

Overleven in veranderend milieu

WILFRIED ERNST

Harde wind en meegevoerd zeezout maken het overleven van duinorganismen net zo moeilijk als door de mens veroorzaakte emissies en deposities van stoffen. Langdurige blootstelling aan hoge concentraties resulteert in selectie van tolerante organismen en ecosystemen.

Organismen zijn, vanaf hun ontstaan miljoenen jaren geleden, gewend aan een continu en onvoorspelbaar veranderend leefmilieu. Twee voorbeelden zijn: de opwarming van de aarde na de laatste ijstijd met meer dan 10 °C, en de verhoging van de zeespiegel met enkele tientallen meters. Met de komst van de mens en de ontwikkeling van industriële activiteiten worden organismen gedwongen zich sneller dan ooit tevoren aan veranderingen aan te passen. Er zijn nieuwe stoffen in het leefmilieu terechtgekomen die de groei van organismen beïnvloeden, bijvoorbeeld bestrijdingsmiddelen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), zware metalen, stikstof, fosfaat en zwavel. Het effect van zo een stof kan direct na uitstoot op het organisme inwerken of pas na depositie op de bodem zichtbaar worden. Veelal gaat het niet om één stof, maar om een combinatie van een heel assortiment, zoals bijvoorbeeld zwaveldioxide, zware metalen en PAK's bij de ertsverwerking.

Optimaal leefmilieu

Een organisme stelt eisen aan zijn leefmilieu. Groei, levensduur en voortplanting verlopen alleen dan goed als aan zijn eisen voldaan wordt (figuur 1). Zodra één of meerdere milieucomponenten een tekort of een te hoge concentratie tonen, kan de prestatie van een organisme zo

ver afzakken dat het in het extreme geval sterft. Is de blootstelling aan een niet te hoge emissie tijdelijk, bijvoorbeeld door veranderingen in windrichting en windsnelheid of door variatie in de industriële productie, dan zijn er nauwelijks effecten. Als niet afbreekbare stoffen zoals metalen op de bodem terecht komen is de blootstelling permanent, mits die stoffen niet door uitspoeling in diepere bodemlagen verdwijnen. Bij organische verontreiniging kan microbiële omzetting de intensiteit van de blootstelling veranderen.

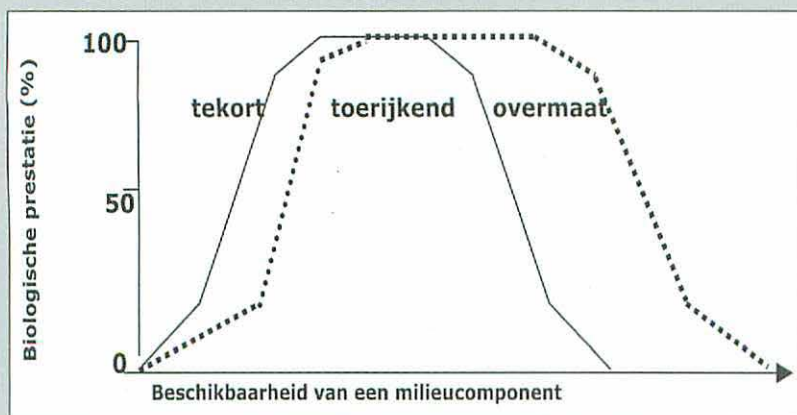
Aanpassen of sterven

Wanneer een te hoge concentratie lang aanhoudt, dan hebben organismen zoals planten en veel bodemorganismen, die niet uit een emissie- of depositiegebied kunnen ontvluchten, twee keuzes: of ze sterven uit, of ze passen hun stofwisseling aan de hogere concentratie aan. Wanneer deze aanpassing vervolgens genetisch vastgelegd wordt, dan heeft het organisme een tolerantie ontwikkeld (figuur 1, gestippelde lijn). Bij tolerante organismen verschuiven alle prestatieniveaus naar hogere milieuconcentraties. Hoe hoger de concentratie is en hoe langer de blootstelling duurt, hoe sneller het evolutieproces verloopt. Soms kunnen binnen vijf jaar volledig tolerante populaties uit voormalig gevoelige populaties ontstaan (Ernst 1999). Maar niet iedere soort heeft voldoende genetisch potentiaal om een selectie van tolerante individuen mogelijk te maken. Zulke soorten verdwijnen uiteindelijk, zodat ecosystemen in sterk vervuilde gebieden achteruitgaan in biodiversiteit.

Zand en zout

De soortenarmoede in de kustduinen heeft een vergelijkbare oorzaak. De meeste planten hebben geen resistentie tegen harde wind, zoutspRAY en zandmobiliteit ontwikkeld. Een reden daarvoor kan de onvoorspelbaarheid van de milieucondities en de snelle uitspoeling van ingewaaid zeezout uit de bovenste zandlaag zijn. Zodra bomen en struiken boven de luwe delen van de zeereep uitsteken, verdrogen bladeren en jonge takken door de mechanische beschadiging van de vaatbundels en door de uitdrogende werking van wind en zeezout.

Figuur 1 De relatieve biologische prestatie van een organisme afgezet tegen de concentratie van milieucomponent. De gestippelde lijn laat de prestaties van een organisme zien na de ontwikkeling van een tolerantie voor de betreffende component.



Metaaltolerantie

Verhoogde concentraties van metalen en hun periode van blootstelling kunnen een verschillende oorzaak hebben. In bodems in zuur gesteente zijn concentraties aan mangaan en aluminium van nature hoog. Planten hebben hier gedurende duizenden jaren een tolerantie voor kunnen ontwikkelen. Door depositie van verzurende stoffen kan de zuurgraad in deze bodems nog verder verhoogd worden; daardoor wordt de biologische beschikbaarheid van deze elementen vergroot en de organismen worden gedwongen nog verdere aanpassingen aan een nieuwe overmaat te treffen.

Schimmelsymbiose

Veel korter is de periode voor de evolutie van tolerantie tegen hoge concentraties van cadmium, koper, lood en zink in gebieden met industriële activiteiten. Op plekken met hoge metaalconcentraties overleven alleen enkele planten-, schimmel- en bacteriesoorten die een aanzienlijke metaaltolerantie ontwikkeld hebben. Veelal hebben micro-organismen een hogere metaaltolerantie dan planten. Een symbiose met arbusculaire mycorrhiza-schimmels kan voor planten voordelig zijn doordat de schimmels metalen in hun schimmeldraden tegenhouden of in een andere chemische toestand brengen. Voor de ontwikkeling van metaaltolerantie is niet het totale metaalgehalte van de bodem beslissend, maar alleen de biologisch beschikbare fractie, dus wat de planten kunnen opnemen. Deze kan verminderd worden door een hoog gehalte aan organische stof of door een lage zuurgraad, dus een hoge pH (Ernst 2004). De uitstoot van zware metalen door de industrieën in de IJmond verhoogt weliswaar het ijzer-,

mangaan- en zinkgehalte van bodem en planten en in de voedselketen van dieren, maar de biologisch beschikbare metaalfractie in de kalkrijke duinen is nog te laag om meetbare metaaltolerantie in duinorganismen te kunnen vaststellen. Bodemdieren zijn nauwelijks in staat metaaltolerantie te ontwikkelen. Daarom zijn zij alleen op minder vervuilde bodems aanwezig (Timmermans et al. 2005).

Gratis bemesting

Soms kunnen emissies en deposities ook voordelig zijn voor organismen, namelijk wanneer het nutriënten zoals stikstof, zwavel of zink betreft en de organismen lange tijd onder niet-optimale condities geleefd hebben. De periode van hoge emissies van zwaveldioxide heeft veel korstmossen doen verdwijnen, maar tegelijkertijd vele kruisbloemigen, zoals zandraket en grote zandkool, zodanig in hun grote zwavelbehoefte voorzien dat zij zich sterk uitgebreid hebben (Ernst 2004). Na de reductie van de zwaveluitstoot door rookgasontzwaveling en overschakeling van steenkool op aardgas kregen landbouwgewassen een tekort aan zwavel en is nu aanvullende bemesting nodig om opbrengst en voedselkwaliteit te waarborgen. Deze tekorten zijn nog niet bij wilde kruisbloemigen vastgesteld. Luchtverontreiniging met stikstof heeft stikstofminnende organismen in de duinen gestimuleerd. Zo heeft duinriet in de kustduinen een grote dominantie in de vegetatie kunnen bereiken. Door de opslag van veel aminozuren in overblijvende plantendelen in de herfst kan dit gras in het voorjaar sneller van de eigen stikstofreserve gebruik maken dan plantensoorten die stikstof als nitraat in de wortelstokken opslaan en eerst het nitraat opnieuw in aminozuren moeten omzetten.

Kale takken en scheefgroei worden in de kustduinen eerder veroorzaakt door wind en zout dan door vervuiling (foto: Joos Versfelt).



WILFRIED ERNST IS EMERITUS-HOOGLERAAR PLANTKUNDE BIJ DE VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM

LITERATUURVERWIJZING

- ERNST, W.H.O., 1999. EVOLUTION OF PLANTS ON SOILS ANTHROPOGENICALLY CONTAMINATED BY HEAVY METALS. IN: VAN RAAMSDONK, L.W.D., DEN NIJS, J.C.M. (EDS.), PLANT EVOLUTION IN MAN-MADE HABITATS. INSTITUTE FOR SYSTEMATICS AND POPULATION BIOLOGY, UNIVERSITY OF AMSTERDAM, PP. 13-27.
- ERNST, W.H.O., 2004. VEGETATION, ORGANIC MATTER AND SOIL QUALITY. IN: DOELMAN, P., EUSACKERS, H.J.P. (EDS.), VITAL SOIL: FUNCTION, VALUE AND PROPERTIES. ELSEVIER, AMSTERDAM, PP. 41-98.
- TIMMERMANS, M.J.T.N., ELLERS, J., ROELOFS, D., VAN STRAALEN, N.M., 2005. METALLOTHIONEIN mRNA EXPRESSION AND CADMIUM TOLERANCE IN METAL-STRESSED AND REFERENCE POPULATIONS OF THE SPRINGTAIL ORCHESSELLA CINCTA. ECOTOXICOLOGY 14, 727-739.