

PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/15965>

Please be advised that this information was generated on 2019-03-27 and may be subject to change.

Stress door overstroming

Worstelen en bovenkomen

C.W.P.M. Blom en L.A.C.J. Voeselek

Overstroming is een milieufactor die in toenemende mate wereldwijd problemen veroorzaakt. Veel organismen sterven bij onverwachte en langdurige overstromingen. Er zijn ook planten, dieren en micro-organismen die mechanismen ontwikkelen die hen in staat stellen te overleven. Dieren kunnen aan het hoge water ontsnappen door te vluchten. Micro-organismen die niet tegen de waterverzadigde omstandigheden kunnen, worden vervangen door andere populaties. Sommige landplanten zijn in staat hun fysiologische eigenschappen zodanig te veranderen dat zij kunnen overleven. Ze passen zich aan door veranderingen in het wortelstelsel en door een versnelde groei van de bovengrondse delen: ze moeten worstelen om boven het water uit te komen.

Historisch perspectief

Het rivierengebied staat voor grote veranderingen. Dijken moeten verzwakt worden, waardoor veel van het karakteristieke landschap gaat verdwijnen. Er zijn echter ook plannen voor natuurontwikkeling. De Zwarte populier, de Zwarte ooievaar, bevers en otters worden opnieuw geïntroduceerd. De rivier mag haar eigen loop weer gaan. Zomerdijken worden doorgestoken en nevengeulen ontstaan. Levende rivieren zijn het resultaat van natuurontwikkelingsprojecten in bijvoorbeeld de Blauwe Kamer, de Millingerwaard en bij Neerijnen. Natuurwetenschappelijk gezien is het rivierenland een potentieel rijk gebied. Naast de aanvoer van zaden en dierlijke organismen door de rivier, is de grote verscheidenheid in bodemtypen en hoogteliggingen een belangrijke bron van biologische variatie. De dynamiek van dit typisch Hollandse land wordt voor een groot deel bepaald door de onvoorspelbare overstromingen. Vroeger vonden overstromingen vooral plaats in de winter en in het voorjaar. Door het smelten van sneeuw en ijs in midden Europa en door overvloedige regenval, konden de rivieren de afvoer van grote hoeveelheden water niet aan en traden buiten hun oevers. Een neveneffect daarvan was dat de uiterwaarden door voedselrijk rivierwater bemest werden. Dit verzekerde de boeren gedurende de zomer van hoge opbrengsten. Het rivierenland was gewild voor de teelt van gewassen. De laatste decennia echter komen overstromingen meer en meer voor gedurende het groeiseizoen. Boeren zien hun oogst verloren gaan en recreatiegebieden moeten worden ontruimd. De wateroverlast wordt vooral veroorzaakt door ontbossing langs de bovenstroom en door de toename van technische werken die ter verbetering

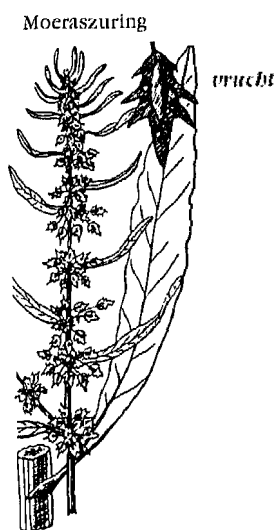
van de scheepvaart worden uitgevoerd. Rivierbochten worden afgesneden, oevers verstevigd, afvoerkanalen aangelegd en rioleeringen verbeterd. Een gevolg van al deze werkzaamheden is dat regen- en smeltwater sneller worden afgevoerd. Benedenstrooms kan de rivier het vele water niet meer verwerken en overstromingen zijn het gevolg.

Onderzoek en onderwijs

De vakgroep Ecologie van de Katholieke Universiteit te Nijmegen houdt zich in onderzoek en onderwijs bezig met het rivierenlandschap. Bij de oprichting van deze vakgroep in 1991 was het niet nodig lang na te denken over een gemeenschappelijk thema van onderzoek. Nijmegen is centraal gelegen in het rivierengebied en de ecologen hadden al een jarenlange traditie in onderzoek van en aquatische en semi-aquatische ecosystemen. Over de aanpak van het onderzoek in Nijmegen is grondig nagedacht. Kiezen we voor de traditionele beschrijvende benadering óf voor een experimentele aanpak? Waar ligt de belangstelling van onze studenten en hoe sluiten we het beste aan op maatschappelijke ontwikkelingen?

Experimentele benadering van de ecologie

De ecologie is traditioneel een beschrijvende wetenschap. Een ecosysteem herbergt duizenden, zo niet tienduizenden organismen. Alvorens studies naar de relaties tussen deze organismen en hun leefomgeving kunnen worden uitgevoerd, moeten we weten welke soorten op welke plaatsen en in welke samenlevingsverbanden voorkomen. Nauwkeurige waarnemingen en beschrijvingen op veel plaatsen en gedurende vele jaren zijn daarvoor nodig. De laatste jaren voegt de experimentele benadering een dimensie aan het



Prof. Dr. C.W.P.M. Blom is hoogleraar in de Experimentele Plantenecologie. Dr. L.A.C.J. Voeselek is Universitair Hoofddocent Ecofysiologie. Beiden zijn verbonden aan de vakgroep Ecologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen.

ecologisch onderzoek in het rivierengebied toe. Gebaseerd op een gedegen beschrijving van de gemeenschappen wordt doorgedrongen in het wezen van het organisme afzonderlijk. De combinatie van beschrijving, experiment en toetsing in de vrije natuur brengt de wetenschap in het algemeen en de ecologie van het rivierengebied in het bijzonder, een grote stap verder.

Rivierengebied: gradiënten en zonerings

Het rivierengebied kenmerkt zich door gradiënten en zonerings. Gradiënten ontstaan door verschillen in hoogteligging, overstroming en bodemtypen. Verschillende plantengemeenschappen zijn gebonden aan verschillende milieuomstandigheden. In stilstaande wateren vinden we gemeenschappen met waterlelie, gele plomp of watergentiaan. Dichter naar de oever ontstaan Fonteinkruidgezelschappen met het Schede- en Rivierfonteinkruid. Op laag gelegen en vaak overstromde plaatsen langs de rivier komen pioniergezelschappen voor. Indien er een natuurlijke ontwikkeling wordt toegestaan, vinden we langs oude rivierlopen en op verlande laag gelegen plekken ongestoorde moerasachtige vegetaties met soorten als Riet, Lisdodde, Rietgras, Mattenbies en Liesgras. Langs de rivier kunnen wilgen en populieren zich vestigen en ontstaan er zachtthout oobossen. De Zwarte populier en de Schietwilg zijn zachtthoutsoorten die dominant aanwezig kunnen zijn op zandbanken en rivieroevers. Op hogere ongestoorde en zelden overstromde gebieden vinden we het hardhoutoobos met soorten als Meidoorn, Zomereik, Es en Iep. Het grootste deel van het rivierengebied wordt echter ingenomen door gebieden waar de invloeden van de mens duidelijk aanwezig zijn. Begraasde graslanden en hooilanden, gescheiden door Meidoornhagen zijn zeer karakteristiek. Begraasde, vaak overstromde graslanden langs de rivier kenmerken zich door gemeenschappen met Engels raaigras, Ruw beemdgras, Witte klaver en Gewone paardebloem. Komt de overstroming minder vaak voor en is de bodem zandig, dan zijn Engelse alant, Rietzwenkgras en Wilde bertram favoriet. De hooilanden zijn buitengewoon soortenrijk met Gele morgenster, Groot streepzaad, Karwijvarkenskervel en de blauwpaarse, zeldzame Veldsalie.

Selectie van onderzoeksobjecten

Het is onmogelijk om bij al deze soorten de achtergronden die bepalend zijn voor hun

verspreiding in het rivierengebied te onderzoeken. Er moeten keuzes worden gemaakt en wij hebben een aantal plant- en diersoorten geselecteerd die als indicatoren voor gemeenschappen kunnen worden beschouwd. Zo worden een beperkt aantal planten en dieren met hun interacties tot in detail bestudeerd met het doel algemene wetmatigheden te ontdekken. We starten in het veld waar we de natuurlijke situatie bestuderen en een hypothese opstellen. Verder onderzoek vindt in het laboratorium plaats, waarna de gevonden resultaten in het veld worden getoetst.

Voor onze studenten is deze wijze van onderzoek verrichten zeer leerzaam. Een hoofdtak van de universiteit is de studenten op te leiden tot onderzoekers of tot deskundigen die het onderzoek toepasbaar kunnen maken in het uitoefenen van hun maatschappelijke functie. Naast algemene biologische vorming krijgen de studenten specialistische leerstof. De ecologie docenten in Nijmegen bieden de studenten een uitgebalanceerd pakket van veld- en laboratoriumstudies aan: van levensgemeenschappen tot molecuul, van waarnemen tot verklaren. Het onderwerp 'aanpassingen van planten aan overstroming' maakt daar een belangrijk onderdeel van uit. De studenten bestuderen in kassen en klimaatkassen de reactie van afzonderlijke planten op overstroming. Daarnaast gaan ze naar het veld om te zien of hun experimenteel verkregen resultaten overeenkomen met de veldomstandigheden.

Strategieën ter overleving

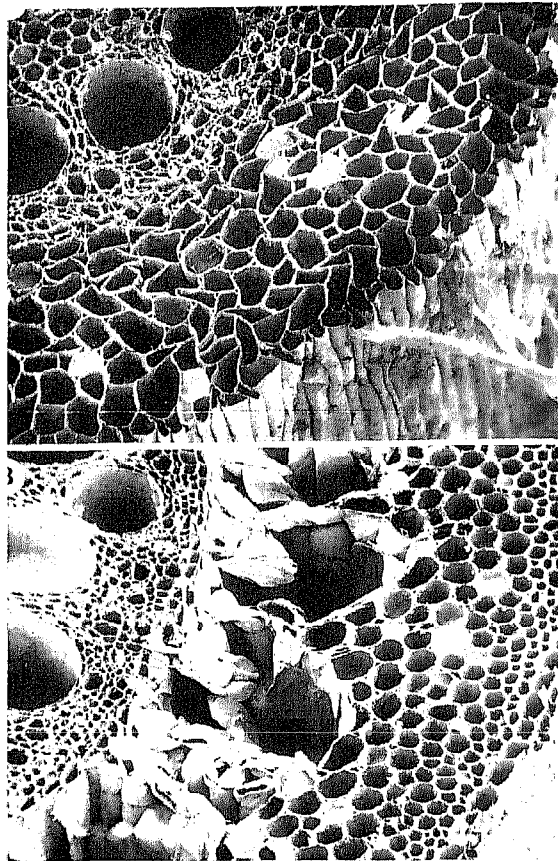
Bij planten zijn twee aanpassingsmechanismen te onderscheiden: de genetische differentiatie en de fysiologische plasticiteit. Gedurende de evolutie, zelfs binnen enkele generaties, kunnen landplanten mechanismen ontwikkelen die hen blijvend in staat stellen een overmaat aan water het hoofd te bieden. Deze aanpassingen zijn gebaseerd op veranderingen in erfelijke eigenschappen waardoor ze blijvend geschikt worden overstromingen te overleven. Komen, door bijvoorbeeld bedijkingen, overstromingen plotse niet meer voor in het milieu waar deze planten leven, dan kunnen ze met hun aanpassingen aan waterrijke omstandigheden het in de droogte niet redden en sterven af. Het andere mechanisme, de fysiologische plasticiteit, komt veel voor. Elke keer als er een overstroming optreedt, moeten planten die zich van dit mechanisme bedienen, zich aanpassen aan de voor hen zeer ongunstige

omstandigheden. Ze moeten flexibel zijn in hun gedrag. Planten die hiertoe in staat zijn, blijken telkens weer hun fysiologie te kunnen aanpassen. Vaak zijn deze aanpassingen herkenbaar door veranderingen in de morfologie van de plant. Aangezien overstromingen vaak plotseling en heel onverwacht kunnen optreden, moeten ook de fysiologische aanpassingen in de plant heel snel kunnen verlopen

Een boeiende vraag is hoe planten waarnemen dat ze iets moeten doen om te overleven. Ecologen hebben ontdekt dat planten de ongunstige omstandigheid van overstroming meten met hun wortels. Door een overmaat aan water verdwijnt het zuurstof in de bodem. Wortels hebben zuurstof nodig, onder andere voor de opname van voedingsstoffen. Indien de zuurstofgehalten dalen, gaat er een signaal van de wortel naar de rest van de plant en treden er binnen enkele uren veranderingen op in de huishouding. Planten bezitten, net als dierlijke organismen, hormonen. Het zijn juist deze stoffen die actief worden als het sein komt dat er iets gedaan moet worden om te kunnen overleven. Hormonen kunnen snel worden aangemaakt en werken ook onmiddellijk.

Ethyleen

Bij overstroming komt een plant geheel of gedeeltelijk onder water. In de plant wordt het gasvormige hormoon ethyleen gevormd. Dit ethyleen kan niet uit de plant diffunderen omdat gassen in water zich 10.000 × langzamer verplaatsen dan in lucht. De ethyleenconcentratie in de plant neemt toe en planten die aangepast zijn aan overstroming zijn gevoelig voor deze hoge concentraties en reageren met het strekken van de stengels, bladstelen en bladeren. Het gevolg van deze versnelde groei is dat de plant boven water komt en weer de beschikking heeft over zuurstof en koolstofdioxide. Gedurende dit proces worden ook nieuwe, aan een waterrijke omgeving aangepaste, wortels gevormd. Zeer recent is gebleken dat bij deze processen ethyleen samenwerkt met andere groeihormonen, zoals auxine. Via geavanceerde, laser-gestuurde foto-akoestische detectie technieken is het mogelijk ethyleen dat in de plant wordt geproduceerd te meten (zie: Voesenek, Harren en Woltering, 1990). Met deze techniek kunnen concentratieverschillen die optreden voor, tijdens en na overstroming gemeten worden en worden gecorreleerd aan aanpassingsreacties van de plant. Een ander kenmerk van aangepaste planten



Figuur 1

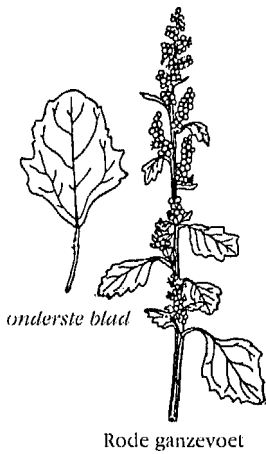
Doorsnede door de wortels van een plant die niet (boven) en wel (onder) is aangepast aan overstroming. De luchtholten in de aangepaste wortel zijn ontstaan door de werking van ethyleen, een hormoon dat in verhoogde concentraties optreedt na overstroming.

is dat zij holle stengels en wortels hebben (zie figuur 1). De gassen uit de lucht worden door de luchtkanalen in de stengel naar de nieuwe, ook deels holle wortels gestuurd. Met deze zuurstof kan de wortel weer ademen en voedingsstoffen opnemen. Planten die niet aan overstroming zijn aangepast, reageren niet op de verhoogde ethyleenconcentratie en sterven af.

Met de werking van hormonen op het gedrag van de plant onder moeilijke situaties, hanteert de plant een tolerantiestrategie tegen de stress die door plotselinge veranderingen in het milieu is ontstaan. Dit mechanisme is in Nijmegen ontdekt door verwante plantensoorten die ieder op een bepaalde plek in de overstromingsgradiënt voorkomen, met elkaar te vergelijken. Zo weten we dat de Moeraszuring, een soort van natte, veelvuldig overstroomde oevers, wel reageert op de verhoogde interne ethyleenconcentratie en bijvoorbeeld de Veldzuring, die boven op de dijken groeit, niet. Deze laatste soort kan daarom niet overleven bij extreem hoge waterstanden in de zomer.

Niet-verwante soorten

Er is echter nog een tweede benadering in het onderzoek naar aanpassingsstrategieën. Daarbij vergelijken we twee of meer niet-verwante



Afbeeldingen van Moeraszuring en Rode Ganzevoet uit: 'Geïllustreerde flora van Nederland', uitgeverij Versluys.)

plantensoorten die naast elkaar binnen dezelfde zone voorkomen en daardoor met dezelfde stress te maken hebben. Zo hebben we de Moeraszuring en de Rode ganzevoet, beide aanwezig langs de oevers, met elkaar vergeleken. De Ganzevoet blijkt een andere strategie te volgen dan de Zuring. De eerste soort is in staat tussen twee overstromingen snel te groeien, te bloeien en zaad te vormen, terwijl de tweede soort ervoor kiest de bloei uit te stellen, zelfs tot het volgende jaar. Zo wordt duidelijk dat twee soorten die tot dezelfde gemeenschap behoren, ieder op een andere wijze omgaan met de stressfactor overstroming.

Genregulatie

De nieuwste ontwikkeling in het onderzoek is de toepassing van moleculair-biologische technieken waardoor wij in staat zijn de rol van genen in aanpassingsprocessen te onderzoeken. Zo zijn we mechanismen over de genregulatie bij stengelgroei in relatie tot ethyleen signaal-transductie processen op het spoor gekomen.

Toepassen van kennis

De historische lijn van het ecologisch onderzoek moge duidelijk zijn. Eerst ontdekken welke soorten op bepaalde plekken voorkomen en wie tot welke gemeenschap behoort. Daarna worden de soorten afzonderlijk en in vergelijking met elkaar bestudeerd en zijn de eigenschappen en overlevingstrategieën te onttrafen. Zo kunnen we begrijpen op welke wijze wilde planten in het rivierengebied omgaan met die onberekenbare milieufactor overstroming. Deze kennis stelt de ecooloog in staat vragen te beantwoorden over welke cultuurgewassen het beste zullen groeien of de hoogste opbrengst geven in de vruchtbare uiterwaarden of in overstromingsgebieden elders op de wereld. Het ecologisch onderzoek vormt tevens de basis om te kunnen adviseren bij de natuurontwikkeling en het beheer van de grillige en altijd boeiende riviergebieden.

Literatuur

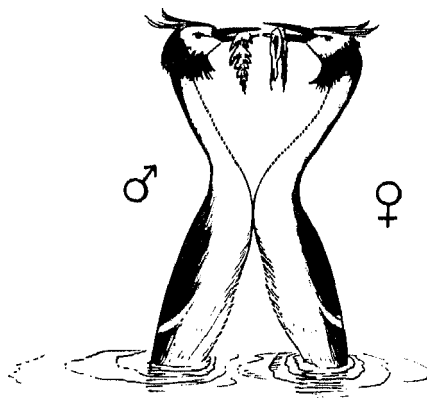
Voeseck LACJ, Harren FJM, Woltering EJ (1990) $H_2C=CH_2$. Een gas als hormoon. *Natuur & Techniek* 58: 204-215. □

Vormen van adaptatie (1)

Gedragadaptaties

Belangrijke, soms zeer ingewikkelde, vormen van adaptatie behoren tot de gedragadaptaties. Ook hiervan geven we een aantal voorbeelden ter oriëntatie.

- Kokmeeuwen verwijderen de lege eischalen uit hun nest, omdat de witte binnenkant predatoren (kraaien, zilvermeeuwen) zou aantrekken en de jongen dan een groter risico zouden lopen.
- Veel vissoorten zwemmen in scholen, onder meer ter bescherming tegen predatoren.
- De roep van vleermuizen is aangepast aan de functie van de roep: het lokaliseren van prooien (vliegende insecten). De geluiden van het sonarsysteem van vleermuizen zijn heel hoog en luid en worden met een hoge frequentie uitgezonden.
- Inktvissen spuiten een zwarte inktwolk in het water; wanneer zij door een predator worden belaagd. Daardoor hebben ze meer kans te ontsnappen.
- De hofmakerij en paringsrituelen van allerlei diersoorten zijn ingewikkelde aanpassingen van die soorten om kruisingen met andere verwante soorten te vermijden.
- Door de verschillende bijdansen kunnen de individuen van een bijenstaat efficiënt de ligging en kwaliteit van de nectarbronnen aan andere individuen doorgeven.



Balls van de fuut (uit: Biologie Rondon uitg. Versluys)



Wegrollen van eischaal door kokmeeuw (uit: Het dier en zijn wereld, uitg. Het Spectrum)