

Effecten van bodementen op versnelde vegetatie ontwikkeling

Resultaten 2015



Links de controle, rechts het proefvlak net na enten met bodem (serie 109, nov 2011)



ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit

o+bn

© 2016 VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren

Monitoring OBN-01-HE
Driebergen, 2016

Deze publicatie is tot stand gekomen met een financiële bijdrage van het Ministerie van Economische Zaken

Teksten mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

Oplage Online gepubliceerd op www.natuurkennis.nl

Samenstelling N.A.C. Smits (Alterra)
 H.P.J. Huiskes (Alterra)
 R. Bobbink (B-Ware)
 E. Bohnen-Verbaarschot (B-Ware)
 J. Baar (BioMygreen)

Productie Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)
 Adres : Princenhof Park 9, 3972 NG Driebergen
 Telefoon : 0343-745250
 E-mail : info@vbne.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Werkwijze.....	6
2.1	Werkwijze mycorrhiza-metingen.....	6
3	Resultaten.....	8
3.1	Vegetatie.....	8
3.2	Bodemchemie.....	11
3.3	AM-mycorrhiza.....	13
3.4	Multivariate analyse (vegetatie en bodem).....	16
4	Conclusies.....	19
5	Literatuur.....	21
6	Bijlagen.....	22

Samenvatting

Achtergrond

In 2007 is op de Verlengde Bemelerberg een grootschalig experiment uitgevoerd waarbij ontgronden in combinatie met maaisel opbrengen is uitgevoerd. In 2011 is op 5 plekken in het ontgronde deel en op 5 plekken in het ontgronde deel met maaisel bodem opgebracht van goed ontwikkeld hellingschraalland.

In 2012 is gekeken naar de effecten hiervan op bodemmesofauna, bodemchemie en mycorrhiza (eindrapport 2^e fase OBN Hellingschraalland).

In 2015 hebben we gekeken welke effecten er zijn op vegetatie, bodem en mycorrhiza van het enten van bodem. De proefvlakken verschillen niet alleen in de behandeling (maaisel), maar hadden tevens een hogere pH. Daarmee zijn ook de abiotische omstandigheden bij aanvang van enten anders en dit zie je terug in de resultaten van de bodemchemie en soortensamenstelling.

1. Duidelijk werd dat in de proefvlakken waar na ontgronden ook maaisel is opgebracht (in 2007) enten geen effect had op vegetatie, bodem en mycorrhiza. Deze proefvlakken waren in 2011 al dichtgegroeid met hellingschraallandvegetatie.
2. In de ontgronde proefvlakken heeft enten geleid tot een iets hogere pH en calciumconcentratie, en tot structureel meer karakteristieke hellingschraallandsoorten uit het entmateriaal.
3. Sowieso zijn er veel meer hellingschraallandsoorten in de ontgronde proefvlakken sinds 2010: blijktbaar zijn veel soorten op eigen kracht (geholpen door schapenbegrazing) inmiddels goed verspreid door het terrein.
4. In bedekking en hoogte van de vegetatie konden geen significante verschillen worden waargenomen na enten.
5. Alleen in de ontgronde proefvlakken heeft enten significant effect op het percentage hyfen bij *Plantage lanceolata* en *Trofolium repens*. In tegenstelling tot onze hypothese waren er minder hyfen in de geënte situatie. Ook het wortelstelsel was bij deze soorten minder goed ontwikkeld in de geënte proefvlakken.

Kortom : enten met bodem heeft zeker een positief effect op de vegetatie ontwikkeling, maar alleen in relatief kale omstandigheden. Er konden in 2015 geen positieve effecten worden aangetoond op de mycorrhiza ontwikkeling na enten met bodem.

1 Inleiding

In OBN verband is het herstel van de Zuid-Limburgse hellingschraallanden al lange tijd onderwerp van onderzoek. Hierbij spelen de effecten van het afvoeren van nutriënten en het toevoegen van diasporen op herstel/ontwikkeling een centrale rol. In de tweede fase van het project is ook een experiment gestart waarbij in voormalig agrarisch grasland middels enten met bodem van een goed ontwikkeld kalkgrasland (versnelde) ontwikkeling wordt onderzocht. Deze maatregel (bodementen) is experimenteel geïntroduceerd, omdat nog onvoldoende bekend is over de effectiviteit ervan bij de ontwikkeling van hellingschraallanden.

In november 2011 zijn hiertoe 10 proefvlakken op de Verlengde Winkelberg uitgezet, geflankeerd door een proefvlak met bodem van goed ontwikkelde kalkgraslanden. De helft van de proefvlakken liggen in een in 2007 ontgrond deel van het perceel, en de andere helft in een ontgrond perceel waar ook maaisel is opgebracht. Eind 2012 is het eerste effect van het bodementen onderzocht op bodemchemie, mycorrhiza samenstelling van aanwezige *Plantago*-planten en samenstelling van de microarthropoden. Wat betreft bodemchemie en microarthropoden werden geen duidelijke verschillen aangetroffen in de geënte plots ten opzichte van de controle-plots (zie ook eindrapportage 2e fase Hellingschraalland onderzoek: Van Noordwijk et al. 2013). Om die reden is in het huidige project een herhaling van deze metingen niet opgenomen.

Wat mycorrhiza betreft was de wortelontwikkeling in 2012 van *Plantago* in de entmonsters over het algemeen beter dan in de controle monsters wat betreft vitaliteit, vertakking en aanwezigheid van mycorrhizaschimmels (ontwikkeling van hyfen en aanwezigheid van arbuskels (zie eindrapportage 2e fase). Natuurlijke dichtheden aan bodemmicroarthropoden, en het aantal soorten blijken binnen vijf jaar na ontgronden ook zonder enten gerealiseerd, maar de soortensamenstelling week na vijf jaar nog wel af van de soortensamenstelling van de referentieterreinen.

Doordat er slechts een jaar tussen de maatregel (bodementen) en de meting lag, werden geen effecten op vegetatie verwacht (en ook niet waargenomen). Deze effecten zijn echter wel relevant om de (langjarige) effectiviteit van deze maatregel voor uitbreiding van hellingschraallanden in te kunnen schatten.

In de huidige studie is onderzocht of het enten met bodemmateriaal (in 2011) heeft geleid tot versnelde ontwikkeling van hellingschraallandvegetatie. Daarnaast zijn metingen aan bodemchemie en mycorrhiza herhaald om ook de relatie te kunnen onderzoeken met de bodemomstandigheden deze ook met de metingen uit 2012 te kunnen vergelijken.

2 Werkwijze

De in 2011 uitgezette proefvlakken (2x2m) zijn teruggezocht op de Verlengde Winkelberg (zie bijlage 1 in Van Noordwijk et al. 2013 voor de locaties). In deze 20 proefvlakken is de vegetatiesamenstelling en -hoogte gemeten eind juni 2015. Daarnaast zijn in elk proefvlak bodemonsters genomen (21-7-2015) waaraan de belangrijkste bodemchemie is bepaald en zijn de proefvlakken bemonsterd op mycorrhiza.

Zie verder Van Noordwijk et al. (2013) voor de methode van bemonstering van vegetatie en bodem.

2.1 Werkwijze mycorrhiza-metingen

Selectie plantensoorten

Op locatie is 21-7-2015 een selectie gemaakt van plantensoorten, die zoveel mogelijk gemeenschappelijk voorkwamen in de proefvlakken. Daarbij was het uitgangspunt dat het plantensoorten betref die symbiose kunnen aangaan met mycorrhizaschimmels. De geselecteerde plantensoorten waren *Plantago lanceolata* en *Leontodon hispidus* voor de proefvelden die waren ontgrond en behandeld met maaisel. Wortels van *Plantago lanceolata* en *Trifolium repens* werden bemonsterd in de ontgronde proefvlakken. In één van de proefvelden ontbrak de laatst genoemde soort, en daarvoor is *Thymus pulegioides* bemonsterd. Per proefveld zijn per plantensoort altijd twee individuele planten bemonsterd. Voor de mycorrhizabepaling zijn in totaal 100 planten verzameld (van elk proefvlak twee planten per soort zie bijlage 1).

Plantago lanceolata staat bekend als een plantensoort die uitbundig symbiose aan kan gaan met arbusculaire mycorrhizaschimmels. In welke mate de planten symbiose aangaan wordt sterk bepaald door de bodemcondities. Dit houdt in dat fysische en chemische eigenschappen van de bodem de mate van mycorrhizaschimmelvorming sterk beïnvloeden. *Plantago lanceolata* is dan ook een goede indicatorsoort.

De overige soorten *Leontodon hispidus*, *Trifolium repens* en *Thymus pulegioides*, gaan ook symbiose aan met arbusculaire mycorrhizaschimmels. *Trifolium repens* is evenals *Plantago lanceolata* een goede indicatorsoort. Uit eerder onderzoek is gebleken dat *Leontodon hispidus* nogal varieert in de mate van symbiose met arbusculaire mycorrhizaschimmels. Dit wordt beïnvloed door de bodemcondities.

De selectie van verschillende plantensoorten geeft additionele informatie over de conditie van de bodem. Op basis daarvan kan worden nagegaan in welke mate de toegepaste maatregelen effectief waren, en welke maatregelen voor herstel van de natuurlijke vegetatie in de toekomst mogelijk zijn.

Van de Wrakelberg werden *Plantago lanceolata* en *Leontodon hispidus* als referentie bemonsterd (zie bijlage 1) met als uitgangspunt dat het bodemleven, waaronder mycorrhizaschimmels, in de bodem van de Wrakelberg goed ontwikkeld was. Het kalkgrasland op de Wrakelberg is een goed ontwikkeld kalkgrasland, dat al sinds de jaren zestig gemaaid wordt. Dit grasland staat ook onder invloed van stikstofdepositie.

Analyse wortels

Uit de bodemonsters zijn de wortels van de geselecteerde plantensoorten *Plantago lanceolata*, *Leontodon hispidus*, *Trifolium repens* en *Thymus pulegioides* geselecteerd.

Van de geselecteerde wortels is nagegaan in welke mate de wortels symbiose zijn aangegaan met mycorrhizaschimmels. De bepaling is een gemodificeerde methodiek van Brundrett, Melville en Peterson (1994) waarbij de kolonisatie van de mycorrhizaschimmels in de cellen van de wortels is

weergegeven. Deze methodiek gaat uit van een representatief deel van de wortels dat wordt onderzocht. In dit onderzoek is ca. 5 cm aan fijne wortels per preparaat microscopisch onderzocht.

Visuele en microscopische waarnemingen aan de wortels van de bemonsterde planten zijn kwalitatief beschreven. De percentages arbuskels en hyfen in de wortels van de bemonsterde planten zijn bepaald, en de gemiddelden met standaard error zijn berekend. De percentages arbuskels en hyfen tussen de behandelingen zijn getoetst met F-test en student t-test (pseudoreplica's). Trends en significanties zijn beschreven.

3 Resultaten

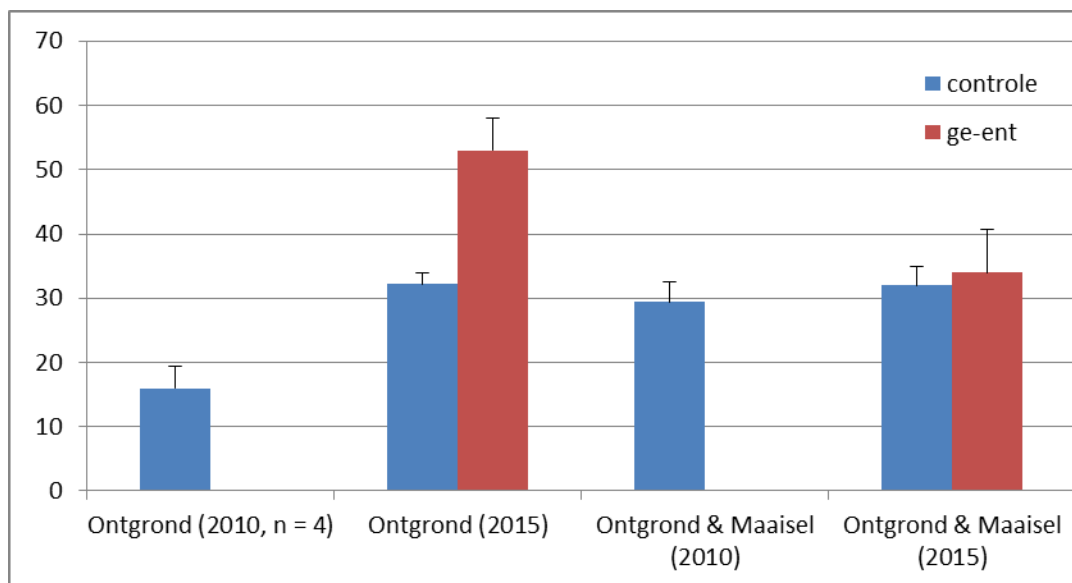
3.1 Vegetatie

In figuur 1 zijn de aantallen hogere plantensoorten uitgezet in de 20 proefvlakken in 2015, aangevuld met de aantallen uit 2010. Het is duidelijk dat met name in de ontgronde proefvlakken, het enten met bodem tot een duidelijke toename van het aantal soorten heeft geleid. Verder komt hieruit naar voren dat de soortenaantallen in de ontgronde proefvlakken tussen 2010 en 2015 substantieel zijn toegenomen, maar niet in de proefvlakken waar ontgrond is in combinatie met het opbrengen met maaisel.

Om iets te kunnen zeggen over de effectiviteit van de genomen maatregelen, ofwel of er versnelde ontwikkeling van hellingschraalland optreedt, is het belangrijk om ook te kijken naar het type soorten dat is toegenomen. In Tabel 1 is een lijst van soorten opgenomen die vanuit het maaisel, dan wel entmateriaal de proefvlakken hebben gevestigd in 2015 (zie bijlage 2 voor de volledige synoptische tabel). Dit betreft veel van de karakteristieke hellingschraallandsorten. Maaisel en enten met bodem van goed ontwikkeld hellingschraalland heeft dus een toename van de karakteristieke soorten tot gevolg.

In Tabel 2 is een lijst van soorten opgenomen die zich tussen 2010 en 2015 zelfstandig in de ontgronde proefvlakken hebben gevestigd. Dit betreft deels algemene graslandsoorten, maar ook een deel karakteristieke hellingschraallandsorten. Een verklaring voor deze vestiging is dat de eerste jaren na ontgronden het terrein integraal werd begraasd: de schapen liepen tegelijkertijd op het ontgronde deel, als op een deel dat ook maaisel had ontvangen (en waar zich dus karakteristieke schraallandsorten hadden gevestigd). Op deze manier hebben de schapen waarschijnlijk als een extra verspreidingsvector voor deze soorten gefungeerd. Ontgronden heeft dus op de iets langere termijn een positief effect op de ontwikkeling van hellingschraalland, mits er in de nabije omgeving wel karakteristieke soorten aanwezig zijn. Het is echter duidelijk, en ook logisch, dat dit effect veel kleiner is dan het effect van het gebruik van maaisel en enten met bodem van goed ontwikkeld hellingschraalland.

Daarnaast is ook gekeken naar de vegetatiestructuur. Hierbij zijn de bedekking (totaal, kruidlaag en moslaag) en vegetatiehoogte onderscheiden (Figuur 2). Zowel wat bedekking en vegetatiehoogte betreft, blijven de proefvlakken waar geen maaisel is opgebracht achter ten opzichte van de anderen. Deze zijn meer open en lager wat vegetatiestructuur betreft. Dit is echter, vanwege de grote variatie in de gemeten parameters niet significant. De behandeling van het enten met bodemmateriaal heeft geen effect op de structuur (Figuur 2).



Figuur 1. Gemiddelde aantallen plantensoorten (hogere planten) in 2015 en 2010 en de standaard deviatie (n=5).

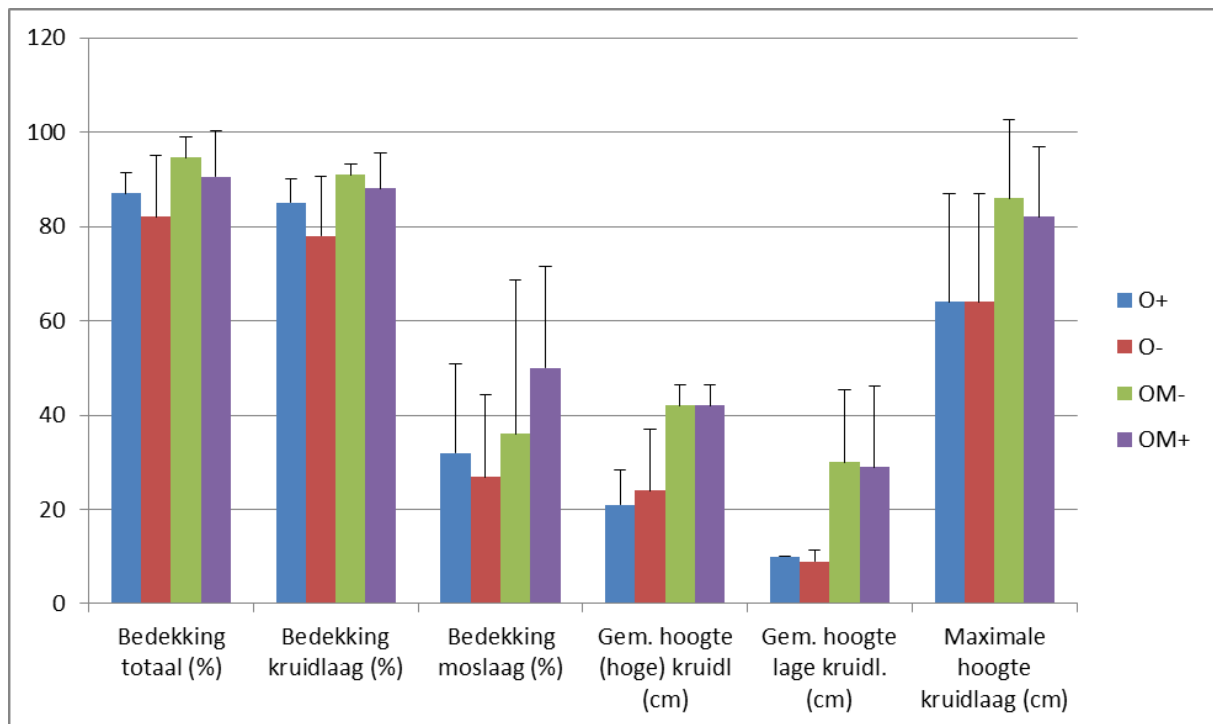
Tabel 1. Lijst van soorten die vanuit het maaisel, dan wel entmateriaal de proefvlakken hebben gevestigd in 2015 (zie bijlage 2 voor de volledige synoptische tabel)

Group No.	O-	O+	OM-	OM+
No. of relevés	5	5	5	5
Soorten uit maaisel en/of entmateriaal				
<i>Briza media</i>	.	100 ⁺²	80 ⁺¹	80 ⁺²
<i>Plantago media</i>	20 ^x	80 ⁺	80 ⁺¹	60 ⁺
<i>Carex caryophyllea</i>	.	80 ⁺¹	60 ⁺¹	40 ⁺
<i>Carex flacca</i>	.	60 ⁺¹	40 ⁺¹	80 ¹
<i>Helictotrichon pubescens</i>	.	100 ⁺¹	80 ¹⁻²	100 ⁺²
<i>Primula veris</i>	.	100 ⁺¹	100 ⁺¹	100 ⁺¹
<i>Centaurea jacea</i>	.	80 ⁺¹	60 ⁺	40 ⁺¹
<i>Dactylorhiza maculata s. fuchsii</i>	.	.	60 ^{r-1}	80 ^{r-1}
<i>Bromopsis erecta</i>	.	.	20 ¹	40 ¹
<i>Rumex acetosa</i>	.	40 ⁺	60 ⁺	60 ⁺
<i>Sanguisorba minor</i>	20 ^x	100 ¹⁻²	.	60 ⁺²
<i>Prunella vulgaris</i>	.	100 ⁺¹	60 ⁺¹	40 ⁺
<i>Galium verum</i>	.	60 ⁺	80 ⁺¹	40 ⁺
<i>Euphorbia helioscopia</i>	20 ^x	40 ^{r++}	20 ^x	20 ⁺
<i>Brachypodium pinnatum</i>	.	80 ⁺²	20 ⁺	20 ⁺
<i>Ranunculus polyanthemus s. nemorosus</i>	.	40 ⁺	60 ⁺²	60 ⁺¹
Soorten uit entmateriaal				
<i>Genista tinctoria</i>	.	80 ²⁻²	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	.	60 ⁺²	.	20 ⁺
<i>Pimpinella saxifraga</i>	.	100 ⁺	.	.
<i>Stachys officinalis</i>	.	40 ⁺	.	20 ⁺
<i>Knautia arvensis</i>	.	40 ⁺	.	.
<i>Scabiosa columbaria</i>	.	40 ^{r++}	.	.
<i>Carlina vulgaris</i>	.	20 ^x	.	.

<i>Danthonia decumbens</i>	.	20 +	.	.
<i>Poa compressa</i>	.	20 +	.	.
<i>Gentianella germanica</i>	.	20 r	.	20 r
<i>Thymus pulegioides</i>	.	100 +-1	.	.
<i>Polygala vulgaris</i>	.	60 +	.	40 1

Tabel 2. Lijst van soorten die zich tussen 2010 en 2015 zelfstandig in de ontgronde proefvlakken hebben gevestigd.

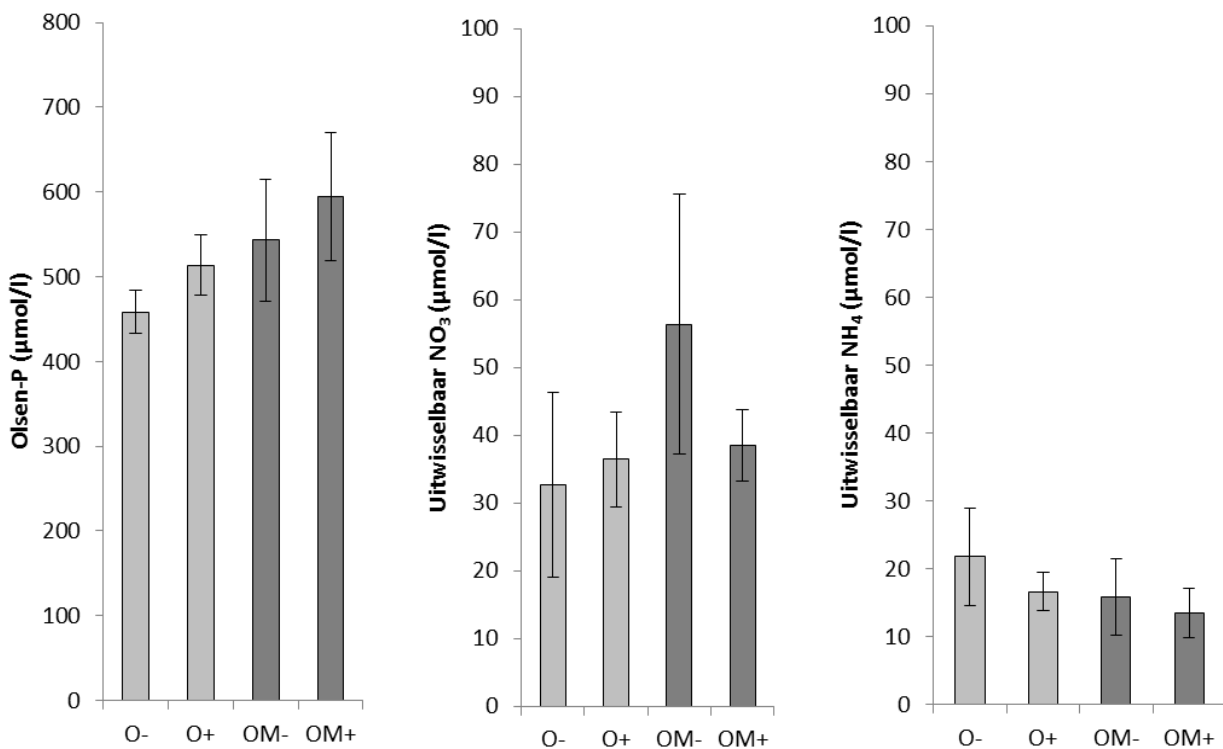
Group No.	10-OM	15-OM	10-O	15-O
No. of relevés	5	5	4	4
Soorten die er zelf zijn gekomen in 5 jaar:				
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	100 1-2	100 +-1	.	50 1
<i>Cynosurus cristatus</i>	100 +-1	80 +-1	.	75 +
<i>Festuca rubra</i>	100 2-3	100 2-4	.	75 +-2
<i>Leontodon hispidus</i>	100 1-2	100 2-4	.	75 +-1
<i>Linum catharticum</i>	100 +-1	100 1-2	.	75 +-1
<i>Plantago lanceolata</i>	100 1-2	100 +-1	.	50 +-1
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	100 2-3	100 +-1	.	100 +-1
<i>Rhinanthus minor</i>	80 1-2	20 +	.	75 +
<i>Ranunculus bulbosus</i>	80 +	100 +-1	.	25 r
<i>Trifolium dubium</i>	100 +-1	80 +	.	75 +-1
<i>Trifolium pratense</i>	100 2-3	80 1-2	.	100 +-2
<i>Lotus corniculatus + L. glaber</i>	100 2-3	100 1-2	.	100 +-1
<i>Leucanthemum vulgare</i>	40 +	60 +-1	.	75 +-1
<i>Trisetum flavescens</i>	20 +	40 +-1	.	75 +
<i>Jacobaea vulgaris</i>	60 r-+	40 +-1	.	100 +-2
<i>Fraxinus excelsior</i>	20 r	40 +	.	100 +
<i>Ononis repens</i>	20 2	20 2	.	25 2
<i>Plantago media</i>	20 +	80 +-1	.	25 r



Figuur 2. Bedekking en vegetatiehoogte in de proefvlakken.

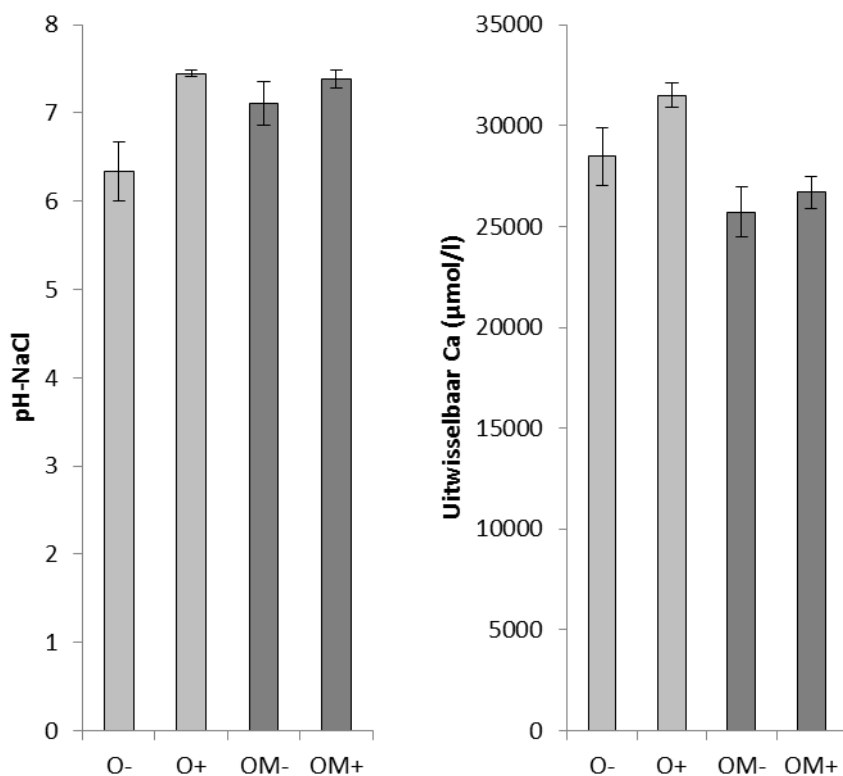
3.2 Bodemchemie

In 2012 – één jaar na enten - is gebleken dat het opbrengen van entmateriaal geen effect had op de buffering en de nutriëntenrijkdom van de bodem. Ook in 2015 is gevonden dat het opbrengen van entmateriaal na vier jaar geen effect heeft op de nutriëntenrijkdom van de bodem (figuur 3). De Olsen-P concentraties in de bodem van het ontgronde met maaisel proefvlak (OM) zijn gemiddeld 595 en 534 $\mu\text{mol/l}$ en verschillen niet tussen de behandeling met of zonder bodementen. In het ontgronde proefvlak zijn de gemeten Olsen-P concentraties wat lager met 514 en 458 $\mu\text{mol/l}$ en verschillen ook niet tussen de behandelingen. De uitwisselbare nitraat- en ammoniumconcentraties in de bodem zijn in beide proefvlakken laag met concentraties onder de 100 $\mu\text{mol/l}$ en er zijn geen verschillen tussen de behandelingen gemeten.



Figuur 3. Olsen-P concentratie en uitwisselbare nitraat- en ammoniumconcentraties in de bovenste 10 cm van het ontgronde (O-), ontgronde met enten (O+), ontgronde met maaisel (OM-) en het ontgronde met maaisel met enten (OM+) proefperceel (gemiddelde ± st. fout; n=5).

De bodem in het ontgronde proefperceel met maaisel (OM) is zeer goed gebufferd (pH-NaCl 7,1-7,4) met een uitwisselbare calciumconcentratie tussen de 25000 en 27000 µmol/l (figuur 4). In dit proefperceel zijn geen verschillen tussen bodementen en controle te zien wat pH en uitwisselbaar calcium betreft. In het ontgronde proefvlak zonder maaisel (O) is de pH-NaCl in de geënte behandeling met 7,4 significant hoger dan in de bodem van de controle behandeling (pH 6,3). Ook in de uitwisselbare calciumconcentratie is een verschil tussen de behandelingen gemeten. In de geënte behandeling (O+) is de uitwisselbare calciumconcentratie hoger met 31500 µmol/l ten opzichte van 28473 µmol/l in de controle behandeling (O-), echter dit verschil is niet significant. De bodem in het ontgronde proefperceel met maaisel is sterker gebufferd dan de bodem in het ontgronde proefvlak zonder maaisel (zie ook eindrapport 2013), mogelijk dat daardoor geen effecten van bodementen op de bodemchemie waarneembaar zijn in dit proefperceel met maaisel.



Figuur 4. PH-NaCl en uitwisselbaar calciumconcentratie ontgronde (O-), ontgronde met enten (O+), ontgronde met maaisel (OM-) en het ontgronde met maaisel met enten (OM+) proefperceel (gemiddelde \pm st. fout; $n=5$).

Conclusie

Het opbrengen van bodemmateriaal uit kalkgrasland heeft geen invloed op de nutriënte rijkdom van de bodem, wel verhoogt het de pH en calciumconcentratie in de bodem, maar alleen in die situatie met een wat lagere pH.

3.3 AM-mycorrhiza

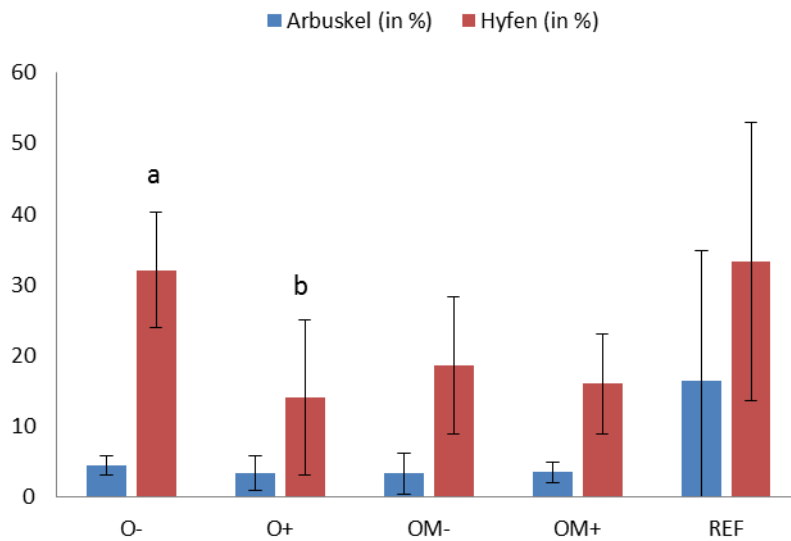
Er zijn verschillende plantensoorten met ieder hun eigen ecologie onderzocht op het voorkomen van mycorrhizaschimmels. De mate van voorkomen van de arbusculaire mycorrhizaschimmels is genomen als indicatie van de effectiviteit van de genomen maatregelen (ontgronden, ontgronden met maaisel, ontgronden met bodementen en ontgronde met maaisel en bodementen). Daarnaast is een kwalitatieve beschrijving van de wortelontwikkeling van de bemonsterde planten gemaakt.

Ontwikkeling mycorrhizaschimmels

Plantago lanceolata

Arbusculaire mycorrhizaschimmels (AM) werden waargenomen in de wortels van *Plantago lanceolata*. De hoeveelheid arbuskels was ongeveer vergelijkbaar in de verschillende proefvlakken op de Verlengde Winkelberg die waren ontgrond, en waar al dan niet maaisel en/of bodem van een ander kalkgrasland was toegediend (figuur 5).

Het hoogste aantal hyfen werd waargenomen in proefvlakken die enkel waren ontgrond (O -). Het aantal hyfen in de ontgronde proefvlakken was significant hoger dan in de ontgronde proefvlakken met aangebrachte bodem (figuur 5).



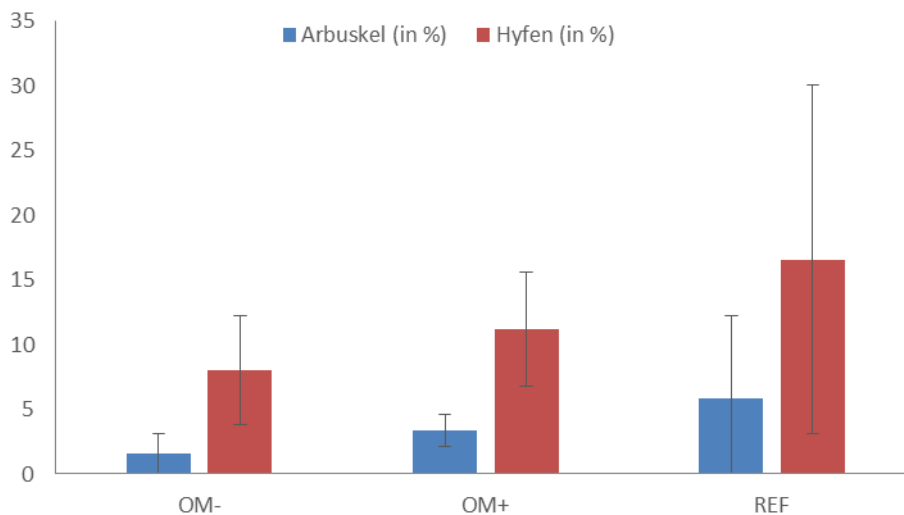
Figuur 5. Het percentage arbuskels en hyfen van arbusculaire mycorrhizaschimmels in de wortels van *Plantago lanceolata* in de ontgronde proefvlakken op de Verlengde Winkelberg en het referentiegebied Wrakelberg. O- = enkel ontgronden; O+ = ontgronden en aanbrengen met bodem; OM- = ontgronden en maaisel toedienen; OM+ = ontgronden en maaisel toedienen en aanbrengen bodem; REF = referentiegebied Wrakelberg (gemiddelde \pm st. fout; n=10; significante verschillen ($p < 0.05$) zijn weergegeven met verschillende letters).

De hoeveelheid arbuskels in de ontgronde proefvlakken op de Verlengde Winkelberg is geringer dan die in het goed ontwikkelde kalkgrasland van de Wrakelberg (figuur 5). De dispersie van mycorrhizaschimmels is een langdurig en traag proces. Over het algemeen duurt het tientallen jaren voordat mycorrhizaschimmels een nieuw terrein van nature hebben gekoloniseerd. En dan is het wel nodig dat er een gebied in de buurt waar sporen aanwezig is, van waaruit de sporen van mycorrhizaschimmels een ontgronde locatie kunnen koloniseren.

De waargenomen hoeveelheid arbuskels in de bemonsterde *Plantago lanceolata* planten gemeten in OM+ is geringer dan in de analyses door Biomygreen van wortelmonsters die in november 2012 waren genomen door B-ware.

Leontodon hispidus

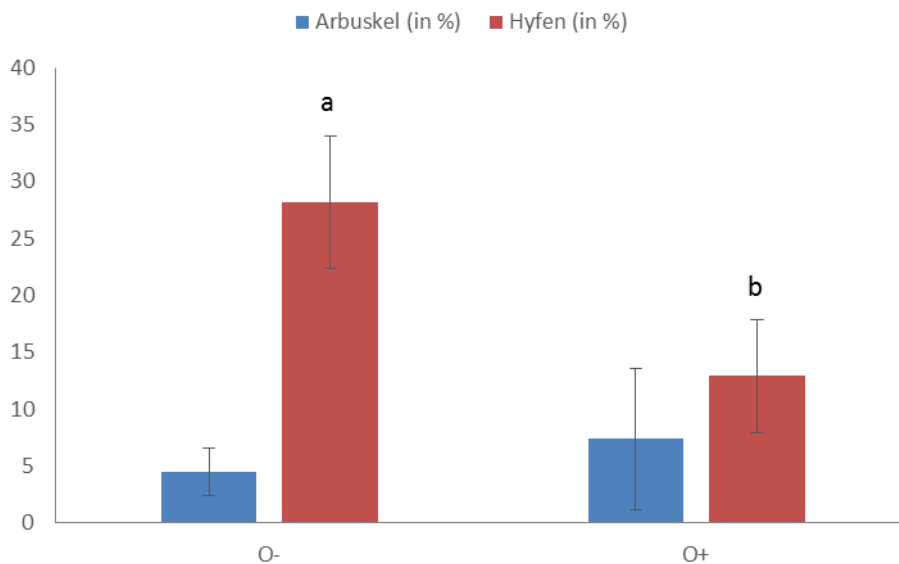
Arbusculaire mycorrhizaschimmels werden waargenomen in de wortels van *Leontodon hispidus*. De hoeveelheid arbuskels en hyfen was licht hoger in de ontgronde proefvlakken waaraan maaisel en bodem was aangebracht, maar geringer dan in het kalkgrasland van de Wrakelberg (figuur 6). De verschillen tussen de behandelingen zijn niet significant, maar een trend is zichtbaar.



Figuur 6. Het percentage arbuskels en hyfen van arbusculaire mycorrhizaschimmels in de wortels van *Leontodon hispidus* in de ontgronde proefvlakken in Verlengde Winkelberg en het referentiegebied Wrakelberg (gemiddelde \pm st. fout; $n=10$). OM- = ontgronden en maaisel toedienen; OM+ = ontgronden en maaisel toedienen en aanbrengen bodem; REF = referentiegebied Wrakelberg (gemiddelde \pm st. fout; $n=10$).

Trifolium repens

Arbusculaire mycorrhizaschimmels werden ook waargenomen in de wortels van *Trifolium repens*. De hoeveelheid arbuskels in het ontgronde proefvlak (O-) was niet significant groter dan die in ontgronde proefvlak waaraan bodem (O+) was toegevoegd (figuur 7). Het aantal hyfen in de ontgronde proefvlakken (O-) was significant hoger dan in de ontgronde proefvlakken met aangebrachte bodem (O+; figuur 7).



Figuur 7. Het percentage structuren van arbusculaire mycorrhizaschimmels: arbuskels, vesikels en hyfen, in de wortels van *Trifolium repens* in de ontgronde proefvlakken op de verlengde Winkelberg en het referentiegebied Wrakelberg. O- = enkel ontgronden, O+ = ontgronden en aanbrengen bodem; REF = referentiegebied Wrakelberg (gemiddelde \pm st. fout; $n=10$; significante ($p<0.05$) verschillen zijn weergegeven met verschillende letters).

Wortelontwikkeling

Plantago lanceolata

Uit microscopische waarnemingen aan de mycorrhizaschimmels kwam naar voren dat het wortelstelsel van *Plantago lanceolata* in de ontgronde proefvlakken (O-) over het algemeen beter was dan die van de proefvlakken waar bodem (O+) was aangebracht. Het wortelstelsel van *Plantago lanceolata* in de proefvlakken met aangebrachte bodem was over het algemeen matig. De wortels waren minder vertakt dan in de ontgronde proefvlakken. In de proefvlakken met aangebrachte bodem groeiden andere schimmels om de *Plantago lanceolata* wortels heen. Opvallend was dat *Rhizoctonia* sp. veelvuldig werd waargenomen. Deze schimmel kan duiden op slecht geaereerde vochtige bodem.

Het wortelstelsel van de bemonsterde *Plantago lanceolata* planten van de Wrakelberg was goed, ook al was een deel van de wortels stevig en enigszins verhout. Dit duidt er op dat de bodemcondities mogelijk niet meer optimaal zijn.

De wortelontwikkeling van de *Plantago lanceolata* planten in de ontgronde proefvlakken was minder uitbundig dan op de Wrakelberg. Dit suggereert dat de planten niet alleen jonger waren dan die van de Wrakelberg, maar ook dat de bodemcondities nog niet vergelijkbaar zijn met goed ontwikkeld grasland dat al tientallen jaren oud is.

Leontodon hispidus

Het wortelstelsel van *Leontodon hispidus* in de ontgronde proefvlakken met maaisel was vergelijkbaar met het wortelstelsel in de proefvlakken waar bodem was aangebracht. In de proefvlakken met aangebrachte bodem groeiden andere schimmels om de *Leontodon hispidus* wortels heen. Opvallend was dat *Rhizoctonia* sp. veelvuldig werd waargenomen. Deze schimmel kan duiden op slecht geaereerde en veelal vochtige bodem.

Het wortelstelsel van de bemonsterde *Leontodon hispidus* planten van de Wrakelberg was matig. De wortels waren sterk verhout; ze waren nauwelijks vertakt in fijne zijwortels. Deze wortelontwikkeling suggereert dat de bodem mogelijk nutriëntrijker aan het worden is.

Trifolium repens

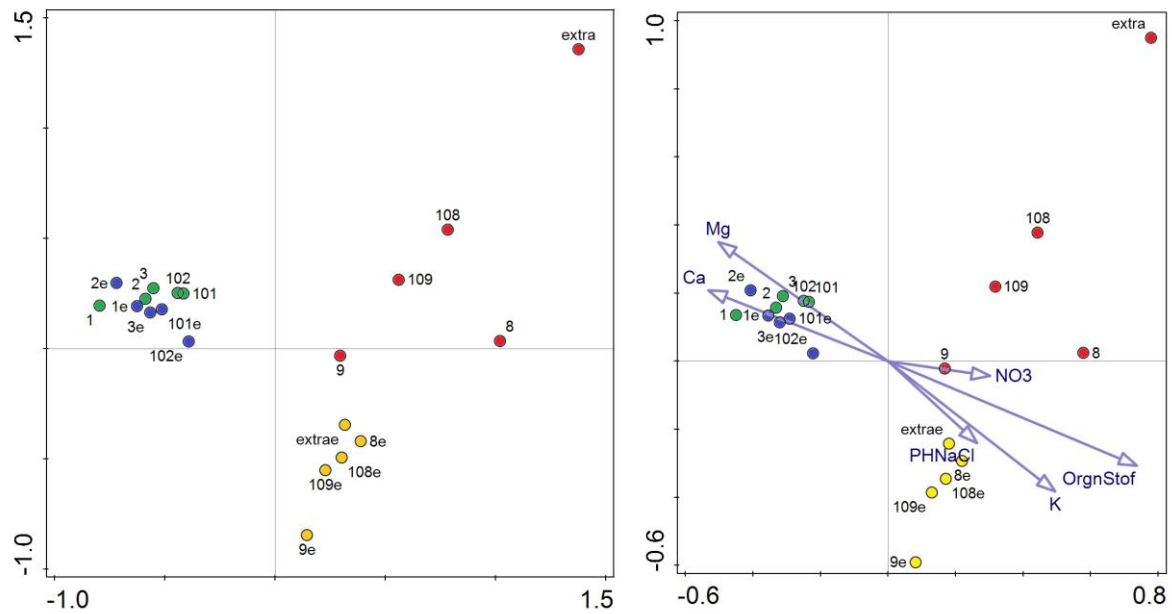
Het wortelstelsel van *Trifolium repens* in de ontgronde proefvlakken was over het algemeen beter dan die van de proefvlakken, waar bodem was aangebracht. Het wortelstelsel van *Trifolium repens* in de proefvlakken met aangebrachte bodem was over het algemeen matig. De wortels waren minder vertakt dan in de ontgronde proefvlakken.

3.4 Multivariate analyse (vegetatie en bodem)

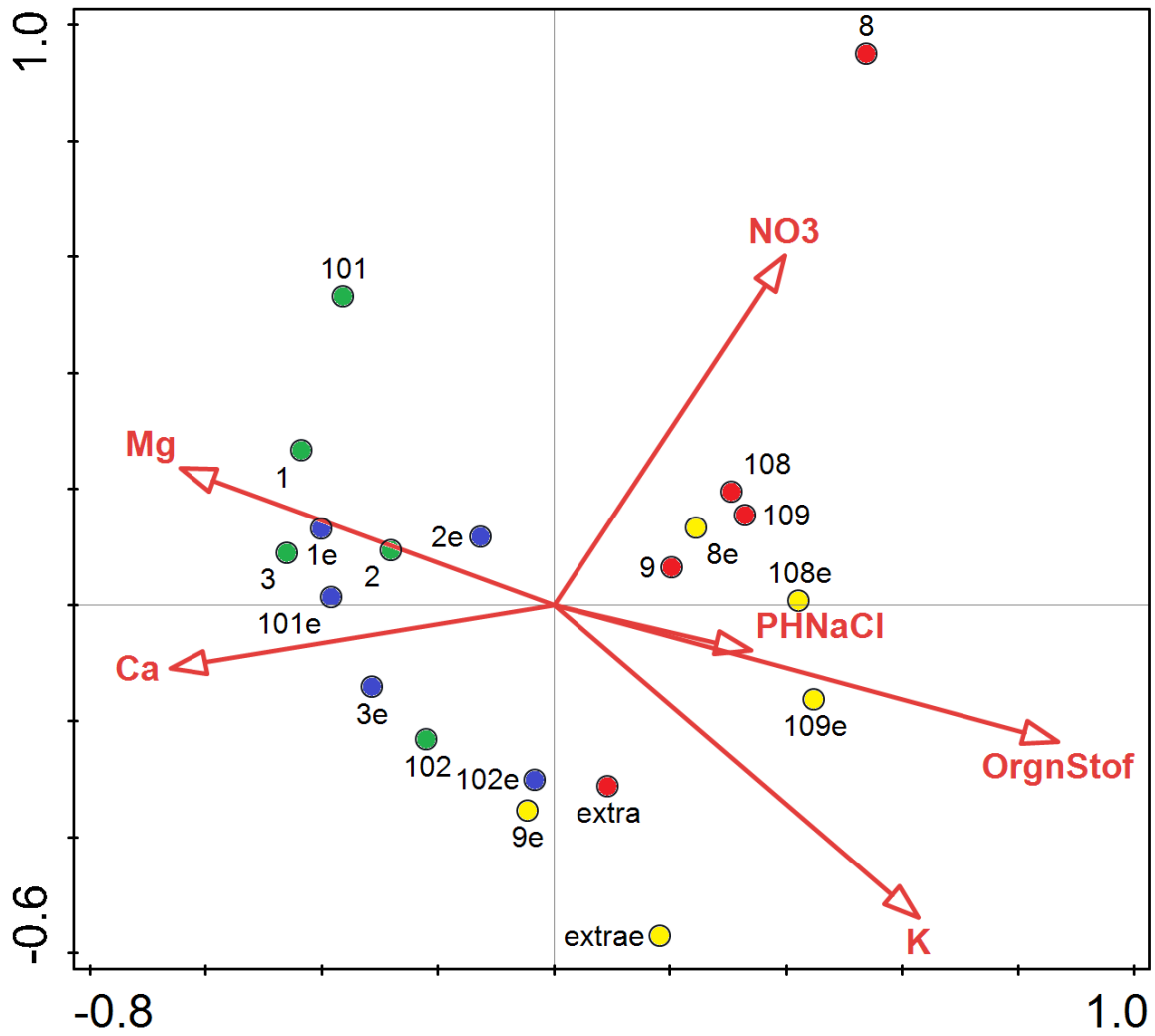
Naast separate analyses van vegetatie en bodem is ook met multivariate technieken gekeken naar de samenhang tussen bodem en vegetatie. Dit is gedaan op twee manieren: met een indirecte analyse is de soortensamenstelling geanalyseerd, waarbij de zes belangrijkste bodemparameters daarbij als passieve factor zijn uitgezet (figuur 8). Hieruit wordt duidelijk dat de soortensamenstelling tussen de ontgronde proefvlakken zonder maaisel (rood en geel) veel sterker is veranderd na bodementen dan die van de ontgronde + maaisel proefvlakken (groen en blauw). In deze figuur zijn ook de belangrijkste milieuvariabelen uitgezet (zijnde passief meegenomen). Er kan geen duidelijk correlatie tussen de behandeling en de bodemgegevens worden vastgesteld. Dit komt overeen met de resultaten die bij bodemchemie zijn geconstateerd.

In de directe analyse (waarbij de milieuvariabelen ook worden gebruikt om de verschillen in soortensamenstelling te verklaren), komt wederom geen eenduidig beeld naar voren. Ook hier blijken Organische stof, K, Mg en Ca significant bij te dragen aan de gevonden variatie in

soortensamenstelling, maar een eenduidige relatie met de uitgevoerde behandeling blijft achterwege (Figuur 9).



Figuur 8. DCA van de 20 opnamen. rood = ontgronden, geel = ontgronden en enten, groen = ontgronden en maaisel, blauw = ontgronden, maaisel en enten, rechts hetzelfde plaatje met de belangrijkste bodemparameters erin uitgezet.



Figuur 9. CCA (directe analyse) van de 20 opnamen en de 6 meest verklarende milieuvariabelen. rood = ontgronden, geel = ontgronden en enten, groen = ontgronden en maaisel, blauw = ontgronden, maaisel en enten.

4 Conclusies

In deze korte vervolg studie is gekeken naar de effecten van het opbrengen van een dunne laag bodemmateriaal op de ontwikkeling naar goed ontwikkeld hellingschraalland na ontgronden van voormalige landbouwgrond.

Het experiment is eind 2011 ingezet en eind 2012 is het eerste effect van het bodementen onderzocht op bodemchemie, mycorrhiza samenstelling van aanwezige *Plantago* planten en samenstelling van de microarthropoden. Wat betreft bodemchemie en microarthropoden werden geen duidelijke verschillen aangetroffen in de geënte plots ten opzichte van de controle plots. Wat mycorrhiza betreft was de wortelontwikkeling van *Plantago* in de ent-monsters over het algemeen beter dan in de controle monsters wat betreft vitaliteit, vertakking en aanwezigheid van mycorrhizaschimmels (ontwikkeling van hyfen en aanwezigheid van arbuskels, zie ook eindrapportage 2 e fase).

De situatie in 2015 is in het huidige onderzoek nader bekeken voor vegetatie, bodemchemie en mycorrhiza.

Bodem en vegetatie

Bij de ontgronde proefvlakken bleek een duidelijk (positief) effect van het bodementen: hier kwamen duidelijk veel meer karakteristieke hellingschraallandsoorten voor (zie paragraaf 3.2). Een deel van de extra plantensoorten komt aanwijsbaar uit het bodemmateriaal, terwijl een ander deel zich in de jaren 2010-2015 ook via andere dispersievector (o.a. schapenbegrazing) in de ontgronde delen heeft weten te vestigen. Op de ontgronde proefvlakken waar ook maaisel is opgebracht, heeft het enten met bodemmateriaal geen extra plantensoorten opgeleverd. De bodemchemie liet weinig verschillen zien tussen de behandelingen: het bodementen heeft geen invloed op de nutriëntenrijkdom van de bodem, wel verhoogt het enigszins de pH en calciumconcentratie in de bodem, maar alleen in die situatie met een wat lagere pH.

Mycorrhiza

Uit de resultaten komt naar voren dat het enten van bodem zowel in de ontgronde behandeling als de ontgronde behandeling met maaisel geen positief effect heeft op de bezetting van arbusculaire mycorrhizaschimmels. Er zijn geen verschillen gevonden tussen de behandelingen met en zonder bodementen in het percentage arbuskels in de wortels van *Plantago lanceolata*, *Leontodon hispidus* en *Trifolium repens*. Het enten van bodem na ontgronden heeft in één van de twee onderzochte situaties (alleen ontgronden; O) een negatief effect op het percentage hyfen in de wortels van *Plantago lanceolata* en *Trifolium repens*.

Enkele jaren na ontgronden (O-) op de Verlengde Winkelberg is de hoeveelheid hyfen in de wortels van *Plantago lanceolata* vrijwel gelijk aan die van het referentiegebied van de Wrakelberg. De hoogste ontwikkeling van hyfen in de ontgronde proefvlakken duidt er op dat er activiteit van mycorrhizaschimmels is en dat de ontwikkeling van arbuskels waarschijnlijk op termijn zal volgen. Toch kan het nog jaren duren voordat de kolonisatie van arbuskels in de ontgronde proefvlakken even hoog is als in een goed ontwikkeld kalkgrasland.

De waargenomen geringere hoeveelheid kolonisatie van mycorrhizaschimmels in 2015 ten opzichte van 2012 wordt mogelijk veroorzaakt door bemonsteren in verschillende seizoenen.

Een extra kwalitatieve waarneming is dat het merendeel van de wortels van *Plantago lanceolata* en *Leontodon hispidus* planten in het kalkgrasland in de Wrakelberg waren verhout. Hoofdwortels die zijn verhout kunnen niet worden gekoloniseerd door mycorrhizaschimmels. Het ontbreken van een aanzienlijk deel van fijne wortels, en de beperkte hoeveelheid waargenomen mycorrhizaschimmels duidt mogelijk op een aantasting van het bodemsysteem van de Wrakelberg.

Advies mbt aanbrengen mycorrhizaschimmels :

Dispersie van mycorrhizaschimmels is een traag proces. Het kan tientallen jaren duren voordat een ontgrond gebied op natuurlijke wijze is gekoloniseerd. Dit proces zou versneld kunnen worden door het gericht aanbrengen van inheemse soorten mycorrhizaschimmels.

5 Literatuur

Brundrett, M. C., Melville, L. & Peterson, R. L. 1994. Practical Methods in Mycorrhizal Research. Mycologue Publications, Waterloo, 161 pp.

Noordwijk, C.G.E.; Weijters, M.J.; Smits, N.A.C.; Bobbink, R.; Kuiters, A.T.; Verbaarschot, E.; Versluijs, R.; Kuper, J.; Floor-Zwart, W.; Huiskes, H.P.J.; Remke, E.; Siepel, H. (2013). Uitbreidingen herstel van Zuid-Limburgse hellingschraallanden. Eindrapportage 2e fase O + BN onderzoek. OBN177-HE - 167 p.

6 Bijlagen

Bijlage 1. Proefvlakken, behandelingen en bemonsterde soorten

Proefvlak-code	Behandeling	Bemonsterde plantensoorten
1	OM	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
1e	OM+	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
2	OM	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
2e	OM+	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
3	OM	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
3e	OM+	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
101	OM	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
101e	OM+	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
102	OM	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
102e	OM+	Plantago lanceolata Leontodon hispidus
8	O	Plantago lanceolata Trifolium repens
8e	O+	Plantago lanceolata Trifolium repens
9	O	Plantago lanceolata Trifolium repens
9e	O+	Plantago lanceolata Trifolium repens
108	O	Plantago lanceolata Trifolium repens
108e	O+	Plantago lanceolata Trifolium repens
109	O	Plantago lanceolata Trifolium repens
109e	O+	Plantago lanceolata Trifolium repens
Extra	O	Plantago lanceolata Trifolium repens
Extrae	O+	Plantago lanceolata Thymus serpyllum
Wrakelberg	Referentie	Plantago lanceolata Leontodon hispidus

Bijlage 2. Synoptische tabel van de 20 proefvlakken in 2015. Opgenomen is de gemiddelde aanwezigheid en gemiddelde bedekking (van de aanwezige proefvlakken). O = ontgronden, O + = ontgronden en enten, OM = ontgronden en maaisel, OM + = ontgronden, maaisel en eten.

Group No.	O	O+	OM	OM+
No. of relevés	5	5	5	5
Veel voorkomende soorten				
<i>Agrostis capillaris</i>	80 ²⁻³	80 ¹⁻³	20 ⁺	20 ⁺
<i>Centaureum erythraea</i>	100 ⁺²	100 ⁺¹	.	.
<i>Crepis capillaris</i>	100 ⁺²	100 ¹	20 ⁺	20 ⁺
<i>Geranium molle</i>	40 ^{r+}	20 ⁺	20 ⁺	20 ⁺
<i>Dactylis glomerata</i>	100 ⁺¹	100 ⁺¹	60 ⁺	40 ⁺
<i>Ranunculus bulbosus</i>	20 ^r	100 ⁺¹	100 ⁺¹	60 ⁺
<i>Daucus carota</i>	80 ²⁻²	100 ²⁻²	60 ⁺¹	80 ⁺¹
<i>Cynosurus cristatus</i>	80 ⁺¹	60 ⁺	80 ⁺¹	100 ⁺¹
<i>Festuca rubra</i>	60 ⁺²	100 ¹⁻²	100 ²⁻⁴	100 ²⁻⁴
<i>Fraxinus excelsior</i>	80 ⁺	100 ⁺	40 ⁺	40 ⁺
<i>Holcus lanatus</i>	80 ¹⁻²	100 ¹⁻²	100 ¹⁻²	100 ⁺¹
<i>Leontodon hispidus</i>	80 ⁺¹	100 ⁺¹	100 ²⁻⁴	100 ²⁻³
<i>Linum catharticum</i>	60 ⁺¹	100 ²	100 ¹⁻²	100 ¹⁻²
<i>Rhinanthus alectorolophus</i>	100 ⁺¹	80 ¹	100 ⁺¹	100 ⁺²
<i>Lotus corniculatus + L. glaber</i>	100 ⁺¹	60 ⁺¹	100 ¹⁻²	100 ²⁻²
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	60 ⁺¹	60 ⁺¹	100 ⁺¹	80 ⁺¹
<i>Taraxacum species</i>	80 ⁺²	100 ⁺²	60 ⁺¹	40 ¹
<i>Leucanthemum vulgare</i>	60 ⁺¹	80 ⁺¹	60 ⁺¹	100 ⁺¹
<i>Luzula campestris</i>	20 ⁺	60 ⁺	80 ⁺²	100 ⁺²
<i>Trifolium pratense</i>	100 ⁺²	60 ¹	80 ¹⁻²	80 ⁺²
<i>Plantago lanceolata</i>	40 ⁺¹	100 ¹⁻²	100 ⁺¹	80 ⁺²
<i>Poa pratensis</i>	40 ⁺	60 ⁺	60 ⁺¹	60 ⁺¹
<i>Rhinanthus minor</i>	60 ⁺	60 ⁺	20 ⁺	40 ⁺
<i>Trifolium dubium</i>	80 ⁺¹	60 ⁺¹	80 ⁺	20 ¹
<i>Trifolium repens</i>	100 ¹	60 ⁺¹	20 ²	20 ⁺
<i>Trisetum flavescens</i>	80 ⁺	60 ⁺	40 ⁺¹	100 ⁺¹
<i>Jacobaea vulgaris</i>	80 ⁺²	80 ¹	40 ⁺¹	60 ⁺¹
<i>Veronica arvensis</i>	80 ⁺¹	100 ⁺¹	20 ⁺	20 ⁺
<i>Cirsium vulgare</i>	40 ⁺	100 ⁺¹	20 ⁺	20 ⁺
<i>Agrostis stolonifera</i>	20 ¹	20 ¹	60 ⁺	40 ⁺¹
<i>Cerastium fontanum s. vulgare</i>	20 ¹	20 ¹	60 ⁺	40 ⁺
<i>Cerastium fontanum</i>	40 ¹⁻²	60 ¹⁻²	20 ¹	20 ⁺
Soorten uit maaisel/entmateriaal				
<i>Briza media</i>	.	100 ⁺²	80 ⁺¹	80 ⁺²
<i>Plantago media</i>	20 ^r	80 ⁺	80 ⁺¹	60 ⁺
<i>Carex caryophylla</i>	.	80 ⁺¹	60 ⁺¹	40 ⁺
<i>Carex flacca</i>	.	60 ⁺¹	40 ⁺¹	80 ¹
<i>Helictotrichon pubescens</i>	.	100 ⁺¹	80 ¹⁻²	100 ⁺²
<i>Primula veris</i>	.	100 ⁺¹	100 ⁺¹	100 ⁺¹
<i>Centaurea jacea</i>	.	80 ⁺¹	60 ⁺	40 ⁺¹
<i>Dactylorhiza maculata s. fuchsii</i>	.	.	60 ^{r-1}	80 ^{r-1}

<i>Bromopsis erecta</i>	.	.	20 ¹	40 ¹
<i>Rumex acetosa</i>	.	40 ⁺	60 ⁺	60 ⁺
<i>Sanguisorba minor</i>	20 ^r	100 ¹⁻²	.	60 ⁺²
<i>Prunella vulgaris</i>	.	100 ⁺¹	60 ⁺¹	40 ⁺
<i>Galium verum</i>	.	60 ⁺	80 ⁺¹	40 ⁺
<i>Euphorbia helioscopia</i>	20 ^r	40 ^{r+}	20 ^r	20 ⁺
<i>Brachypodium pinnatum</i>	.	80 ⁺²	20 ⁺	20 ⁺
<i>Ranunculus polyanthemos s. nemorosus</i>	.	40 ⁺	60 ⁺²	60 ⁺¹
Soorten uit entmateriaal				
<i>Genista tinctoria</i>	.	80 ²⁻²	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	.	60 ⁺²	.	20 ⁺
<i>Pimpinella saxifraga</i>	.	100 ⁺	.	.
<i>Stachys officinalis</i>	.	40 ⁺	.	20 ⁺
<i>Knautia arvensis</i>	.	40 ⁺	.	.
<i>Scabiosa columbaria</i>	.	40 ^{r+}	.	.
<i>Carlina vulgaris</i>	.	20 ^r	.	.
<i>Danthonia decumbens</i>	.	20 ⁺	.	.
<i>Poa compressa</i>	.	20 ⁺	.	.
<i>Gentianella germanica</i>	.	20 ^r	.	20 ^r
<i>Thymus pulegioides</i>	.	100 ⁺¹	.	.
<i>Polygala vulgaris</i>	.	60 ⁺	.	40 ¹
Overige soorten				
<i>Trifolium campestre</i>	60 ⁺	.	.	.
<i>Cirsium arvense</i>	40 ^{r+}	.	.	.
<i>Ranunculus repens</i>	80 ⁺²	60 ⁺	.	.
<i>Cerastium fontanum s. holosteoides</i>	40 ¹⁻²	20 ²	.	.
<i>Bromus hordeaceus</i>	100 ⁺¹	80 ⁺¹	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	20 ^r	20 ^r	20 ⁺	.
<i>Origanum vulgare</i>	20 ⁺	100 ⁺²	.	.
<i>Epilobium tetragonum</i>	20 ¹	40 ⁺	.	.
<i>Cytisus scoparius</i>	20 ²	40 ⁺²	.	.
<i>Geranium pusillum</i>	60 ⁺	40 ⁺	.	.
<i>Hypochaeris radicata</i>	60 ⁺¹	40 ⁺	.	.
<i>Lolium perenne</i>	40 ⁺	20 ^r	.	.
<i>Sonchus species</i>	60 ^r	40 ^r	.	.
<i>Conyza canadensis</i>	40 ⁺¹	60 ⁺	.	.
<i>Campanula rotundifolia</i>	.	80 ⁺	.	.
<i>Ononis repens</i>	20 ²	20 ⁺	20 ²	20 ⁺
<i>Potentilla erecta</i>	.	60 ⁺	.	40 ⁺
<i>Arrhenatherum elatius</i>	20 ¹	20 ¹	.	20 ⁺
<i>Rumex acetosella</i>	20 ⁺	20 ⁺	.	20 ⁺
<i>Medicago lupulina</i>	.	40 ⁺	60 ⁺¹	80 ⁺¹
<i>Veronica chamaedrys</i>	.	20 ⁺	20 ⁺	20 ¹
<i>Festuca arundinacea</i>	.	.	40 ¹⁻²	20 ²
<i>Stellaria graminea</i>	.	.	40 ⁺	40 ⁺
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	80 ⁺	60 ⁺
<i>Hypericum tetrapterum</i>	.	.	20 ¹	40 ⁺²
Zeldzame soorten:				

<i>Hieracium pilosella</i>	20 ⁺	.	.	.
<i>Sonchus palustris</i>	20 ¹	.	.	.
<i>Corylus avellana</i>	20 ⁺	.	.	.
<i>Trifolium arvense</i>	20 ¹	.	.	.
<i>Rumex obtusifolius</i>	20 ^x	.	.	.
<i>Hieracium umbellatum</i>	20 ^x	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	20 ^x	.	.	.
<i>Acer platanoides</i>	20 ^x	.	.	.
<i>Phleum pratense</i>	20 ^x	.	.	.
<i>Cirsium species</i>	20 ⁺	.	.	.
<i>Vulpia species</i>	20 ^x	.	.	.
<i>Vicia sativa</i>	20 ⁺	20 ⁺	.	.
<i>Sagina procumbens</i>	20 ¹	20 ⁺	.	.
<i>Geranium dissectum</i>	20 ⁺	20 ⁺	.	.
<i>Polygonum aviculare</i>	.	40 ^{x+}	.	.
<i>Rosa species</i>	.	20 ^x	.	.
<i>Ranunculus sardous</i>	.	20 ⁺	.	.
<i>Hieracium species</i>	.	20 ^x	.	.
<i>Koeleria macrantha</i>	.	20 ⁺	.	.
<i>Agrimonia eupatoria</i>	.	20 ^x	.	20 ⁺
<i>Myosotis arvensis</i>	.	20 ⁺	.	.
<i>Vicia cracca</i>	.	20 ⁺	.	20 ⁺
<i>Vicia hirsuta</i>	.	20 ⁺	.	.
<i>Achillea millefolium</i>	.	20 ⁺	.	.
<i>Sonchus asper</i>	.	40 ⁺	.	.
<i>Clematis vitalba</i>	.	20 ²	.	.
<i>Viola reichenbachiana + V. riviniana</i>	.	20 ⁺	.	.
<i>Centaurea scabiosa</i>	.	20 ⁺	20 ⁺	.
<i>Heracleum sphondylium</i>	.	.	20 ¹	.
<i>Orobanche minor</i>	.	.	20 ⁺	.
<i>Festuca pratensis</i>	.	.	20 ⁺	.
<i>Crepis biennis</i>	.	.	20 ⁺	20 ¹
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	20 ⁺
<i>Calamagrostis epigejos</i>	.	.	.	20 ^x
<i>Rhinanthus species</i>	.	.	.	20 ⁺



**Kennisnetwerk OBN wordt gecoördineerd door de VBNE en
gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken en BIJ12**

Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE)

Princenhof Park 9
3972 NG Driebergen
0343-745250

W.A. (Wim) Wiersinga
Adviseur Plein van de kennis/
Programmaleider Kennisnetwerk OBN
0343-745255 / 06-38825303
w.wiersinga@vbne.nl

M. (Mark) Brunsveld MSc
Programma-medewerker OBN
0343-745256 / 06-31978590
m.brunsveld@vbne.nl