



Bodemchemie in de duinen

foto's Koen Moons

De plantengroei in afzonderlijke delen van de Nederlandse duinen reageert verschillend op de aanvoer van stikstof (N), hetgeen te zien is aan de mate van vergrassing en verstruweling. Dit heeft te maken met een verschil in herkomst van het moedermateriaal, de ouderdom en de daarmee samenhangende bodemkundige ontwikkeling van de duinbodem. Fosfaat (P) en N zijn voor planten essentiële voedingsstoffen. IJzer, aluminium en pH beïnvloeden op verschillende manier de beschikbaarheid van N en P voor de vegetatie en daarmee de biomassa-productie. Kennis over deze processen kan van invloed zijn op het te voeren beheer. Beheermaatregelen in de duinen zijn dan ook maatwerk.

— Annemieke Kooijman (IBED-UvA)

> DE NEDERLANDSE KUSTDUINEN verschillen lokaal sterk in bodemchemische samenstelling. Zo heeft het zogenoemde Renodunaal district van Zuidwest-Nederland zand dat afkomstig is uit relatief jonge delen van centraal-Europa, dat van origine relatief rijk is aan kalk, ijzer en aluminium. Het kalkgehalte kan oplopen tot 8-10%. Binnen het Renodunaal district is over het algemeen een zonering in het duingebied aanwezig. Nabij de kust zijn de duinen relatief jong en is de bodem tot bovenin het profiel (nog) kalkhoudend. In het iets oudere middenduin is de bovengrond tot ca 25 cm ontkalkt en verzuurd geraakt, maar is de bodem daaronder nog kalkhoudend. In de oudere achterduinen is de bodem tot enkele meters diep ontkalkt. Het kalkgehalte en de pH nemen in de richting van de jongere zeeduinen naar de oudere achterduinen dus duidelijk af. Dit geldt echter niet voor ijzer (en aluminium). Deze neemt juist toe in de oudere duinen, doordat ijzerhoudende verweerbare mineralen juist in zure bodem beter oplossen. Van belang hierbij is dat ijzer (en aluminium) van origine vooral in minerale vorm voorkomt, bijvoorbeeld als ijzerhydroxide. In oudere bodems met hoge organische stofgehalten kan echter een (flink) deel van de ijzer omgezet zijn van minerale naar organische vorm, als onderdeel van een ijzer-organische stofcomplex. Dit resulteert in een verschuiving in de binding en beschikbaarheid van P.

Het Waddendistrict van Noord-Nederland, dat begint bij het Noord-Hollandse Bergen, wordt juist gekenmerkt door kalk- en mineraalarm zand, wat ook witter van kleur is. Het zand is afkomstig uit relatief oude, doorverweerde delen van het Noordoost-Europese Baltische schild. Omdat het zand veelal minder dan 1%

kalk bevat, is er vaak ook nauwelijks een zonering in de bodem aanwezig. Alleen hele jonge, actieve delen van het duingebied hebben een iets hogere pH, maar over het algemeen zijn de bodems ontkalkt en verzuurd. IJzer (en aluminium) komt vrijwel niet voor en dan alleen in de vorm van complexen met organische stof.

Beschikbaarheid van fosfaat

De verschillen in bodemchemie tussen het Renodunaal- en Waddendistrict zijn van betekenis voor de regulatie van beschikbaarheid van fosfaat (P). De beschikbaarheid van P is vooral afhankelijk van de pH in de bodem, in combinatie met de hoeveelheid kalk dan wel ijzer (en aluminium). Als er veel kalk of ijzer is, kan er P-fixatie optreden door chemische vastlegging van P in de bodem. Bij hoge pH en aanwezigheid van kalk, zoals in de kalkhoudende zeeduinen van het Renodunaal district, zal P voor een groot deel worden vastgelegd als calciumfosfaat. Dit is bij hoge pH niet beschikbaar voor de vegetatie. Pas in de middenduinen, waar de kalk in de bovengrond is opgelost en de pH wat lager is geworden, is ook calciumfosfaat goed oplosbaar. Dit brengt een grote verhoging van de P-beschikbaarheid met zich mee en een forse verhoging van de biomassa-productie in dit deel van het duin. Hierdoor groeien ook struwelen goed in de middenduinen.

In de achterduinen, waar de bodem diep ont-kalkt en zuur is, zorgt oplossing van verweerbare mineralen voor hoge gehalten aan ijzer (en aluminium). Dit ijzer gaat een binding aan met fosfaat, waarbij P chemisch wordt vastgelegd in de vorm van ijzerfosfaat. P wordt sterk gebonden en is vrijwel niet beschikbaar voor de vegetatie. Als er echter veel organische stof

in de bodem aanwezig is, werkt dit P-fixatie mechanisme minder goed. Het vrijgekomen ijzer gaat dan eerst een verbinding aan met organische stof. Daardoor blijft er minder bindingsruimte over voor P. Fosfaat wordt uiteindelijk wel gebonden, maar veel minder sterk en kan gemakkelijk weer beschikbaar komen voor de vegetatie. Dus vergeleken met het middenduin is er sprake van minder biomassa-productie.

In het Waddendistrict is er veel minder kalk en ijzer in de bodem aanwezig en speelt P-fixatie in de vorm van calcium- of ijzerfosfaat vrijwel geen rol. De P-beschikbaarheid is hierdoor vrijwel altijd relatief hoog, hoewel de uiteindelijke voorraad P in de bodem veel lager kan zijn dan in het Renodunaal district. Dus een hoge beschikbaarheid, zelfs bij lage hoeveelheden in de bodem. Als gevolg van de hoge P-beschikbaarheid is de vegetatie in het Wadden district N-gelimiteerd en heeft atmosferische N-depositie een duidelijke, stimulerende rol gehad in de vergrassing.

Atmosferische stikstofdepositie

De beschikbaarheid van N wordt voor een belangrijk deel bepaald door de hoge atmosferische N-depositie. In duingraslanden is de N-depositie vrijwel overal hoger dan de kritische depositie van 10-20 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹. Bovendien zijn er aanwijzingen dat zelfs een matige N-depositie van 5-8 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ al kan leiden tot vergrassing en achteruitgang van duingraslanden in de grijze duinen. Hoewel hoge N-depositie in duingraslanden wat betreft vergrassing een belangrijke rol heeft gespeeld, kan het effect hiervan versterkt of verzwakt worden door andere factoren als de beschikbaarheid van P en de pH in de bodem.

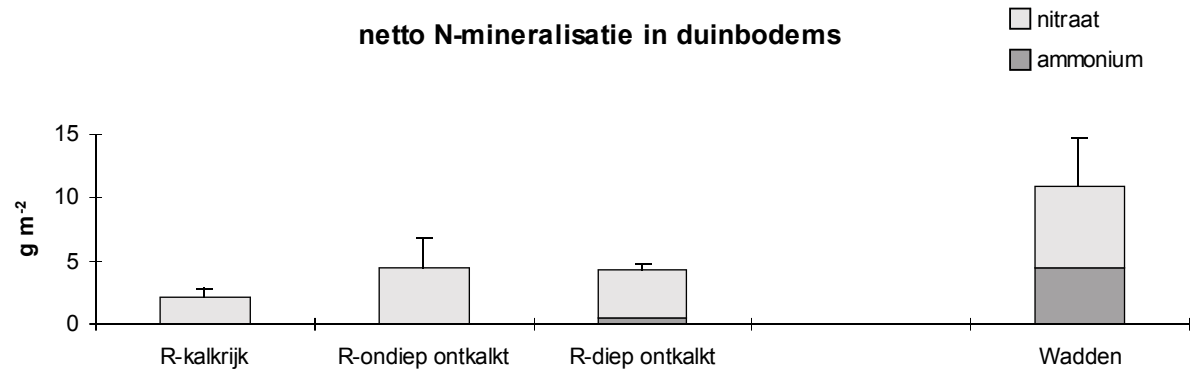




foto's Hans van den Bos, Bosbeeld.nl



Figuur 1 Netto N-mineralisatie in het veld gedurende het groeiseizoen in vergraste vegetatie van verschillende duinzones. R = Renodunaal district. Gegevens gebaseerd op Kooijman & Besse (2002).



Stikstof komt vrij bij de afbraak van organische stof, en komt ook uit de lucht. Over het algemeen is het zo dat hoe hoger de biomassa is, hoe meer strooisel er geproduceerd wordt, en hoe hoger de netto N-mineralisatie in de bodem zal zijn. Als de beschikbaarheid van P echter een beperkende factor is, zoals in de kalkrijke voorduinen en de ijzerrijke achterduinen van het Renodunaal district, wordt de groei van de vegetatie geremd. Zowel N als P zijn essentiële voedingsstoffen, die in een bepaalde verhouding opgenomen moeten worden. Als er een tekort van de een is (P), leidt een hogere beschikbaarheid van de ander (N) niet tot hogere groeisnelheid. Door geremde plantengroei bij P-limitatie zullen ook de strooiselproductie en netto N-mineralisatie relatief laag zijn, zelfs bij hoge atmosferische N-depositie. Als P echter geen beperkende factor is, wordt de plantengroei wel degelijk gestimuleerd door hoge N-depositie. Dit is het geval in de middenduinen van het Renodunaaldistrict, waar alle calciumfosfaat is opgelost, maar ook in de kalk- en ijzerarme bodems van het Waddendistrict.

Mineralisatie van N over pH-gradient

Ook de pH van de bodem is van belang voor de N-beschikbaarheid voor de vegetatie. Stikstof komt onder andere vrij bij de afbraak van organische stof, en in kalkrijke bodems met hoge pH is de afbraaksnelheid hoger dan in zure bodems. Ook de hoeveelheid N die in zijn totaliteit (bruto) vrijkomt, is hoger in kalkrijke dan in zure bodems. Volgens het klassieke beeld zou 'dus' ook de netto beschikbaarheid van N voor de vegetatie in kalkrijke bodems hoger zijn dan in zure bodems, maar dat (blijkt niet het geval te zijn.

In zure duinbodems, met name in het Waddendistrict, is de netto N-beschikbaarheid juist een heel stuk hoger dan in kalkrijke bodems, dus tegengesteld aan de verwachting. Voor bosbodems is uitgezocht dat verschillen in micro-organismen hierbij een belangrijke rol spelen. In kalkrijke bodems zitten vooral

bacteriën, die weliswaar een hogere activiteit hebben dan de schimmels uit de zure bodems, maar zelf ook veel meer N nodig hebben. Misschien is dit omdat bacteriën in tegenstelling tot schimmels voor hun groei telkens complete nieuwe cellen moeten maken. Op deze wijze kan er in kalkrijke bodems bruto meer N worden vrijgemaakt, maar doordat een zo groot deel wordt vastgelegd in micro-organismen en vervolgens in organische stof in de bodem, blijft er netto minder voor de vegetatie over. Dit is voor duinbodems nog niet goed onderzocht, maar het zou een verklaring kunnen zijn voor de lage netto N-mineralisatie in kalkrijke duinbodems (Figuur 1) en hiermee tevens voor de lagere snelheid van vergrassing. Omgekeerd is in zure bodems de hoeveelheid N die bruto vrijkomt gering, maar omdat schimmels zelf weinig N nodig hebben blijft er dus relatief veel N voor de vegetatie over. Er blijft zelfs zoveel over, dat een relatief kleine verhoging in strooiselinput resulteert in een grote toename van de N-beschikbaarheid voor de vegetatie. Ook wordt de atmosferische N-depositie op deze manier extra efficiënt door de vegetatie benut. Dit zelfversterkende proces van meer strooisel, meer nutriënten, een hogere groeisnelheid en nog weer meer strooisel, heeft een grote rol gespeeld bij de sterke vergrassing in de zure bodems van het Waddendistrict. In de zure bodems van het Renodunaaldistrict is dit mechanisme waarschijnlijk minder belangrijk geweest, omdat daar de groeisnelheid voor een deel door P-limitatie wordt beperkt.

Beheer

Op basis van deze kennis van de bodemprocessen kan de beheerder een route bepalen om te komen tot de juiste beheersmaatregel bij problemen met vergrassing of verstruweling in de duinen. De beschikbaarheid van P is een sleutelfactor. Bodemanalyse op beschikbaar P is mogelijk, maar is ingewikkeld en duur. Het is beter aan de hand van de locatie te bekijken of de P-beschikbaarheid teruggedrongen kan

worden door bijvoorbeeld een kalkrijkere of organische stofarmere bodem (verstuiving). Probeer vervolgens ook een beeld te krijgen van de actuele N-depositie. Let hierbij op dat het model dat het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gebruikt de daarwerkelijke N-depositie onderschat. In de kalkrijke Renodunaal situatie is het meestal eenvoudiger (door de relatief beperkte beschikbaarheid van N en P) de vegetatie in de gewenste richting bij te sturen. In zure bodems is dit veel moeilijker. In bodems met een licht verhoogde P-beschikbaarheid is begrazen of lichte verstuiven een goede maatregel, maar als dit niet helpt is eigenlijk alleen afgraven of ontwikkeling tot bos nog als laatste werkwijze mogelijk. Bij dit laatste is echter de vestiging van Amerikaanse vogelkers een probleem.

Annemieke Kooijman

Voor wie meer wil lezen, is een aantal OBN-rapporten beschikbaar.

Kooijman, A.M., Besse, M. en Haak, R. Effectgerichte maatregelen tegen verzuring en eutrofiering in open droge duinen (2005). Directie Kennis, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, rapport DK 2005/dk008-O.

Kooijman, A.M., Noordijk, E., Hinsberg, A. van en Cusell, C. (2009). Stikstofdepositie in de duinen; een analyse van de N-depositie, de kritische niveaus, de erfenis uit het verleden en de stikstofefficiëntie in verschillende duinzones. Rapport Universiteit van Amsterdam, in opdracht van Waternet, Dunea en PWN.

Arens, S.M., Burg, A.B. van den, Esselink, P., Grootjans, A.P., Jungerius, P.D., Kooijman, A.M., Leeuw, C. de, Löffler, M., Nijssen, M., Oost, A.P., Oosten, H. van, Stuyfzand, P.J., Turnhout, C.A.M., Vogels, J.J. en Wolters, M. (2009). Preadvies Duin- en Kustlandschap. Directie Kennis Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Rapport DK nr 2009/dk113-0.