

PDF hosted at the Radboud Repository of the Radboud University Nijmegen

The following full text is a publisher's version.

For additional information about this publication click this link.

<http://hdl.handle.net/2066/91604>

Please be advised that this information was generated on 2021-04-19 and may be subject to change.

Esther Lucassen,
Laury Loeffen,
Jacqueline Popma,
Evi Verbaarschot,
Eva Remke,
Sjors de Kort & Jan Roelofs

Kenmerken Jeneverbes en verspreiding

Jeneverbes is een conifeer die wijdverspreid voorkomt over het Noordelijk halfrond. In het noorden van Europa zijn de populaties over het algemeen groot. In het zuiden van Europa zijn de populaties beperkt tot de hooggebergten. Het is één van de twee inheemse coniferen van Nederland met een natuurlijke verspreiding voorkomend op stuifgronden (zowel kust- als rivierduinen) en droge heidegronden (foto 1).

Jeneverbes kan een drietal groeivormen aannemen die allen binnen één populatie kunnen voorkomen. De bladeren van de Jeneverbes kunnen sterk variëren in vorm, kleur en dichtheid en kunnen vier tot vijf jaar oud worden. Omdat de Jeneverbes als pionier relatief hoge lichtcondities vereist kunnen de naalden in het centrum van de plant afsterfen door lichtgebrek. De hoofdwortel (die zorgt voor bevestiging) kan diep in de bodem doordringen, terwijl de laterale wortels (die zorgen voor de opnamen van water en nutriënten) meer aan de oppervlakte ($\pm 30\text{cm}$ diepte) aanwezig zijn (Breek, 1978; Kramer et al., 1996).

Jeneverbes is een tweehuizige soort. In het voorjaar produceren de vrouwelijke individuen groene kegels die zich gedurende drie jaar ontwikkelen tot volledig gerijpte zwart blauwe bessen. Alle stadia kunnen binnen één individuele plant aanwezig zijn. De bessen worden verspreid door vogels en zoogdieren. In theorie dragen deze dieren ook bij aan de kieming van de zaden doordat het vruchtvlees, waarin zich doorgaans kiemingremmers bevinden, wordt afgebroken (Meyer & Witmer, 1998). De bessen kunnen overigens ook zeer goed via water verspreid worden. De zaden (meestal vier aanwezig per bes) hebben een kortlevende zaadbank (Thompson et al., 1997). De Jeneverbes kan ca 200 jaar oud worden. Het is niet exact bekend rond welke leeftijd de soort in staat is tot generatieve voortplanting, maar aangenomen wordt dat het aandeel reproduceerbare individuen ongeveer vanaf het vijfde tot het twintigste-dertigste levensjaar gaat toenemen (Falinski, 1980). Naast generatieve voortplanting kan de soort zich ook vegetatief vermeerderen middels productie van lange horizontale takken. Het is echter onbekend of de nieuwgevormde individuen overleven als de oorspronkelijke moederplant afsterft (Thomas et al., 2007).



Foto 1. Het natuurgebied de Boshuizerbergen ten noordoosten van Venray waar tijdens het onderzoek geen kiemlingen van Jeneverbes meer werden aangetroffen (foto: Esther Lucassen).

Bodemverzuring

lijkt een sleutelrol te spelen in het verstoorde verjongingsproces van Jeneverbes

Sinds enkele decennia heeft Jeneverbes (*Juniperus communis*) problemen met verjongen. Hierdoor staat de soort thans op de Rode Lijst en heeft een beschermde status in de Flora en faunawet. Vreemd genoeg is de rol van zure regen, die juist tussen 1960 en 1990 zo'n grote invloed heeft gehad op zwak gebufferde natuur, nooit goed onderzocht en/of gedocumenteerd. In een veldonderzoek zijn de mogelijke rol van bodemverzuring en de achterliggende fysiologische mechanismen op het verjongingsproces onderzocht.

Achteruitgang

Jeneverbes is de afgelopen decennia in enkele landen sterk achteruitgegaan. De opbouw van jeneverbesstruwelen laat in Nederland, België, Engeland en delen van Duitsland een chronisch tekort aan verjonging zien (Knol & Nijhof, 2004). Hierdoor dreigen de nog aanwezige verouderde struwelen uiteindelijk uit het landschap te verdwijnen. De soort is thans zeldzaam, staat vermeld op de Rode Lijst en heeft een beschermde status in de Flora en faunawet.

In principe kunnen in vier opeenvolgende fasen problemen optreden m.b.t. het verjongingsproces namelijk: a) tijdens de productie van bessen (o.a. leeftijd van de boom, bestuiving, zaadvorming, rijping van bessen); b) tijdens de verspreiding van zaden; c) tijdens de kieming (o.a. geschiktheid van het milieu, zaadpredatie) en d) tijdens de vestiging (o.a. eerste groeifase, lichtcondities, bodemcondities, herbivorie). Volgens Tylkowski (2009) hangt het niet meer verjongen met name af

van een buitenproportioneel hoger aantal lege zaden, meer schade aan de zaden door insecten en een hogere begrazingdruk door zoogdieren. Klimaatveranderingen en/of een sterk verhoogde stikstofdepositie kunnen een oorzaak zijn voor de eerste twee factoren (Verheyen et al., 2009). Sterk verhoogde stikstofdepositie kan leiden tot bodemverzuring resulterend in ammoniumhopping en aluminiummobilisatie. Verheyen et al. (2005) toonde het verband tussen de achteruitgang van Jeneverbes en de toename van Pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) dat doorgaans domineert op stikstofrijke zure heidebodems. Beschaduwning door Pijpenstrootje, en/of andere snelgroeiende planten, kan de ontwikkeling van Jeneverbeskiemlingen hinderen. Verder zijn ammonium en aluminium bij een lage pH toxisch voor de kruiden uit het droge heide milieu. De relatie tussen bodemverzuring en de achteruitgang van Jeneverbes is tot op heden wel geopperd (o.a. Barkman, 1989), maar nooit opgehelderd.

Tabel 1. Onderzochte gebieden ingedeeld in categorieën verschillend in mate van verjonging van Jeneverbes (NL = Nederland; DL= Duitsland; NO= Noorwegen).

Geen verjonging (n=12)

Boshuizerbergen (Venray, NL)
Hamert Zeelberg (Wellerlooi, NL)
Heuloërbroek Ennenberg (Bergen, NL)
Heumensoord (Nijmegen, NL)
Landgoed Arcen Fossa Eugeniana (Arcen, NL)
Lemelerberg (Ommen, NL)
Mookerheide (Mook en Middelaar, NL)
Overloonse Duinen (Overloon, NL)
Ravenvennen (Arcen, NL)
Steegberg (Horst-Sevenum)
Ullingse Bergen (St. Anthonis, NL)
Witte Vennen (Venray, NL)

Weinig verjonging (n=4)

't Haere ('t Harde, NL)
Doornspijksche Heide ('t Harde, NL)
Dwingelderveld (Dwingelo, NL)
Landgoed Staverden (Ermelo, NL)

Veel verjonging (n=3)

Elmptewald (Elmpt, DL)
Hiddensee (DL)
Egersund kommune (NO)

Onderzoek

In het huidige onderzoek, dat heeft plaatsgevonden in opdracht van Stichting het Limburgs Landschap, stond de vraag centraal waarom Jeneverbes in de Maasduinen (zo goed als) niet meer verjongt. Het uiteindelijke doel is om duurzame herstelmaatregelen te ontwikkelen voor een aantal natuurterreinen in Limburg. We hebben ervoor gekozen de eerste fase van het verjongingsproces te onderzoeken. Onze hypothese was dat bodemverzuring een negatief effect heeft op de kwaliteit van de bessen.

In de periode december 2010-maart 2011 zijn 19 gebieden onderzocht waar Jeneverbes voorkomt. De gebieden zijn uiteindelijk in drie categorieën onderverdeeld verschillend in mate van verjonging (tabel 1). Elf gebieden in de Maasduinen (allen zonder verjonging), waar de opdrachtgever graag weer verjonging zou willen zien, stonden aan de basis van dit onderzoek. Ter controle zijn acht gebieden toegevoegd waar Nijmeegse veldbiologen tijdens hun onderzoek ooit aanzienlijke verjonging van Jeneverbes hadden aangetroffen. Uiteindelijk zijn deze gebieden, op basis van de bevindingen van de onderzoekers, verder onderverdeeld in gebieden met weinig (=kiemlingen komen

zeer plaatselijk voor) en veel verjonging (kiemlingen komen diffuus door het heidelandschap voor). In de Lemelerberg werd geen enkele kiemling aangetroffen, waardoor dit gebied in de categorie zonder verjonging is ingedeeld.

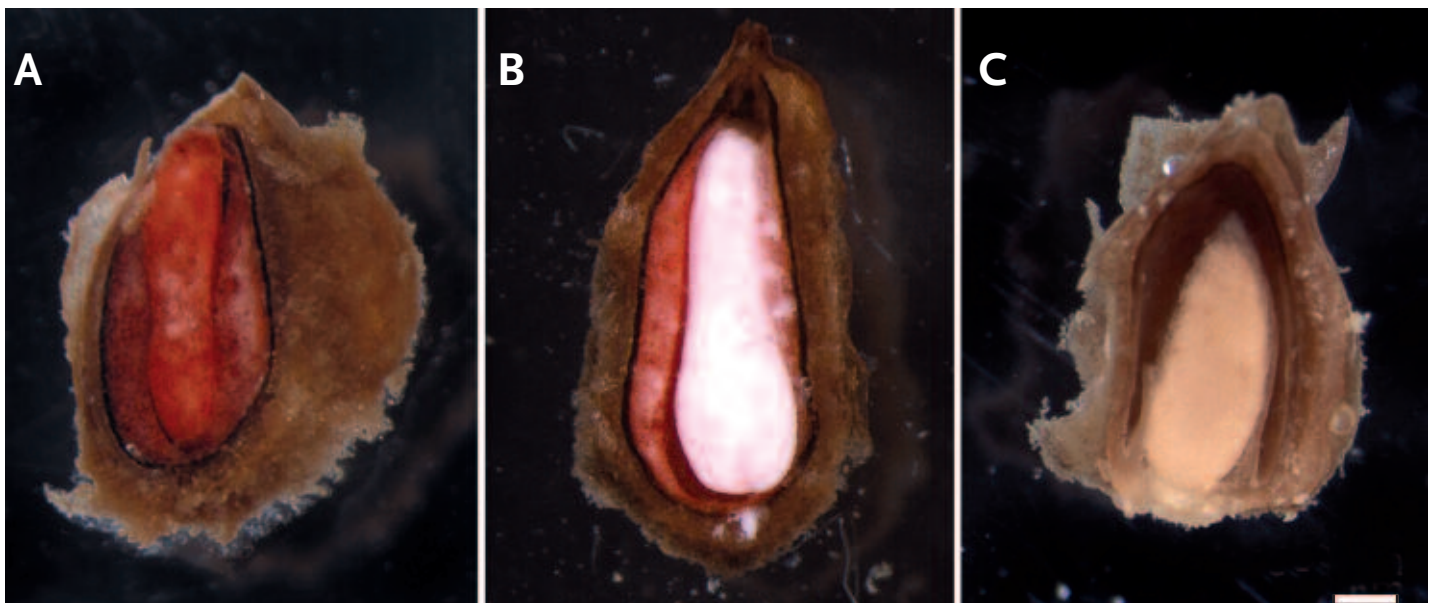
In de meeste gebieden zijn op drie verschillende locaties takken verzameld (zoveel mogelijk met zowel groene als blauwe bessen) en bodemmonsters genomen met een edelmanboor (0-100 cm). In drie gebieden in de Maasduinen was de populatie zo klein dat slechts één locatie is bemonsterd. In gebieden met verjonging is de bodem nabij de kiemlingen bemonsterd. In gebieden zonder verjonging is er voor gekozen om buiten de kroon (1 tot 2 meter van de volwassen Jeneverbes) te monstern. Hierdoor is met zekerheid een locatie bemonsterd waar Jeneverbes ooit heeft kunnen kiemen. Tevens is een inventarisatie gemaakt van boom- en populatiekenmerken en zijn andere mogelijk

belangrijke omgevingsvariabelen genoteerd. Per locatie zijn volgens een standaard protocol chemische analyses verricht op het bodem- en plantmateriaal. De bessen zijn op een aantal aanvullende kenmerken geanalyseerd: de pH, de vitaliteit middels een tetrazoliumkleuring (foto 2) en de mate van bezetting door de schildluis *Carulaspis juniperi* (foto 3).

Bodemchemie

Op locaties zonder verjonging en locaties met weinig en veel verjonging was de pH van de bodem gelijkaardig laag (pH 4,1-4,3). De basenverzadiging van de bodem nam echter met afnemende verjonging af, hetgeen aantoont dat bodemverzuring een rol speelt. Dit komt overeen met resultaten van Hommel et al. (2009). In gebieden zonder verjonging was de gemiddelde basenverzadiging 23%, terwijl deze gemiddeld 32% en 42% bedroeg in gebieden met enige en

Foto 2. De tetrazolium-test is een veel gebruikte alternatieve methode om snel en gemakkelijk de levensvatbaarheid van zaden te testen. De test is gebaseerd op het gegeven dat levend weefsel, via H⁺ transport reacties die gekatalyseerd worden door het enzym dehydrogenase, het kleurloze chemicalie (2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride) kan reduceren tot het rood gekleurde niet diffundeerbare formazan. Klasse A is levensvatbaar en klassen B en C zijn niet levensvatbaar (foto's: Elisabeth Pierson, Gemeenschappelijk Instrumentarium, Radboud Universiteit Nijmegen).



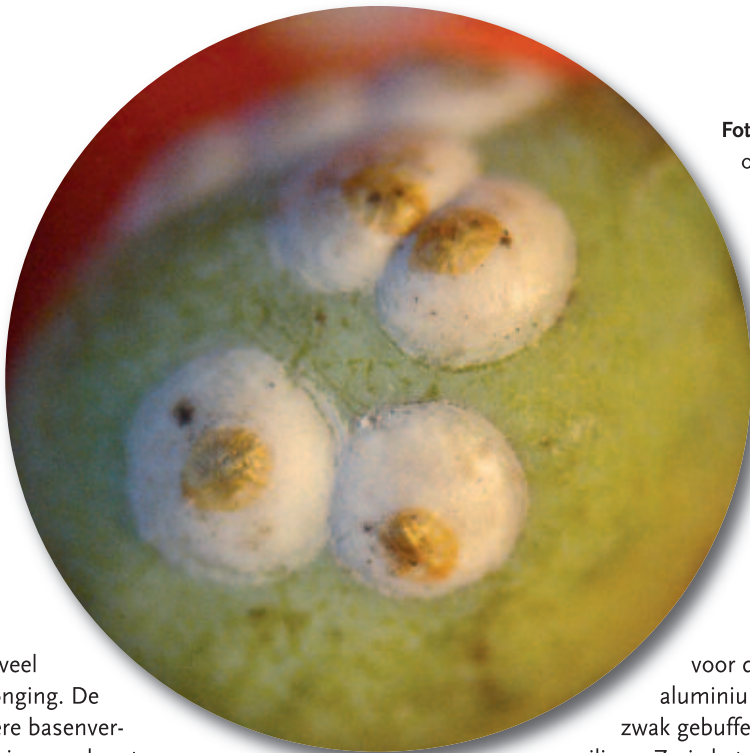


Foto 3. De aanwezigheid van de schildluis *Carulaspis juniperi* op bessen van de Jeneverbes (25x vergroot) treedt het sterkst op in gebieden zonder verjonging (foto: Peter Klok).

met veel verjonging. De hogere basenverzadiging werd met name bepaald door de relatief hogere adsorptie van magnesium, en in mindere mate die van calcium en kalium, aan het bodem-adsorptiecomplex. Verlaging van de basenverzadiging is doorgaans voor het grootste deel toe te schrijven aan de hoge zwavelzuurdepositie tussen 1950 en 1990. Sinds 1970 speelt ook de hoge stikstofdepositie in toenemende mate een belangrijke rol (Boxman et al., 2008). In gebieden met verjonging heeft door de hogere basenverzadiging van de bodem meer nitrificatie plaats kunnen vinden, waardoor de concentratie ammonium aan het bodemadsorptiecomplex zeer laag is. Tevens heeft in mindere mate verwerking van aluminium(hydr)oxiden plaatsgevonden. Dit blijkt uit de relatief hoge adsorptie van calcium (Ca) en de relatief lage adsorptie van aluminium (Al) aan het bodemadsorptiecomplex. De Al/Ca ratio van het bodemadsorptiecomplex neemt toe met afnemende verjongingsgraad. Deze Al/Ca ratio geeft een indicatie

voor de mate van aluminiumtoxiciteit in zwak gebufferde tot zure milieus. Zo is het bekend dat bijzondere heidesoorten slechts voorkomen bij een Al/Ca ratio lager dan 2, terwijl de algemenere heidesoorten juist verschijnen bij een hogere ratio (de Graaf et al., 1997). Deze waarden zijn in overeenkomst met het huidige onderzoek naar het wel of niet verjongen van Jeneverbes. De Al/Ca ratio's van het bodemadsorptiecomplex bedroegen gemiddeld namelijk 1,5 en 2,9 op locaties met veel en weinig (enige) verjonging, terwijl deze 7,9 bedroeg op locaties zonder verjonging (fig. 1). Op locaties met verjonging kwam vaak Borstelgras (*Nardus stricta*) voor die alleen voorkomt bij een lage Al/Ca ratio.

Chemie van naalden en bessen

De hogere concentratie aan aluminium en de lagere concentratie aan calcium van het bodemadsorptiecomplex met afnemende verjonging, komen ook tot uiting in de kwaliteit van het plantmateriaal. De rijpe bessen bevatten meer aluminium, minder calcium

en hebben een hogere Al/Ca ratio naarmate er minder verjonging optreedt. De pH in bessen van locaties met veel verjonging is hoger (pH 5,5) dan die in bessen met weinig of geen verjonging (beiden pH 5,0). Verder blijkt dat bessen van locaties zonder verjonging lagere concentraties kalium en fosfor hebben. Wat betreft fosfor komt dit niet overeen met de bodemchemie aangezien de concentratie Olsen-P juist lijkt toe te nemen met afnemende verjonging. Door de lagere concentratie fosfor (P) en kalium (K) nemen tevens de N:P en de N:K ratio in bessen toe naarmate er minder verjonging optreedt (fig. 1). In het naaldmateriaal zijn vergelijkbare verschillen gemeten als in de bessen, met het verschil dat de totale concentratie aluminium en de Al/Ca ratio relatief hoger waren in de naalden vergeleken met de bessen.

Andere plantkenmerken

Tijdens het veldbezoek is gebleken dat bomen op locaties zonder verjonging zichtbaar minder vitaal waren (o.a. minder jaargangen met naalden, weinig en relatief veel afgestorven naalden). Verder is uit de tetrazoliumkleuringen gebleken dat naarmate de verjonging afneemt, Jeneverbes procentueel minder levensvatbare rijpe bessen produceert. Een vergelijking tussen onrijpe (groene) en rijpe (blauwe) bessen toonde dat er tijdens het rijpingsproces een afname van 60% in levensvatbaarheid van de zaden optreedt in jeneverbessen afkomstig van niet verjongende locaties. Deze afname was nagenoeg verwaarloosbaar (5%) voor jeneverbessen afkomstig van locaties met verjonging. Verder is gebleken dat procentueel meer bessen door schildluis geïnfecteerd waren op locaties met minder verjonging (fig. 2).

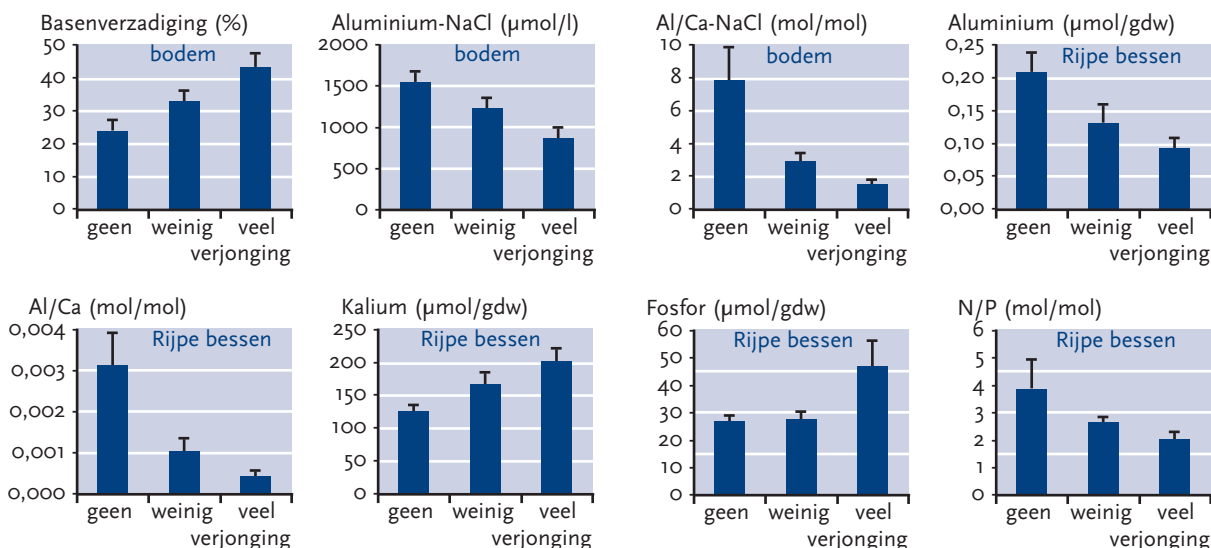


Fig. 1. Verschillen in chemie van de bodem en de rijpe bessen op locaties met Jeneverbes die sterk verschillen in mate van verjonging. Gemiddelde waarden + standaardfout zijn gegeven. Locaties met bomen zonder bessen (in categorie 'geen') zijn weggelaten (geen: n=21; weinig n=12; veel n=9).

Synthesis

De verschillen in de basenverzadiging, en hieraan gerelateerde verschillen in de andere gepresenteerde parameters, indiceren dat het niet meer verjongen van Jeneverbes gerelateerd is aan bodemverzuring. Deze verschillen kunnen toe te schrijven zijn aan verschillen in atmosferische zwavel- en stikstof depositieniveaus en/of natuurlijke verschillen in buffercapaciteit van de bodem. Zo is in Noorwegen (Egersund) en Noord-Duitsland (Hiddensee) de stikstof- en zwaveldepositie altijd laag geweest. In het Elmpeterwald (nabij Swalmen) vindt over een relatief groot oppervlak aanrijking met baserijk grondwater plaats. In de onderzochte Nederlandse gebieden trad verjonging met name op onder de kroon van Zomereiken (*Quercus robur*). Aangezien dit verschijnsel binnen een gebied slechts onder een beperkt percentage eikenbomen plaatsvond, zal het verjongen niet alleen aangestuurd worden door de gunstige zaadverspreiding via vogels. Dit indiceert in ieder geval dat de open terreindelen van deze gebieden, net als die van gebieden zonder verjonging, ook weinig geschikt zijn voor kieming van Jeneverbes. Waarom er met betrekking tot dit verschijnsel verschillen bestaan tussen gebieden, en zelfs tussen eikenbomen binnen hetzelfde gebied, is niet bekend.

De hogere Al beschikbaarheid en de hogere Al/Ca ratio in de bodem op locaties zonder verjonging, gaan gepaard met ontwikkeling van hogere Al en lagere Ca, K en P concentraties in naalden en bessen. Dit kan een direct gevolg zijn van schade aan het wortelstelsel (Al toxiciteit), inclusief aanwezige mycorrhizaschimmels die doorgaans de P opname verzorgen. De verhoogde Al concentratie in de zaden kan een toxisch effect hebben op het ontwikkelende embryo. Een belangrijk deel van P in de zaden zal gebruikt worden voor de productie van ATP (adenosinetriphosfaat), dat een belangrijke energiebron is voor het ontwikkelende embryo in het zaad. Een lagere P beschikbaarheid zou dus theoretisch gezien een direct negatieve invloed kunnen hebben op het zich ontwikkelende embryo. Daarnaast gaan de lagere concentraties aan K en P gepaard met een hogere N/P en N/K ratio in naalden en bessen. Planten produceren doorgaans onder invloed van een relatief hoge stikstofbeschikbaarheid, eiwitten opgebouwd uit 'goedkope' aminozuren met een lage C/N ratio (Lucassen et al., 2003). Aangezien plantenafweerstoffen juist een hoge C/N ratio hebben, is het niet onlogisch dat jeneverbessen op locaties zonder verjonging

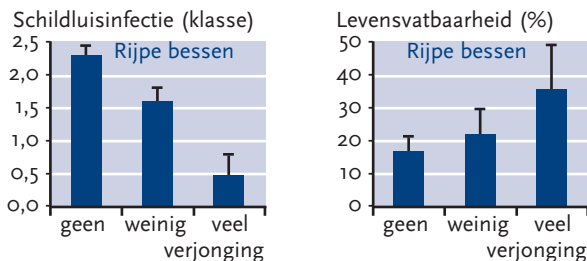


Fig. 2. Verschillen in chemie van de bodem en de rijpe bessen van locaties met Jeneverbes die sterk verschillen in mate van verjonging. Gemiddelde waarden + standaardfout zijn gegeven (geen: n=21; weinig n=12; veel n=9).

procentueel meer geïnfecteerd zijn door schildluizen. Dit zou ook een negatieve invloed op de ontwikkeling van de zaden kunnen hebben.

Consequenties voor herstelmaatregelen - vervolgonderzoek

De resultaten indiceren dat voor duurzaam herstel van jeneverbesstruwelen het van belang is de basenverzadiging van zowel de bodemtoplaag als de onderliggende bodemlaag (0-30 cm) te verhogen, indien deze daadwerkelijk te laag is. Door de basenverzadiging van de bodemtoplaag te verhogen (>> 40%) zal, uitgaande van de resultaten van dit onderzoek, de overleving van de kiemlingen toenemen. Door ook de basenverzadiging van de diepere bodemlaag te verhogen zal waarschijnlijk ook de levensvatbaarheid van de bessen toenemen. Het verhogen van de basenverzadiging in de bodemtoplaag kan bijvoorbeeld door een hoeveelheid kalk over de bodem te strooien. Echter, aangezien kalk slechts langzaam oplost zal het toegediend als poedervorm niet snel tot de diepere bodemlaag doordringen. Hierdoor zal de productie van kwalitatief goede bessen met een hoge levensvatbaarheid waarschijnlijk achterblijven. In de toekomst zal de dataset die dit onderzoek heeft opgeleverd intensiever onderzocht worden en zullen nog aanvullende analyses (o.a. aminozuren) verricht worden om meer grip te krijgen op de achterliggende fysiologische mechanismen. Daarnaast worden in terreinen van Stichting het Limburgs Landschap kleinschalig kiemingsproeven met bessen, en groei-experimenten met opgekweekte stekken uitgevoerd. Hieruit moet duidelijk worden in welke mate (hoeveel, hoe diep) de basenverzadiging van de bodem het best verhoogd kan worden om de kieming en vestiging te verbeteren. Tevens wordt onderzocht of extra toevoeging van P en/of K aan de bodem een positief effect heeft op deze processen. Deze informatie is van belang voor toekomstige herstelmaatregelen op grotere schaal.

Literatuur

Barkman, J.J., 1989. Syllabus caput selectum: Nederlandse boomsoorten II: *Juniperus communis* L. Course Material. Vakgroep Bosteelt Bosoeologie, Wageningen University, Wageningen.

Boxman, A.W., C.J.H. Peters & J.G.M. Roelofs, 2008. Long term changes in atmospheric N and S throughfall deposition and effects on soil solution chemistry in a Scots pine forest in the Netherlands. *Environmental Pollution* 156: 1252-1259.

Breek, J., 1978. De kiemingsecologie van *Juniperus communis* L. Instituut voor systematische plantkunde, Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.

Drees, M., T. Stolz & C. Smit, 2011. Konijn en Jeneverbes. *De Levende Natuur* 112(5): 174-177.

Falinski, J.B., 1980. Changes in the sex-ratio and age-ratio in populations of pioneer dioecious woody species (*Juniperus*, *Populus*, *Salix*) in connection with the course of vegetation succession in abandoned farmlands. *Polish Journal of Ecology* 28: 327-365.

Graaf, M.C.C. de, R. Bobbink, P.J.M. Verbeek & J.G.M. Roelofs, 1997. Aluminium toxicity and tolerance in three heathland species. *Water, Air and Soil Pollution* 98: 229-241.

Hommel, P., M. Griek, R. Haveman, J. den Ouden & R. de Waal, 2009. Herstel van jeneverbesstruwelen. *De Levende Natuur* 110(3): 135-137.

Knol, W.C. & B.S.J. Nijhof, 2004. Jeneverbes (*Juniperus communis* L.) in de verdrukking. Een integrale verkenning van de verjongingsproblematiek. Alterra, Alterra-rapport 942, Wageningen.

Kramer, S., P.M. Miller & L.E. Eddleman, 1996. Root system morphology and development of seedling and juvenile *Juniperus occidentalis*. *Forest Ecology and Management* 86: 229-240.

Lucassen, E.C.H.E.T., R. Bobbink, R., A.J.P. Smolders, P.J.M. van der Ven, L.P.M. Lamers & J.G.M. Roelofs, 2003. Interactive effects of low pH and high ammonium levels responsible for the decline of *Cirsium dissectum* (L.) Hill. *Plant Ecology* 165: 45-52.

Meyer, G.A. & M.C. Witmer, 1998. Influence of seed processing by frugivorous birds on germination success of three North American shrubs. *American Midland Naturalist* 140:129-139.

Thompson, K., J.P. Bakker & R.M. Bekker, 1997. The Soil Seed Banks of North West Europe. Cambridge University, Cambridge, UK.

Thomas, P.A., M. El-Barghathi & A. Polwart, 2007. Biological flora of the british isles: *Juniperus communis* L. *Journal of Ecology* 95: 1404-1440.

Tylkowski, T., 2009. Improving seed germination and seedling emergence in the *Juniperus communis*. *Dendrobiology* 61: 47-53.

Verheyen, K., K. Schreurs, B. Vanholen & M. Hermy, 2005. Intensive management fails to promote recruitment in the last large population of *Juniperus communis* (L.) in Flanders (Belgium).

Biological Conservation 124: 113-121.

Verheyen, K., S. Adriaenssens, R. Gruwez, I.M. Michalczyk, L.K. Ward, Y. Rosseel, A. Van den Broeck & D. Garci, 2009. *Juniperus communis*: victim of the combined action of climate warming and nitrogen deposition? Plant Biology 11: 45-59.

Summary

Soil acidification seems to play a key role in the regeneration problem of Common juniper

Causes for the regeneration problem of Common juniper (*Juniperus communis*) in the Maasduinen area (The Netherlands) were studied. Areas with and without regeneration were compared. Twelve areas showed no signs of regeneration. Four areas showed some regeneration and three areas showed strong regeneration. On three locations in most of the areas soil material (0-100 cm) and plant material (leaves and berries) were sampled. These samples were chemically analysed, tetrazolium tests were carried out to test the seed viability of the berries and the degree of scale insects (*Carulaspis juniperi*) infestation was determined.

The results show that locations with less regeneration had a lower base saturation indicating a

stronger acidification of the soil. Soil acidification generally leads to lower nitrification rates which very likely explains the low ammonium concentration at the soil adsorption complex of locations with regeneration. In addition, due to soil acidification, the concentration of soil extractable Al and the Al/Ca ratio of the soil adsorption complex at locations without regeneration decreased to values indicative for Al toxicity. As a consequence, the juniper trees also developed higher Al concentrations, lower Ca concentrations and a higher Al/Ca ratio in berries and leaves. In addition, the blue berries and the needles showed a decrease in P and K concentration and higher N/P and N/K ratios. The higher Al intrusion and the lower P uptake may be caused by the damaged root system including mycorrhizas. The infestation with mites increased with increasing regeneration, which may be related to the relative high concentrations of nitrogen present leading to production of 'cheap' amino-acids. Eventually, the vitality of the trees and the viability of the seeds decreased with decreasing regeneration class.

The results indicate that increasing the base saturation (> 43%) of the first 20-30 cm soil, may be an important restoration measure for

sustainable development of juniper populations as it will lead to increased production of viable seeds.

Dankwoord

De auteurs danken Michael Roosmalen en René Gerats voor hun betrokkenheid bij het project, de betrokken terreinbeheerders voor het verlenen van toestemming tot betreding en bemonstering van terreinen, alsmede de provincie Limburg voor financiering van het onderzoek.

Dr. E.C.H.E.T. Lucassen, L. Loeffen, J. Popma, E. Verbaarschot & Prof.dr. J.G.M. Roelofs
Onderzoekscentrum B-WARE/Afdeling Aquatische Oecologie & Milieubiologie
Radboud Universiteit Nijmegen
Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen
E.Lucassen@b-ware.eu

Dr. E. Remke
Stichting Bargerveen
Radboud Universiteit Nijmegen
Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen

S. de Kort
Stichting het Limburgs Landschap
Rijksstraatweg 1, 5943 AA Lomm



Thuis in natuurbeheer



www.altwym.nl

AGW heeft de expertise om ecologisch onderzoek uit te voeren en ecologische kennis te vertalen in objectieve adviezen, toegesneden op de vragen van opdrachtgevers. Onze dienstverlening omvat alle facetten van ecologisch onderzoek en advisering, van effectanalyses tot ontwikkelingsvisies. Wij werken in het hele land en zijn vertrouwd met alle landstypen en ecosystemen.

Ons bureau bestaat uit een team van ongeveer vijftiengint mensen met:

- **Een brede visie.** Ieder is in staat over de schutting van het eigen specialisme te kijken en de vakkennis in een breder perspectief te plaatsen.
- **Een praktische insteek.** Onze ecologische kennis en ervaring verbinden we met de praktijk van inrichting en beheer.
- **Ervaring in veldonderzoek.** Al ons werk, ook als het geheel achter het bureau tot stand komt, is doortrokken van veldkennis. Alle medewerkers gaan geregeld het veld in. Dat houdt ons scherp en het komt de kwaliteit van de adviezen ten goede.

Altenburg & Wymenga



ECOLOGISCH ONDERZOEK

Zuiderweg 2 - 9269 TZ Veenwouden - Tel: 0511-474764 - info@altwym.nl