

N:P-ratio en diversiteit in soortenrijke graslanden

N:P-ratio
productiviteit
soortenrijke graslanden
Rode Lijstsoorten
beheermaatregelen

De resultaten van herstelprojecten gericht op Nederlandse soortenrijke graslanden zijn wisselend en in veel graslanden neemt de soortenrijkdom nog steeds af (Vereniging Natuurmonumenten, 2008). In dit artikel onderzoeken wij de mogelijke invloed van de relatieve stikstof-fosforbeschikbaarheid op de soortensamenstelling van soortenrijke graslanden en de relevantie daarvan voor het beheer.

Eén van de belangrijkste oorzaken van de soortafname in Nederlandse soortenrijke graslanden is vermessing (Dirkx & De Knecht, 2014). Om de invloed van vermessing te verminderen worden beheermaatregelen uitgevoerd als maaien, afvoeren of plaggen die de hoeveelheid beschikbare nutriënten verlagen. Deze vorm van beheer is gebaseerd op de bekende *hump-shaped curve* van Grime (2001), waarin de soortenrijkdom maximaal is in matig productieve ecosystemen en afneemt bij hogere productiviteit. Studies op Euraziatische schaal hebben aangetoond dat niet alleen de productiviteit, maar vooral de verhouding tussen stikstof en fosfor in de bovengrondse biomassa (de N:P-ratio) van belang is voor zowel de totale soortenrijkdom als het aantal aanwezige Rode Lijstsoorten (Wassen *et al.*, 2005; Fujita *et al.*, 2014). In dit artikel onderzoeken we of deze relatie tussen N:P-ratio en rijkdom van (Rode Lijst) soorten ook geldt voor de Nederlandse soortenrijke graslanden. Tevens bespreken we de implicaties van de bevindingen voor graslandbeheer.

N:P-ratio

De N:P-ratio geeft aan welk nutriënt de groei beperkt (Olde Venterink *et al.*, 2003) en is een betere indicator dan de afzonderlijke concentraties van N en P in de bovengrondse biomassa (Verhoeven *et al.*, 1996). Nutriëntlimitatie is het beste vast te stellen door metingen op het hoogtepunt van het groeiseizoen, omdat daarmee een goed beeld wordt verkregen van wat de vegetatie heeft opgenomen tijdens het volledige groeisei-

zoen. Voor het type vegetatie dat centraal staat in deze studie zijn kritische N:P-ratio's vastgesteld (Koerselman & Meuleman, 1996; Olde Venterink *et al.*, 2003). Een N:P-verhouding $<13,5$ wijst op N-limitatie, >16 op P-limitatie en tussen de 13,5 en 16 is er sprake van N en P-colimitatie (Güsewell & Koerselman, 2002). Ook K-limitatie (kalium) kan vastgesteld worden aan de hand van nutriëntenratio's, namelijk als de $N:K >2,1$ en $K:P <3,4$ zijn (Olde Venterink *et al.*, 2003). Het is met behulp van ratio's dus mogelijk om het voor de groei beperkende macronutriënt te bepalen. Wij analyseren hier ook hoe de relatie tussen soortenrijkdom en productiviteit samenhangt met de nutriëntbeperking.

Dataset

Fujita *et al.* (2014) hebben op 690 graslandlocaties, waarvan 287 in Nederland, de soortensamenstelling geïnventariseerd, de jaarlijkse productiviteit vastgesteld en de gehalten van N, P en K in de bovengrondse biomassa bepaald. De dataset van Fujita *et al.* (2014) is bij ons weten de grootste graslanddatabase met N:P-ratio's. Hoewel hij niet random is samengesteld, is hij wel geschikt voor het type analyse dat we hier uitvoeren aangezien de dataset een grote gradiënt in zowel productiviteit als N:P-ratio beslaat (figuren 1A en 2A). De opnames zijn gemaakt op de piek van het groeiseizoen en zijn daardoor onderling goed vergelijkbaar. De dataset bevat een breed scala aan sites zodat er getest kan worden of er – ondanks de invloed van allerlei andere milieufactoren – een robuuste relatie is tussen de N:P-ratio en soorten-

I.S. Roeling, MSc
Milieuwetenschappen,
Copernicus Instituut voor
Duurzame Ontwikkeling,
Universiteit Utrecht,
Heidelberglaan 2, 3584 CS
Utrecht
I.S.Roeling@uu.nl

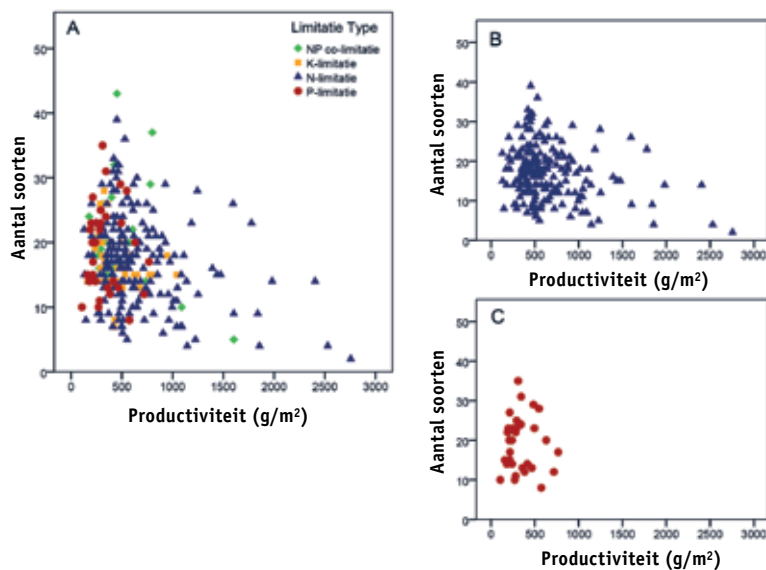
Dr. J. van Dijk
Milieuwetenschappen,
Copernicus Instituut,
Universiteit Utrecht

Dr. M.B. Eppinga
Milieuwetenschappen,
Copernicus Instituut,
Universiteit Utrecht

Dr. Y. Fujita
KWR Watercycle Research
Institute

Prof. Dr. M. J. Wassen
Milieuwetenschappen,
Copernicus Instituut,
Universiteit Utrecht.

Figuur 1 de relatie tussen productiviteit en het soorten aantal;
A: alle plots
B: N-gelimiteerde plots en
C: P-gelimiteerde plots.
 (Blauwe driehoekjes: N-gelimiteerde plots, groene ruiten: NP-cogelimiteerde plots, rode cirkels: P-gelimiteerde plots, oranje vierkanten: K-gelimiteerde plots.)



rijkdom. Zo laat figuur 1A zien dat er ook K-gelimiteerde sites in de dataset aanwezig zijn.

Productiviteit en soortenrijkdom

Figuur 1A laat zien dat in de 287 Nederlandse graslanden de hoogste soortenrijkdom bereikt wordt bij een matige productiviteit van ongeveer 500 g/m², conform de hump-shaped curve van Grime (2001). N-gelimiteerde plots komen voor over de hele productiviteitsgradiënt figuur 1B, ~100 – 2700 g/m², P-gelimiteerde plots alleen bij een productiviteit lager dan 770 g/m² (figuur 1C),

conform de bevindingen van Wassen *et al.* (2005). Plots met een hoge productiviteit (>1000 g/m²) zijn voornamelijk N-gelimiteerd (figuur 1A).

Het belang van de N:P-ratio

De relatie tussen N:P-ratio en soortenrijkdom wordt duidelijk uit figuur 2. In figuur 2A zijn de 287 opnames gelijkmatig verdeeld over drie productiviteitsgroepen (laag, midden, hoog). Alleen bij de middelste groep is er een significante (kwadratische) correlatie tussen N:P-ratio en soorten aantal. We moeten ons echter realiseren dat productiviteit en N:P-ratio niet onafhankelijk van elkaar hoeven te zijn (Fujita *et al.*, 2014). Daarom is bij vervolganalyses gecorrigeerd voor het productiviteitseffect (figuur 2B). Deze figuur toont het unieke effect van de N:P-ratio en daaruit blijkt dat bij een gegeven productiviteit het aantal soorten hoger is in plots waarbinnen P meer limiterend is.

Rode Lijstsoorten en P-limitatie

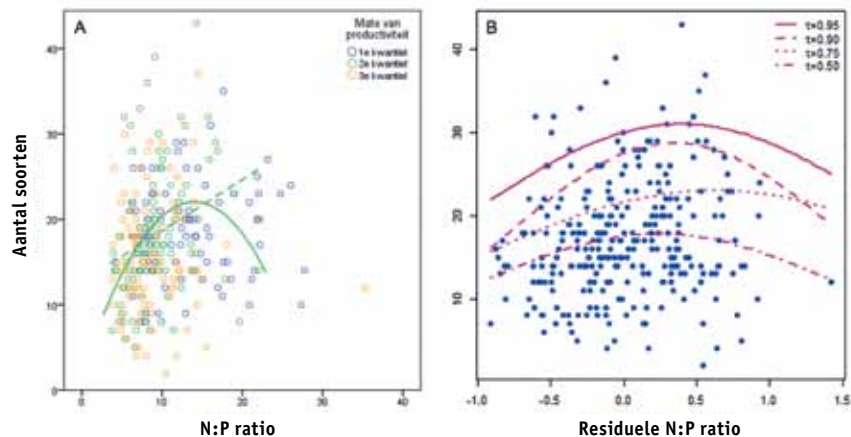
Tot nu toe hebben we gekeken naar de relatie tussen productiviteit, de N:P-ratio en soortenrijkdom. Maar hoe zit het met Rode Lijstsoorten die extra aandacht vragen van het beheer? Zowel het absolute aantal Rode Lijstsoorten (figuur 3A), als het aandeel in de totale soortengemeenschap (figuur 3B) neemt toe naarmate P meer limiterend is. Dit patroon was al eerder gevonden in een grote database van negen Europese landen tot ver in Siberië aan toe (Wassen *et al.*, 2005) en blijkt nu dus ook binnen Nederland te gelden.

Implicaties voor beheer

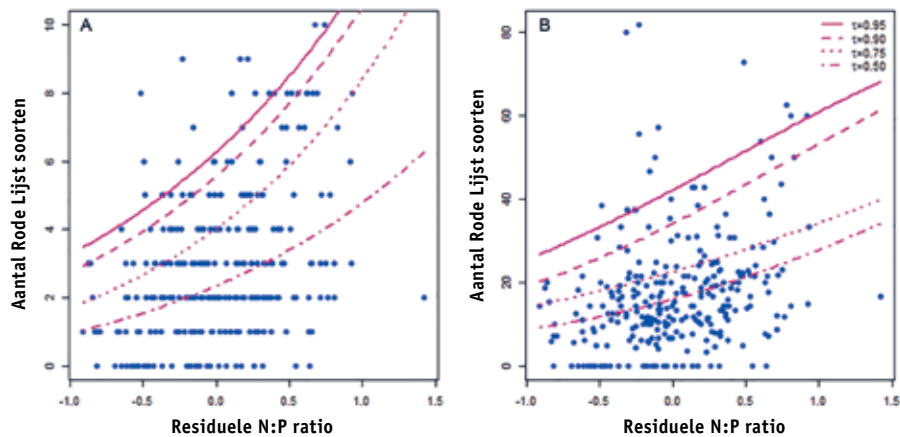
We hebben laten zien dat er een relatie is tussen de relatieve beschikbaarheid van N en P, de totale soortenrijkdom en de aanwezigheid van Rode Lijstsoorten. Deze relatie blijft ook overeind als daarbij rekening wordt ge-

Figuur 2A het gecombineerde effect van productiviteit en N:P-ratio op het aantal soorten in een plot. Datapunten opgedeeld in drie productiviteitskwantielen: (1) blauw, $\pm 100-400$ g/m², (2) groen, $\pm 400-590$, (3) oranje, $\pm 595-2756$. Getoonde lijn is een kwadratische functie: $y \approx 1.729 + 2.898x - 0.103x^2$; $p = 0.001$; $R^2 = 0.149$, $F = 8.073$. Een lineaire functie (onderbroken lijn) is ook significant, maar verklaart minder variatie: $p = 0.005$; $R^2 = 0.083$ en $F = 8.411$.

Figuur 2B relatie tussen aantal soorten en N:P-ratio, gecorrigeerd voor productiviteitseffecten volgens de methode van Fujita *et al.* (2014). De resultaten van de quantile regression voor kwantielen 0.50, 0.75, 0.90 en 0.95 worden ook weergegeven. Een residuele N:P-ratio van 0 staat gelijk aan de verwachte N:P-ratio voor een gegeven productiviteitsniveau. Hogere (>0) waarden: hogere N:P-ratio dan verwacht (P meer limiterend), lagere waarden (<0): lagere N:P-ratio dan verwacht (N meer limiterend).



houden met verschillen in productiviteit tussen N- en P-gelimiterde systemen. In het huidige beheer wordt weinig rekening gehouden met de N:P-ratio en dit zou kunnen verklaren waarom beheermaatregelen in sommige situaties niet leiden tot de gewenste ontwikkeling van de vegetatie (Berendse *et al.*, 1992; Melman *et al.*, 2010). Een belangrijke implicatie van onze observaties is dat beheermaatregelen niet noodzakelijkerwijs gericht hoeven te zijn op het verminderen van productiviteit, maar ook gericht kunnen zijn op het veranderen van de N:P-ratio. Bij het uitvoeren van maatregelen wordt vaak al rekening gehouden met meerdere factoren, zoals hydrologie, verzuring en vermisting in het algemeen. Wij adviseren – afgaande op onze bevindingen – om ook de N:P-ratio van een gebied te meten en te kijken of gerichte sturing op N:P-ratio kan helpen om de gewenste ontwikkeling te bereiken. Onze resultaten suggereren dat maatregelen gericht op behoud of terugkeer van Rode Lijstsoorten zouden moeten aansturen op een relatieve afname van de hoeveelheid P ten opzichte van N (verhoging van de N:P-ratio dus). Daar hoort wel de kanteke-



Figuur 3A relatie tussen aantal Rode Lijstsoorten en N:P-ratio, gecorrigeerd voor productiviteitseffecten.

Figuur 3B relatie tussen het percentage Rode Lijstsoorten (van het totaal aantal soorten per plot) en N:P-ratio, gecorrigeerd voor productiviteitseffecten. Zie voor een nadere toelichting op de *quantile regression* het bijschrift bij figuur 2B.

ning bij – aangezien onze figuren een puntenwolk onder de curve laten zien – dat een hogere N:P-ratio niet in alle natuurgebieden tot een hoger aantal Rode Lijstsoorten zal leiden.

Veel van de maatregelen die nu al ingezet worden, kunnen ons inziens ook gebruikt worden om de N:P-ratio te beïnvloeden, maar daar is tot nu toe nauwelijks onderzoek naar gedaan. Een literatuurstudie naar het effect van maatregelen op de nutriëntenbeschikbaarheid (resultaten hier niet getoond) laat tegenstrijdige resultaten zien voor hun effecten op N- en P-beschikbaarheid, en daarmee vermoedelijk ook voor hun effecten op de N:P-ratio. Meer onderzoek naar de effecten van veel toegepaste maatregelen op de N:P-ratio in soortenrijke graslanden is wenselijk.

Bevindingen uit eerdere onderzoeken (onder meer Olde Venterink & Güsewell, 2010; Fujita et al., 2014) maken het ook aannemelijk dat bepaalde soorten bijvoorbeeld wel zullen voorkomen onder N-limitatie maar niet onder P-limitatie en vice versa. Wij zijn dit idee momenteel aan het onderzoeken.

Dank

Wij danken Natuurmonumenten (officiële partner) evenals Staatsbosbeheer, Landschap Overijssel en Dunea voor het verlenen van veldwerkvergunningen. David Bijl bedankt voor de statistische ondersteuning.

Literatuur

Berendse, F., M.J.M. Oomes, H.J. Altena & W.T. Elberse, 1992. Experiments on the restoration of species-rich meadows in the Netherlands. *Biological Conservation*, 62: 59-65.

Dirkx, J. & B. de Knegt, 2014. Natuurlijk kapitaal als nieuw beleidsconcept. *Balans van de Leefomgeving 2014 - Deel 7*. Den Haag. Planbureau voor de Leefomgeving.

Fujita, Y., H.O. Venterink, P.M. van Bodegom, J.C. Douma, G.W. Heil, N. Hölzel, E. Jabtoňska, W. Kotowski, T. Okruszko, P. Pawlikowski, P.C. de Ruiter & M.J. Wassen, 2014. Low investment in sexual reproduction threatens plants adapted to phosphorus limitation. *Nature*, 505: 82-6.

Grime, J.P., 2001. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*, second edition. Chichester. John Wiley & Sons Ltd.

Güsewell, S. & W. Koerselman, 2002. Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 5: 37-61.

Koerselman, W. & A. Meuleman, 1996. The vegetation N:P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1441-1450.

Melman, T.C.P., H.P.J. Huiskes & C.J. Grashof, 2010. Evaluatie botanisch graslandbeheer. *Landschap* 27/1: 17-27.

Olde Venterink, H. & S. Güsewell, 2010. Competitive interactions between two meadow grasses under nitrogen and phosphorus limitation. *Functional Ecology*, 24: 877-886.

Olde Venterink, H., M.J. Wassen, A.W.M. Verkroost & P.C. De Ruiter, 2003. Species Richness – Productivity Patterns Differ Between N-, P-, and K-Limited Wetlands. *Ecology*, 84: 2191-2199.

Vereniging Natuurmonumenten, 2008. Evaluatie Botanische Graslanden 2008. Een evaluatie van het beheer van botanische graslanden bij Natuurmonumenten. 's-Graveland.

Verhoeven, J.T.A., W. Koerselman & A.F.M. Meuleman, 1996. Nitrogen- or phosphorus-limited growth in herbaceous, wet vegetation: relations with atmospheric inputs and management regimes. *Trends in Ecology and Evolution*, 11: 494-497.

Wassen, M.J., H. Olde Venterink, E.D. Lapshina & F. Tanneberger, 2005. Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature*, 437: 547-50.