

S T R E S S

B I J P L A N T E N



In september 1990 is aan de Rijksuniversiteit Groningen een onderzoek gestart naar de effecten van zure regen op de vitaliteit en stressgevoeligheid van planten. Zure regen tast de vitaliteit van de planten aan. Behalve rechtstreekse schade in de vorm van blad- en wortelschade, zijn er ook indirecte effecten zoals bij voorbeeld groeiremming en een verminderde weerstand tegen natuurlijke stressfactoren als vorst, droogte, ziekte en plagen. Doel van het onderzoek is meer inzicht te krijgen in de mechanismen van verhoogde gevoeligheid als gevolg van zure regen. De resultaten van dit onderzoek kunnen ertoe leiden, dat de normen voor luchtverontreiniging in de toekomst worden aangetast.

Han Clement

De manier waarop luchtverontreinigingscomponenten aangrijpen op planten is niet eenduidig. Dit is per stof verschillend en hangt sterk af van de heersende omstandigheden, zoals het klimaat en de gesteldheid van de bodem. Op arme zandgronden zijn de gevolgen van de zure regen vele malen ernstiger dan op voedselrijke bodems. Deze bodems zijn namelijk minder goed in staat de verzuring te neutraliseren, omdat ze weinig kalk bevatten. Grofweg kunnen we echter twee wegen onderscheiden. Allereerst zijn er de directe effecten van het gas op de bovengrondse delen van de plant. Daarnaast heeft zure regen, via de reacties die in de bodem plaatsvinden, gevolgen voor de wortels. Omdat de boven- en ondergrondse delen van een plant met elkaar in contact staan, kunnen processen in de spruit toch het functioneren van de wortels beïnvloeden en omgekeerd.

Droge en natte depositie

Bij de bovengrondse effecten van luchtverontreiniging moeten we onderscheid maken tussen droge en natte depositie. Van droge depositie wordt gesproken als de luchtverontreinigingscomponenten zonder tussenkomst van neerslag op de plant of bodem terecht komen. Men spreekt van natte depositie wanneer de gassen in de neerslag oplossen en zo de plant bereiken. In de waterdruppeltjes, maar ook in mist of op natte oppervlakken, kunnen de luchtverontreinigingscomponenten in andere stoffen worden omgezet. Zwaveldioxide en stikstofoxiden kunnen met licht, water en zuurstof reageren tot zwavelzuur en salpeterzuur. Zwaveldioxide en ammoniak reageren met elkaar tot ammoniumsulfaat. Uit wetenschappelijk onderzoek gedurende de laatste decennia is gebleken dat beide vormen van depositie grote gevolgen hebben voor het functioneren van de plant. Ammoniak, en het hieruit gevormde ammoniumsulfaat, worden gezien als de belangrijkste veroorzakers van de bossterfte in Nederland. Door de intensieve veehouderij en het veelvuldig gebruik van kunstmest is de depositie hiervan de laatste 100 jaar vertienvoudigd. Dit werd eerst

niet als zorgwekkend gezien, omdat stikstof in deze vorm beschouwd werd als meststof en niet als vervuiling. Onderzoek heeft echter uitgewezen dat juist de overmaat aan stikstof de plant in de problemen brengt.

Ammoniak is in eerste instantie niet giftig voor de plant. Het levert de plant namelijk stikstof, wat de groei stimuleert. Het gasvormige ammoniak kan direct door de huidmondjes worden opgenomen. In het blad wordt het zeer snel omgezet in stikstofrijke verbindingen, zoals aminozuren en eiwitten. Toch vindt er door de extra stikstof een verstoring plaats van de normale stofwisseling in de plant.

Ammonium kan ook gemakkelijk door het blad worden opgenomen. Deze opname wordt echter gecompenseerd door een afgifte van andere voedingsstoffen of nutriënten door het blad. Dit leidt ertoe dat in de plant een overschot aan stikstof en een tekort aan nutriënten als kalium, calcium en magnesium ontstaat. Allerlei fysiologische processen in het blad zullen daardoor worden verstoord.

Fotosynthese

Ook kunnen belangrijke produkten, zoals chlorofyl, niet meer worden gemaakt. Chlorofyl of bladgroen is verantwoordelijk voor de groene kleur van de plant en noodzakelijk voor de fotosynthese. Dit is het proces in de plant waarbij kooldioxide in het blad onder invloed van licht in suikers en zuurstof wordt omgezet. Magnesium is onmisbaar bij de vorming van chlorofyl en een tekort leidt tot een verlaagde synthese ervan. Al deze veranderingen in het metabolisme van het blad hebben tot gevolg dat het blad ernstig beschadigd raakt en zelfs kan afsterven. Nutriëntengebrek treedt niet alleen op bij ammonium, maar ook bij luchtverontreiniging met ozon. Deze stof kan op zonnige dagen gevormd worden wanneer stikstofoxiden en koolwaterstoffen met de zuurstof uit de lucht reageren. Omdat ozon erg reaktief is, kan het de wanden van de bladcellen aantasten, waardoor allerlei essentiële voedingsstoffen weglekken. Magne-

siumgebrek veroorzaakt in zo'n geval vergeling van de naalden door verminderde produktie van chlorofyl. Van zwaveldioxide, stikstofdioxide, waterstofsulfide en ook ozon is bekend dat ze de groei van de plant verminderen, doordat de fotosynthese geremd wordt. De plant probeert dit enigszins te compenseren door het vergroten van zijn bladeren, wat ten koste gaat van de groei van andere delen van de plant, zoals de wortels of zaden. De plant kan ook proberen deze giftige gassen onschadelijk te maken door ze om te zetten in andere, onschadelijke stoffen. Giftige zwavelverbindingen worden op deze manier vastgelegd in het relatief onschadelijke glutathion. Dit kost echter veel energie en bouwstoffen, die op deze manier niet voor processen als groei gebruikt kunnen worden. Bovendien zijn er minder mogelijkheden over om schadelijke tussenprodukten, die altijd bij allerlei processen in de plant ontstaan, op te ruimen.

Ondergrondse effecten

Wanneer de luchtverontreinigingscomponenten in de bodem terecht komen, vinden ook daar allerlei reacties plaats. Allereerst is er de mogelijkheid dat zwaveldioxide en stikstofdioxide in zwavelzuur en salpeterzuur worden omgezet wanneer deze met water reageren. Ammoniak kan in de bodem door bodembacteriën in salpeterzuur omgezet worden. Dit heeft een sterke verzuring van de bodem tot gevolg, wat effect heeft op het chemisch evenwicht in de grond. Aluminium en een aantal zware metalen, die normaal sterk gebonden zitten aan bodemdeeltjes, kunnen door de verzuring in het bodemwater oplossen. Op deze manier kunnen ze in hoge concentraties voor gaan komen, wat zeer schadelijk is voor de in de bodem aanwezige organismen. Zo zijn bijvoorbeeld de fijne wortels en wortelharen erg gevoelig voor zware metalen. De vrije metalen binden ook in sterke mate aan fosfaat, een ander essentieel element, dat op deze manier dus niet meer voor de plant beschikbaar is.

Mycorrhiza

Door de verzuring, de hoge concentratie ammonium en het vrijkomen van zware metalen gaat ook het aantal mycorrhiza's in de bodem achteruit. Mycorrhiza's zijn samenlevingsvormen tussen de schimmeldraden van paddestoelen en de wortels van een plant. De schimmeldraden vormen een fijn netwerk om de wortel heen. De schimmel, die erg efficiënt voedingsstoffen uit de bodem op kan nemen, geeft deze via het netwerk door aan de plant. Bovendien beschermt hij de plant tegen infecties en droogte. De plant scheidt allerlei suikers, vitaminen en aminozuren uit die de schimmel nodig heeft om te kunnen groeien.

Beide organismen hebben dus baat bij deze vorm van samenleven. Wanneer de schimmel sterft, heeft dit grote gevolgen voor de plant. Deze krijgt immers minder voedingsstoffen binnen en zijn konditie verslechtert. Het is tot nu toe niet goed bekend of het verdwijnen van de mycorrhiza direct het gevolg is van de verzuring van de bodem. Het is ook mogelijk dat de verslechterde konditie van de plant een verminderde stroom van suikers naar de schimmel doet plaatsvinden waardoor deze de schimmel niet meer kan onderhouden.

Al deze processen zijn vooral van belang op de arme zandgronden. Deze gronden hebben weinig kalk om de verzuring te neutraliseren. Bovendien hebben ze weinig voedingsstoffen. Wanneer deze voor de plant onbereikbaar worden ontstaat er snel een nutriëntentekort. Door de combinatie van al deze factoren hebben vooral de planten in deze gebieden het zwaar te verduren.

Andere stressfactoren

Uit bovenstaande voorbeelden blijkt, dat luchtvervuiling, zowel via reacties in de spruit als in de wortel, een grote invloed kan hebben op het functioneren van de plant. Ook is gebleken dat planten bij begassing in het laboratorium erg hoge concentraties van deze gassen kunnen weerstaan, voor ze zichtbare schade gaan vertonen. Toch zien we in de natuur de schadelijke effecten van luchtvervuiling. De verklaring hiervoor moet worden gezocht in het feit dat ook een lichte dosis van een bepaalde luchtverontreinigingscomponent het normale functioneren van een plant kan verstoren. De plant raakt hierdoor verzwakt, wat hem gevoeliger maakt voor natuurlijke stressfactoren, zoals infecties, insectenvraat, droogte en vorst.

Zo is uit onderzoek bekend dat planten die in sterk vervuilde gebieden staan veel vatbaarder zijn voor infecties van virussen of voor vraat van insecten. Deze planten zijn makkelijker toegankelijk voor allerlei ziektekiemen. Bovendien zijn ze door de vervuiling vaak rijk aan voedzame stikstofverbindingen, waardoor ze attractiever zijn voor insecten.

Droogte

Zure regen maakt een plant over het algemeen ook gevoeliger voor droogte. Zo blijkt het dunne waslaagje op het blad door ammoniak en zwaveldioxide opgelost te kunnen worden. Dit waslaagje beschermt een plant normaal tegen uitdroging. Zwaveldioxide heeft bovendien tot gevolg dat de regulering van de opening van de huidmondjes niet goed meer werkt. Bij droogte gaan de huidmondjes dan niet meer dicht, om de verdamping tegen te gaan, maar blijven ge-

opend. Hierdoor neemt de gevoeligheid voor droogte toe.

Zoals al gezegd is wordt het wortelstelsel kleiner als gevolg van de luchtverontreiniging door een geringere groei en de giftigheid van de zware metalen. Het vermogen van de plant om water op te nemen vermindert hierdoor ook. Tevens maakt het verdwijnen van de mycorrhiza hem gevoeliger voor droogte.

De verminderde wortelomvang heeft ook consequenties voor de plant tijdens stormen, daar hij zich minder goed in de bodem kan verankeren.

Vorst

Ook de gevoeligheid van de plant voor vorst neemt toe als gevolg van de luchtverontreiniging. Dit verschijnsel was in Nederland goed waar te nemen na de strenge winters van 1985 en 1986. De konditie van de bossen in vervuilde gebieden was na de winter sterk verslechterd ten opzichte van de situatie ervoor. Uit onderzoek, onder andere van de Rijksuniversiteit Groningen is gebleken dat planten die met waterstofsulfide waren begast minder goed vorstresistent waren dan niet-begaste planten. De reden hiervoor is nog niet goed bekend, maar gedacht wordt dat de luchtverontreinigingscomponenten reageren met stoffen die nodig zijn om de plant in de winter te laten overleven. Dit zou ook gelden voor zwaveldioxide en ozon. Ammoniak lijkt op een andere manier de vorstgevoeligheid te beïnvloeden. Het proces van afharding, dat normaal in de herfst op gang komt en de plant in zekere zin ongevoelig maakt voor koude, zou door ammoniak verstoord kunnen worden. In het onderzoek dat in september 1990 door de Wetenschapswinkel voor Biologie in nauwe samenwerking met de Vakgroep Biologie van Planten is gestart, zal geprobeerd worden achter de mechanismen van de verhoogde vorstgevoeligheid als gevolg van de luchtverontreiniging te komen. Mogelijk kunnen de resultaten in de toekomst door beleidsmakers gebruikt worden om de norm voor luchtverontreiniging aan te scherpen.

Literatuur

- A. W. Boxman en H. F. G. van Dijk (1988), Het effect van landbouw ammonium deposities op bos en heidevegetaties. Eindrapport Verzuuringsonderzoek.
- Th. A. Dueck, F. G. Dorël, R. ter Horst en L. J. van der Eerden (1990), Effect of ammonia, ammonium sulphate and sulphur dioxide on the frost sensitivity of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.).
- F. Maas (1987), Responses of plants to sulfur containing air pollutants (H_2S and SO_2).
- T. A. Mansfield, P. W. Lucas en E. A. Wright (1988), Interactions between air pollutants and other limiting factors.
- B. Nihlgård (1985), The ammonium hypothesis - An additional explanation to the forest dieback in Europe.