturen zorgen voor membraanschade en herkenning van zoöxanthellen als zodanig, waarna apoptose en autofagie van zoöxanthellen wordt geactiveerd. Dit veroorzaakt bleking, wat



gevolgd wordt door een herstel van de algenpopulatie in het weefsel, of de dood van het koraal door verhongering. Regelmatig vinden wetenschappers dat essentiële levensprocessen reeds in neteldieren zijn ontwikkeld, en dit geldt ook voor apoptose en autofagie.

Figuur 4, boven: Bleking van koraalriffen tijdens hoge temperaturen in de zomer wordt mogelijk gestuurd door apoptose en autofagie (foto: Leo Roest).

Referenties:

Simon R. Dunn, Wendy S. Phillips, Joseph W. Spatafora, Douglas R. Green and Virginia M. Weis, Highly Conserved Caspase and Bcl-2 Homologues from the Sea Anemone *Aiptasia pallida*: Lower Metazoans as Models for the Study of Apoptosis Evolution, Journal of molecular evolution, 2006, pp 95-107(63)