

2017 - 2021

Onderzoek

Jeneverbes en stikstofdepositie



Rik Veldhuis, Chris Smit, Fons Smolders en Kris Verheyen

Samenstelling:

Rik Veldhuis, Universiteit Groningen
Chris Smit, Universiteit Groningen
Fons Smolders, Radboud Universiteit Nijmegen
Kris Verheyen, Universiteit Gent

Dit project is gefinancierd door:

Provincie Drenthe
Agentschap voor Natuur en Bos
Prins Bernhard Cultuurfonds

Datum December 2021

In samenwerking met:

Agentschap voor Natuur en Bos
Het Drentse Landschap
Natuurmonumenten
Staatsbosbeheer



Inhoudsopgave:

1. Samenvatting	4
2. Wetenschappelijke achtergrond	6
3. Context en doelen.....	8
4. Leeswijzer	9
5. Onderzoeken	
5.1. Associaties tussen bodem en jeneverbes in zes natuurgebieden.....	11
5.2. Identificatie van mycorrhizerende schimmelgemeenschappen	16
5.3. Effecten van beheermaatregelen op kiemlingen en jonge planten	23
5.4. Effecten van mycorrhizerende schimmels op jeneverbes.....	32
6. Synthese en aanbevelingen voor het beheer.....	36
7. Literatuur en bronnen.....	45

1. Samenvatting

Jeneverbes is sterk beeldbepalend voor het Nederlandse en Vlaamse (heide) landschap en heeft belangrijke culturele en ecologische waarde. De afgelopen decennia is er een gebrek aan verjonging geweest waardoor populaties in noordwest Europa onder druk staan. De beperkte verjonging is in verband gebracht met een aantal factoren: 1) de zeer lage kiemkracht van de zaden, versterkt door de hoge leeftijd van de struwelen, 2) het ontbreken van een goed kiembod (kale, vochtige, neutrale bodem), en 3) kiem- en zaailingsterfte door verzuring of droogte van de bodem, beschaduwning of competitie door snelgroeiende planten en soms vraat door kleine en grote zoogdieren. De huidige klimaatverandering en hoge atmosferische stikstof depositie versterken waarschijnlijk de geringe omvang van de verjonging. Of en hoe de hoge atmosferische depositie de verjonging van jeneverbes beïnvloedt, is echter nog onduidelijk.

Met behulp van vier studies hebben we de relatie tussen atmosferische depositie en bodemchemie enerzijds en de kwaliteit, vitaliteit en ontwikkeling van jeneverbes anderzijds beter leren begrijpen. Op grond hiervan geven we advies over effectieve beheermaatregelen om de bodemchemische eigenschappen te verbeteren, leidend tot een voortdurende ontwikkeling van jeneverbespopulaties.

We vinden dat lagere concentraties van kalium (K), stikstof (N), fosfor (P), zwavel (S), zink (Zn) (en calcium (Ca)) in de bodem zorgen voor lagere concentraties in de naalden welke in verband staan met een beperkte groei. Deze veranderingen van element concentraties in de bodem hebben een grotere impact op juvenielen dan op volwassenen. Daarnaast hebben we in twee Nederlandse natuurgebieden de meest voorkomende soorten arbusculaire en ecto-mycorrhizae, d.w.z. wortelschimmels die respectievelijk binnenin dan wel aan de buitenzijde van plantenwortels zitten, bij jeneverbessen geïdentificeerd. Jonge planten zijn vooral met arbusculaire mycorrhizae geassocieerd. De mycorrhizerende schimmels hebben een positief effect op groei van jeneverbessen, maar een gebrek aan nutriënten (Ca, Mg, K, Na) in de bodem doet dit positieve effect teniet.

Kortom een gebrek aan nutriënten limiteert de prestatie van jeneverbes én de positieve effecten van mycorrhizerende schimmels.

Door de langdurige stikstofdepositie zijn de meeste Pleistocene zandgronden, waarop de jeneverbes voorkomt, sterk verzuurd en spoelen nutriënten verder uit. Daardoor verarmen de natuurgebieden aan nutriënten en komen gifstoffen vrij als aluminium (Al), met als gevolg de negatieve effecten voor jeneverbes, o.a. via mycorrhizae. Voor het behoud van de jeneverbes zal de stikstofdepositie verder af moeten nemen. Afhankelijk van de uitgangssituatie in het betreffende natuurgebied adviseren we kleinschalig te plaggen en kalk en steenmeel aan de bodem toe te voegen. De dosering van kalk en steenmeel wordt bepaald na het meten van de zuurgraad, de baseverzadiging en het adsorptie-complex van de bodem. Hoewel deze maatregelen de negatieve effecten van stikstofdepositie deels oplossen kunnen ze ook nadelen met zich meebrengen. Zo kunnen bij een hoge pH cationen minder beschikbaar worden en kan Ca met P reageren en neerslaan waardoor de P beschikbaarheid voor planten daalt. Daarom zijn ze geen alternatief voor de noodzakelijke vermindering van de stikstofdepositie. Voor elk van de zes onderzochte natuurgebieden is een beheeradvies geschreven, met daarin opgenomen o.m. het planten van stekken en het reduceren van schaduw.

2. Wetenschappelijke achtergrond

Jeneverbes (*Juniperus communis*) is naast taxus (*Taxus baccata*) en grove den (*Pinus sylvestris*) één van de drie inheemse soorten naaldbomen van Nederland. Jeneverbes heeft een verspreidingsgebied dat het grootste deel van het noordelijke halfmond omvat. Deze pionier kan op droge, koude en nutriënt arme bodems overleven. Onder meer gematigde omstandigheden legt deze traag groeiende soort het af tegen sneller groeiend planten (Thomas et al., 2007). Jeneverbesstruweel en het daarbij behorende typische mozaïeklandschap herbergt een karakteristieke en rijke flora en fauna, is toonaangevend voor het landschap en speelt in het historische landgebruik en cultuur een belangrijke rol (Weeda et al., 1985).

De opbouw van jeneverbesstruwelen laat in Nederland en omringende West-Europese landen echter een chronisch tekort aan verjonging zien (Clifton et al., 1997; García et al., 1999; Knol & Nijhof, 2004; Verheyen et al., 2005). De huidige sterk verouderde jeneverbesstruwelen dreigen spoedig te verdwijnen. Mede door veroudering en successie, maar waarschijnlijk sterk versneld door de hoge stikstofdepositie.

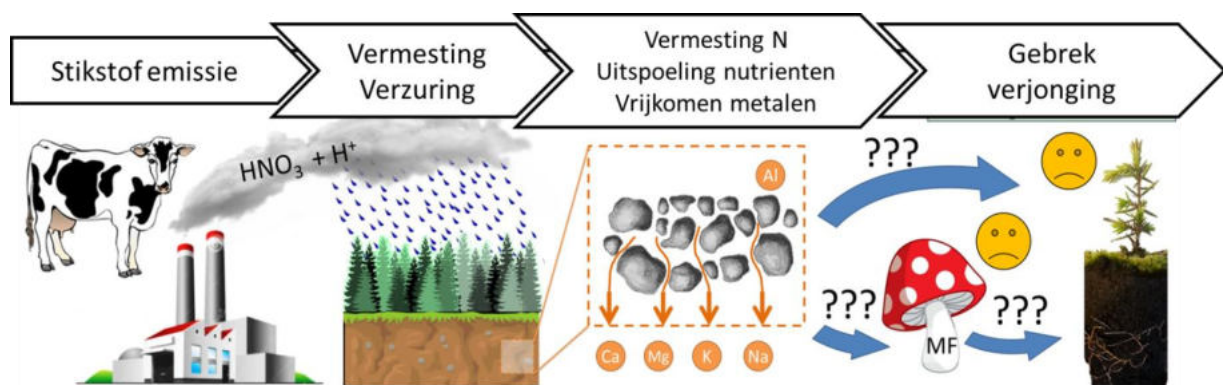
In Engeland is de totale populatie tussen 1973 en 1994 al met 30% afgenomen en is 16% van de populaties compleet verdwenen (Clifton et al., 1997). In Nederland, waar de soort voornamelijk voorkomt op (voormalige) stuifzanden en droge, matig zure tot zure heidegronden, is het aantal voortplantende individuen tussen 1950-2011 met meer dan 50% afgenomen (Sparrius et al., 2014). De jeneverbes staat in Nederland en Vlaanderen vermeld op de Rode Lijst (Sparrius et al., 2014, <https://www.vlaanderen.be/inbo/rode-lijsten/>). Met het verdwijnen van de jeneverbes dreigen belangrijke ecologische, landschappelijke en cultuurhistorische waarden verloren te gaan. Na een alarmerend rapport van Knol & Nijhof (2004) is het Jeneverbesgilde opgericht dat onder meer de eigenschappen van vele jonge jeneverbessen in Drentse natuurgebieden heeft vastgelegd en gevolgd. Hun gegevens laten zien dat het in sommige gebieden de goede kant op gaat met de verjonging, maar in andere gebieden nog niet.

Waardoor op sommige plekken wel sprake is van succesvolle verjonging van jeneverbes en op andere plekken niet is nog steeds niet duidelijk. We weten dat een open/verstoorde bodem, voldoende licht en voldoende vocht belangrijk zijn voor de ontkieming en overleving van jeneverbessen. Daarnaast moeten er voldoende levensvatbare zaden aanwezig zijn. De zaadkwaliteit in Nederlandse natuurgebieden is echter laag (Verheyen et al., 2009).

Naast deze lage zaadkwaliteit speelt stikstofdepositie mogelijk een negatieve rol voor jeneverbes, maar de mechanismen daarachter zijn niet goed bekend. Stikstofdepositie leidt tot een hogere beschikbaarheid van stikstof voor planten, waardoor stikstofminnende soorten (zoals grassen) een voordeel krijgen ten opzichte van niet stikstofminnende soorten (waaronder veel in Nederland zeldzaam geworden plantensoorten) en deze verdringen. Daarnaast leidt stikstofdepositie tot uitspoeling van belangrijke voedingstoffen en het vrijkomen (mobilisatie) van giftige (toxische) stoffen zoals aluminium (Al). Stikstofoxiden (NO_x), maar vooral ammonium (NH_4^+) en ammoniak (NH_3), oxideren waarbij zuur wordt gevormd en de zuurgraad (pH) van de bodem afneemt. Voedingsstoffen als kalium en calcium komen los van de bodemdeeltjes en spoelen uit naar diepere lagen. In sommige gevallen is hierdoor 50% van de calcium uitgespoeld. Als de bodem nog zuurder

wordt lossen giftige metalen als aluminium op in het grondwater, met negatieve gevolgen voor veel planten en schimmels (zie figuur 1) (FAO & ITPS, 2015; Rice & Herman, 2012). Er zijn duidelijke aanwijzingen dat deze processen ook negatieve gevolgen hebben voor de verjonging van jeneverbes (Kromkamp, 2015; Lucassen et al., 2011).

Naast de directe effecten van de samenstelling van de bodem op de plant kunnen bodemschimmels een belangrijke rol spelen in de vitaliteit. Meer dan 80% van de planten werkt samen met mycorrhizerende schimmels (Wang & Qiu, 2006). Planten geven suikers, gemaakt tijdens fotosynthese in de bladeren, aan de schimmels (Allen et al., 2003). In ruil daarvoor helpt de schimmel de plant met het verzamelen van voedingsstoffen uit de bodem en het omgaan met verschillende soorten stress bijvoorbeeld droogte (Augé, 2001; Latef et al., 2016). Schimmels zijn vanwege hun dunne schimmeldraden veel efficiënter in het doorzoeken van de bodem naar voedingsstoffen dan relatief dikke plantenwortels. Daarbij scheiden schimmels enzymen uit die het mogelijk maken voedingsstoffen op te nemen die voor planten niet beschikbaar zijn, bijvoorbeeld fosfor (Plassard & Dell, 2010). Daarnaast beschermen mycorrhizerende schimmels planten tegen o.a. droogte door ze te helpen met hun waterhuishouding (Latef et al., 2016). Op de Pleistocene zandgronden, van nature nutriëntarme bodems die weinig vocht vast houden maar waar de jeneverbes van oudsher voorkomt, kan zo'n schimmel dus erg belangrijk zijn voor de overleving van een plant. Mycorrhizerende schimmels zijn, net als (kiem)planten, gevoelig voor aluminium, een van de giftige stoffen die tijdens bodemverzuring vrijkomt (Seguel et al., 2013). Het is goed mogelijk dat bodemverzuring daardoor een negatief effect heeft op mycorrhizerende schimmels en zo indirect de vitaliteit van de planten aantast.



Figuur 1: Schematische weergave van de relatie tussen stikstof-emissie en verjonging van jeneverbes. Landbouw en industrie leiden tot emissie van stikstof die door de wind verspreid wordt en neerslaat in natuurgebieden. Dit leidt tot vermisting en verzuring van de bodem. Langdurige bodemverzuring leidt tot uitspoeling van nutriënten en mobilisatie van toxische metalen zoals aluminium. Dit kan direct of indirect, via mycorrhizerende schimmels, de regeneratie van jeneverbessen negatief beïnvloeden (in dit rapport onderzocht).

3. Context en doelen

Voor u ligt de eindrapportage van het onderzoeksproject naar de relatie tussen jeneverbes, bodemchemie, mycorrhizae en stikstofdepositie. Het project startte begin 2017 en kende een looptijd van bijna 5 jaar. Het project is grotendeels gefinancierd door de Provincie Drenthe (PAS en Biodiversiteit), met extra bijdragen vanuit het Agentschap Natuur en Bos Vlaanderen (penvoerder Universiteit Gent) en het Prins Bernhard Cultuurfonds (penvoerder Het Drentse Landschap).

Zoals beschreven in het oorspronkelijke projectvoorstel (december 2016) was het doel van het project om: *“1) te begrijpen via welke mechanismen atmosferische depositie de kwaliteit, vitaliteit en ontwikkeling van jeneverbespopulaties beïnvloedt, om vervolgens 2) te bepalen met welke beheermaatregelen de bodemchemische eigenschappen kunnen worden verbeterd om tot een duurzaam herstel van jeneverbes populaties te komen.”* En verder: *“De resultaten van dit onderzoeksproject dienen tot adviezen te leiden voor beheer en inrichting t.b.v. van de kwaliteit, vitaliteit en ontwikkeling van het habitatype jeneverbesstruweel in Drenthe en Vlaanderen. Tevens dient het project te leiden tot een praktische vertaalsleutel voor beheerders om te bepalen welke beheermaatregelen het meest geschikt zijn, afhankelijk van de situatie ter plaatse”.*

Project: inbedding en begeleiding

Het project is uitgevoerd door een aio-onderzoeker (Rik Veldhuis) verbonden aan de Rijksuniversiteit Groningen (RUG), in nauwe samenwerking met Onderzoekcentrum B-WARE/ Radboud Universiteit Nijmegen en de Universiteit Gent. De aio was verbonden aan de RUG (onder dagelijkse begeleiding van prof. dr. ir. Chris Smit), met co-begeleiding vanuit de andere instituten (prof. dr. Fons Smolders, dr. Esther Lucassen B-Ware/RUN, prof. dr. Kris Verheyen (UGent)).

Daarnaast is gewerkt met een begeleidingscommissie bestaande uit de betrokken partijen, vooral vanuit beheer en beleid (Tabel 1). Deze commissie kwam twee maal per jaar bijeen om de voortgang te bespreken en om de uitwisseling van kennis en praktijk te waarborgen. De gedetailleerde verslaglegging van deze bijeenkomsten werd tevens gebruikt als jaarlijkse rapportage aan de financiers (zie appendix).

Naam	Organisatie
Ronald Popken	Natuurmonumenten
Arnout-Jan Rossenaar	Staatsbosbeheer
Bertil Zoer	Stichting Het Drentse Landschap
Marijke Drees	Op persoonlijke titel
Jan van Ginkel	Op persoonlijke titel (vm. lid Jeneverbesgilde)
Hans Dekker	Provincie Drenthe
<i>Onderzoekers:</i>	
Rik Veldhuis	Rijksuniversiteit Groningen
Chris Smit	Rijksuniversiteit Groningen
Esther Lucassen	B-Ware
Fons Smolders	B-Ware / Radboud Universiteit Nijmegen
Kris Verheyen	Universiteit Gent

Tabel 1: samenstelling begeleidingscommissie project

4. Leeswijzer

Het project bestond uit vier verschillende onderdelen, te weten

- 1) een veldstudie naar de relatie tussen bodem- en planteigenschappen in vier natuurgebieden in Drenthe en twee in Vlaanderen,
- 2) een detailstudie naar de soortensamenstelling van de mycorrhizerende schimmelm Gemeenschap op de wortels van jeneverbes en hoe deze verandert met de bodemeigenschappen,
- 3) een grote veldproef op twee locaties (Mantingerzand, Drouwenerzand), om de effectiviteit van verschillende bodembehandelingen ter stimulering van de overleving en groei van jeneverbes uit zaden en zelf opgekweekte stekken te toetsen en
- 4) een veldexperiment om het belang van mycorrhizerende schimmels voor de overleving en groei van jeneverbesstekken onder verschillende bodemomstandigheden te toetsen.

Dit rapport bevat voor elke studie een eigen hoofdstuk. Voorafgaand aan deze hoofdstukken staat een algemene inleiding die de achtergrond van het probleem schetst. Tot slot volgt het hoofdstuk met een synthese en concrete aanbevelingen voor beheer.

Aanpak

Om een indicatie te krijgen hoe de bodemchemie de jeneverbesplanten beïnvloedt in termen van groei, productie van bessen en opgenomen voedingsstoffen in de naalden hebben we 156 struiken bemonsterd. Deze struiken stonden verspreid over zes natuurgebieden (vier in Drenthe, twee in Vlaanderen) en bestonden uit zowel jonge als volwassen jeneverbesstruiken.

In *hoofdstuk 5.1* rapporteren we over de resultaten van deze studie, en kijken we specifiek hoe bodem- en planteigenschappen met elkaar correleren.

In *hoofdstuk 5.2* kijken we naar de schimmels die rond de wortels van jeneverbessen aanwezig zijn. Hiervoor hebben we gefocust op mycorrhizerende schimmels, de schimmels die planten helpen met het verzamelen van voedingsstoffen en ze beschermen tegen verschillende soorten stress zoals droogte. We identificeerden de aangetroffen soorten en onderzochten of de soortensamenstelling samenhangt met de bodemeigenschappen. De hoofdmoot van de monsters werd verzameld van jeneverbessen (zowel adulten als juvenielen) in het Drouwenerzand, terwijl we monsters van jeneverbessen uit de Maasduinen als referentiemateriaal gebruikten.

Voor *hoofdstuk 5.3* testten we de effecten van, een combinatie van, bodembehandelingen op de ontkieming van zaden, de overleving van kiemlingen en stekken en hun nutriëntenhuishouding. Hiertoe werden eerst beide onderzoeklocaties van ca. 10 x 10 m (Mantingerzand en Drouwenerzand) handmatig geplagd. De behandelingen bestonden uit het al of niet toevoegen van kalk (dolokal) en steenmeel (Eifelgold), in combinatie met het weghalen of toevoegen van (mycorrhizerende) schimmels.

Voor *hoofdstuk 5.4* testten we of deze mycorrhizerende schimmels de jeneverbessen daadwerkelijk helpen en of deze hulp afhangt van de omstandigheden in de bodem. Met behulp van semipermeabele cilinders – schimmels kunnen er vanuit de omringende bodem in doordringen, maar plantenwortels kunnen er niet uit - hebben we 210 stekken in het veld laten groeien (Mantingerzand en Drouwenerzand). De helft van deze stekken kon ongestoord een verbinding maken met het netwerk van binnendringende schimmels, terwijl bij de andere helft dit netwerk wekelijks doorgesneden werd door de cilinders te draaien. Na vijf maanden is de groei evenals de naald- en bodemchemie gemeten.

In *hoofdstuk 6* worden de belangrijkste resultaten van deze vier studies samengebracht en gebruiken we deze voor het geven van concrete adviezen voor het natuurbeheer. De adviezen verschillen per terrein.

5.1 Associaties tussen bodem en jeneverbes in zes natuurgebieden

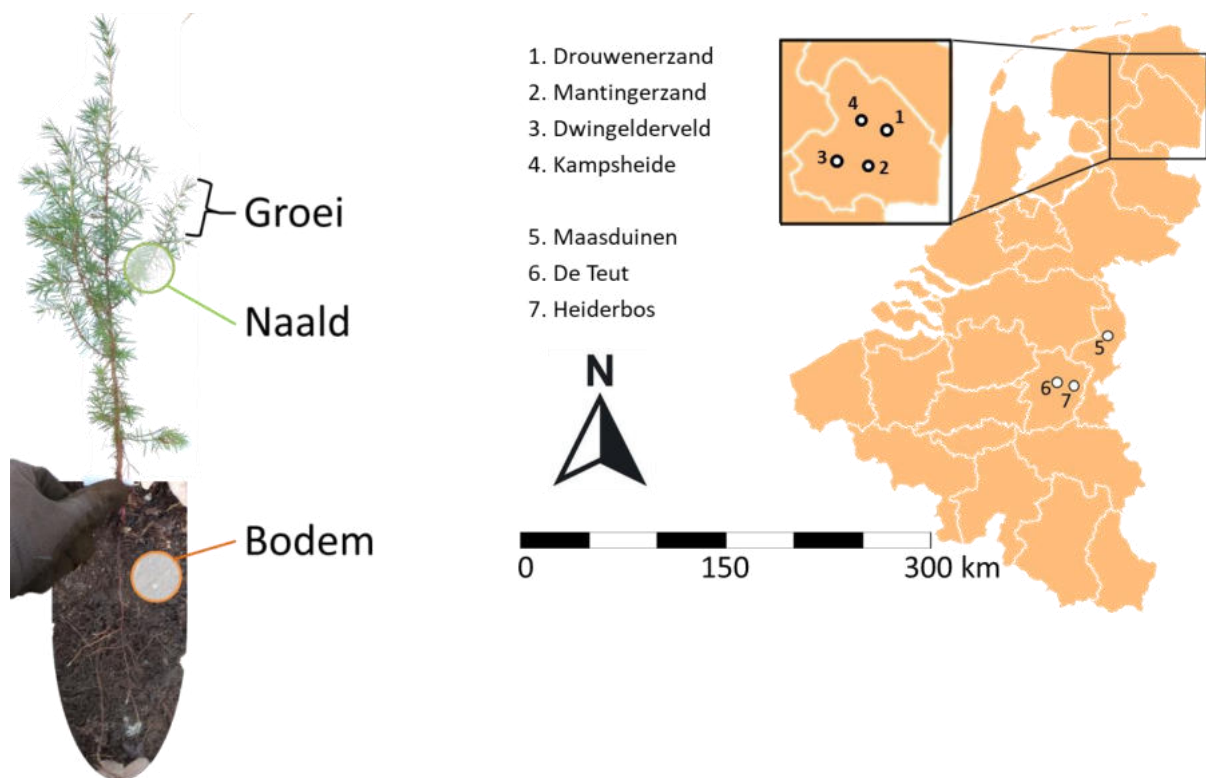
Inleiding

Om de relatie tussen atmosferische depositie en bodemchemie enerzijds en de kwaliteit, vitaliteit en ontwikkeling van jeneverbes anderzijds beter te begrijpen hebben we een beschrijvende studie uitgevoerd. Hierin hebben we in zes gebieden monsters genomen van 156 jeneverbessen (zowel juvenielen als adulten).

Stikstofemissies worden wijdverspreid, vooral NO_x waarvan slechts 40% neerslaat binnen 250km van de bron. NH_y zorgt voor hoge piekbelasting nabij de bron (10% binnen 1km), tegelijkertijd komt 30% van de depositie niet verder dan 20km (Remkes et al., 2020). Op kleine schaal (< 10 km binnen Nederlandse en Vlaamse natuurgebieden) zijn de variaties in de depositie klein en vooral afhankelijk van de vegetatie. Zo vangen bossen meer stikstof in dan open terreinen. Het effect van stikstofdepositie op de bodem is echter afhankelijk van de lokale kenmerken van de bodem welke sterk kunnen variëren, zowel binnen als tussen gebieden. Zo verzuurt een kale bodem sneller dan een begroeide bodem omdat planten de stikstof opnemen voor hun groei. Een bodem met een hoog bufferend vermogen (o.a. uitwisselbaar kationcomplex en basenverzadiging) kan meer kationen laten weglekken voordat de bodem sterk verzuurt (FAO & ITPS, 2015; Van Dobben et al., 2006). Het is tot nog toe onduidelijk of stikstofdepositie de jeneverbessen direct of indirect beïnvloedt en zo ja, op welke wijze. Ontstaat er een tekort aan nutriënten door uitspoeling, door een lage pH of juist door een toename van giftige stoffen die schadelijk zijn voor jeneverbes? Hebben deze veranderingen in de bodem effect op de groei, de naaldchemie of de productie van bessen? Verschillen deze effecten tussen volwassen en juveniele jeneverbessen? Om antwoorden te krijgen op deze vragen voerden we een grote beschrijvende studie uit in zes verschillende natuurgebieden met hoge stikstofdepositie, waarbij we de naaldchemie, groei en productie van bessen en de bodemchemie rondom jonge en volwassen jeneverbessen hebben gemonitord.

Methode

We namen monsters van jeneverbessen in 6 gebieden, vier in Drenthe (Drouwenerzand, Dwingelderveld, Kampsheide en Mantingerzand) en twee in Vlaanderen (het Heiderbos en de Teut) (zie Fig 2). In ieder gebied zijn monsters genomen van 12 besdragende adulte jeneverbessen en, indien aanwezig, van 12 juvenielen (hiertoe rekenden wij individuen tot 120 cm hoog). Voor één natuurgebied, Drouwenerzand, zijn 28 juvenielen bemonsterd. (Deze monsters werden ook voor het onderzoek van H5.2 gebruikt). Van elke individuele jeneverbes zijn verschillende eigenschappen bepaald (o.a. hoogte, groei, naaldbezetting, zaadvitaliteit). De groei van planten neem in de eerste levensfase exponentieel toe. Als jeneverbessen volwassen zijn stoppen ze hun energie in het produceren van bessen waardoor de groei stagneert (Iszkuło & Boratyński, 2011). Daarom hebben we bij juvenielen naar relatieve groeisnelheid (RGR) gekeken en bij volwassenen naar absolute groeisnelheid. Daarnaast zijn monsters genomen van de bovenste 25 cm van de bodem om de concentraties van o.a. voedingsstoffen, giftige stoffen en organisch materiaal te bepalen. Eén jaar oude naalden zijn verzameld om de concentraties voedingsstoffen en toxische metalen (Aluminium) in de plant te bepalen. De nutriëntenhuishouding in de plant geeft informatie over de gezondheid en kan inzicht geven in welke elementen de plant een tekort dan wel een overschot heeft.



Figuur 2: Links: een van de juvenielen die is onderzocht. Rechts: Kaart van Nederland en België met daarin de natuurgebieden welke bemonsterd zijn in hoofdstuk 5.1 en 5.2.

Tevens zijn van elke jeneverbesplant wortels verzameld om de interactie met schimmels te bepalen. Schimmels in de wortels (mycorrhizae) zijn in het laboratorium met blauwe kleurstof zichtbaar gemaakt. Het percentage van de wortel dat deze schimmels bevatte werd vastgesteld met behulp van een microscoop. Dit is een veel gebruikte methode om de intensiteit van de interactie tussen plant en schimmel te bepalen.

Resultaten

De resultaten van al deze metingen zijn weergegeven in Figuur 3 en 4. Figuur 3 laat de concentraties van elementen in de bodem zien, terwijl Figuur 4 de elementconcentraties van 1-jaar-oude naalden toont. De figuren laten de grote variatie in elementconcentraties in de bodem en de naalden tussen de onderscheiden gebieden zien. Wat betreft de bodem valt op dat Drouwenerzand relatief arm is aan voedingsstoffen (elementen) en een lagere baseverzadiging heeft ten opzichte van de andere gebieden. Dit komt mede door de lage uitwisselbare calcium-, kalium- en magnesiumconcentraties.

Wanneer beide figuren naast elkaar worden gelegd valt op dat bij de juvenielen de elementconcentraties in de bodem nauw samenhangen met de elementconcentraties in de naalden, bijvoorbeeld voor Ca, Mn, P, S, Zn en N. De elementconcentraties in de naalden (o.a. K, P, S, Zn en N) correleren weer positief met de relatieve hoogtegroeï (RGR) van juvenielen en absolute groei van volwassenen (Tabel 2).

Bij de adulten correleren de elementconcentraties in de bodem en de naalden ook voor Ca, K, Mn en N. Concentraties van andere elementen in naalden correleren met groei (Mg, N, P, S, Zn) terwijl deze naaldconcentraties negatief aan de zaadvitaliteit zijn gerelateerd (N, S, Zn). Zaadvitaliteit lijkt positief gecorreleerd met Ca-, K- en Mg-concentraties in de bodem en naalden. Het aantal bessen en vitale zaden staat weergegeven in tabel 3.

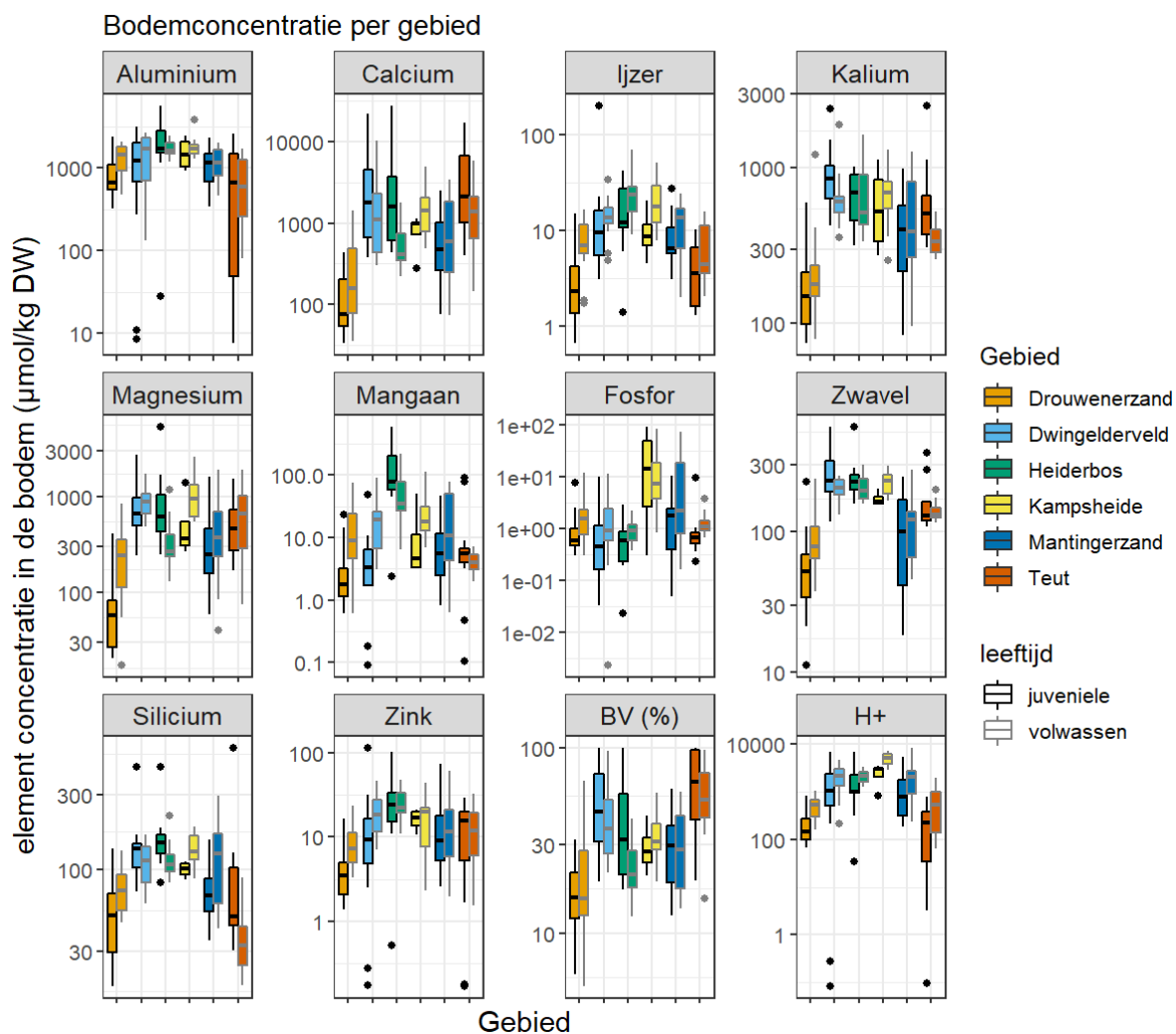
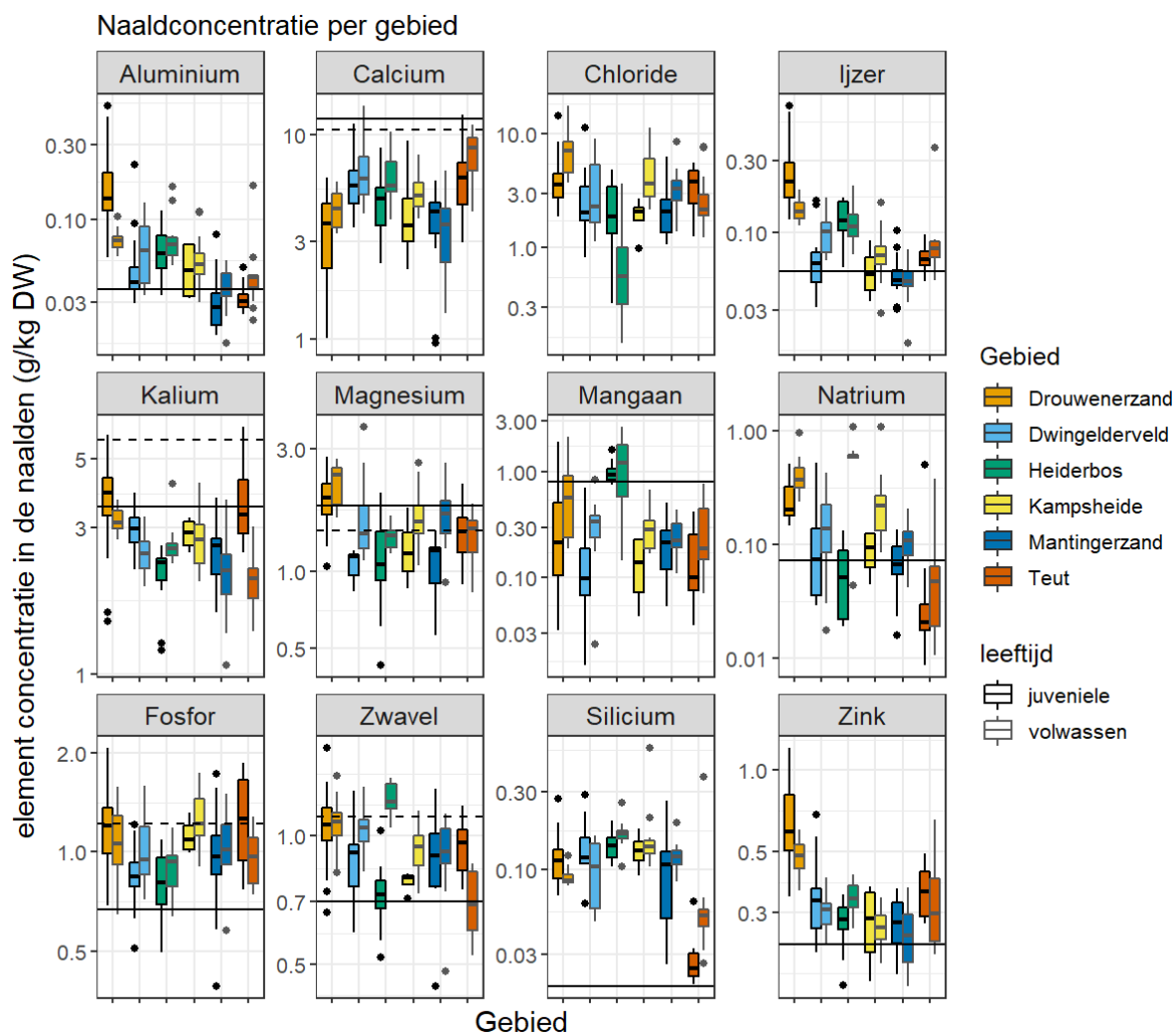


Fig. 3. Elementconcentraties en baseverzadiging in de bodem gemeten bij juveniele en adulte jeneverbessen in de zes gebieden. Elk paneel geeft een ander element weer. BV (%) geeft de baseverzadiging in procenten weer. De gebieden worden door de verschillende kleuren aangegeven. De monsters die nabij juveniele en adulte jeneverbessen zijn genomen hebben respectievelijk een zwarte en grijze rand.



Figuur 4. Elementconcentraties in de één jaar oude naalden. Elk paneel geeft een ander element weer. De gebieden worden door de verschillende kleuren aangegeven. Monsters die nabij jonge en oude bodem genomen zijn hebben respectievelijk een zwarte en grijze rand. De gestreepte en ononderbroken lijnen geven de gemiddelde elementconcentratie in naalden van volwassen jeneverbessen weer van Europese populaties (Gruwez et al 2017) en Italië (Peñuelas 2001).

		Mg	K	Ca	Mn	N	P	S	Zn	C/N	Al	Al/Ca	Al/P	Al/K	N/P	Si	C
Juvenile	naald ~ bodem			+	+	+	+	+	+	+	-	-	-				
	RGR ~ naald		+	(+)		+	+	+	+	-						-	
	groei ~ bodem			(+)								(-)	-	(-)	(-)		
Adult	naald ~ bodem		+	+	+	+						-					
	groei ~ naald	+				+	+	+	+						+		
	groei ~ bodem											(+)					
	Zaai ~ naald		(+)	(+)		-		-	-						(-)	(-)	-
	Zaai ~ bodem	+		(+)													

Tabel 2: Gevonden verbanden tussen elementconcentraties in de naalden (naald), elementconcentraties in de bodem (bodem), lengtegroei van de takken en de zaad vitaliteit (zaai) per element. Een '+' betekent een positief verband, een '-' een negatief verband, en marginaal-significante trends ($0.05 < p < 0.1$) staan tussen haakjes '()'.

Gebied	Groene Bessen	Blauwe bessen	Gevulde zaden (%)	Aantal zaden per bes
Drouwenerzand	550	250	-	-
Dwingelderveld	122	34	3.95	2.74
Heiderbos	79	53	7.66	2.78
Kampsheide	38	31	10.59	2.71
Mantingerzand	56	35	2.44	2.85
De Teut	37	16	52.88	1.58

Tabel 3: gemiddeld aantal groene en blauwe bessen aan bomen (per 0.64m² oppervlakte), het percentage gevulde zaden en het aantal zaden per bes per gebied. Het percentage gevulde zaden is anderhalf jaar na de pluk bepaald voor de natuurgebieden, met uitzondering van de Teut dat na 0.5 jaar is bepaald.

Conclusie

Elementconcentraties in de bodem bepalen de elementconcentraties die in de naalden van juvenielen aanwezig zijn. De elementconcentraties in de naalden zijn vervolgens sterk geassocieerd met de groeisnelheid. Er werd echter geen directe relatie gevonden tussen elementconcentraties in de bodem en groeisnelheid voor juvenielen en volwassenen. Naaldconcentraties van volwassen struiken zijn ook gerelateerd aan bodemconcentraties, maar bij minder elementen. Waar naaldconcentraties van N, S, Zn (en P) positief correleren met groei vinden we een negatief verband met zaadkwaliteit. Kationen Ca, K en Mg lijken juist een positief effect te hebben op de zaadkwaliteit.

Hieruit leiden wij af dat een voortschrijdende uitloging van elementen (o.a. Ca, K en Mg), veroorzaakt door stikstofdepositie, zal leiden tot verlaagde naaldconcentraties. Dit leidt vervolgens tot verminderde groei bij juvenielen en heeft een negatief effect op de zaadvitaliteit van volwassenen.

5.2 Identificatie van mycorrhizerende schimmelm gemeenschappen

Inleiding

Mycorrhizerende schimmels komen op bijna alle plantensoorten op aarde voor en zijn waarschijnlijk ook belangrijk voor jeneverbes (Wang & Qiu, 2006). Zo helpen ze bij het opnemen van nutriënten en met de waterhuishouding (Augé, 2001; Latef et al., 2016). De Pleistocene zandgronden waarop jeneverbessen in ons land vooral voorkomen zijn droog en arm aan nutriënten, waardoor mycorrhizerende schimmels van des te meer belang kunnen zijn om te overleven.

Er zijn verschillende groepen mycorrhizerende schimmels waarvan er twee met jeneverbessen zouden kunnen samenwerken: Arbusculaire mycorrhizerende schimmels (AMF) en Ecto-mycorrhizerende schimmels (EcMF). Deze groepen verschillen in vorm en functie en komen onder verschillende omstandigheden voor (Teste et al., 2020). AMF doorzoeken de bodem en nemen mineralen (anorganische voedingsstoffen) op. AMF werken met 80% van alle plantensoorten samen. Zij zijn eveneens afhankelijk van deze samenwerking: zonder planten overleven AMF het niet. EcMF kunnen, in tegenstelling tot AMF, ook nutriënten verzamelen door organisch materiaal af te breken (Plassard & Dell, 2010). EcMF komen vooral voor in een wat zure omgeving die rijk is aan organisch materiaal. EcMF zijn niet of minder afhankelijk van planten voor hun overleving dan AMF en werken met minder verschillende soorten planten samen, veelal met bomen (Teste et al., 2020). In tegenstelling tot AMF die doorgaans geen bovengrondse vruchtlichamen (paddenstoelen) vormen, zijn de meeste EcMF zakjeszwammen en steeltjeszwammen.

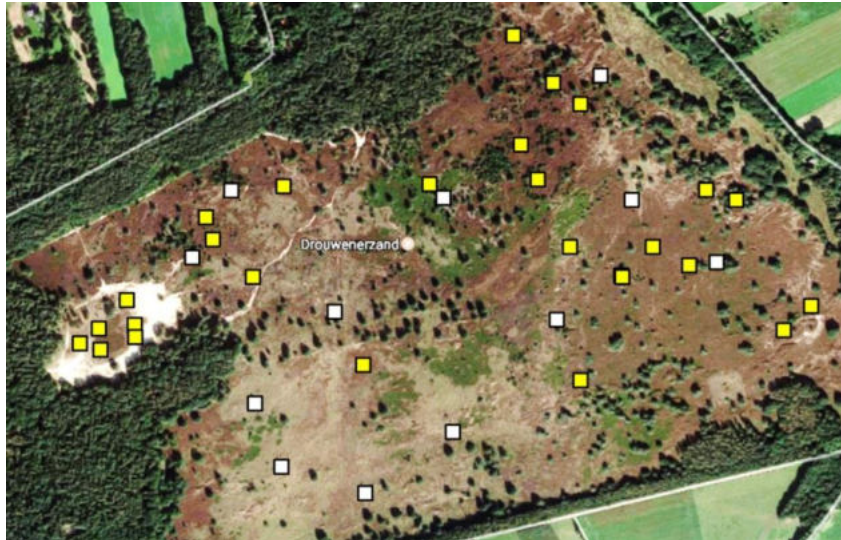
AMF zijn eerder aangetroffen bij jeneverbessen in Oost-Europa, o.a. in Rusland en Polen (Brundrett & Tedersoo, 2020; Soudzilovskaia et al., 2020). Er zijn ook EcMF gerapporteerd, maar aan de betrouwbaarheid hiervan wordt getwijfeld (zie Brundrett & Tedersoo, 2020). Identificatie van de schimmels heeft tot dusver plaats gevonden op basis van morfologische kernmerken van sporen, met behulp van een microscoop. Rapportages over mycorrhizerende schimmels in en rondom wortels van jeneverbessen in West-Europa zijn er - voor zover wij weten - niet. Tegenwoordig stellen moleculaire technieken ons in staat aanwezigheid van soorten schimmels vast te stellen en de soorten te onderscheiden.



Figuur 5: Bodem, wortelstelsel en stam van één van de bemonsterde jeneverbessen.

Methode

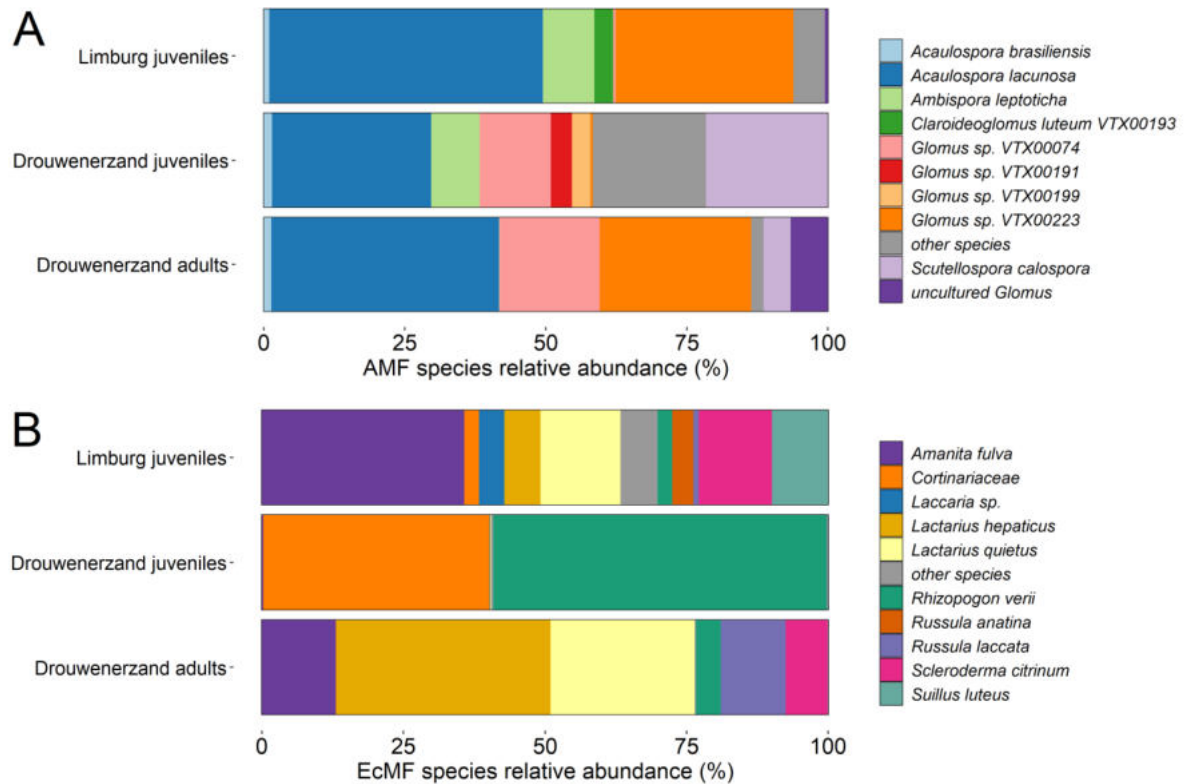
We hebben metingen aan mycorrhizae gedaan bij 28 juvenielen en 12 volwassen struiken in Drouwenerzand. Daarnaast zijn nog 15 juvenielen bemonsterd in de Maasduinen als referentie. Bij elke individuele jeneverbes zijn dezelfde gegevens verzameld als in hoofdstuk 5.1: visuele metingen (hoogte, diameter etc.), bodemkarakteristieken (pH, vochtigheid, organisch materiaal en elementenconcentraties), naaldkarakteristieken (wat betreft elementenconcentraties, vochtgehalte). Daarnaast zijn van elke individu wortels verzameld om de kolonisatie door arbusculaire mycorrhizerende schimmels (AMF) onder een microscoop te bepalen en om met behulp van moleculaire technieken de soortensamenstelling van alle mycorrhizerende schimmels (AMF én EcMF, dus in en om de wortels) te bepalen. Naast het identificeren van de mycorrhizerende schimmels is gekeken naar hoe de diversiteit van de schimmels correleert met de verschillende bodemkarakteristieken.



Figuur 6. Kaart van Drouwenerzand met de locaties van de onderzochte jonge jeneverbessen (gele vierkanten) en volwassen jeneverbessen (witte vierkanten). De kaart is afkomstig van <https://goo.gl/maps/4Qxy9SqTReVWEAwu9>

Resultaten

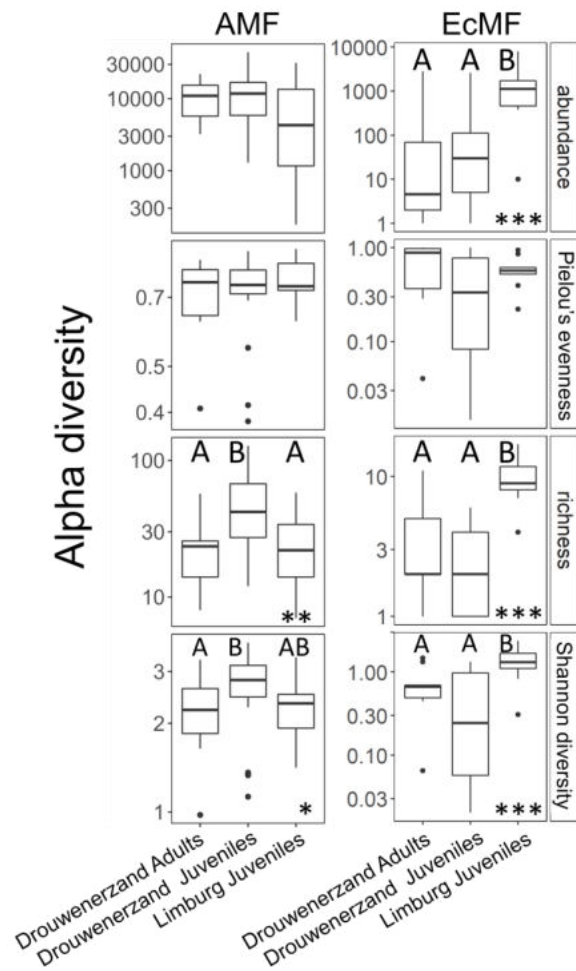
In figuur 7 staan de 10 meest gevonden soorten AMF en EcMF weergegeven in 3 verschillende groepen: a) adulten in Drouwenerzand, b) juvenielen in Drouwenerzand, en c) juvenielen in Limburg. Zie figuur 8 voor foto's van enkele van de meest voorkomende EcMF. We zien dat de juvenielen van Drouwenerzand rijker zijn aan AMF soorten (figuur 9). Juvenielen uit Limburg zijn juist rijker aan EcMF soorten in vergelijking met de andere twee groepen (figuur 9). Daarnaast moet vermeld worden dat EcMF *Cortinariaceae* in Drouwenerzand slechts gevonden is in één monster. Daardoor blijft alleen *Rhizopogon verii* over als EcMF die gevonden is in een aantal monsters.



Figuur 7. Soortensamenstelling van de 10 meest voor komende (A) arbusculaire mycorrhizerende schimmels en de (B) ectomycorrhizerende schimmels van de drie verschillende groepen (adulten Drouwenerzand, juvenielen Drouwenerzand, juvenielen Limburg).

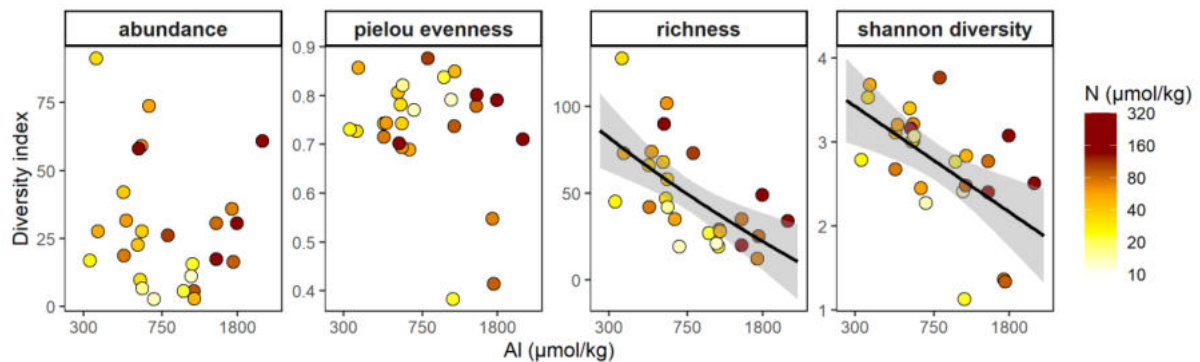


Figuur 8 Enkele van de meest aangetroffen Ectomycorrhizae op jeneverbes in onze studie. Foto's afkomstig uit verspreidingsatlas.nl, genomen door Jaap Wisman, Henk Huijser, Walter J. Pilsak, Han-Kwang Nienhuys en Eric Steinert.



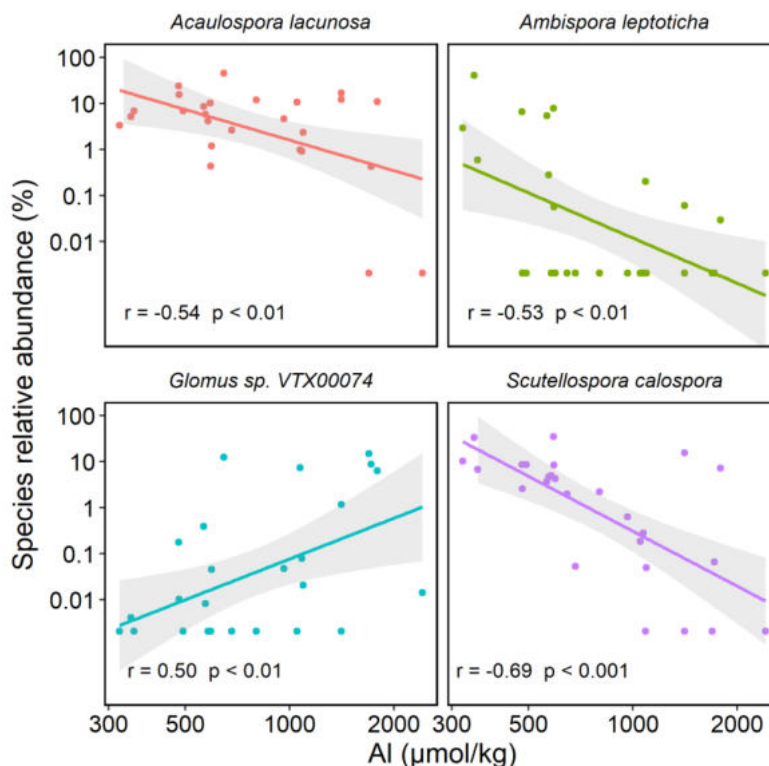
Figuur 9. Diversiteitsindexen (abundantie (abundance), gelijkheid (evenness), soortenrijkdom (richness), en Shannon-diversiteit) van arbusculaire mycorrhizerende schimmels (AMF, links) en ectomycorrhizerende schimmels (EcMF, rechts), weergegeven voor de drie groepen (juvenielen Drouwenerzand, volwassen Drouwenerzand, juvenielen Limburg). Verschillende letters geven aan of de drie groepen significant van elkaar verschillen (significantie waarden: * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.001$).**

Vervolgens hebben we ingezoomd op de juvenielen van Drouwenerzand en gekeken of er een verband is tussen de mycorrhizaesamenstelling en bodemeigenschappen. We zien dat naarmate de aluminiumconcentratie van de bodem toeneemt de diversiteit (zowel de Shannondiversiteit als soortenrijkdom) afneemt (Figuur 10). Daarnaast zien we nog een zwakke maar significante correlatie met bodemstikstof, waarbij een hogere stikstofconcentratie gepaard gaat met een hogere diversiteit. Als we in plaats van de aluminiumconcentratie de zuurgraad (pH) van de bodem aan de statistische modellen toevoegden zagen we vergelijkbare patronen: naarmate de aluminiumconcentratie hoger (of pH lager) werd ging de diversiteit van AMF omlaag.



Figuur 10. Diversiteit van de arbusculaire mycorrhizerende schimmels (AMF) in de juvenielen van Drouwenerzand ($n=26$) uitgezet tegen aluminium en stikstof in de bodem. Elke jonge jeneverbes wordt gepresenteerd door een punt. De aluminiumconcentratie van de bodem bij de jeneverbes wordt aangegeven op de horizontale as. De kleur van het punt geeft de stikstofconcentratie (NO_3+NH_4) in de bodem weer. Panelen geven verschillende diversiteitsindexen weer (abundantie, gelijkheid, soortenrijkdom en shannon-diversiteit). Zwarte lijnen en grijze banden geven significante correlaties met 95% onzekerheidsmarges weer.

In figuur 11 staan de vier meest voorkomende AMF soorten uitgezet tegen de concentratie aluminium in de bodem. Drie van de vier soorten nemen sterk in aantal af naarmate aluminium toeneemt. Eén *Glomus* soort neemt in verhouding met andere schimmels juist toe. *Glomus* soorten hebben een opportunistische levenswijze en zijn doorgaans bestand tegen meer extreme omstandigheden (Seguel et al., 2013), wat deze toename kan verklaren.



Figuur. 11. De relatieve aanwezigheid van de vier meest voorkomende AMF-soorten uitgezet tegen de aluminiumconcentratie in de bodem. De correlatie (r) en significantie (p) zijn weergegeven. Grijze banden geven de 95% onzekerheidsmarges weer.

Conclusie

In dit hoofdstuk hebben we zowel arbusculaire als ectomycorrhizerende schimmels (AMF en EcMF) geïdentificeerd die in en om de wortels van jeneverbessen aanwezig zijn. Het is dus zeer aannemelijk dat de gevonden soorten daadwerkelijk met de jeneverbessen interacteren, alhoewel hun specifieke rol nog nader onderzoek behoeft.

We zien dat de diversiteit van AMF vooral hoog is bij de juvenielen in Drouwenerzand. EcMF zijn in deze juvenielen nauwelijks gevonden, terwijl de juvenielen in Limburg juist rijker zijn aan EcMF. De bemonsterde juvenielen in Drouwenerzand zijn een stuk kleiner (10-65cm) dan de juvenielen in Limburg (60 - 120cm). Bij plantensoorten komt het vaker voor dat juvenielen vooral met AMF interacteren en oudere bomen juist meer met EcMF. Dit zou met jeneverbessen ook zo kunnen zijn en mogelijk het verschil in EcMF tussen juvenielen in Drouwenerzand en Limburg kunnen verklaren.

Verder zien we dat de diversiteit van de AMF in de wortels sterk afneemt naar mate de bodem zuurder is en/of meer aluminium bevat, terwijl een hoger stikstof gehalte in de bodem een licht positief effect heeft op de AMF diversiteit. De negatieve effecten van de verzuring zijn echter sterker dan het kleine positieve effect van het bodemstikstof: netto heeft de huidige (langdurige) hoge stikstofdepositie dus een negatief effect op de AMF-diversiteit.

5.3 Effecten van beheermaatregelen op kiemlingen en jonge planten

Inleiding

Er zijn aanwijzingen dat het gebrek aan verjonging in Europa gerelateerd is aan hoge stikstofdepositie. Aan de ene kant correleert stikstofdepositie (naast temperatuur) namelijk met de achteruitgang van de zaadkwaliteit (Verheyen et al., 2009), maar daarnaast kan die depositie ook het kiembed aantasten. Stikstofdepositie zorgt namelijk via vermesting tot verhoogde competitie met andere planten (Kooijman et al., 2017), terwijl de bodemverzuring door stikstofdepositie leidt tot uitspoeling van voedingsstoffen en mobilisatie van toxische stoffen, waaronder aluminium (Rice & Herman, 2012).

Om deze negatieve effecten van stikstofdepositie in de natuur te verminderen kunnen beheerders de bodem verbeteren door te bekalken of steenmeel toe te voegen. Door het toevoegen van kalk wordt de bodem minder zuur en verrijkt met calcium en magnesium. Steenmeel (gemalen gesteente) bevat naast calcium en magnesium een heel palet aan elementen. Daardoor kan steenmeel het bufferend vermogen van de bodem verhogen waardoor het langer duurt voor de bodem weer of sterker verzuurd. Steenmeel lijkt dan ook een oplossing te bieden voor de langere termijn, terwijl bekalking vooral op korte termijn soelaas biedt. Overigens kan steenmeel ook nadelen hebben. Zo bevat steenmeel ook aluminium, dat bij een lage pH in het bodemwater oplost en vrij komt als toxische stof. Om dit te ondervangen wordt steenmeel in combinatie met kalk gebruikt.

In dit hoofdstuk onderzochten we de effecten van bekalking en steenmeel op de ontkieming en overleving van zaailingen, alsmede op de overleving, groei en nutriëntenhuishouding van 10 cm hoge stekjes die we zelf in kassen opkweekten (Figuur 12). Omdat ook de mycorrhizerende schimmels effecten kunnen ondervinden van stikstofdepositie (Lilleskov et al., 2019) en van deze beheermaatregelen (bekalking en steenmeel), testten we tevens hoe het effect van de beheermaatregelen interacteert met toevoeging of juist verwijdering van mycorrhizerende schimmels.

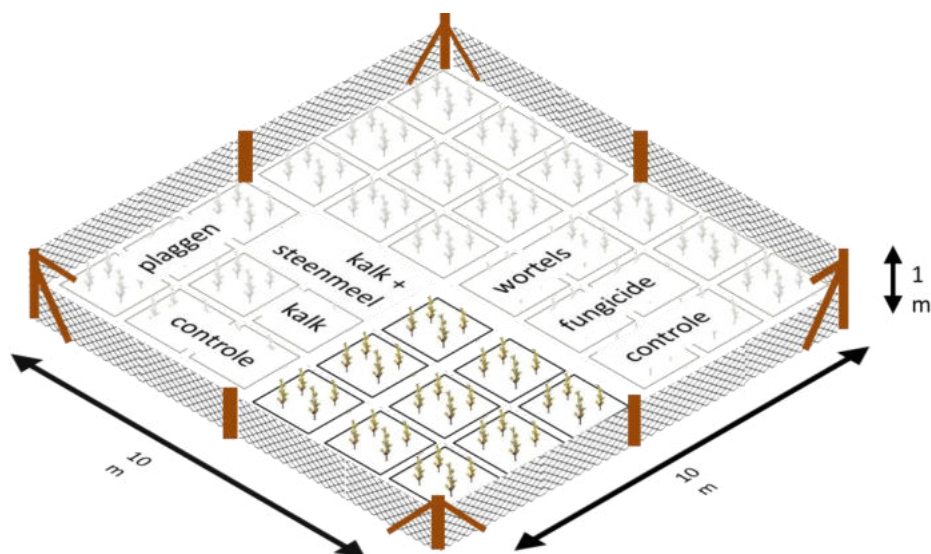




Figuur 12: foto's van het opkweken van de stekken in een misthuis (a), opgekomen kiemlingen in de veldproef (b) en de omheinde proefvlakken in het Mantingerzand (c).

Methode

Om dit nader te onderzoeken hebben we een veldexperiment opgezet in twee gebieden, te weten Drouwenerzand en Mantingerzand. Met het veldexperiment testten we de effecten van bodemverzuring en mycorrhizerende schimmels op ontkieming en overleving van jeneverbessen. Hiervoor gebruikten we twee verschillende (abiotische) behandelingen van de bodem: toevoeging van kalk (Dolokal Supra, 19%MgO;(2ton/ha)) en toevoeging van kalk plus steenmeel (Dolokal Supra(2ton/ha) + Eifelgold (5ton/ha)). Daarnaast voerden we twee (biotische) behandelingen uit die de beschikbaarheid van mycorrhizerende schimmels beïnvloeden. We verhoogden de aanwezigheid van schimmels door jeneverbeswortels toe te voegen waaraan sporen van de schimmels zitten. In andere proefvlakken brachten we juist een fungicide (Topsin-M, 1.25gr/m² actieve stof) aan waardoor de hoeveelheid schimmels afnam. Tot slot hadden we controleplots, waar geen van deze abiotische en biotische behandelingen werden uitgevoerd. Totaal hadden we dus negen verschillende behandelingen, elk vier maal gerepliceerd per studiegebied (Figuur 13).



Figuur 13: schematische weergave van de proefopzet

Het experimentveld was omheind met gaas om de jeneverbessen te beschermen tegen herbivoren (runderen, schapen, konijnen). Proefvlakken waren van elkaar gescheiden door plastic zeil tot 50cm in de bodem om uitwisseling van schimmels en bodemchemische eigenschappen tussen proefvlakken te voorkomen (Figuur 12c).

Op de 72 proefvlakken zijn in december 2018, 150.000 zaden in de bodem getrapt (Figuur 14). Deze zaden zijn afkomstig van zaadtuin nabij Lommel (België). Deze zaadtuin, bestaande uit 500 planten, is aangelegd in 2011 en is een afspiegeling van de genetische variatie in natuurlijke populaties in Vlaanderen (welke vergelijkbaar is met die in Nederland). Bij de genenbank te Dronten is ook geprobeerd zaden te verzamelen maar door een lage besproductie was de oogst te klein om mee te nemen in het experiment. Naast de zaden werden in maart 2019 1008 stekken in de proefvlakken geplant welke zijn gekweekt op de universiteit in Groningen.



Figuur 14: Impressie van het intrappen van de bessen in de geprepareerde bodem. Foto Hans Dekker

In december 2019 werden wortels verzameld van 18 stekken van de abiotische controlegroep, voor elk van de drie verschillende biotische behandelingen, om te testen of de biotische behandelingen effect hadden op de mycorrhizering van de stekken. Daarnaast zijn in het Mantingerzand in de 18 noordelijke plots de bessen opnieuw ingetrapt aangezien deze onbedekt boven op de grond waren komen te liggen. Wellicht had de regen het zand van de bessen gespoeld.

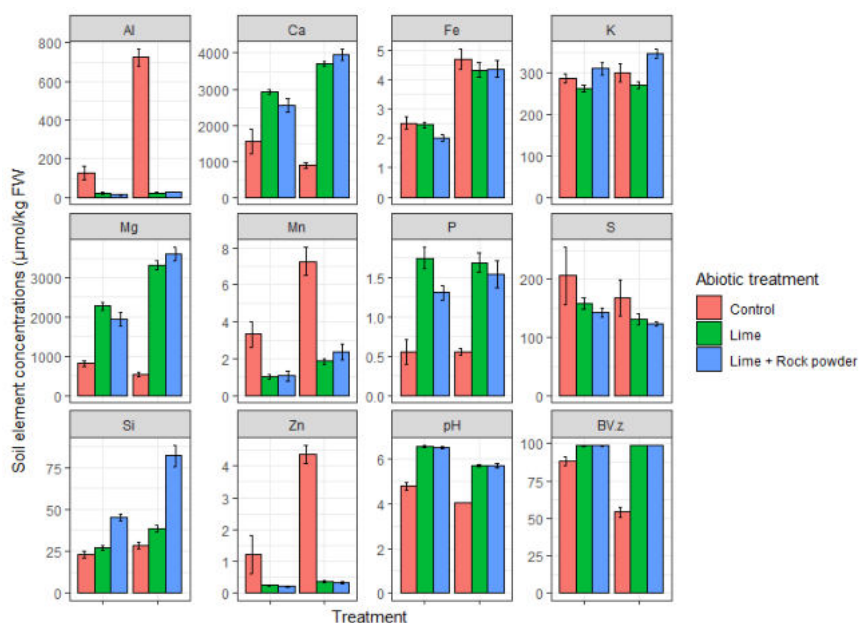
In oktober 2020 werden de stekken geoogst waarna de elementconcentraties van de naalden werden bepaald. Daarnaast werden wortels verzameld van telkens één stek van elk proefvlak om de mycorrhizering te kunnen bepalen.



Figuur 15. Links: Zes kiemlingen in een proefvlak 18 maanden na het zaaien van de bessen. Rechts: een stek 6 maanden na het planten. Er is duidelijk te verschil te zien tussen het oorspronkelijk deel van de stek die naar rechts afbuigt en het deel dat tijdens het experiment is naar linksboven gegroeid.

Resultaten

Figuur 16 laat de effecten van de abiotische behandelingen op de elementconcentraties in de bodem zien zoals gemeten in december 2019. Uit de figuur blijkt duidelijk dat de concentraties Al, Mn en Zn door het bekalken sterk verminderden, terwijl Ca, Mg, P, de pH en daarmee de basenverzadiging (BVz) sterk toenamen. Toevoeging van steenmeel (blauw) verhoogde de concentratie K en Si in deze korte termijn (1.5 jaar). In Drouwenerzand is de pH van het bodemporiewater in de bekalkte vlakken soms tot boven de 7 gestegen waar deze in Mantingerzand rond de 6.5 blijft hangen. De bodemwaarden vóór de behandeling bleken bepalend voor de uitkomst van de behandeling en zijn daarom ook essentieel voor het bepalen van de dosering. Een te hoge pH kan o.a. nadelige effecten hebben op bijvoorbeeld de beschikbare hoeveelheid fosfor (P).

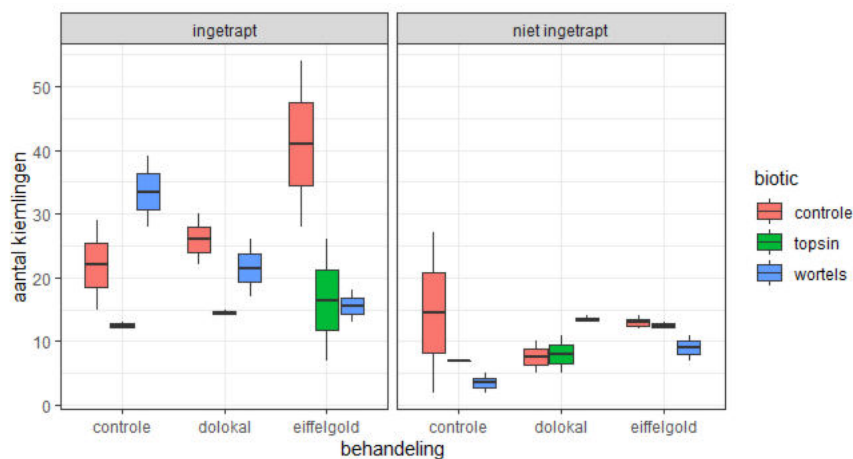


Figuur 16 Elementconcentraties, zuurgraad (pH) en basenverzadiging (BVz) in de bodem van het Drouwenerzand (in de tegels links) en Mantingerzand (rechts) voor de drie abiotische behandelingen: bekalken (groen), bekalken plus steenmeel (blauw) en controle, gemeten na 18 maanden.

Bessen

Instampen van bessen stimuleert de ontkieming. In de zomer van 2020 zijn in Mantingerzand 316 kiemlingen gevonden, waarvan 256 (81%) in noordelijke plotjes. Het opnieuw intrappen van bessen in december 2019 in de noordelijke plotjes heeft dus een significant effect gehad op de ontkieming. ($F= 19.25$, $p<0.001$). In Drouwenerzand zijn in 2020 geen kiemlingen opgekomen.

In 2021 waren er in totaal 631 kiemlingen: 48 in Drouwenerzand, 406 in de noordelijke en 177 in de zuidelijk plotjes van Mantingerzand. De verdeling van de kiemlingen in Mantingerzand over de behandelingen staan weergegeven in figuur 17. Kiemlingen zullen in de toekomst worden blijven gemonitord.

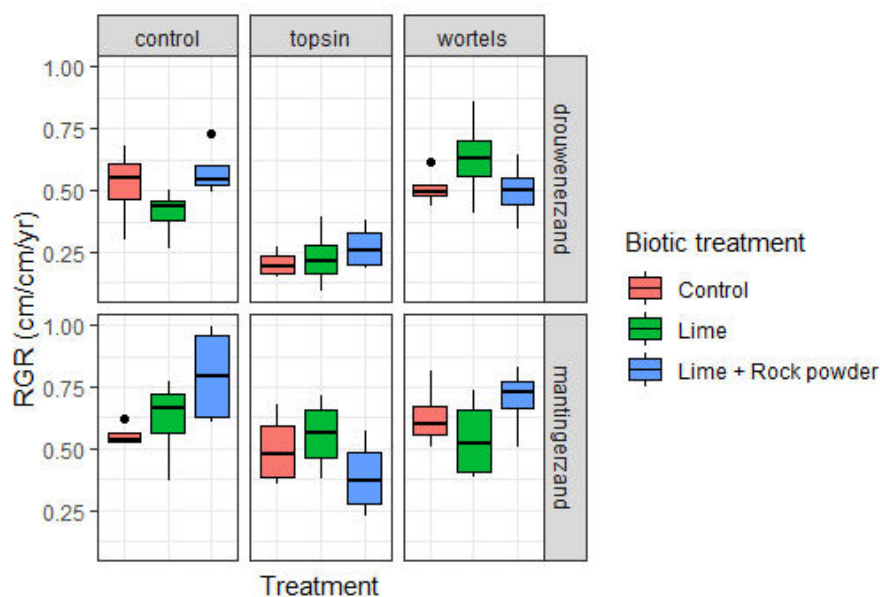


Figuur 17: aantal kiemlingen per plotje in oktober 2021 in Mantingerzand. Er is onderscheid gemaakt tussen de noordelijke plotjes die in december 2019 zijn ingetrapt (links) en de plotjes waar dat niet is gebeurd (rechts).

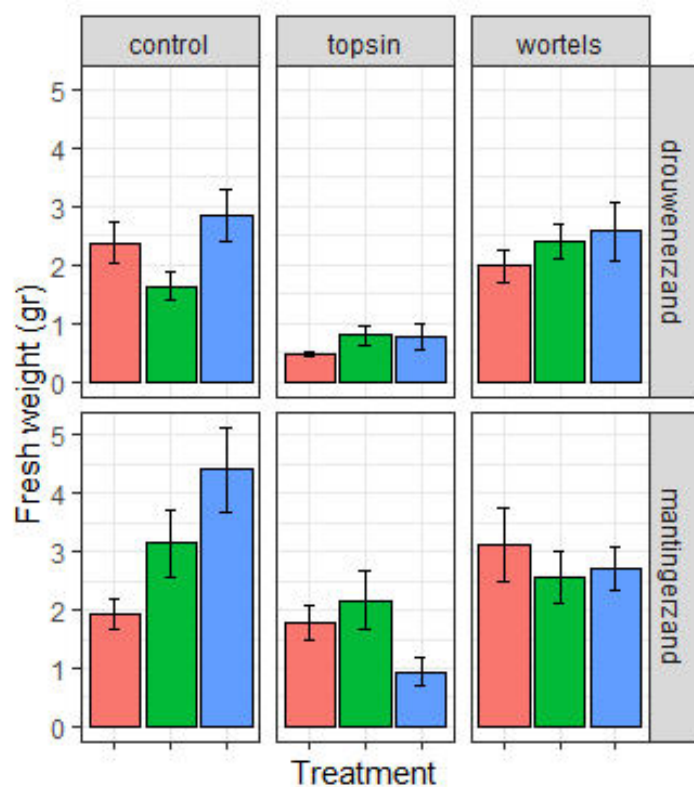
Stekken

De mate van overleving van de stekken werd niet beïnvloed door de verschillende behandelingen.

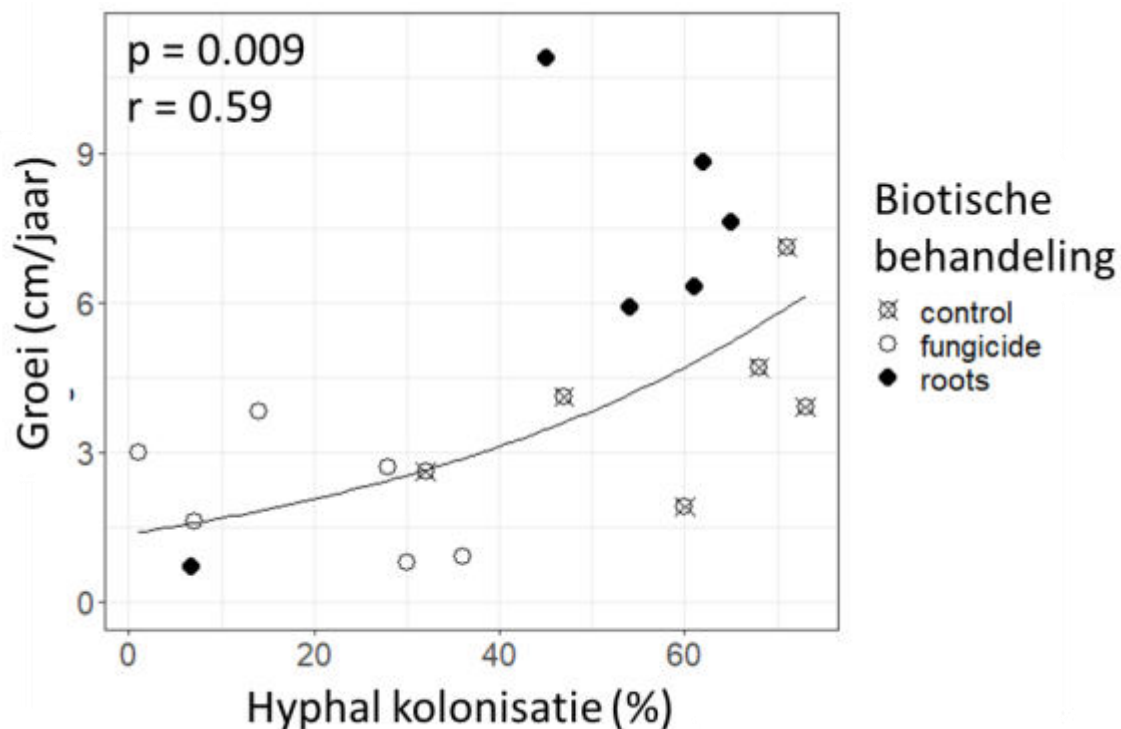
De groei van de stekken was het laagst bij behandeling met fungicide en wel zo'n 3 maal lager als in de behandeling met toevoeging van wortels als in de controle (Figuur 18). Bekalking met en zonder steenmeel hadden geen effect op de groei. Vergelijkbare effecten werden gevonden op het vers en het drooggewicht van de stekken (Figuur 19)



Figuur 18: Relatieve groeisnelheid van de stekken (cm/cm/jaar) in 2020 weergegeven per behandeling: Kleuren geven abiotische behandelingen weer (controle, kalk en kalk+ steenmeel). Tegels geven biotische behandeling weer (controle, schimmeldodend middel, toevoeging van wortels met schimmelsporen).



Figuur 19: Versgewicht van het bovengrondse materiaal van de stekken (in gram) in oktober 2020 weergegeven per behandeling. Kleuren geven abiotische behandelingen weer (rood = controle, groen = kalk en blauw = kalk+ steenmeel) Tegels geven biotische behandeling weer (controle, schimmeldodend middel, toevoeging van wortels met schimmelsporen).



Figuur 20: Bovengrondse lengtegroei tot december 2019 en kolonisatie van de wortels van de 18 stekken. Biotische behandeling is weergegeven m.b.v. verschillende cirkels. Alle stekken waren afkomstig van de abiotische controle behandeling van verschillende proefvlakken.

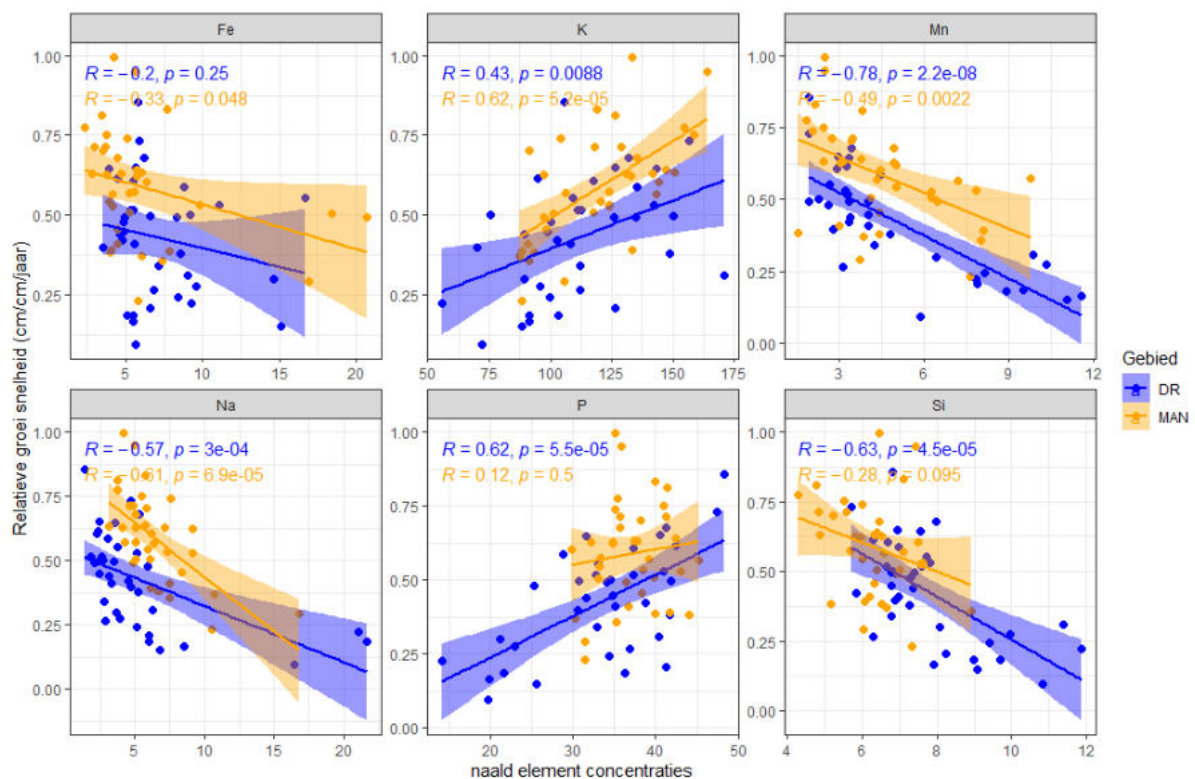
Bij de 18 stekken waarvan de mycorrhizering in 2019 gemeten is zien we een aantal duidelijke patronen (Figuur 20), namelijk dat 1) fungicide leidt tot lagere kolonisatie van mycorrhizerende schimmels, en 2) een toename van mycorrhizering positief correleert met de groei van de stekken. Het lijkt er dus op dat wortelkolonisatie door mycorrhizae de groei van de stekken stimuleert, al kunnen we niet uitsluiten dat de relatie andersom is: naarmate planten harder groeien worden ze meer door schimmels gekoloniseerd. Ten slot zien we dat 3) de stekken waarbij wortels zijn toegevoegd harder groeien dan de controlegroep ondanks dat ze qua mycorrhizering niet van elkaar verschillen. Dit zou verklaard kunnen worden door een verschil in soortensamenstelling van de mycorrhizerende schimmels tussen deze groepen. De diversiteit aan mycorrhizerende schimmels waar we wortels hebben toegevoegd is waarschijnlijk groter.

De naaldconcentraties van de stekken werd beïnvloed door zowel de abiotische als de biotische behandeling (tabel 4). Bekalking zorgde voor hogere Ca en Mg waardes in de naalden terwijl Mn en Si concentraties daalden. Steenmeel zorgde daarboven op voor een stijging van de K concentratie. De toevoeging van wortels had geen effect op de elementconcentraties in de naalden. Fungicide zorgde voor lagere K en Mg concentraties en voor hogere Mn, Na, S en Si concentraties.

Naaldconcentraties van P en K zijn positief gecorreleerd terwijl Fe, Mn, Na en Si negatief gecorreleerd zijn met de relatieve groeisnelheid (Figuur 21). Er werden geen directe associaties tussen bodemconcentraties en relatieve groeisnelheid gevonden.

Naald element concentraties	Abiotisch controle	bekalking	steenmeel	Biotisch controle	fungicide	wortels
Al						
Ca	***	↑	↑			
Fe						
K	**		↑	*		↓
Mg	***	↑	↑	**		↓
Mn	***	↓	↓	***		↑
Na				***		↑
P						
S				**		↑
Si	*	↓		***		↑
Zn						

Tabel 4: effecten van de abiotisch en biotische behandelingen op de concentraties van verschillende elementen in de naalden. In de kolom 'abiotisch' en 'biotisch' wordt weergegeven of er significant verschil was binnen de abiotisch dan wel biotische behandelingen (*, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$). Indien dit het geval is wordt met pijlen omhoog en omlaag aangegeven of de behandeling zorgt voor respectievelijk hogere en lagere element concentraties in de naalden dan de controle behandeling



Figuur 21: Naaldelementconcentraties uitgezet tegen relatieve groeisnelheid. Elk punt representeert de gemiddelde naaldelementconcentratie en gemiddelde relatieve groeisnelheid per plot. Kleuren geven de gebieden weer (blauw = Drouwenerzand, oranje = Mantingerzand). Lijnen geven correlaties weer per gebied met 95% betrouwbaarheidsinterval.

Conclusie

Het intrappen van zaden heeft in Mantingerzand tot hogere kiemingspercentages geleid. Dit zou de rol van grazers die de bodem open houden en zaden in de grond trappen kunnen ondersteunen. Tijdens het trappen worden de zaden gescheiden van de bessen met de daarin ontkiemingsremmende stoffen. Daarnaast heeft een iets dieper gelegen zaadje wellicht een betere uitgangspositie doordat er minder extreme fluctuaties van omgevingsvariabelen optreden. Vogels lijken eveneens een belangrijke rol te spelen in de verspreiding van zaden. In het maagdarkanaal wordt de schijnbes van het zaad gescheiden wat de ontkieming ook zou kunnen stimuleren. Of het intrappen van door vogels gegeten zaden een nog positiever effect heeft, is in deze studie niet onderzocht.

Mycorrhizerende schimmels lijken een positief effect te hebben op de groei van jonge jeneverbessen. Het uitschakelen van mycorrhizae (door toevoeging fungicide) leidt immers tot sterk verminderde groei van de stekken. Daarnaast vinden we een positieve correlatie tussen de mate van kolonisatie van wortels met mycorrhizerende schimmels en de groei van de stekken. De elementconcentraties in de naalden werden ongunstiger in de fungicidebehandeling.

Bekalken heeft wisselende effecten. Wij denken dat deze afhangen van de toegediende dosis (2 ton/ha) in combinatie met de bodemkarakteristieken. In beide gebieden zijn na de toediening de pH, Ca-, Mg-concentraties verhoogd. In Drouwenerzand steeg de pH van het poriewater echter tot boven de 7 wat nadelige gevolgen kan hebben. Zo kan P neerslaan met Ca bij een hoge pH. Om te voorkomen dat dit soort effecten optreden is het aan te raden om voorafgaand aan bekalking de pH, baseverzadiging en CEC te meten en de toe te dienen dosis hierop af te stemmen.

Bekalken met of zonder steenmeel heeft in beide gebieden een positief effect gehad op de elementconcentraties in de naalden van de jeneverbesstekken. Waar bekalken alleen de Ca en Mg-concentraties verhoogde zorgde steenmeel ook voor hogere K-concentraties. In deelstudie 5.1 is te zien dat K-concentraties in de naalden in de onderzochte gebieden erg laag zijn in vergelijking met de rest van Europa (figuur 4). Daarbij zien we dat de K-concentraties in de naalden positief correleren met de relatieve groeisnelheid, zowel in deelstudie 5.1 als in deze deelstudie.

De behandelingen hebben tijdens het experiment voor verbeterde naaldconcentraties gezorgd. Wij vermoeden dat de verhoogde opname van deze elementen op langere termijn ook tot sterkere groei zal leiden. Het blijven monitoren van de 631 kiemlingen kan hier een antwoord op geven.

5.4 Effecten van mycorrhizerende schimmels op jeneverbessen

Inleiding

Zoals eerder gerapporteerd vonden we mycorrhizerende schimmels in en rondom wortels van jeneverbessen (deelstudie 5.2) en dat deze schimmels een positief effect kunnen hebben op de groei van jeneverbessen (deelstudie 5.3). Echter, het is nog onbekend in hoeverre de bodemeigenschappen bepalend zijn voor deze positieve effecten van mycorrhizae op jeneverbessen. Het is namelijk bekend dat mycorrhizerende schimmels naast vooral positieve effecten (mutualisme), soms ook netto geen effect hebben (commensalisme), of zich zelfs soms als parasiet gedragen (parasitisme). In deze studie onderzochten we dan ook de effecten van mycorrhizerende schimmels op jonge jeneverbessen en in hoeverre deze effecten afhangen van bodemeigenschappen, met name de zuurgraad van de bodem.

Methoden

Om dit te onderzoeken lieten we 210 jeneverbessstekken 5 maanden opgroeien in het Mantingerzand en het Drouwenerzand. De stekken waren vooraf verzameld in het Mantingerzand en een jaar opgekweekt in de kas in gesteriliseerde potgrond (figuur 12). Van de 35 toekomstige plantlocaties die varieerden in zuurgraad (pH 3.6-5.5, zie deelstudie 5.1) werd een bodemonster verzameld. Deze bodem werd gesteriliseerd om mogelijk reeds aanwezige schimmels te doden. Vervolgens is de bodem verdeeld over cilinders en is aan elke cilinder een stekje toegevoegd (zie figuur 22). Na de bepaling van de lengte van elk stekje werden de cilinders in april 2020 teruggezet in de natuurgebieden. De helft van de stekken kon vervolgens interacteren met bodemschimmels (schimmeldraden van nabije mycorrhizae konden vrijelijk de cilinder in groeien), terwijl van de andere helft ingroeïende schimmeldraden wekelijks werden afgebroken door de cilinders handmatig een halve slag te draaien. Cilinders zijn per paar in het veld gezet waarvan er één werd geroteerd. Tijdens de analyse focussen we ons op de verschillen tussen deze gepaarde metingen. Dit is een beproefde methode voor het eerst beschreven door Johnson et al. (2001).





Figuur 22: roterende cilinders. In stukken regenpijp van 22cm hoogte en 8cm diameter zijn ramen gezaagd. Over deze ramen is gaas met een maaswijdte van 38µm geplakt. Door de kleine maaswijdte kunnen wortels niet naar buiten groeien en schimmels wel naar binnen. De rode dop sluit de onderkant af. Het gaas aan de bovenkant beschermt de plant tegen herbivoren. Het ronddraaien van een cilinder om haar as zorgt ervoor dat schimmels die door het gaas groeien worden doorgesneden door het gaas. Hierdoor kun je een behandeling creëren zonder mycorrhizerende schimmels. Zelfs als een schimmel erin slaagt de wortel van de plant te bereiken dan blijft het mycelium (het netwerk van de schimmel) beperkt tot de grootte van de cilinder

In oktober 2020, na ca. 5 maanden, werden de cilinders met jeneverbesstekken weer verzameld en werd de lengte van de stek gemeten. Vervolgens bepaalden we de elementenconcentraties in naalden en verschillende bodemvariabelen, o.a. vochtgehalte, zuurgraad, organische stofgehalte en elementenconcentraties (m.b.v. waterextractie). Van 87 stekken bekeken we onder de microscoop hoeveel van de wortels waren gekoloniseerd door de mycorrhizerende schimmels, d.w.z. de maat voor de intensiteit van de interactie.

Resultaten

De stekken met mycorrhizerende schimmels (zonder draaien van cilinders) groeiden over het algemeen harder dan stekken waarvan de mycorrhizerende schimmels frequent werden onderbroken (figuur 23). De groei van de stekken met mycorrhizerende schimmels (zonder draaien van cilinders) correleert positief met de kolonisatie van de wortels met deze schimmels (Figuur 24). Een hogere kolonisatie van wortels met mycorrhizae indiceert over het algemeen een sterkere interactie. Tot slot blijkt dat het positieve effect van mycorrhizae op de groei van jeneverbesstekken afhangt van de concentraties aan bodemelementen (figuur 25). Zo neemt het verschil in groei van stekken tussen de beide behandelingen (met en zonder draaien van cilinder) af naarmate de Ca-, Mg- Na- (en K-) concentraties in de bodem lager worden. Dit duidt er op dat de positieve effecten van mycorrhizae op planten afnemen en wellicht helemaal stoppen wanneer de waarden van deze bodemelementen beneden specifieke waarden zakken, door bijv. sterke verzuring van de bodem.

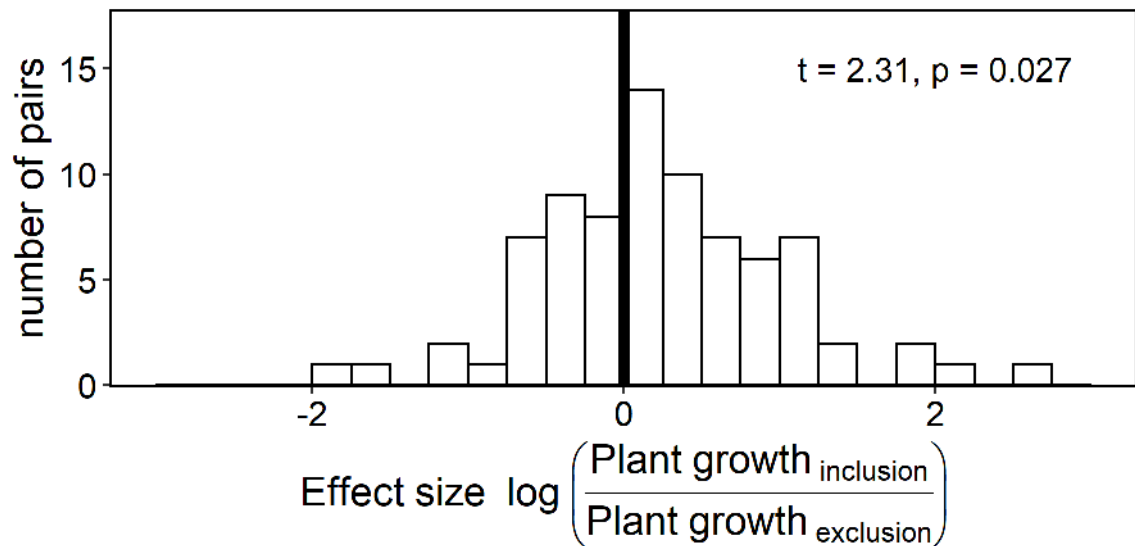
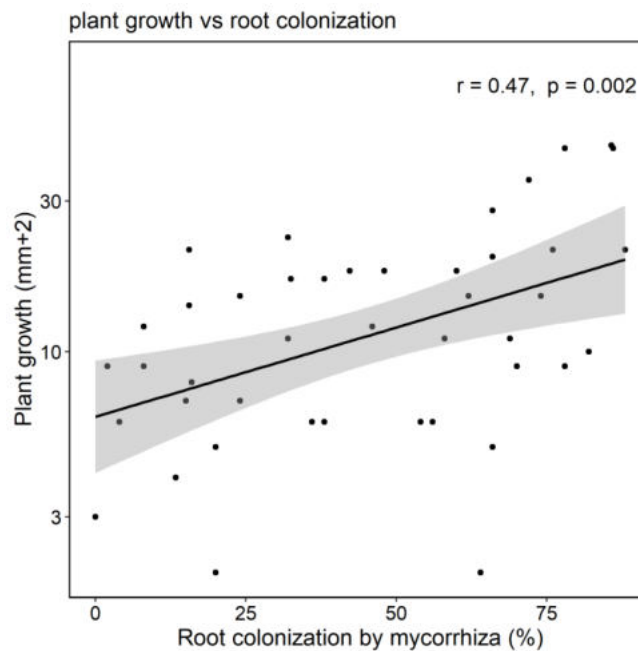
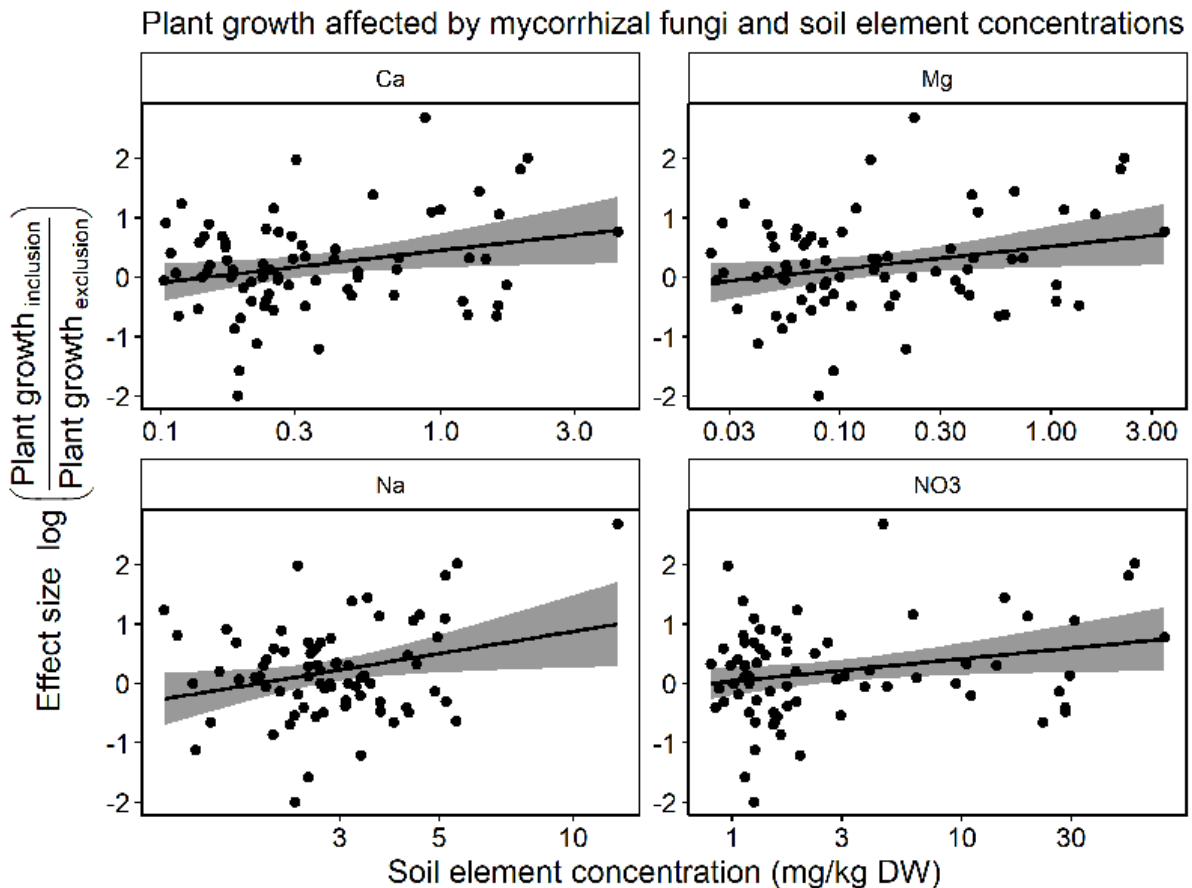


Figure 23: Effect van ronddraaien op de groei van de stekken. Op de horizontale as het verschil tussen de stek met mycorrhizerende schimmels en zonder mycorrhizerende schimmels (de effect size). Rechts op grafiek hebben mycorrhizerende schimmels dus een sterk positief effect, links op de grafiek hebben mycorrhizerende schimmels een sterk negatief effect. Op de verticale lijn in het midden presteren stekken met en zonder schimmel precies even goed. Op de verticale as het aantal paren met deze effect size.



Figuur 24: Plantengroei (mm) uitzet tegen de wortelkolonisatie door mycorrhizerende schimmels (%), een maat van intensiteit van de interactie tussen plant en schimmel. De zwarte lijn met grijze banden geeft de significante correlatie en foutmarge (95%) van de relatie weer.



Figuur 25. Elementconcentraties (Ca, K, Mg en Na) in de bodem uitgezet tegen het effect van mycorrhiza op de groei van jeneverbessen. Bij positieve waarden stimuleren mycorrhizerende schimmels de groei van stekken terwijl bij negatieve waarden de stekken zonder mycorrhizerende schimmel (welke zijn rondgedraaid) sterker groeien. Zwarte lijn met grijze gebieden geven de correlaties met 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

Conclusie

We concluderen uit deze studie dat mycorrhizerende schimmels de groei van jeneverbessen positief beïnvloeden, maar dat deze positieve effecten afnemen naarmate de concentraties van Ca, Mg, Na en NO₃ in de bodem afnemen. **Bodemverzuring, leidend tot uitspoeling (en dus het afnemen) van deze nutriënten, kan op deze manier positieve effecten van mycorrhizerende schimmels op jeneverbessen teniet doen.** Beheermaatregelen gericht op het langdurig verbeteren van de bodemeigenschappen (bekalken plus steenmeel) hebben, via verbeterde werking van de mycorrhizae, positieve effecten op jeneverbes.

6. Synthese en aanbevelingen voor het beheer

Uit voorgaande hoofdstukken komt een aantal duidelijke en consistente resultaten naar voren.

Uit *deelstudie 5.1* blijkt dat elementconcentraties in naalden sterk samenhangen met elementconcentraties in de bodem en de groei van de jeneverbes. Veranderingen in elementconcentraties in de bodem lijken een grotere impact op juvenielen te hebben dan op adulten. Lagere concentraties van K, N, P, S, Zn (en Ca) in de bodem zorgen voor lagere concentraties in naalden welke op hun beurt geassocieerd zijn met een beperkte groei.

Uit *deelstudie 5.2* leren we dat jeneverbessen geassocieerd zijn met zowel arbusculaire (AMF) als ecto-mycorrhizerende schimmels (EcMF). Jonge planten lijken vooral met arbusculaire mycorrhizae geassocieerd. Naarmate de bodem zuurder wordt neemt de diversiteit van arbusculaire mycorrhizae af, terwijl stikstof een klein positief effect heeft op de diversiteit. We concluderen dat, door de verzurende werking op de bodem, een hoge stikstofdepositie netto een negatief effect heeft op de diversiteit van arbusculaire mycorrhizae.

Deelstudie 5.3 laat zien dat het uitschakelen van mycorrhizae (toevoegen fungicide) leidt tot sterk verminderde groei van de stekken, wat het belang van mycorrhizae aangeeft. De mate van mycorrhizering is positief gecorreleerd met de groei van de stekken. Toevoeging van steenmeel (in combinatie met bekalking) heeft een positief effect op de naaldconcentraties van de jeneverbes, en is beter dan bekalking alleen, hetgeen afhankelijk van de bodemeigenschappen ook negatief kan werken.

Deelstudie 5.4 laat zien dat de groei van jeneverbessen positief wordt beïnvloed door mycorrhizerende schimmels. Als concentraties van mineralen (Ca, Mg, Na en NO₃) afnemen, door o.a. bodemverzuring, verminderen deze positieve effecten van de mycorrhizerende schimmels op jeneverbes.

In synthese: het gebrek aan mineralen limiteert de vitaliteit van jeneverbes en de positieve effecten van mycorrhizerende schimmels op jeneverbes. Door de langdurige verhoogde stikstofdepositie zijn de meeste Pleistocene zandgronden sterk verzuurd en spoelen steeds meer nutriënten uit waardoor de natuurgebieden nog nutriëntarmer worden en rijker aan gifstoffen, met negatieve effecten voor jeneverbessen en hun mycorrhizae, tot gevolg.

Aanbevelingen voor beheer ten behoeve van jeneverbes

Er is beheermaatregelen mogelijk en nodig om de lokale bodemchemische eigenschappen te verbeteren en zo tot een positieve ontwikkeling van jeneverbespopulaties te komen. De precieze dosering van deze maatregelen zal afhangen van de bodemgesteldheid van het betreffende gebied. Zo zal de dosering van de hoeveelheid kalk en of steenmeel afhangen van de pH en baseverzadiging van de bodem, zeker indien men overweegt alleen kalk toe te voegen. Zuurgraad en baseverzadiging dienen dus goed van te voren bepaald te worden. Daarbij dient ook rekening gehouden te worden met de dikte van de organische laag. In onze veldproeven (Drouwenerzand en Mantingerzand) is deze organische laag (plus vegetatie) door handmatig plaggen verwijderd voordat de

bodembehandelingen werden toegevoegd. De dikte van deze geplagde organische laag verschilde sterk tussen beide gebieden (veel dikker in het Mantingerzand dan het Drouwenerzand), maar ook de uiteindelijke effecten van de bodembehandelingen op de bodemchemie verschilden uiteindelijk door deze verschillende uitgangsposities.

Naast bodemchemie kan de lage zaadkwaliteit (percentage gevulde zaden) een belangrijke rol spelen in het gebrek aan verjonging (Verheyen et al., 2009). Het percentage gevulde zaden is in de Nederlandse populaties nog altijd laag (<10%) (Tabel 3, Verheyen et al., 2009) wat een belemmering voor de verjonging is. De beschikbaarheid van goede zaden kan verhoogd worden door het aanleggen van een 'stektuin' in of nabij een natuurgebied. Stekken in een stektuin kunnen namelijk bessen met een hogere kwaliteit zaden produceren. Zo gebruikten wij bijvoorbeeld voor deelstudie 5.3 bessen afkomstig uit een stektuin nabij Lommel (Figuur 26). Deze bessen hadden een hoger percentage gevulde zaden (20%) dan die uit de meeste onderzochte Nederlandse natuurgebieden (Tabel 3, Verheyen et al., 2009). Stekken uitgeplant door Gruwez et al. (2016) hadden zaden met een zeer hoge levensvatbaarheid (60%). Deze stekken waren op rijke potgrond en zonder competitie van andere planten opgekweekt wat de levensvatbaarheid waarschijnlijk ook heeft verhoogd. De bessen uit zo'n nabije stektuin dienen als bron van goede zaden en kunnen vervolgens door vogels worden verspreid over het natuurgebied. Er zijn aanwijzingen dat dit werkt in de onderzochte Vlaamse natuurgebieden. Zo zijn in de Teut en nabij het Heiderbos stekken van jeneverbessen geplant. In met name de Teut zijn individuen met een erg hoge zaadkwaliteit (53%) en dit correleert met het aantal gevonden kiemplanten direct onder die individuen (zie figuur 27). In de natuurlijke populatie van het Heiderbos was de productie van gevulde zaden laag (7.7%), maar zijn er tijdens deze studie hoge aantallen kiemplanten (90) gevonden in het naaldbos aan de andere kant van het gebied. Dit zou het gevolg kunnen zijn van de tientallen stekken die in 2011 op een naastgelegen akker zijn geplant. De zaadkwaliteit van deze bomen is niet gemeten, maar ze zien er vitaal uit en vertonen sterke groei.

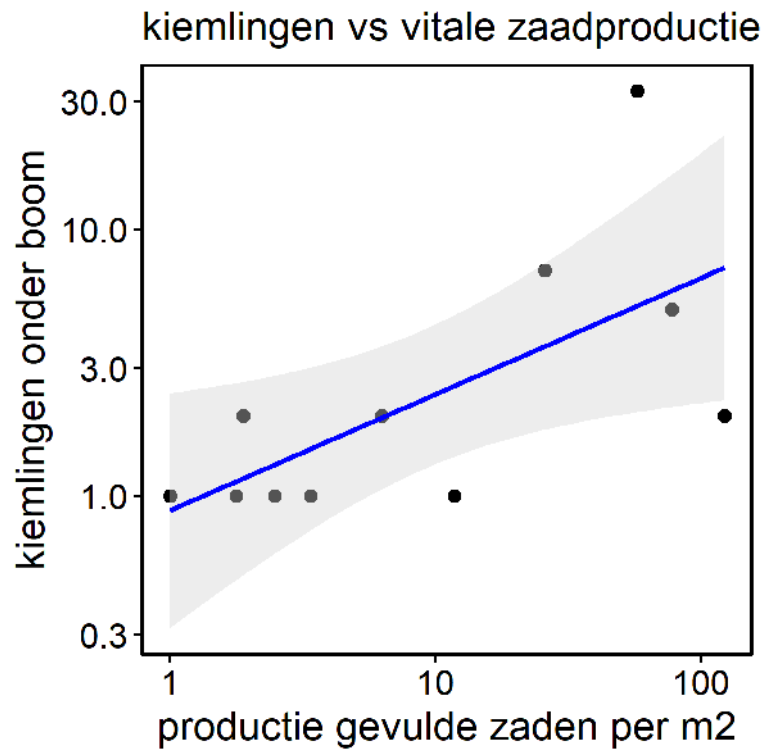


Figuur 26: Stektuin nabij Lommel. Hier staan sinds 2011 500 bomen die de genetische variatie van Vlaanderen representeren. Zaden gebruikt in het experiment van deelstudie 5.3 zijn hieruit afkomstig.

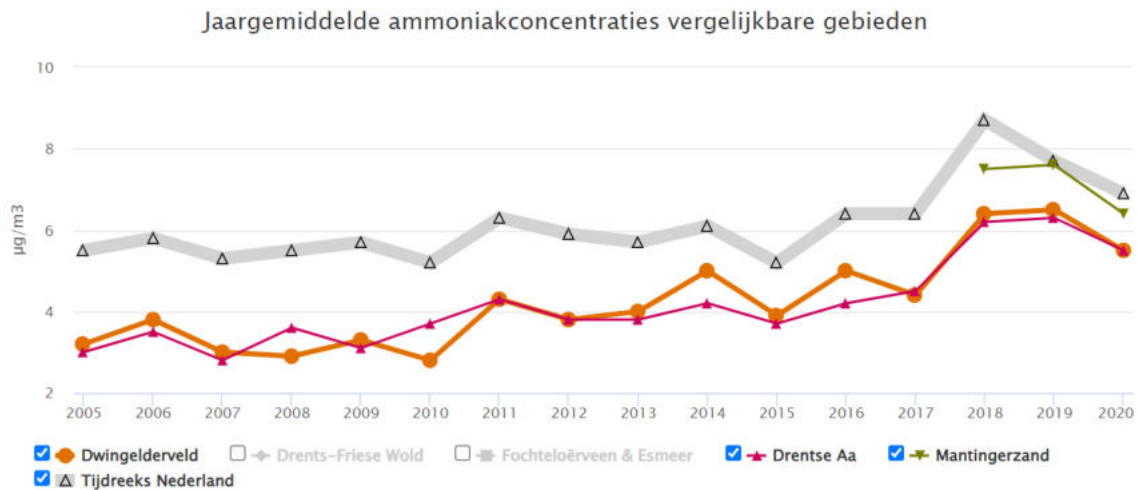
Los van deze beheermaatregelen is het allereerst van essentieel belang om de huidige stikstofdepositie onder de kritische depositiewaarde te krijgen (voor jeneverbesstruwelen geldt 1071 mol/ha/j) en zo verdere verzuring, nutriënten uitspoeling en bodemtoxiciteit te voorkomen. Momenteel ligt deze depositie waarde in verschillende gebieden nog te hoog, bijvoorbeeld Dwingelderveld 1456 mol/ha/j. De ammoniakconcentraties laten een stijgende trend zien over de laatste 10 jaar (Figuur 28).

Noemenswaardig is dat NH_y een sterkere verzurende werking heeft dan NO_x , welke met name voor eutrofiëring zorgt. Hiervoor is het essentieel dat de primaire oorzaak, de stikstofdepositie – in veel natuurgebieden nog altijd te hoog – omlaag moet, anders blijft het dweilen met de kraan open.

Hieronder volgt per onderzocht gebied een advies om verjonging van de jeneverbes populatie te verbeteren. Hierbij is geen rekening gehouden met het effect van deze maatregelen op andere soorten.



Figuur 27: Aantal kiemlingen gevonden onder boom (#+1) in de Teut uitgezet tegenover de gevulde zaadproductie aan de boom per m². Zaadproductie is berekend door aantal blauwe bessen per m2 keer het aantal zaden per bes keer het percentage gevulde zaden. ($r=0.38$, $p=0.02$)



Figuur 28: Jaargemiddelde ammoniakconcentraties (µg/m³) in Nederland (grijs), Dwingelderveld (oranje), Mantingerzand (groen) en Drentsche Aa (roze, nabij Kampsheide). Bron: <https://man.rivm.nl/>

Gebiedsspecifieke adviezen

Kampsheide

De bodemchemie en elementconcentraties in de naalden van Kampsheide zijn erg vergelijkbaar met de andere gebieden (Figuur 3 & 4). De bodem van Kampsheide is relatief rijk aan fosfor en heeft een lagere pH dan andere gebieden. Door bekalking kan de zuurgraad verlaagd worden wat zou kunnen helpen om het kiembed te verbeteren.

In Kampsheide is de gemeten productie van gezonde bessen erg laag waardoor wij verwachten dat de populatie onvoldoende in staat is om zich lokaal genoeg te verjongen, zelfs als de bodemomstandigheden van het kiembed verbeterd wordt door bovengenoemde bekalking. Artificieel verjonging stimuleren door het uitplanten van stekken (aanleggen 'stektuin') zou tijdelijk een oplossing kunnen zijn. Hiermee kun je de toekomstige productie van bessen aanjagen waardoor de populatie weer zelfredzaam wordt. Tegen de tijd dat deze stekken op grote schaal bessen produceren verwachten wij dat de stikstofdepositie gedaald is (uitgaande van het voornemen van de provincie om in 2030 minimaal 50% van het areaal onder de kritische depositie waarde te hebben) en daarmee de omstandigheden zullen zijn verbeterd. Met de vruchtbare stekken zorg je ervoor dat het aantal jeneverbessen op peil blijft. Dit is belangrijk om de functies van de plant in het ecosysteem en het uiterlijk van het gebied te behouden. Alhoewel de term 'stektuin' wellicht associaties met tuinieren oproept heeft het weinig impact op het aanzien en functioneren van het gebied in vergelijking met plaggen of kappen. Het dient vooral gezien te worden als tijdelijke overlevingsstrategie, niet als structurele oplossing.

Tot slot lijken veel volwassen jeneverbessen last te hebben van de schaduw van andere bomen. Ondanks dat we deze relatie niet gekwantificeerd hebben denken we op basis van eerder onderzoek dat het de productie van bessen ten goede zou komen om de schaduw te verminderen, door enkele van deze jeneverbessen vrij te stellen. Geïsoleerde bomen in de open gras- en heidevelden kunnen echter het best blijven staan. Onder zulke bomen – vaak eiken – worden regelmatig jeneverbes kiemlingen gevonden uit zaden die verspreid zijn door vogels. Dit is het geval in o.a. het Heiderbos, Junner Koeland, Mantingerzand en Kampsheide.

Mantingerzand

De situatie van de bodem is vergelijkbaar met andere gebieden, al lijkt er meer variatie te zijn in elementconcentraties binnen het Mantingerzand, bijvoorbeeld wat betreft K, P en S (figuur 3).

Voor het Mantingerzand raden we aan om op een aantal locaties kleinschalig te plaggen (of chopperen) en kalk plus steenmeel toe te voegen. Op sommige plekken waar in 2004 geplagd en bekalkt is, zijn veel jonge jeneverbessen gevonden (40 op 100m²). De jonge jeneverbessen variëren in leeftijd wat er op duidt dat de verjonging niet eenmalig is, maar een vrij continu proces, onder de huidige omstandigheden. Het gebied waarin de verjonging optreedt is echter klein en dekt niet het hele geplagde en bekalkte gebied. Waarschijnlijk is er nog een andere factor die hier een rol speelt, namelijk het gebrek aan kiemkrachtige zaden in het gebied. In gebieden waar alleen geplagd is, zijn

geen jonge jeneverbessen gevonden wat er op duidt dat bekalking hier vrij essentieel is. In het veldexperiment van deelstudie 5.3 zien we inderdaad dat stekken in bekalkte proefvlakken harder groeien dan in de controlevlakken, maar dat toevoeging van kalk plus steenmeel de sterkste groei opleverde.

In het veldexperiment zagen we ook dat het intrappen van zaden een positief effect heeft op de ontkieming (Figuur 17). De runderen die momenteel rondlopen kunnen deze functie vervullen.

De vitaliteit van de zaden is in het Mantingerzand laag (tabel 3). Slechts 2.4% van de zaden in deelstudie 5.1 was gevuld. Verheyen et al. (2009) vond vergelijkbare resultaten. Om de beschikbaarheid van kiemkrachtige zaden te verhogen zou men stekken kunnen planten in het natuurontwikkelingsgebied aan de Verlengde Middenraai ten oosten van het gebied en in de verschrallende voormalige akkers aan de Koolveen ten westen van het gebied. Stekken in voormalig akkers in Vlaanderen produceren kiemkrachtige zaden en het lijkt erop dat de positieve effecten op de verjonging al zichtbaar zijn in het Heiderbos.

Drouwenerzand

Drouwenerzand wijkt af van de andere gebieden. De bodem is nutriëntarmer (o.m. wat betreft Ca, Mg, K zie figuur 3) terwijl de pH van de bodem hoog was ten opzichte van andere gebieden. Het lijkt erop dat verzuring hier niet zozeer het probleem is, maar wel de lage nutriëntconcentraties, baseverzadiging en/of de relatief hoge aluminiumconcentraties (Al/K, Al/Ca Al/Mg) in de bodem. Het verder verhogen van de pH d.m.v. alleen bekalken had negatieve effecten op de groei van de stekken in experiment van deelstudie 5.3 en raden we daarom af. Het toevoegen van steenmeel (eventueel in combinatie met matige bekalking) verhoogt echter de nutriëntenconcentraties wat de jeneverbes ten goede komt (onder andere in deelstudie 5.3).

De populatie in Drouwenerzand is groot ten opzichte van andere gebieden en er zijn (o.a. in 2012) nog veel jeneverbessen <1m gevonden. Ingrijpende maatregelen om de jeneverbesverjonging te stimuleren lijken hier minder urgent.

Bij 50% van de jonge jeneverbessen is behoorlijke vraatschade van de schapen te zien, wat uiteindelijk leidt tot de typische lage, brede (platte) struikjes in het gebied. Voor de kieming heeft begrazing door schapen voordelen (openhouden bodem, verminderen concurrentie met grassen, creëren van goed kiembed, etc.). Aan de andere kant kan een constant hoge graasdruk nadelig zijn voor de verjonging van jeneverbes. Vooral eenjarige kiemplanten zijn namelijk nog niet goed resistent tegen begrazing en kunnen sterven. Oudere zaailingen zijn resistenter tegen begrazing en zullen deze over het algemeen overleven, alhoewel zeer intensieve en frequente begrazing nog steeds kan leiden tot sterfte. Daarnaast zal het langer duren voordat deze zwaar begraasde planten volwassen zijn en bessen gaan produceren. De leeftijd van de sterk begraasde 'platte' jeneverbessen kan worden onderschat waardoor verjonging kan worden overschat.

Een optie is om de begrazingsdruk / intensiteit meer te variëren in de tijd, door bijvoorbeeld een paar jaar (lokaal) minder schapen in het gebied te houden om kieming meer kans te geven. De opslag van grove dennen wordt immers hier ook op grote schaal met de hand verwijderd. Een

andere mogelijkheid is om de jonge kiemplanten tijdelijk uit te rasteren, alhoewel het tijdig vinden van deze kleine plantjes (ca. 10 cm) een tijdrovende klus is (mogelijk uit te voeren met hulp van vrijwilligers).

Heiderbos

We zijn 108 juvenielen tegen gekomen in het Heiderbos. De overgrote meerderheid (+/-90) stond in het bos aan het zuiden/zuidwesten van de gemeentelijke visvijver. Nog eens 15 stonden in het noordwesten tussen de heide. In het zuidoosten is slechts een enkeling gevonden.

Bodem(water) in het noordwesten heeft lagere Al/Ca, Na, P en hogere N, S, pH-waarden. Naalden in het Noordwesten hebben lagere waarden voor Ca en Mn, terwijl Cl, Na, P, S hoger zijn.

Verjonging lijkt hier samen te hangen met de aanwezigheid van de bomen. Het is bekend dat jeneverbessaden verspreid worden door vogels. Het is waarschijnlijk dat de vogels de zaden van de jeneverbessen in het bos uitpoepen wat de hoge dichtheid van juvenielen in het bos zou verklaren. Hieruit blijkt de kwaliteit van het zaad voldoende te zijn voor verjonging. Of de kwaliteit van zaad in het natuurgebied hoog genoeg is of dat de kiemkrachtige zaden voornamelijk afkomstig zijn uit de 'stektuin' aan de zuidkant van het gebied valt overigens niet te zeggen.

De verspreiding van de kiemlingen blijft een punt van aandacht. Het leefgebied en de verspreiding zullen drastisch afnemen als deze zich beperken tot het huidige bos. Daarnaast kan limitatie van licht in het bos (beschaduwing) in de toekomst problemen geven voor de gevonden juvenielen. Om de verspreiding van de verjonging uit te breiden hebben we twee adviezen:

1. Behoud solitaire 'roest' bomen waar vogels rusten en zaden uitpoepen (met name trekkende lijsterachtigen in wintermaanden), ook in het deel van het gebied waar momenteel geen verjonging is. Aangezien vogels een belangrijke rol lijken te spelen in de verspreiding van jeneverbessen in dit gebied, zijn vogels onderdeel van de oplossing.

2. Maak de bodem, vooral in het zuidoosten, geschikter voor kiemplanten door het te bekalken in combinatie met steenmeel. In deelstudie 5.1 hebben we laten zien dat juvenielen, nog sterker dan adulten, afhankelijk zijn van de bodemchemie. In het algemeen hebben we gevonden dat concentraties van Ca, K, N, P, S en Zn in de naalden van juvenielen afhankelijk lijken van de elementenconcentraties in de bodem en bovendien ook geassocieerd zijn met de groei van juvenielen H1.

Het Heiderbos heeft relatief hogere waardes van Al, Fe (K, S, Zn) en Mn en lage waardes van Ca, Mg, P - en dus ook relatief hoge Al/Ca concentraties - ten opzichte van de andere natuurgebieden. Binnen het Heiderbos zijn in het noordwesten, waar nog verjonging optreedt, hogere concentraties aan N, S en lagere H⁺, Al/Ca, Na en P concentraties in het bodemwater dan in het zuiden waar geen verjonging plaatsvindt. Bekalken in het zuidoosten zou de pH, Ca en Mg concentraties kunnen verhogen en beschikbare Al en Fe kunnen verlagen. We verwachten dat bekalking de omstandigheden voor juvenielen zal bevorderen, eventueel kan dit gecombineerd worden met steenmeel.

De Teut

Verjonging vindt vooral plaats onder huidige jeneverbessen. Er zijn 111 kiemlingen onder de volwassen struiken gevonden. Aangezien veel jeneverbessen zijn uitgerasterd lijkt intrappen door grazers geen rol te spelen. De vitaliteit van de zaden is erg hoog, 53% van de zaden was gevuld, dit is hoger dan 41/42 Europese populaties gerapporteerd door Verheyen et al. (2009).

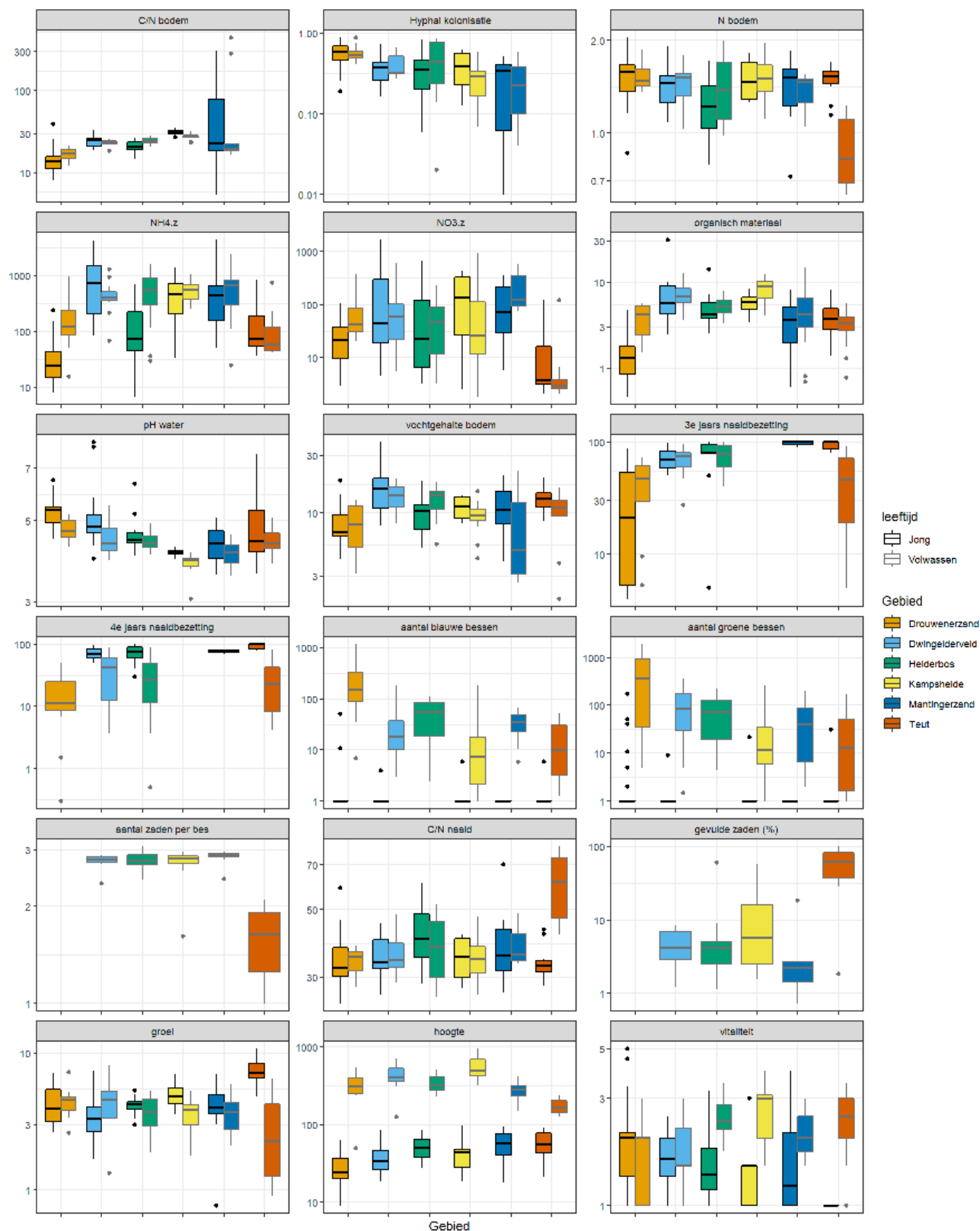
Bij de bocht in het noordoosten van het gebied staan 11 bomen (6♀, 5♂) waarvan er twee zijn bemonsterd. Het percentage gevulde zaden hiervan was 0% en 3%, zo'n 60% lager dan de in de rest van het gebied. In en rondom deze bocht is nauwelijks verjonging gevonden. Het lijkt erop dat deze bomen niet bijdragen aan de verjonging in het gebied.

Het is opvallend dat bessen in de Teut weinig zaden bevatten, gemiddeld 1.6 zaden per bes ten opzichte van 2.8 zaden per bes in de andere gebieden. Vanwege de hoge zaadvitaliteit hebben deze bessen alsnog meer vitale zaden dan andere gebieden en denken wij niet dat dit een groot probleem voor de regeneratie vormt (figuur 28).

Dwingelderveld

De meeste verjonging van jeneverbessen in het gebied is te vinden in het noorden van het gebied, met name in het heideterrein langs de Davidshoeve en de kruising met het Heidepad, maar ook langs de oude Hoogeveenseweg en het Smitsveen. De gemeten nutriëntenconcentraties zijn vergelijkbaar met de andere gebieden en lijken soms net iets gunstiger (Fig 3). Mogelijk hebben ook positieve effecten opgetreden via de schelpenpaden op de bodem (bekalking). De verjonging van jeneverbessen is niet uitbundig (geen hoge dichtheid), maar lijkt de afgelopen jaren wel vrij continu te gebeuren. De begrazing door schapen leidt hier niet tot noemenswaardige vraatschade (geen platte struikjes aangetroffen zoals in het Drouwenerzand) en werkt waarschijnlijk positief voor het creëren van kiembedden.

In de nabijheid van deze verjonging bevinden zich ook de meeste adulte jeneverbessen van het gebied, vanwaar uit de verjonging waarschijnlijk plaats vindt. De gemiddelde zaadkwaliteit van deze adulten is echter niet bijzonder hoog (Tabel 3), maar een aantal jonge jeneverbessen produceert inmiddels al zaden en – er van uitgaande dat de zaadkwaliteit van deze jonge planten hoger is dan van de oudere adulten – zullen in de toekomst hopelijk steeds meer als natuurlijke zaadbron fungeren voor het gebied, idealiter ook buiten deze bekende jeneverbessen locaties. De focus van deze studie lag op de gebieden met jeneverbessen. Binnen het grotere Dwingelderveld is het voorkomen van jeneverbessen, zowel van adulten als juvenielen, momenteel behoorlijk lokaal. Alhoewel niet specifiek onderzocht in deze studie, heeft de stikstofdepositie ook in andere delen van het Dwingelderveld ongetwijfeld geleid tot eutrofiering en bodemverzuring. Op deze plekken kunnen, net als in voorgaande heidegebieden, lokaal maatregelen genomen worden, zoals kleinschalig plaggen of chopperen, aangevuld met bekalking en of steenmeeltoevoeging. Mogelijk gaan de aangeplante jeneverbessen op de geluidswal langs de A28 in de nabije toekomst ook als zaadbron functioneren om ook op andere plekken in het gebied enkele jeneverbessenstruwelen te krijgen.



Figuur 29 Eigenschappen van individuele jeneverbessen onderzocht in deelstudie 5.1 waarin onderscheid is gemaakt tussen gebieden (kleur) en leeftijd (omtrek): Hyphal kolonisatie (%), N, NO₃ en NH₄ in de bodem (μmol/kg DW), organisch materiaal in de bodem (%), naaldbezetting van 4 jaar oude naalden (%), aantallen blauwe en groen bessen per 0.64m², groei (cm/jaar), hoogte (cm) vitaliteit: (1= zeer vitaal – 5 matig vitaal).

7. Literatuur en bronnen

- Allen, M. F., Swenson, W., Querejeta, J. I., Egerton-Warburton, L. M., & Treseder, K. K. (2003) Ecology of mycorrhizae: A conceptual framework for complex interactions among plants and fungi. *Annual Review of Phytopathology*, **41**(63), 271–303.
- Augé, R. M. (2001) Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, **11**, 3–42.
- Brundrett, M. C., & Tedersoo, L. (2020) Resolving the mycorrhizal status of important northern hemisphere trees. *Plant and Soil*, **454**, 3–34.
- Clifton, S. J., Ward, L. K., & Ranner, D. S. (1997) The status of juniper *Juniperus communis* L. in North-East England. *Biological Conservation*, **79**(1), 67–77.
- FAO, & ITPS (2015) Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. In *Status of the World's Soil Resources*.
- García, D., Zamora, R., Hódar, J. A., & Gómez, J. M. (1999) Age structure of *Juniperus communis* L. in the Iberian peninsula: Conservation of remnant populations in Mediterranean mountains. *Biological Conservation*, **87**(2), 215–220.
- Gruwez, R., De Frenne, P., Vander Mijnsbrugge, K., Vangansbeke, P., & Verheyen, K. (2016) Increased temperatures negatively affect *Juniperus communis* seeds: Evidence from transplant experiments along a latitudinal gradient. *Plant Biology*, **18**(3), 417–422.
- Iszkuło, G., & Boratyński, A. (2011) Initial period of sexual maturity determines the greater growth rate of male over female in the dioecious tree *Juniperus communis* subsp. *communis*. *Acta Oecologica*, **37**(2), 99–102.
- Johnson, D., Leake, J. R., & Read, D. J. (2001) Novel in-growth core system enables functional studies of grassland mycorrhizal mycelial networks. *New Phytologist*, **152**(3), 555–562.
- Knol, W. C., & Nijhof, B. S. J. (2004) *Jeneverbes (Juniperus communis L.) in de verdrukking; een integrale verkenning van de verjongingsproblematiek*. (Vol. 942).
- Kooijman, A. M., van Til, M., Noordijk, E., Remke, E., & Kalbitz, K. (2017) Nitrogen deposition and grass encroachment in calcareous and acidic Grey dunes (H2130) in NW-Europe. *Biological Conservation*, **313**, 406–415.
- Kromkamp, N. (2015) De terugkeer van de jeneverbes. *De Levende Natuur*, **116**(1), 34–35.
- Latef, A. A. H. A., Hashem, A., Rasool, S., Abd_Allah, E. F., Alqarawi, A. A., Egamberdieva, D., Jan, S., Anjum, N. A., & Ahmad, P. (2016) Arbuscular mycorrhizal symbiosis and abiotic stress in plants: A review. *Journal of Plant Biology*, **59**(5), 407–426.
- Lilleskov, E. A., Kuyper, T. W., Bidartondo, M. I., & Hobbie, E. A. (2019) Atmospheric nitrogen deposition impacts on the structure and function of forest mycorrhizal communities: A review. *Environmental Pollution*, **246**, 148–162.
- Lucassen, E., Loeffen, L., Popma, J., Verbaarschot, E., Remke, E., Kort, S. De, Roelofs, J., & Jeneverbes, K. (2011) Bodemverzuring lijkt een sleutelrol te spelen in het verstoorde verjongingsproces van Jeneverbes. *De Levende Natuur*, **112**(6), 235–239.

- Plassard, C., & Dell, B. (2010) Phosphorus nutrition of mycorrhizal trees. *Tree Physiology*, **30**(9), 1129–1139.
- Remkes, J. W., van Dijk, J. J., Dijkgraaf, E., Freriks, A., Gerbrandy, G. J., Maij, W. H., Nijhof, A. G., Post, E., Rabbinge, R., Scholten, M. C. T., & Vet, L. E. M. (2020) *Niet alles kan overal: Eindadvies over structurele aanpak op lange termijn*. <https://edepot.wur.nl/523657>
- Rice, K. C., & Herman, J. S. (2012) Acidification of Earth: An assessment across mechanisms and scales. In *Applied Geochemistry* (Vol. 27, Issue 1, pp. 1–14).
- Seguel, A., Cumming, J. R., Klugh-Stewart, K., Cornejo, P., & Borie, F. (2013) The role of arbuscular mycorrhizas in decreasing aluminium phytotoxicity in acidic soils: A review. In *Mycorrhiza* (Vol. 23, Issue 3, pp. 167–183).
- Soudzilovskaia, N. A., Vaessen, S., Barcelo, M., He, J., Rahimlou, S., Abarenkov, K., Brundrett, M. C., Gomes, S. I. F., Merckx, V., & Tedersoo, L. (2020) FungalRoot: global online database of plant mycorrhizal associations. *New Phytologist*, **227**(3), 955–966.
- Sparrius, L. B., Odé, B., & Beringen, R. (2014) Basisrapport Rode Lijst Vaatplanten 2012 volgens Nederlandse en IUCN-criteria. In *Floron rapport 57*.
- Teste, F. P., Jones, M. D., & Dickie, I. A. (2020) Dual-mycorrhizal plants: their ecology and relevance. *New Phytologist*, **225**(5), 1835–1851.
- Thomas, P. A., El-Barghathi, M., & Polwart, A. (2007) Biological Flora of the British Isles: *Juniperus communis* L. In *Journal of Ecology* (Vol. 95, Issue 6, pp. 1404–1440).
- Van Dobben, H. F., Van Hinsberg, A., Schouwenberg, E. P. A. G., Jansen, M., Mol-Dijkstra, J. P., Wieggers, H. J. J., Kros, J., & De Vries, W. (2006) Simulation of critical loads for nitrogen for terrestrial plant communities in the Netherlands. *Ecosystems*.
- Verheyen, K., Adriaenssens, S., Gruwez, R., Michalczyk, I. M., Ward, L. K., Rosseel, Y., Van den Broeck, A., & García, D. (2009) *Juniperus communis*: Victim of the combined action of climate warming and nitrogen deposition? *Plant Biology*, **11**(SUPPL.1), 49–59.
- Verheyen, K., Schreurs, K., Vanholen, B., & Hermy, M. (2005) Intensive management fails to promote recruitment in the last large population of *Juniperus communis* (L.) in Flanders (Belgium). *Biological Conservation*, **124**(1), 113–121.
- Wang, B., & Qiu, Y. L. (2006) Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. In *Mycorrhiza* (Vol. 16, Issue 5, pp. 299–363).
- Weeda, E. J., Westra, R., Westra, C., & Westra, T. (1985) *Nederlandse oecologische flora : wilde planten en hun relaties*.