



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Shedding light on detritus: Interactions between invertebrates, bacteria and substrates in benthic habitats

Hunting, E.R.

Publication date
2013

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Hunting, E. R. (2013). *Shedding light on detritus: Interactions between invertebrates, bacteria and substrates in benthic habitats*.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Summary / Samenvatting

Summary

The processing of dead organic matter, also known as detritus, is a central ecosystem process driven by detritus feeding organisms that are mostly located at the bottom of water bodies where dead organic matter (OM) accumulates. Detritivorous organisms form communities composed of invertebrates, fungi and bacteria that interact with each other and their substrate. Although it is likely that links between benthic biodiversity and OM processing are driven by similar mechanisms across different ecosystem types (forest floors, stream beds, coral reefs), it remains a challenge to identify general drivers of decomposition in benthic detrital food webs in different waters. The aim of this thesis was therefore to unravel interactions between the (functional) composition of invertebrate and bacterial communities, organic matter processing and abiotic variables in two contrasting benthic detrital food webs: one on soft bottom sediments and one on solid substrate, mangrove ecosystems. To this purpose, the following objectives have been set: **1)** To evaluate the impact of OM composition on invertebrate-substrate interactions and organic matter processing; **2)** To assess the impact of abiotic stressors on invertebrate-substrate interactions and organic matter processing; **3)** To quantify the effect of functional diversity of bacteria and invertebrates on organic matter processing.

Part 1: Invertebrate-substrate interactions in soft bottom sediments

Invertebrates in soft bottom sediments differ widely in how they move on top or within the sediment, thereby affecting sediment properties. Chapter 2 evaluates whether bioturbation activities of invertebrates have trait specific influences on detritus processing, bacterial activity and community structure, and redox conditions. It was shown that invertebrates enhance bacterial activity and detritus processing, and bacterial community structure was also significantly modified. Bioturbation and spatiotemporal Eh dynamics were brought forward as functional footprints of benthic detrital food webs.

Toxicants potentially decouple these observed links. Chapter 3 therefore aimed to evaluate how toxicants affect invertebrate bioturbation and overall decomposition. It was demonstrated that decomposition can be more sensitive to copper than invertebrates, hinting a decoupling of invertebrate community composition and ecosystem functioning upon stress.

A standard litter surrogate with adjustable chemical composition was deemed necessary for further studies on decomposition. Chapter 4

proposes and tests the use of a decomposition and consumption tablet (DECOTAB) consisting of cellulose powder embedded in an agar matrix to evaluate decomposition and consumption rates in aquatic environments. It was demonstrated that DECOTABs provide a novel, versatile tool to address long-standing questions in aquatic ecology and environmental assessment.

Effects of solar radiation on bacterial communities residing in sediments remain completely unexplored. Chapter 5 therefore investigated the influence of mimicked solar radiation on bacterial functional diversity in laboratory sediments. It was shown that a combined effect of light and OM shapes the functional composition of microbial communities developing in sediments, and acts as an important sorting mechanism for bacterial communities in wetlands.

Different functional metrics of decomposition exist, but are seldom studied in coherence. Chapter 6 tested the response of bacterial functional diversity and activity, biogenic mixing depth and detritus processing to activities of invertebrate species combinations in outdoor mesocosms. By studying several functional parameters in coherence we demonstrated that different ecosystem processes responded differently to invertebrate species composition, and that solar radiation can decouple invertebrate-bacterial interactions.

Part 2: Sponge-environment interactions in mangrove stands

Chapter 7 describes and quantifies the diversity and abundance of mangrove associated sponges of Curaçao and Aruba and correlates variability of regional sponge diversity with environmental variables measured along the surveyed sites. Tannin concentrations vary between mangrove roots, and were correlated to sponge cover as a possible cause for habitat heterogeneity on a smaller scale. It was shown that sponge diversity could be partly explained by the distance towards adjacent reefs and degree of eutrophication. Tannin concentrations did not determine species heterogeneity such as a priori postulated, but were positively related to sponge cover for reasons not yet elucidated.

A positive correlation between sponge coverage and tannin concentrations in prop roots of *Rhizophora mangle* L. was demonstrated in chapter 7, yet the role of tannins within the mangrove sponge association remains uncertain. Chapter 8 tested whether tannins play a role in sponge recruitment and assessed tannin and polyphenol production in *R. mangle* roots in response to sponge colonization. It was demonstrated that tannins are positively involved in larval recruitment of the sponge *Tedania ignis* and that roots significantly enhanced tannin and polyphenolic content in

response to natural and experimental sponge fouling, potentially pointing to a positive feedback in recruitment.

Sponge communities found in Caribbean mangroves are very distinct from sponge communities on nearby reefs, which is potentially caused by bacterial symbionts of sponges capable of degrading recalcitrant substrates. In chapter 9, tannase activity and ability to degrade mangrove-derived DOM was tested in a random set of sponge species. It was demonstrated that sponges commonly associated with mangrove roots contain bacteria that are capable of degrading mangrove-derived DOM, while bacterial communities associated with sponges that are more typical to reef environments appear less proficient in degrading mangrove-derived DOM, potentially leading to the ecological separation between mangrove and reef sponge communities.

A number of sponge species commonly found on reefs are known to deteriorate when transplanted to mangrove roots. Chapter 10 aimed to elucidate the relative importance of substrate and habitat in the ability of sponges to persist in mangrove ecosystems, and to evaluate the role of bacterial symbiont composition and carbon uptake in sponge distribution. It was shown that the inability of typical reef species to survive in mangrove ecosystems is related to habitat and substrate.

It was demonstrated in chapter 10 that the root substrate is of critical importance limiting survival of typical reef species. Chapter 11 therefore evaluates whether dissolved organic matter (DOM) leaching from mangrove roots is responsible for this observation. It is demonstrated that mangrove sponges are not affected by mangrove-DOM, while reef species showed substantial necrosis when exposed to mangrove-DOM, suggesting that mangrove-DOM confines the composition of sponge communities in mangrove ecosystems.

Invertebrate fauna, free living in sediments and fauna attached to solid substrates (sponges) were found to facilitate the activity and composition of bacterial consortia, while vice versa bacterial development conditioned organic matter that was either refractive (peat) or less palatable (mangrove phenolics) for fauna. These refractive components of mangrove organic matter structured the sponge species distribution over mangrove and coral reef substrates. Biotic interactions appeared to be affected via faunal bioturbation modifying sediment redox conditions, or immobilization thereof by a model toxicant (Cu). It was argued that pollutants can affect ecosystem processes before biodiversity is affected. For that reason functional parameters for measuring ecosystem integrity are promoted. Solar radiation influenced the redox conditions of the sediment, thereby masking the concurrent effects of bioturbation, and

overriding the faunal effects on sediment bacteria. Although biodiversity or species composition has served as a touchstone for environmental protection, throughout the present study I found better explanations for detritus decay dynamics when using functional parameters of fauna and bacterial consortia.

Samenvatting

De verwerking van dood organisch materiaal, ook wel bekend als detritus, is een belangrijk ecosysteem proces gedreven door detritivore organismen en die meestal plaatsvindt op de bodem van waterlichamen waar dood organisch materiaal (OM) accumuleert. Detritivore gemeenschappen bestaan uit ongewervelden, schimmels en bacteriën en worden beïnvloed door elkaar en door het substraat. Hoewel het waarschijnlijk is dat connecties tussen biodiversiteit en de verwerking van OM wordt gedreven door soortgelijke mechanismen in verschillende soorten ecosystemen (bos vloeren, stroom bedden, koraalriffen), is het een uitdaging om algemene stuurfactoren van OM-verwerking in contrasterende benthische voedselwebben te identificeren. Het doel van dit proefschrift was dan ook om de interacties te ontrafelen tussen de (functionele) samenstelling van ongewervelde en bacteriële gemeenschappen, de verwerking van OM en abiotische variabelen in twee contrasterende benthische voedselketens: een op zachte zand bodem en een op vast substraat, mangrove-ecosystemen. Hiervoor zijn de volgende doelstellingen vastgesteld: 1) De gevolgen van OM samenstelling op ongewervelde-substraat interacties en verwerking van OM te evalueren; 2) De gevolgen van abiotische stressoren op ongewervelde-substraat interacties en verwerking van OM te evalueren; 3) Het effect van functionele diversiteit van bacteriën en invertebraten op het verwerken van OM te kwantificeren.

Deel 1: Invertebrate-substraat interacties in zachte zand bodems

Ongewervelden die in zachte sediment leven verschillen sterk in de manier waarop ze bewegen op of in het sediment. Hoofdstuk 2 beoordeelt of bioturbatie activiteiten van ongewervelde dieren specifieke invloeden hebben op de verwerking van OM, de bacteriële activiteit en samenstelling, en redox condities. Er werd aangetoond dat ongewervelden de bacteriële activiteit en detritus verwerking verhogen, en de samenstellingen van de bacteriegemeenschappen was significant veranderd. Bioturbatie en tijdruimtelijke Eh dynamiek werd naar voren gebracht als functionele voetsporen van benthische voedselketens.

Toxische stoffen ontkoppelen mogelijk deze geobserveerde koppelingen. Hoofdstuk 3 evalueerde daarom hoe toxische stoffen invloed hebben op bioturbatie door ongewervelden en de verwerking van OM. Er werd aangetoond dat OM afbraak gevoeliger kan zijn voor koper dan ongewervelde, waardoor een ont koppeling van de ongewervelde gemeenschap en het functioneren van ecosystemen door stress zichtbaar was.

Een standaard test substraat met een aan te passen chemische samenstelling is noodzakelijk voor verdere studies over OM afbraak. Hoofdstuk 4 test daarom het gebruik van een afbraak en consumptie tablet (DECOTAB) bestaande uit cellulosepoeder ingebed in een agar matrix die het mogelijk maakt de afbraak en consumptie te evalueren in aquatische milieus. Er werd aangetoond dat DECOTABs een veelzijdig instrument is om langstaande vragen in aquatische ecologie en milieu-beoordeling te beantwoorden.

Effecten van zonnestraling op benthische bacteriële gemeenschappen is volledig onontgonnen. Hoofdstuk 5 onderzocht daarom de invloed van nagebootste zonnestraling op de bacteriële functionele diversiteit in laboratorium sedimenten. Er werd aangetoond dat een gecombineerd effect van licht en OM belangrijk is voor de ontwikkeling van de functionele samenstelling van bacteriële gemeenschappen.

Verschillende functionele parameters van ontbinding bestaan, maar worden zelden bestudeerd in samenhang. Hoofdstuk 6 evalueerde bacteriële functionele diversiteit en activiteit, biogene mengdiepte en OM afbraak in relatie tot de activiteiten van verschillende combinaties van ongewervelden in mesocosms. Door het bestuderen van verschillende functionele parameters werd aangetoond dat verschillende ecosysteem processen verschillend reageren op soortensamenstelling, waarin zonnestraling de interacties tussen ongewervelde-bacteriële kan ontkoppelen.

Deel 2: Spons-milieu-interacties in mangrove systemen

Hoofdstuk 7 beschrijft en kwantificeert de diversiteit en rijkdom van mangrove-geassocieerde sponzen van Curaçao en Aruba en correleert variabiliteit van diversiteit met omgevingsvariabelen gemeten langs de onderzochte sites. Tannine concentraties variëren tussen de mangrove wortels, en werden gecorreleerd aan sponsbedekking als een mogelijke oorzaak voor heterogeniteit op een kleinere schaal. Er werd aangetoond dat spons diversiteit gedeeltelijk kan worden verklaard door de afstand naar aangrenzende riffen en de mate van eutrofiëring. Tannine concentraties waren positief gerelateerd aan sponsbedekking.

Een positieve correlatie tussen sponsbedekking en tannine concentraties in wortels van *Rhizophora mangle* L. werd aangetoond in hoofdstuk 7, maar de rol van de tannines in de mangrove-spons associatie blijft onzeker. Hoofdstuk 8 test of tannines een rol spelen bij spons werving en beoordeeld of tannine en polyfenol productie in *R. mangle* wortels een reactie is op spons kolonisatie. Er werd aangetoond dat tannines positief betrokken zijn bij werving van larven van de spons *Tedania ignis* en de wortels verhoogde aanzienlijk tannine en polyphenolic

gehalten in reactie op natuurlijke en experimentele spons-bedekking, wat mogelijk wijst op een positieve feedback in de werving van larven.

Sponsgemeenschappen in Caribische mangrovenbossen zijn zeer verschillend van sponsgemeenschappen op nabijgelegen riffen. Dit wordt mogelijk wordt veroorzaakt door bacteriële symbionten van sponzen die recalcitrante substraten kunnen afbreken. In hoofdstuk 9 werd tannase activiteit en de mogelijkheid om mangrove-OM af te breken getest in een willekeurige reeks van sponssoorten. Er werd aangetoond dat sponzen die vaak geassocieerd zijn met mangrove wortels bacteriën bevatten die in staat zijn mangrove-OM af te breken, terwijl de bacteriële gemeenschappen in sponzen die meer typisch zijn voor rif omgevingen minder bedreven zijn in het afbreken van mangrove-OM. Dit verklaart mogelijk de ecologische scheiding tussen de mangrove en rif spons gemeenschappen.

Het is bekend dat een aantal sponssoorten algemeen aangetroffen op riffen verslechteren wanneer ze getransplanteerd worden naar mangrove wortels. Hoofdstuk 10 is erop gericht om het relatieve belang van de wortel en habitat te onderzoeken in het vermogen van de sponzen te volharden in mangrove-ecosystemen. De rol van bacteriële gemeenschappen en de opname van koolstof in sponzen werd geevalueerd. Er werd aangetoond dat het onvermogen van typische rifsoorten om te overleven in mangroven was gerelateerd aan zowel habitat en de wortel.

Er werd aangetoond in hoofdstuk 10 dat de wortel van cruciaal belang is in de beperkte overleving van typische rifsoorten. Hoofdstuk 11 evalueert daarom de vraag of opgelost organische materiaal (DOM) dat lekt uit mangrovewortels hiervoor verantwoordelijk is. Er is aangetoond dat de mangrove-spons niet wordt beïnvloed door mangrove-DOM, terwijl rifsoorten aanzienlijke necrose veroonde bij blootstelling aan mangrove-DOM, wat suggereert dat mangrove-DOM de samenstelling van de spons gemeenschappen in mangrove-ecosystemen beperkt.

Ongewervelde fauna, ofwel vrij levend in sedimenten of gehecht aan vaste substraten (sponzen), hebben een sterke invloed op de de activiteit en de samenstelling van bacteriële gemeenschappen, terwijl omgekeerd bacteriële ontwikkeling afhankelijk was van recalcitrant organisch materiaal (turf en mangrove fenolen). Deze recalcitrante componenten van mangrove organische materiaal beïnvloed de sponsverspreiding. Biotische interacties worden beïnvloed via bioturbatie die redoxcondities in het sediment modifieren, of immobilisatie daarvan door een giftige stof (Cu). Er werd aangevoerd dat verontreinigende stoffen ecosysteem processen kunnen beïnvloeden voordat de biodiversiteit wordt aangetast. Om die reden wordt voorgesteld functionele parameters te gebruiken voor

het meten van de integriteit van ecosystemen. Zonnestraling beïnvloedt de redox condities van het sediment, en maskeert de gelijktijdige effecten van bioturbatie. Hoewel biodiversiteit of soortensamenstelling tot op heden waardevol is geweest in de beoordeling van het milieu, suggereert deze studie dat detritus afbraak beter verklaard wordt met het gebruik van functionele parameters van fauna en bacteriële consortia.