



Foto 1. Goed ontwikkeld droog heischraal grasland in het Holtingerveld (foto: Roland Bobbink).

Hoe ontwikkel je droog heischraal grasland op voormalige landbouwgrond?

Roos Loeb, Arrie van der Bij, Roland Bobbink, Jan Frouz, Joost Vogels,

Petra Benetková & Rudy van Diggelen

Droge heischrale graslanden staan in Nederland sterk onder druk door voortschrijdende bodemverzuring. Kansen voor uitbreiding van het habitatype lijken groot op voormalige landbouwgrond. Naast te hoge voedselrijkdom hebben deze ook nog belangrijke andere knelpunten. Hoe kunnen doelsoorten zich vestigen als ze niet in de directe omgeving aanwezig zijn? Ook verschilt het bodemleven in een agrarisch perceel in hoge mate van dat in een heischraal grasland. Is het noodzakelijk om de juiste bodemfauna te introduceren, en zo ja, hoe dan?

Het gaat niet goed met heischrale graslanden (kader 1, foto 1) in Nederland. Kenmerkende planten en dieren staan al decennia onder druk van verzuring en vermesting. Helaas is de al eerder ingezette achteruitgang nog niet gestopt in het huidige millennium. Zelfs tot voor kort tamelijk algemene soorten als hondsviooltje (*Viola canina*) en tandjesgras (*Danthonia decumbens*) nemen de laatste jaren af. De slechte tot matige vegetatiekwaliteit van droge heischrale graslanden is

in hoge mate gekoppeld aan verder voortgeschreden bodemverzuring, met (sterk) verlaagde beschikbaarheid van basische kationen (Ca, Mg & K) en verhoogde concentraties van aluminium. Dit is het gevolg van de te hoge stikstofdepositie (Bobbink et al., 2017). Tevens is de trend voor kenmerkende diersoorten van het habitatype (8 vlindersoorten, 1 krekkel) ook overwegend negatief. Kortom, de staat van instandhouding van dit prioritaire habitatype (H6230) is dramatisch slecht, met name voor het droge type, en zowel verbetering van de kwaliteit als uitbreiding is dringend vereist (van der Zee et al., 2017).

Vanwege de verzuring in natuurterreinen op de hogere zandgronden, zal herstel van droog heischraal grasland gepaard moeten gaan met het herstellen van de basenverzuring (van der Zee et al., 2017). Dit maakt

uitbreiding van het habitatype op korte termijn lastiger, omdat hiervoor op grote schaal steenmeel met basische kationen of kalk moet worden toegediend.

Belang voormalige landbouwgronden

Afgelopen decennia zijn in Nederland, onder andere voor het realiseren van het Natuurnetwerk Nederland, percelen heringericht die voordien een agrarische bestemming hadden. Voormalige landbouwgronden zouden in potentie geschikt kunnen zijn voor de ontwikkeling van heischrale graslanden. Doordat ze meestal jarenlang bekalft zijn geweest, is de bodembuffering hier niet of veel minder aangetast. Daarnaast komt bij eventuele ontgronding om de nutriëntenrijke toplaag af te graven materiaal aan het oppervlak waarop atmosferische depositie weinig invloed heeft gehad. In voormalige land-

Kader 1. Wat is droog heischraal grasland?

Heischraal grasland is een van oorsprong soortenrijk ecosysteem op vooral zandige bodem. Goed ontwikkeld zijn ze rijk aan allerlei grassoorten, kruiden en paddenstoelen. Heischrale graslanden komen in verschillende variaties voor op uiteenlopende bodemtypen: op de hogere zandgronden komen heischrale graslanden zowel op droge standplaatsen (de associatie van liggend walstro en schapengras) (foto 1) als op relatief natte (de associatie van klokjesgentiaan en borstelgras) voor.

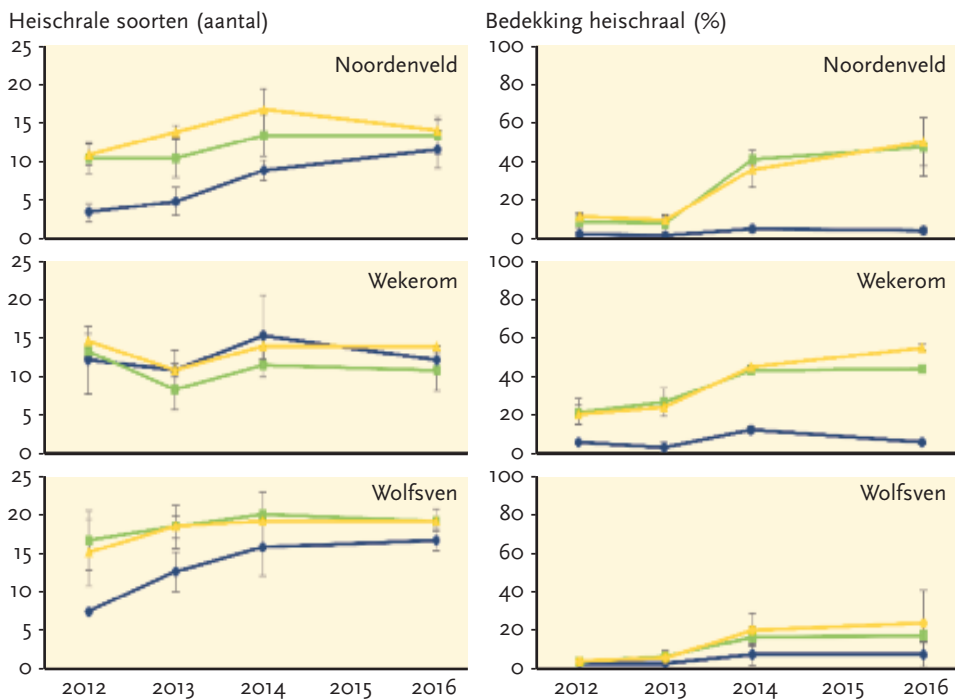


Fig. 1. Aantal en bedekking van heischrale soorten op de drie locaties gedurende vijf jaar na de start van de behandelingen (per 4 m²) (Noordenveld n=4, Wekerom n=2, Wolfsven n=3).

—●— Controle
—■— Maaisel
—▲— Maaisel & zaad

in het Dwingelderveld (maaisel van de Kleine Startbaan, bodemmateriaal van de Grote startbaan; beide bij Havelte), in centraal-Nederland (Veluwe) bij Wekerom (materiaal van militair oefenterrein De Harskamp) en in het zuiden bij het Wolfsven (materiaal van de Groote Heide bij Venlo). Afhankelijk van afspraken met beheerders en regionale beschikbaarheid zijn zaden toegediend van kenmerkende heischrale plantensoorten, zoals valkruid, tandjesgras en echte guldenroede (*Solidago virgaurea*).

Toedienen maaisel

Na vijf jaar waren er grote verschillen tussen de proefvlakken die vers maaisel toegediend hadden gekregen en de autonoom ontwikkelende controleproefvlakken (alleen ontgronden). Algemene soorten als gewoon struisgras, smalle weegbree, struikhei en gewoon biggenkruid werden al snel de belangrijkste soorten in proefvlakken waar niets aan toe was gevoegd en soorten die karakteristiek zijn voor heischrale graslanden vestigden zich maar in zeer beperkte mate vanzelf. Ook als soorten in de nabije omgeving van de proefvlakken (in een straal van circa 50 meter) aanwezig waren, bleek een groot deel zich niet te vestigen op de recent ontgronde bodem.

De proefvlakken met maaiseltoediening hadden vaak een hoger aantal soorten die typerend zijn voor heischrale graslanden (gedurende de looptijd van het experiment significant verschillend voor Noordenveld en Wolfsven) en altijd een significant hogere bedekking met deze soorten (fig. 1; foto 2). Zij vertoonden meer gelijkis met de donorgebieden en de begroeiing kon vaker worden geclassificeerd als de associatie van liggend walstro en schapengras. Ongeveer 20 tot 65% van het totaal aantal soorten die aanwezig waren op de donorlocatie van het maaisel, wist zich in vijf jaar te vestigen in het recent ontgronde terrein. Deze percentages komen goed overeen met percentages die in andere veldexperimenten met droge graslanden in Noord-Westeuropa zijn gevonden (Kiehl et al., 2010). Onder de soorten die zich vanuit het maaisel vestigden, waren karakteristieke heischrale soorten zoals beide veldbiessoorten, muizenoor, schermhavigskruid en blauwe knoop (*Succisa pratensis*).

bouwgronden zijn echter geen kiemkrachtige zaden van heischrale soorten meer aanwezig (Bekker et al., 1998) en zijn deze vaak ook niet in de directe omgeving aanwezig. De mogelijkheden voor dispersie zijn soortafhankelijk. Voor valkruid (*Arnica montana*), een soort die zich via de wind verspreidt, is een afstand van 100 m al nauwelijks te overbruggen, en slechts enkele (algemene) plantensoorten uit het heischrale milieu zijn in staat om een afstand van een kilometer te overbruggen (Strykstra et al., 1998; Soons & Ozinga, 2005). Dit betekent in praktijk dat een heischraal grasland, inclusief karakteristieke heischrale soorten die de afgelopen decennia zeldzaam zijn geworden (Rode lijstsoorten), een erg kleine kans heeft zich spontaan te ontwikkelen op voormalige landbouwgrond wanneer er niet actief plantdiasporen (zaden, stekjes e.d.) van elders worden opgebracht.

Ook in bodemleven, zoals micro-organismen en mesofauna, wijken voormalige agrarische percelen sterk af van doelsituaties (Frouz et al., 2009). Dit bodemleven heeft echter interacties met plantensoorten en kan de ontwikkeling van doelvegetaties faciliteren (De Deyn et al., 2003; Wubs et al., 2016). In het algemeen zijn omzettingprocessen in landbouwbodems gedomineerd door bacteriën en spelen schimmels juist in minder productieve systemen zoals heides een belangrijkere rol in de afbraak. Recent ontgronde gebieden waar de organisch rijke bouwvoor is verwijderd en de nieuwe top laag bestaat uit materiaal dat eerst dieper in de bodem zat, zijn arm aan bodemleven. De bodemfauna en de microbiële gemeenschap die op voormalige, niet diep-ontgronde landbouwgronden aanwezig zijn, lijken na 10-20 jaar nog steeds veel op die van intensief gebruikte landbouwgronden (Frouz et al.,

2009). De dispersie van bodemfauna verloopt daarnaast zeer traag (o.a. Kardol & Wardle, 2010).

Deze problemen tezamen hebben op veel voormalige landbouwgronden die eerder zijn heringericht, geleid tot een ernstige stagnatie in de ontwikkeling naar droog heischraal grasland (Loeb et al., 2017).

Vijf jaar onderzoek

Uit eerdere onderzoeken (o.a. Kiehl et al., 2010; Weijters et al., 2015; Noppen et al., 2015) is bekend dat het toedienen van maaisel of van bodemmateriaal aan voormalige landbouwgrond een positief effect heeft op natuurontwikkeling. Het is echter nog niet bekend of het toedienen van maaisel ook voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland werkt, en of het toedienen van bodemmateriaal naast maaisel noodzakelijk is voor een goede ontwikkeling. Om dit te onderzoeken werd in 2011 een experiment ingezet op percelen die recent ontgrond waren (Loeb et al., 2017). Aan proefvlakken van 8x8 meter werd vers maaisel van goed ontwikkeld heischraal grasland toegediend (verhouding 1:1), vers maaisel in combinatie met zaden van specifieke soorten, of helemaal niets. Daarnaast werden proefvlakken van 4x4 meter met vers maaisel aangelegd waarin bodemadditie plaatsvond, respectievelijk in de vorm van kleine plagjes die in de bodem werden gezet, in de vorm van verkruid bodemmateriaal (0,5 m² met een plagdikte van 5 cm; 1,6 l/m²) en in de vorm van gezeefd en in suspensie gebrachte bodemslurrie. Het experiment werd in 12-voud uitgevoerd, verspreid over de drie regio's van het zandlandschap waarbij donormateriaal uit goed ontwikkelde gebieden is ingebracht: in het noorden op de voormalige landbouwenclave Noordenveld

Fig. 2. Wantsen in het Noordenveld vijf jaar na de start van de behandelingen (8m x 8m, n=4).

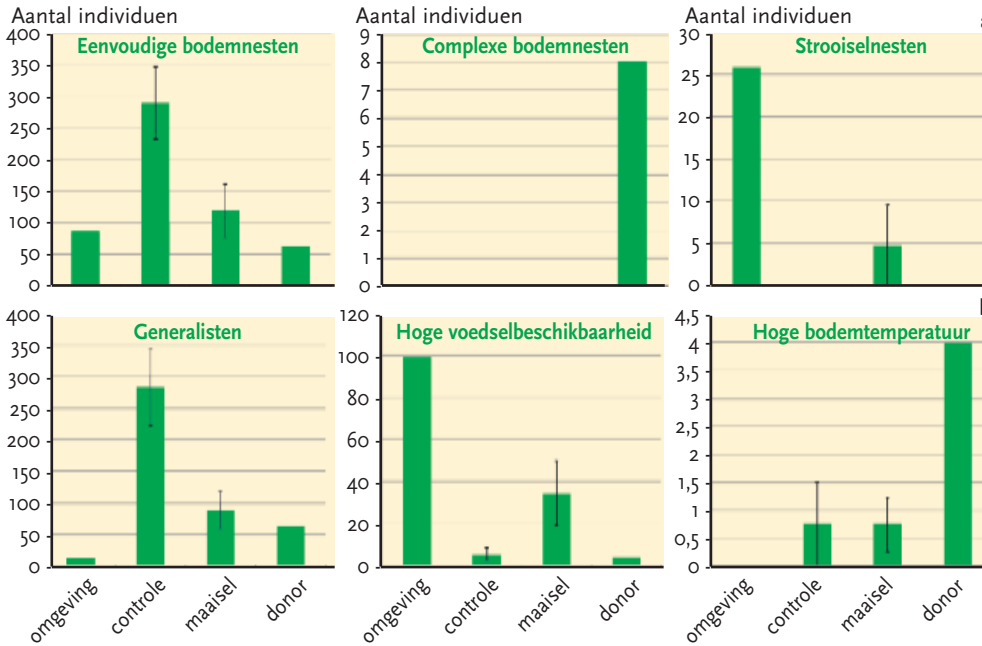
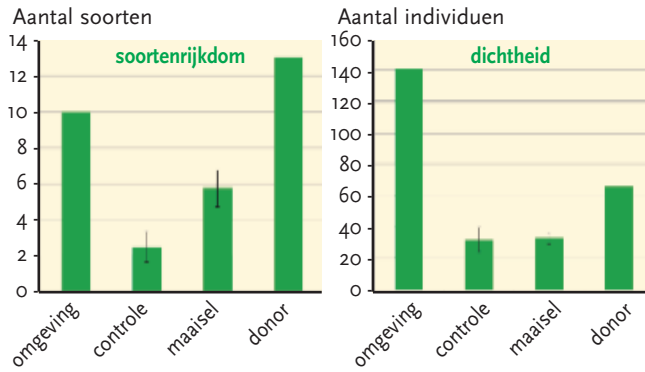


Fig. 3. Mieren in het Noordenveld vijf jaar na de start van de behandelingen (8m x 8m, n=4).
3a. soorteigenschappen: nesttype;
3b. overlevingsstrategieën.

Kader 2.
Bovengrondse fauna

Omdat heischrale graslanden ook zeer belangrijk zijn voor evertrebrate fauna, is in het experiment in het Noordenveld gekeken naar de effecten van de toediening van maaisel op de bovengrondse populaties van wantsen, mieren en sprinkhanen, soortgroepen die een indicatie geven van de kwaliteit van de ontwikkeling van de graslanden. De aanwezigheid van deze soortgroepen is vergeleken met de aanwezigheid in proefvlakken zonder maaisel, de aanwezigheid in het donorterrein, en de aanwezigheid in een naastgelegen, niet-ontgrond, niet sterk geëutrofiëerd voormalig agrarisch grasland dat al meer dan 30 jaar door Natuurmonumenten wordt beheerd. Vijf jaar na ontgronden bleek er nauwelijks nog een bovengrondse faunagemeenschap aanwezig en bestond deze hoofdzakelijk uit pioniersoorten van extreem droge en warme omstandigheden. Door de snellere vegetatie-ont-

wikkeling met maaisel was de diversiteit aan onder andere wantsen (fig. 2) en mieren hier weliswaar significant hoger, maar waren deze gemeenschappen nog zeer soortenarm en zeker nog niet op het niveau van die van een goedontwikkeld heischraal grasland. Mierengemeenschappen bleken eveneens sterk af te wijken van de niet ontgronde omgeving en/of het donorterrein. Een nadere analyse op basis van soorteigenschappen (nesttype volgens Versluijs et al., 2013; fig. 3a) en overlevingsstrategieën (volgens van Noordwijk et al., 2012; fig. 3b) was illustratief voor het pionierkarakter dat nog alom tegenwoordig was in het ontgronde experiment (fig. 3a&b). In de behandeling zonder maaisel werd de gemeenschap gedomineerd door de Zwarte wegmier (*Lasius niger*), een uitgesproken pioniersoort. Deze soort bouwt eenvoudige bodemnesten die gemakkelijk te verplaatsen zijn in

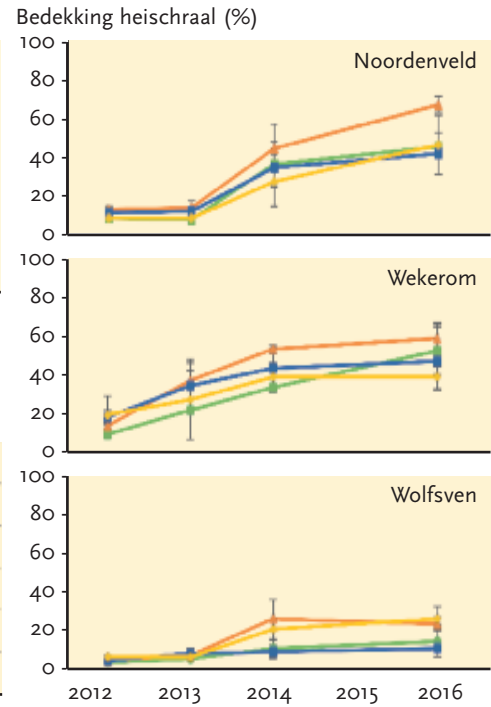


Fig. 4. Bedekking heischrale soorten met toediening maaisel en verschillende behandelingen van toediening van bodemmateriaal op de drie locaties gedurende vijf jaar na de start van de behandelingen (per 4 m²) (Noordenveld n=4, Wekerom n=2, Wolfsven n=3).

Maaisel —
 Maaisel & kruiden —
 Maaisel & plagjes —
 Maaisel & slurrie —

tijden van extreme omstandigheden. De soort wordt door Van Noordwijk ingedeeld als generalist. In de omgeving en het donorterrein is de opbouw meer evenwichtig verdeeld over verschillende nesttypen en overlevingsstrategieën, wat aangeeft dat hier een grotere diversiteit in omgevingscondities en bijgevolg niches aanwezig is dan in de ontgronde experimenten. In de met maaisel behandelde proefvlakken is de aanwezigheid van generalisten lager en verder intermediair ten opzichte van de omgeving en/of het donorterrein. Tot slot moet opgemerkt worden dat er grote verschillen in mierengemeenschappen bestaan tussen de voedselrijke omgeving en het donorgebied (Kleine startbaan). De eerste is veel koeler en vochtiger van microklimaat dan de laatstgenoemde, wat verband houdt met verschillen in de nutriëntstatus en beheerintensiteit tussen beide terreinen.

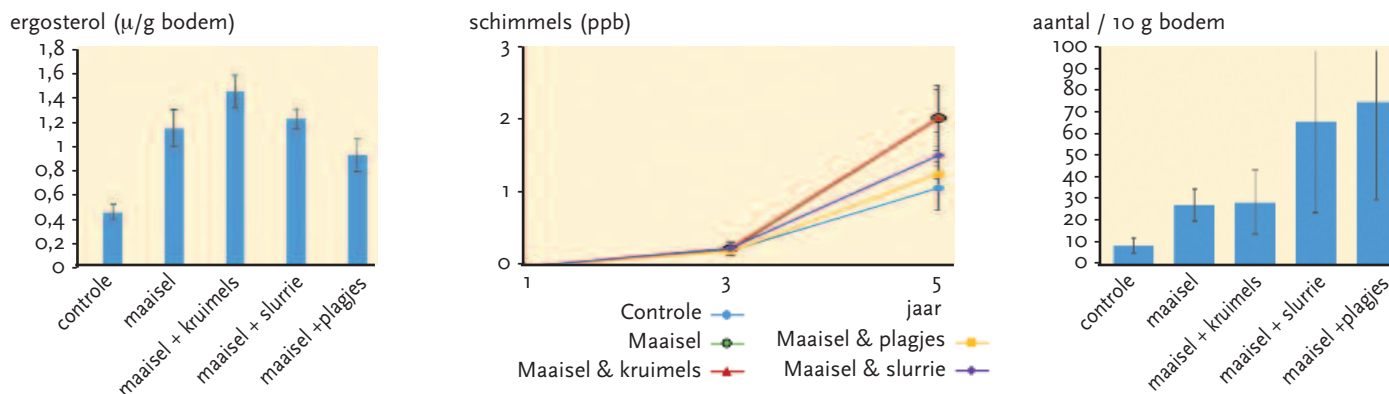


Fig. 5. Ergosterolgehalte (maat voor schimmels), schimmelconcentratie op basis van PLFA en schimmelende nematoden met de verschillende typen bodemadditie in het Noordenveld. De schimmelontwikkeling verliep in de behandeling met maaisel en maaisel&kruimels gelijk.

sis). Niet alleen de aanwezigheid van meer typische heischrale soorten maar ook de hogere bedekking van deze soorten op de donorlocatie leidde ertoe dat net ontgronde landbouwgrond met vers maaisel zich in sterkere mate en sneller ontwikkelde richting heischraal grasland.

De vegetatie-ontwikkeling met en zonder het aanbrengen van maaisel verschilde duidelijk van elkaar en de richting van de ontwikkeling was eveneens anders, waarbij de proefvlakken zonder maaisel zich meer in de richting van rompgemeenschappen ontwikkelden. Het lijkt er dus niet op dat zonder maaisel eenzelfde, maar vertraagde ontwikkeling naar heischraal grasland plaatsvindt. Met het steeds verder dichtgroeien van de zode (na vijf jaar 90% bedekking in Noordenveld en Wekerom, alleen in het zeer droge Wolfsven slechts 50%) lijkt daarnaast de kans op ontwikkeling naar heischraal grasland door spontane vestiging van soorten op plekken waar geen maaisel is aangebracht na herinrichting steeds kleiner te worden.

In het experiment in het Noordenveld is ook gekeken naar de effecten van de toediening van maaisel op de bovengrondse populaties van wantsen, mieren en sprinkhanen (kader 2). Door de kale bodem na ontgronden was er vijf jaar na de start van het experiment nauwelijks een bovengrondse faunagemeenschap aanwezig en bestond deze hoofdzakelijk uit pioniersoorten van extreem droge en warme omstandigheden. Bij de proefvlakken waaraan maaisel was toegediend, was de soortdiversiteit aan wantsen en mieren echter wel hoger dan in de proefvlakken zonder toediening van maaisel.

Toedienen zaad

Niet alle heischrale plantensoorten kunnen goed met maaisel worden overgebracht. Soorten die niet hoog genoeg zijn voor de maaibalk en soorten die geen zaden hebben in de periode dat er gemaaid wordt, komen niet met het maaisel mee. Bovendien zijn sommige soorten ook in de donorgebieden zeer zeldzaam of ontbreken ze. Veel van deze soorten zijn aangewezen op (her)introduktie via zaden.

Ook het toedienen van zaden was in dit onderzoek succesvol. Hiermee wisten zich

onder andere blauwe knoop en stijve ogen-troost te vestigen. Voor sommige soorten, waaronder tandjesgras en echte guldenroede, werkte het zaaen echter niet. Daarnaast waren er soorten die weliswaar kiemen, maar zich daarna niet of nauwelijks blijvend wisten te vestigen, zoals valkruid en geelhartje. Nadat er een hoog aantal zaden van valkruid in het Noordenveld was gekiemd, vergeelden de planten en stierf het grootste gedeelte. Slechte vestiging kan liggen aan het ontbreken van de juiste microflora na ontgroning, zoals de afwezigheid van de juiste mycorrhizae. Door het ontbreken van organisch materiaal na ontgronden is het vochtvasthoudend vermogen van de bodem laag en kan de kale zandgrond flink uitdrogen. Dit komt de overleving direct na kieming niet ten goede.

Bodemadditie

Het toedienen van bodemmateriaal had een beperkt additioneel effect op de vegetatie-ontwikkeling (fig. 4). Alleen de behandeling met maaisel en bodemkruimels week significant af van de behandeling met alleen maaisel. Met deze behandeling was in twee van de drie gebieden de bedekking van fijn schapengras en struikhei wat hoger. Ook had het toedienen van bodemplagjes en -kruimels een positief effect op de vestiging van tandjesgras en borstelgras (twee belangrijke grassoorten van heischraal grasland) die zich nauwelijks uit maaisel en zaad wisten te vestigen. Op de aanwezigheid van bodemmicroflora en bodemmeso- en macrofauna werd op sommige locaties een klein effect gevonden van het toedienen van bodemkruimels en -plagjes. Zo was in het Noordenveld de hoeveelheid schimmels lager in de controle dan in, met name, de behandeling met maaisel & kruimels (fig. 5). Ook was de populatie schimmelende nematoden hier kleiner.

Het toedienen van bodem in de vorm van een slurrie, primair uitgetest om de schimmel- en bacteriepopulaties te beïnvloeden, had geen enkel effect op het bodemleven of

de bovengrondse vegetatie. De dichtheden bodemmeso- en macrofauna bleven ook na bodemtoediening nog laag ten opzichte van goed-ontwikkelde heischrale graslanden in natuurgebieden. De resultaten verschillen ten dele met die van andere onderzoeken die grotere effecten van bodemadditie laten zien (o.a. De Deyn et al., 2003; Kardol & Wardle, 2010; Wubs et al., 2016; Weijters et al., 2015; van der Bij et al., in druk), waarbij met name pioniersoorten negatief beïnvloed worden en soorten van latere successiestadia, zoals graslandsoorten, positief door bodemadditie. In aanvulling op eerder onderzoek waarin de effecten van bodemtoediening en maaisel apart werden onderzocht (Noppen et al., 2015), laat dit experiment zien dat, als bodemmateriaal samen met maaisel wordt toegediend, dit niet tot een betere ontwikkeling van droog heischraal grasland leidt dan wanneer alleen maaisel wordt gebruikt.

Er kunnen verschillende oorzaken zijn voor het geringe additionele effect van bodemtoediening dat we hier hebben gevonden. Waar heiden een hoge schimmel:bacterie-ratio hebben, is deze ratio voor graslanden meestal minder hoog en is een effect op deze verhouding minder voor de hand liggend. Een andere oorzaak voor het - ten dele - uitblijven van effecten van bodemtoediening op de bodemfauna en plant-bodeminteracties is mogelijk het tijdstip van toediening van het materiaal (Kardol & Wardle, 2010). De recent ontgronde bodems bevatten weinig organisch materiaal (1-3 %) en er is in de eerste jaren vrijwel geen vegetatie aanwezig dat voor aanvoer van strooisel zorgt. Het ontbreken van organisch materiaal in de eerste jaren na ontgronden levert een probleem op voor een deel van de bodemorganismen die dat gebruiken als voedselbron (schimmels, bacteriën, regenwormen etc.) en organismen die op deze soortgroepen fourageren, zoals schimmelende nematoden. Het gebrek aan organische stof zorgt er ook voor dat de bodem extreem uit kan drogen in warme en droge

periodes. Veel (meso)faunasoorten zijn hier niet op aangepast en kunnen zich onder deze omstandigheden moeilijk handhaven.

Aanbevelingen voor ontwikkeling droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgrond

Om landbouwgrond om te vormen naar droog heischraal grasland is het essentieel om de nutriëntenconcentraties, met name fosfaat, in de bodem afdoende omlaag te brengen. De meest geschikte methode voor het verwijderen van fosfaat is in veel situaties ontgronden. Naast de fosfaatconcentratie is de buffering van de bodem van belang. Meestal is deze op orde door het landbouwkundig bekalken in het verleden, maar als de bodem toch te zuur is, kan eventueel dolok of steenmeel worden toegevoegd.

Dit onderzoek heeft laten zien dat dispersie van plantensoorten die typisch zijn voor de ontwikkeling van droog heischraal grasland een bottleneck vormt voor de ontwikkeling. Dit dispersieprobleem kan deels worden opgelost door het aanbrengen van vers maaisel van goedontwikkeld heischraal grasland. Hiermee kan een 'matrix' van belangrijke, vaak voorkomende soorten van droog heischraal grasland worden aangelegd. Een deel van de karakteristieke vaatplanten die in droog heischraal grasland voorkomen, is laagblijvend en daardoor komen de zaden niet mee met het maaisel. Andere kenmerkende soorten die specifiek in droog heischraal grasland voorkomen (heidezegge (*Carex ericetorum*), rozenkransje, valkruid) zijn zeer zeldzaam en zullen daarom bijna altijd ontbreken in het donormateriaal. Voor laagblijvende soorten, of zeldzame soorten die niet of weinig in het donorgebied voorkomen, kan gewerkt worden met additie van vitale zaden. In het Nederlandse natuurbeheer is het werken met zaden (nog) niet gebruikelijk, maar in veel Europese landen wordt vaak wel gewerkt met zaden of zaadmengsels (o.a. Prach et al., 2013; Kiehl et al., 2010). In de Nederlandse situatie is het de vraag waar zaden vandaan moeten komen. Het heeft de voorkeur om zoveel mogelijk regionaal materiaal uit ecologisch vergelijkbare situaties te gebruiken, liefst van grote populaties, zodat de specifieke genetische variatie van een soort in de regio behouden blijft. Voor (zeer) zeldzame soorten van droog heischraal grasland, zoals rozenkransje, kleine schorseneer en valkruid, moet er echter op gelet worden dat uit vitale populaties gewonnen wordt, omdat het anders ook op de nieuwe locatie geen levensvatbare populatie zal kunnen vormen,

omdat deze soorten vaak kwalitatief slecht en genetisch verarmd zaad hebben (Oostermeijer et al., 2016).

Voor soorten van droog heischraal grasland die niet of met onvoldoende kwaliteit op donorlocaties van het maaisel aanwezig zijn, zal het noodzakelijk zijn om vitaal zaad in plaats van maaisel te gebruiken bij de herinrichting van voormalige landbouwgronden. Als dit niet gebeurt, bestaat het risico dat deze soorten in de toekomst nog verder achteruit zullen gaan of geheel uit Nederlandse droge heischrale graslanden zullen verdwijnen, ook wanneer er een aanzienlijke uitbreiding aan areaal van botanisch redelijk ontwikkelde droge heischrale graslanden gerealiseerd zou worden op voormalige landbouwgronden. Het omvormen van voormalige landbouwgrond naar droog heischraal grasland waarin zich alleen algemenere 'matrix'-soorten succesvol weten te vestigen, schiet dan zijn doel voorbij. Naast de uitbreidingsdoelstelling voor heischraal grasland mag natuurlijk de kwaliteitsverbetering van bestaand heischraal grasland niet uit het oog verloren worden. Ons onderzoek toont aan dat het niet binnen de korte tijdspanne van vijf jaar mogelijk is om een compleet heischraal grasland, inclusief bijbehorende faunagemeenschappen, te ontwikkelen. Ontwikkeling op voormalige landbouwgrond kan dus niet herstel in bestaande natuurterreinen vervangen. De resultaten van dit onderzoek wijzen er niet op dat het toedienen van bodemmateriaal aan net ontgronde landbouwgronden noodzakelijk is voor een goede ontwikkeling van droog heischraal grasland. De meeste algemene plantensoorten lijken zich vanuit vers maaisel of zaad goed te kunnen vestigen, ondanks het gebrek aan bodemleven na ontgronden. Vanwege de schaarse beschikbaarheid van bodemmateriaal van goed ontwikkelde droge heischrale graslanden lijkt het afplaggen van deze gronden ten behoeve van het grootschalig ontwikkelen van droog heischraal grasland op voormalige landbouwgrond niet verantwoord, maar ook niet nodig. Ook het gebruik van bodem uit andere typen natuurterreinen, zoals heidegrond, om de ontwikkeling van bodemleven te stimuleren, is niet aan te raden, omdat dit mogelijk de ontwikkeling te veel in de richting van deze andere gemeenschappen zou kunnen stimuleren.

Het experiment laat zien dat het mogelijk is met toedienen van maaisel en eventueel zaden uit goedontwikkelde droog heischraal grasland, voormalige landbouwgrond een flinke stimulans te geven in de richting van



droog heischraal grasland. Om te zien of deze ontwikkeling ook op langere termijn de gewenste flora en fauna oplevert, is verder onderzoek nodig. In elk geval is na herinrichting goed vervolgbeheer noodzakelijk: jaarlijks maaien en/of (na)beweiden. Daarnaast is ook van belang dat de stikstofdepositie voor veel heringerichte gebieden naar beneden wordt gebracht om verzuring en eutrofiëring in de toekomst te voorkomen.

Literatuur

- Bekker, R., J.H.J. Schaminée, J.P. Bakker & K. Thompson, 1998.** Seed bank characteristics of Dutch plant communities. *Acta Botanica Neerlandica* 47: 16-25.
- Bobbink, R., H.L.T. Bergsma, J. den Ouden & M.J. Weijters, 2017.** Na het zuur geen zoet? Bodemverzuring in droog zandlandschap blijvend probleem. *Landschap* 2017/2: 61-69.
- Bij, A.U. van der, M.J. Weijters, R. Bobbink, J.A. Harris, M. Pawlett, K. Ritz, P. Radochova, J. Moradi, J. Frouz & R. van Diggelen, in druk.** Facilitating ecosystem assembly: plant-soil interactions as a restoration tool. *Biological Conservation*
- Deyn, G.B. De, C.E. Raaijmakers & H.R. Zoomer, 2003.** Soil invertebrate fauna enhance grassland succession and diversity. *Nature* 422: 711-713.
- Frouz, J., R. van Diggelen, V. Pizl, J. Stary, L. Hanel, K. Tajovsky & J. Kalcik, 2009.** The effect of top soil removal in restored heathland on soil fauna, topsoil microstructure, and cellulose decomposition: implications for ecosystem restoration. *Biodiversity and Conservation* 18: 3963-3978.
- Kardol, P. & D.A. Wardle, 2010.** How understanding aboveground-belowground linkages can assist restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 25 (11): 670-679.
- Kiehl, K., A. Kirmer, T.W. Donath, L. Rasran & N. Hölzel, 2010.** Species introduction in restoration projects; Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe. *Basic and*



Foto 2. Vegetatie van proefvlak met maaisel in het Noordenveld na vijf jaar (foto: Roos Loeb).

Applied Ecology 11: 285-299.

Loeb, R., A. van der Bij, R. Bobbink, J. Frouz, J. Vogels, P. Benetková & Rudy van Diggelen, 2017. Ontwikkeling van droge heischrale graslanden op voormalige landbouwgronden: eindrapportage fase 2. Rapport nr. 2017/OBN216-DZ. VBNE, Driebergen.

Noordwijk, C.G.E. van, P. Boer, A.A. Mabelis, W.C.E.P. Verberk & H. Siepel, 2012. Life-history strategies as a tool to identify conservation constraints: A case-study on ants in chalk grasslands. Ecological Indicators 13: 303-313.

Noppen, F. van, M. Bosch, J. Wubs, L. Haanstra, D. van Houwelingen, J. Philippona, R. van Ekeris, W. van der Putten, M. Bezemer, 2015. Afgraven, bodemtransplantaties en uitstrooien van maaisel op voormalige landbouwgronden: Het Reijerscamp experiment. De Levende Natuur 116(5): 222-227.

Oostermeijer, G., S. Luijten, M. Weijters & R. Bobbink, 2016. Rozenkransje en heischraal grasland in Drenthe. De Levende Natuur 117(1): 22-27.

Prach, K., I. Jongepierová & K. Řehouňková, 2013. Large-scale restoration of dry grasslands on ex-arable land using a regional seed mixture: establishment of target species. Restoration Ecology 21: 33-39.

Soons, M.B. & W.A. Ozinga, 2005. How important is long-distance seed dispersal by wind for regional survival of plant species? Diversity and Distributions 11: 165-172.

Strykstra, R.J., D.M. Pegtel & A. Bergsma, 1998. Dispersal distance and achene quality of the rare anemochorous species *Arnica montana* L.: Implications for conservation. Acta Botanica Neerlandica 47: 45-56.

Versluijs, R., J. Vogels & T. Van Noordwijk, 2013. Mierengemeenschappen in het heidelandschap. De Levende Natuur 114(5): 220-225.

Weijters, M., A. van der Bij, R. Bobbink, R. van Diggelen, J. Harris, M. Pawlett, J. Frouz, A. Vliegthart & R. Vermeulen, 2015. Praktijkproef heide-ontwikkeling op voormalige landbouwgrond in het Noordenveld – Resultaten 2011-2014.

Provincie Drenthe/ VBNE, Assen/Driebergen **Wubs, E.R.J., W. H. van der Putten, M. Bosch & T.M. Bezemer, 2016.** Soil inoculation steers restoration of terrestrial systems. Nature Plants 2016(2): 16017.

Zee, F. van der, R. Bobbink, R. Loeb, M. Wallis de Vries, G. Oostermeijer, S. Luijten & M. de Graaf, 2017. Naar een Actieplan Heischrale graslanden; Hoe behouden en herstellen we heischrale graslanden in Nederland? Rapportnr. 2812. Wageningen Environmental Research, Wageningen.

Summary

How to develop dry *Violion* grassland on former agricultural land?

Dry *Violion caninae* grasslands (*Galio hercynici-Festucetum ovinae*) are endangered in the Netherlands due to continuing soil acidification by nitrogen deposition. As a result, many characteristic plant species of this community have become scarce. However, as a Natura 2000 priority habitat (H6230), quality improvement as well as expansion of its area are necessary. Expansion of this habitat is sought outside nature reserves, on former agricultural land. Constraints for the restoration of dry *Violion* grasslands on former agricultural lands are the high nutrient concentrations, the absence of typical plants and animal species, and a strongly changed soil biota community. To overcome these constraints, we conducted a five-year experiment on sites with recent top soil removal, in which we added fresh hay, seeds and inoculated soil by means of crumbs, sods or slurry. It appeared that dry *Violion* grasslands did not develop on former agricultural land without additional measures, because of the lack of target species in the surroundings. Even if species are present, dispersal still appears to be problematic. With addition of fresh hay a 'matrix' of common characteristic *Violion* species can be developed. The addition of seeds of specific species next to the fresh hay addition is important for certain rare species. Because many characteristic species of dry *Violion* grasslands have become rare in the Netherlands

and will often be absent in the donor sites of the hay, transfer with seeds is the only way they will also profit by the increase in area of the habitat. The effects of soil inoculation were smaller than in some other studies. This could be caused by the dry circumstances and the lack of organic material at the acceptor sites, in which the added biota was not able to survive. Our study demonstrated however that it is possible to stimulate the development of dry *Violion* grasslands on former agricultural land after top-soil removal by addition of fresh hay of a good donor site solely. Because of the low availability of soil material from well-developed dry *Violion* grasslands and its restricted effects, soil inoculation is not recommended as an additional restoration measure for the development of dry *Violion* grassland on former agricultural land.

Dankwoord

Wij danken het ministerie van Economische Zaken, BIJ12 en VBNE voor de financiering van dit onderzoek in het kader van OBN. Daarnaast danken wij alle betrokkenen van Natuurmonumenten, Bosgroep Midden Nederland, Stichting Limburgs Landschap, het Ministerie van Defensie en het Deskundigenteam Droog zandlandschap voor hun medewerking aan of begeleiding van dit onderzoek.

Dr. ir. R. Loeb, Dr. R. Bobbink
Onderzoekcentrum B-WARE
Postbus 6558, 6503 GB Nijmegen
r.loeb@b-ware.eu
r.bobbink@b-ware.eu

A. van der Bij, MSc, Prof. dr. R. van Diggelen
Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer
Universiteit Antwerpen
Universiteitsplein 1-C, 2610 Antwerpen-Wilrijk
België
arrie.vanderbij@uantwerpen.be
Ruurd.vandiggelen@uantwerpen.be

Prof. Mgr. Ing. J. Frouz, CSc., P. Benetkova
Institute of Soil Biology & SoWa BC
Na sadkach 7, Ceske Budejovice
Tsjechië
Institute for Environmental studies,
Faculty of Science, Charles University
Benatska 2, 128 01 Praha
Tsjechië
frouz@natur.cuni.cz
petra.radochova@natur.cuni.cz

Drs. J.J. Vogels
Stichting Bargerveen /Radboud Universiteit
Nijmegen - vakgroep dierecologie en ecofysiologie
Postbus 9010, 6500 GL Nijmegen
j.vogels@science.ru.nl