

Shinrin Yoku - Forest Bathing- Bosbaden- Bostherapie
Door Marlies aan de Stegge www.maarliefst.nl

Wandelen met het bos, waarbij je al je zintuigen gebruikt om je zoveel mogelijk in het bos onder te dompelen.

There is a pleasure in the pathless woods, There is a rapture on the lonely shore, There is society, where none intrudes, By the deep sea, and music in its roar: I love not man the less, but Nature more by Lord Byron, from Childe Harold, Canto iv, Verse 178

Instinctief weten we allemaal dat het leven buiten ons goed doet. Dat is natuurlijk millennia lang (99%) ook de normale omstandigheid geweest, de mens leefde als onderdeel van de natuur met de natuur (symbioceen). Met de industrialisatie is de houding van de mens ten opzichte van de natuur veranderd. We stellen ons boven de natuur en vernietigen soms zelfs de natuur om te bereiken wat we willen maken (antropoceen). De maakbare cultuur. Dus de bewustwording dat natuur goed voor de mens is, is best een arrogante conclusie, aangezien de symbiose tussen mens en natuur veel langer bestaat dan de industrialisatie en het ontstaan van de maakbare wereld. Yuval Noah Harari beschrijft deze ontwikkeling van animisme naar een wereld waarin de mens centraal en boven alles staat heel duidelijk in zijn boek Homo Deus. (1) De boeddhist Thich Nhat Hanh predikt ook voor de overgang terug van 'verhaal van separatie' naar 'verhaal van *interbeing*' met de natuur.

Wetenschappelijk is in meerdere studies vastgelegd dat natuur positieve effecten heeft op het welbevinden van de mens. Zelfs het uit het raam kunnen kijken naar natuur na een galblaasoperatie versnelt het herstel na de operatie en vermindert significant pijnklachten. (2) PNAS publiceerde in 2017 een artikel, waarin een experiment werd uitgevoerd, waarbij 20 proefpersonen iedere dag een 90 minuten wandeling in een *natuurlijke* setting maakten en 20 proefpersonen precies datzelfde deden, maar dan in een *stedelijke* setting. Metingen van de neurale activiteit van de prefrontale cortex en zelfrapportages over piekeren lieten beiden een significante daling zien in de natuurlijke omgeving groep. (3) In eerdere studies was al aangetoond dat activatie van de subunguale prefrontale cortex is geassocieerd met depressie en piekeren bij gezonde mensen. (4)
Een natuurlijke omgeving doet dus iets op het menselijk welbevinden.

In Japan is dit een bekend fenomeen, dat zelfs al therapeutisch wordt toegepast. Hoewel Japan ook verwesterd is afgelopen honderden jaren, is in de kern van de Japanse cultuur wel altijd de symbiose met de natuur en het respect voor de natuur blijven bestaan.

Een Japanner begroet ook altijd het bos alvorens hij gaat wandelen in een bos, en na het vervaardigen van een bloemboeket, dankt een Japanner de bloemen voor het mooi zijn. Ze leven met elkaar. (5)

Vanuit dat principe is ook Shinrin Yoku, Forest Bathing, ofwel Bosbaden ontstaan. Wat is begonnen als een intuïtief principe, is uiteindelijk een therapie met een wetenschappelijke basis geworden.

In de jaren 70 en 80 ontstonden er in Japan veel stress gerelateerde ziekten. Dit leidde in sommige gevallen met toenemende incidentie zelfs tot zelfmoord. Onder de Japanse jonge volwassen nam het zelfmoordcijfer op een gegeven moment zelfs fors toe. Digitalisering, technalisering en industrialisering zouden hier debet aan zijn. Haruki Murakami heeft hierover een prachtig boek geschreven, Norwegian Wood. (6)

Daarop besloot de Japanse regering het Japanse Onderzoeksbureau voor Bosbouw op te dragen meerdere bossen aan te planten, zodat iedere Japanner, preventief een half uur per dag de gelegenheid zou hebben, zich onder te dompelen in de natuur. Sinds 2006 zijn er maar liefst 62 zones in Japan uitgeroepen als bosbadentherapie gebieden.

Aanvankelijk begint dit proces als een empirisch experiment, waarbij als uitgangswaarde werd aangenomen dat beweging en ontsnapping van de technostress helend zou kunnen werken. De volgende aanname wordt daarbij gehanteerd. De mens is vanuit oorsprong gewend om met de natuur te leven en de toenemende kunstmatige verstedelijking veroorzaakt bij de mens voor veel stress en negatieve stimuli. In het bos of natuur, het natuurlijk habitat van de mens, kan de mens weer ontspannen en leven naar de print van zijn oorspronkelijke genen.

Het Japanse Onderzoeksbureau doet inmiddels al jarenlang onderzoek en verzamelt alle gegevens van Japanners die bosbaden. Sinds 2004 is er een overheidsprogramma gestart waarin al deze gegevens worden verzameld en geanalyseerd. Uit dit onderzoek komen biologische en fysiologische verklaringen voor het effect van bosbaden naar voren.

Fysiologische effecten van bosbaden

In Japan zijn er veel studies gedaan naar de fysiologische effecten van bosbaden. Kartrekker is Yoshifumi Miyazaki, hoogleraar Milieu, Gezondheid en Veldonderzoek aan de Universiteit van Chiba. (7)

Bosbaden door meer dan 700 proefpersonen had in deze studies de volgende effecten (8-27):

Afname van activiteit in het sympathisch zenuwstelsel

Een toename van activiteit van het parasympathisch zenuwstelsel

Verlaging van de bloeddruk al na 15 minuten bostherapie, die na een dag bostherapie 5

dagen aanhoudt

Verlaging van de hartslagfrequentie

Verlaging van cortisol waarde in speeksel

Versterking van het immuunsysteem, gemeten aan de hand van Natural Killer cellen, die ons beschermen tegen infecties en tumoren (24-27)

Afname van de hersenactiviteit in de prefrontale cortex na 20 minuten wandelen, gemeten met laserspectroscopie

Zelfrapportage van alle deelnemers in de studies vermelden duidelijk een sterker gevoel van welzijn, groter gevoel van rust, toename van frisse energie, verbetering in emotionele balans en een afname in angst

Al deze studies zijn inmiddels in meerdere reviews en meta analysis bestudeerd. (28-30).

Hierin blijven de data mooi overeind staan, hoewel de kanttekening gemaakt moet worden dat als eindpunten vaak biomarkers voor stress en mentale ontspanning gebruikt worden.

Veel van deze biomarkers zijn gevalideerd als zijnde biomarker voor stress en ontspanning, maar dat geldt niet voor alle. De meeste studies zijn klein in aantal, maar hebben wel vaak een controle groep en er worden ook zelfrapportages afgenomen (hard eindpunt, maar wel moeilijk te objectiveren en te kwantificeren).

Ook andere groepen hebben studies gedaan naar fysiologische effecten van natuurtherapie. Hoewel een iets ander eindpunt, kunnen deze data met de nodige scepsis en voorzichtigheid wel worden geëxtrapoleerd naar de shinrin yoku situatie. Het kan in ieder geval bovenstaande data ondersteunen:

Kotera et al. hebben een meta analyse uitgevoerd waarbij de resultaten van eerdere uitgevoerde onderzoeken zijn onderzocht en hieruit is gebleken dat verbinding met de natuur kan worden gerelateerd aan geluk en mentaal welzijn. Blijkbaar maakt het tijd doorbrengen in de natuur hormonen vrij die overeenkomen met geluk beleving. (31)

Onderzoek van David Strayer demonstreerde een verbetering van 50% in creatieve probleemoplossing na drie dagen ondergedompeld te zijn in de natuur zonder toegang tot moderne technologie zoals, mobiele telefoons en camera's. (32)

De natuur kan een krachtige katalysator zijn in het herstelproces. De meest bekende studie op dit gebied is uitgevoerd door Dr. Roger Ulrich, een architect die gespecialiseerd is in het ontwerpen van gebouwen voor de gezondheidszorg. Zijn studie toonde aan dat zelfs een natuurlijk uitzicht vanuit een raam de hersteltijd met een dag verkortte in vergelijking met een stedelijk uitzicht. (2)

De 'Attention Restoration Theory' van Stephen en Rachel Kaplan is een van de meest genoemde verklaringen voor de heilzame werking van natuur. Deze theorie suggereert dat de gerichte aandacht die je nodig hebt om je te concentreren op dagelijkse taken beperkt is

en snel uitgeput raakt. Als je je lang of intensief moet concentreren, bijvoorbeeld op een beeldscherm of een boek, ontstaat er 'aandachts-vermoeidheid'. Je herstelt het beste van deze aandachtsvermoeidheid in een omgeving waar je een andere vorm van aandacht gebruikt. En juist in de natuur is dat het geval. Je kijkt bijvoorbeeld verder van je af en gebruikt meer zintuigen. (33)

Berman laat zien dat een natuurlijke omgeving de prefrontale hersenactiviteit vermindert en dat er toename is in activiteit in de insula en basale ganglia, hersengebieden geassocieerd met emotie, plezier en empathie. (34)

Bosbaden per zintuig wetenschappelijk beschouwd

Bosbaden is per definitie *Wandelen met het bos, waarbij je al je zintuigen gebruikt om je zoveel mogelijk in het bos onder te dompelen.*

Daarom is het interessant om per zintuig te kunnen begrijpen hoe de fysiologische effecten plaatsvinden.

Visueel

Het zien van repeterende, geometrisch en wiskundig aan de natuurwetten houdende figuren in steeds kleiner wordende schalen, maar niet monotoon zijn, en geen homogene verdeling of exacte herhaling hebben (fractielen of fractals) geven mensen verminderde stress en verbeterde stemming en verbeterde lichamelijke en geestelijke gezondheid. Dit kan terug worden gezien in bloemen bomen planten maar ook landschapstructuren of wolkformaties. Ook een geluid kan een fractiel zijn, bijvoorbeeld het ruisen van water of golfslag. (35)

Geur

Qing Li, een immunoloog op de medische faculteit in Tokyo, heeft veel onderzoek gedaan naar het effect van bosbaden op het immuunsysteem. Zoals hierboven reeds vernoemd laat hij in zijn studies zien dat wandelen in de natuur, het aantal NK cellen in proefpersonen doet toenemen. Li heeft de hypothese dat vluchtige aromatische substanties van groenblijvende bomen, ookwel phytonciden genaamd, hiertoe bijdragen. Voorbeelden hiervan zijn naaldsubstanties (pinenes, cardamoms substanties (limones). Er zijn inmiddels 50 van dit soort 'evergreen substanties' gedefinieerd. Hij heeft ook een onderzoek gedaan waarbij proefpersonen in precies dezelfde omstandigheden in een hotelkamer werden blootgesteld aan of een dennengeur of niets. Dit leidde tot een 20% stijging in NK cellen en verminderde vermoeidheid bij de dennengeur groep. (24-27)

Deze hypothese is niet nieuw. In de jaren negentig werden dennengeuren en cardamoms substances al onderzocht op hun potentiële antimicrobiele en tumorsuppressor activiteit in kankerpatienten. (36-37)

Tactiel

Er zijn een aantal studies gedaan naar tactiele waarnemingen en effecten op lichamelijk en geestelijke gezondheid. Echter deze studies zijn klein en beperkt in aantal. Sakurga et al. lieten zien dat contact met een metalen plaat verhoogde bloeddruk bewerkstelligde, maar bij verwarming van dezelfde plaat trad deze bloeddrukverhoging niet op. Contact met een plastic plaat liet ook verhoging van bloeddruk bij de deelnemers zien en de stijging werd groter bij koeling van het plastic. Contact met cedar, cipressen en eik materialen liet geen bloeddruk verandering zien, ook niet bij koeling of verwarmen van het materiaal. (38)

Horen

Onderzoek op dit gebied bij bosbaden is zeldzaam.

Mishima et al. Vergeleken de veranderingen in de hersenen en bloeddruk tijdens het luisteren naar het geluid van een turbine (tandartsenboor) of het horen van stromend water, een natuurlijk geluid. Er was ook een controle groep die niets te horen kreeg. Bloeddruk verhoogde bij het horen van de turbine, bleef onveranderd in de stromend-water groep. Prefrontale activiteit gemeten met een spectroscop (NIRS) liet verminderde activiteit zien bij de turbine groep, maar significante verdere reductie in de stromend-watergroep. In de niets-horen groep veranderde de bloeddruk en hersenactiviteit niet. (39)

Communicatie in het bos: Wood Wide Web

Dat planten niet op zichzelf staan maar onderdeel zijn van een systeem wisten we wel. Dat hebben we bovengronds waargenomen. Maar ook ondergronds zijn er verbindingen in het ecologische systeem. Planten kunnen naar elkaar signalen verzenden door vluchtige organische stoffen naar elkaar te sturen. Planten communiceren op deze wijze met elkaar maar ook met verschillende onderdelen van zichzelf. Er bestaat een netwerk van verbindingen in de grond, bestaande uit mycelia draden tussen de mycorrhiza van verschillende planten waarover gecommuniceerd wordt door uitwisseling van koolstof, stikstof en fosfor. Dit is het ondergrondse internet van de planten, het wood wide web. Bomen vormen in deze netwerken de knooppunten, de zogenoemde 'Mother trees'. Bij gevaar of tekort aan nutriënten, wordt dit via dit netwerk aan elkaar doorgegeven. Door grote bomenkap, sla je dus een gat in deze communicatie en verwoest je dus de communicatielijnen die een ecologische setting in stand kan houden. (40-43) In Canada en California wordt er zelfs al bosbouw georganiseerd, met kennis van het wood wide web, om

op deze manier het ecologisch systeem met bomenkap niet te vernietigen en het bos zo goed mogelijk te onderhouden.

Op netflix is er een documentaire serie over het Wood Wide Web gepubliceerd: Fantastic Funghi.

Dat er nog meer communicatiesystemen zijn tussen alle componenten van ons ecologisch systeem waar we nog geen weet van hebben is goed denkbaar. Met bosbaden dompel je je onder in het systeem van al deze netwerken en voel je je weer als vanouds onderdeel van een systeem, op een symbiogene manier.

Literatuur

1. Yuval Noah Harari, *Homo Deus (citaat in hand-out packet)*
2. Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11: 201-230.
3. Bratman GN, Hamilton JP, Hahn KS, Daily GC, Gross JJ. Nature experience reduces rumination and subgenual prefrontal cortex activation. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015 Jul 14;112(28):8567-72. doi: 10.1073/pnas.1510459112. Epub 2015 Jun 29. PMID: 26124129; PMCID: PMC4507237.
4. Peen J, Schoevers RA, Beekman AT, Dekker J (2010) The current status of urban-rural differences in psychiatric disorders. *Acta Psychiatr Scand* 121(2):84–93.
5. Masao Watanbe, The Conception of Nature in Japanese Culture, *SCIENCE* 25 JAN 1974 : 279-282 (in hand-out pakket)
6. Haruki Murakami, *Norwegian Wood*
7. Yoshifumi Miyazaki, *Shinrin Yoku, de Japanse kunst van het bosbaden*
8. Miyazaki, Y.; Motohashi, Y. Forest environment and physiological response. In *New Frontiers in Health Resort Medicine*; Hokkaido School of Medicine Press: Sapporo, Japan, 1996; pp. 67–77.
9. Tsunetsugu, Y.; Park, B.J.; Miyazaki, Y. Trends in research related to “Shinrin-yoku” (taking in the forest or forest bathing) in Japan. *Environ. Health Prev. Med.* 2010, 15, 27–37.
10. Park, B.J.; Tsunetsugu, Y.; Kasetani, T.; Hirano, H.; Kagawa, T.; Sato, M.; Miyazaki, Y. Physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the atmosphere of the forest)—Using salivary cortisol and cerebral activity as indicators. *J. Physiol. Anthropol.* 2007, 26, 123–128.
11. Lee, J.; Park, B.J.; Tsunetsugu, Y.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. The restorative effects of viewing real forest landscapes: Based on a comparison with urban landscapes. *Scand. J. For. Res.* 2009, 24, 227–234.
12. Park, B.J.; Tsunetsugu, Y.; Ishii, H.; Furuhashi, S.; Hirano, H.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. Physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the atmosphere of the forest) in a mixed forest in Shinano Town, Japan. *Scand. J. For. Res.* 2008, 23, 278–283.
13. Tsunetsugu, Y.; Park, B.J.; Ishii, H.; Hirano, H.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. Physiological effects of “Shinrin-yoku” (taking in the atmosphere of the forest) in an old-growth broadleaf forest in Yamagata prefecture, Japan. *J. Physiol. Anthropol.* 2007, 26, 135–142.
14. Park, B.J.; Tsunetsugu, Y.; Kasetani, T.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): Evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environ. Health Prev. Med.* 2010, 15, 18–26.
15. Park, B.J.; Tsunetsugu, Y.; Lee, J.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. Effect of the forest environment on physiological relaxation—the results of field tests at 35 sites throughout Japan. In *Forest Medicine*; Li, Q., Ed.; Nova Science Publishers, Inc.: New York, NY, USA, 2012; pp. 55–65
16. Lee, J.; Park, B.J.; Tsunetsugu, Y.; Ohira, T.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. Effect of forest bathing on physiological and psychological responses in young Japanese male subjects. *Public Health* 2011, 125, 93–100.

17. Lee, J.; Tsunetsugu, Y.; Takayama, N.; Park, B.J.; Li, Q.; Song, C.; Komatsu, M.; Ikei, H.; Tyrväinen, L.; Kagawa, T.; et al. Influence of forest therapy on cardiovascular relaxation in young adults. *Evid. Based Complement. Altern. Med.* 2014.
18. Tsunetsugu, Y.; Lee, J.; Park, B.J.; Tyrväinen, L.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements. *Landsc. Urban Plan.* 2013, 113, 90–93.
19. Park, B.J.; Kasetani, T.; Morikawa, T.; Tsunetsugu, Y.; Kagawa, T.; Miyazaki, Y. Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage Town, Japan. *Silva. Fenn.* 2009, 43, 291–301.
20. Song, C.; Ikei, H.; Kobayashi, M.; Miura, T.; Taue, M.; Kagawa, T.; Li, Q.; Kumeda, S.; Imai, M.; Miyazaki, Y. Effect of forest walking on autonomic nervous system activity in middle-aged hypertensive individuals. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12, 2687–2699.
21. Ochiai, H.; Ikei, H.; Song, C.; Kobayashi, M.; Takamatsu, A.; Miura, T.; Kagawa, T.; Li, Q.; Kumeda, S.; Imai, M.; et al. Physiological and psychological effects of forest therapy on middle-age males with high-normal blood pressure. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12, 2521–2531.
22. Ochiai, H.; Ikei, H.; Song, C.; Kobayashi, M.; Miura, T.; Kagawa, T.; Li, Q.; Kumeda, S.; Imai, M.; Miyazaki, Y. Physiological and psychological effects of forest therapy program on middle-aged females. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12, 15222–15232.
23. Ohtsuka, Y.; Yabunaka, N.; Takayama, S. Shinrin-Yoku (forest-air bathing and walking) effectively decreases blood glucose levels in diabetic patients. *Int. J. Biometeorol.* 1998, 41, 125–127.
24. Li, Q.; Morimoto, K.; Nakadai, A.; Inagaki, H.; Katsumata, M.; Shimizu, T.; Hirata, Y.; Hirata, K.; Suzuki, H.; Miyazaki, Y.; et al. Forest bathing enhances human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 2007, 20, 3–8.
25. Li, Q.; Morimoto, K.; Kobayashi, M.; Inagaki, H.; Katsumata, M.; Hirata, Y.; Hirata, K.; Suzuki, H.; Li, Y.J.; Wakayama, Y.; et al. Visiting a forest, but not a city, increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 2008, 21, 117–127.
26. Li, Q.; Morimoto, K.; Kobayashi, M.; Inagaki, H.; Katsumata, M.; Hirata, Y.; Hirata, K.; Shimizu, T.; Li, Y.J.; Wakayama, Y.; et al. A forest bathing trip increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins in female subjects. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents* 2008, 22, 45–55.
27. Li, Q.; Kobayashi, M.; Wakayama, Y.; Inagaki, H.; Katsumata, M.; Hirata, Y.; Hirata, K.; Shimizu, T.; Kawada, T.; Ohira, T.; et al. Effect of phytoncide from trees on human natural killer cell function. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 2009, 22, 951–959
28. Hansen MM, Jones R, Tocchini K. Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Jul 28;14(8):851.
29. Ideno Y, Hayashi K, Abe Y, Ueda K, Iso H, Noda M, Lee JS, Suzuki S. Blood pressure-lowering effect of Shinrin-yoku (Forest bathing): a systematic review and meta-analysis. *BMC Complement Altern Med.* 2017 Aug 16;17(1):409. doi: 10.1186/s12906-017-1912-z. PMID: 28814305; PMCID: PMC5559777.

30. Song C, Ikei H, Miyazaki Y. Physiological Effects of Nature Therapy: A Review of the Research in Japan. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Aug 3;13(8):781. doi: 10.3390/ijerph13080781. PMID: 27527193; PMCID: PMC4997467.
31. Kotera, Y., Richardson, M. and Sheffield, D. (2020). 'Effects of shinrin-yoku (forest bathing) and nature therapy on mental health: A systematic review and meta-analysis'. *International Journal of Mental Health and Addiction*, pp. 1-25.
32. Atchley RA, Strayer DL, Atchley P. Creativity in the wild: improving creative reasoning through immersion in natural settings. *PLoS One*. 2012;7(12):e51474. doi: 10.1371/journal.pone.0051474. Epub 2012 Dec 12. PMID: 23251547; PMCID: PMC3520840
33. Basu A, Duvall J, Kaplan R. Attention Restoration Theory: Exploring the Role of Soft Fascination and Mental Bandwidth. *Environment and Behavior*. 2019;51(9-10):1055-1081.
34. Berman MG, Jonides J, Kaplan S. The Cognitive Benefits of Interacting With Nature. *Psychological Science*. 2008;19(12):1207-1212.
35. Ross M, Mason GJ. The effects of preferred natural stimuli on humans' affective states, physiological stress and mental health, and the potential implications for well-being in captive animals. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017 Dec;83:46-62. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.09.012. Epub 2017 Sep 12. PMID: 28916271.
36. Basholli-Salihi M, Schuster R, Hajdari A, Mulla D, Viernstein H, Mustafa B, Mueller M. Phytochemical composition, anti-inflammatory activity and cytotoxic effects of essential oils from three *Pinus* spp. *Pharm Biol*. 2017 Dec;55(1):1553-1560
37. Butt MS, Naz A, Sultan MT, Qayyum MM. Anti-oncogenic perspectives of spices/herbs: A comprehensive review. *EXCLI J*. 2013 Dec 17;12:1043-65.
38. Sakuragawa, S.; Kaneko, T.; Miyazaki, Y. Effects of contact with wood on blood pressure and subjective evaluation. *J. Wood Sci*. 2008, 54, 107–113.
39. Mishima R, Kudo T, Tsunetsugu Y, Miyazaki Y, Yamamura C, Yamada Y. Effects of sounds generated by a dental turbine and a stream on regional cerebral blood flow and cardiovascular responses. *Odontology*. 2004;92(1):54–60.
40. Beiler KJ, Durall DM, Simard SW, Maxwell SA, Kretzer AM. Architecture of the wood-wide web: *Rhizopogon* spp. genets link multiple Douglas-fir cohorts. *New Phytol*. 2010 Jan;185(2):543-53.
41. Simard et al., Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field, *Nature* 1974
42. Rhodes CJ. The whispering world of plants: 'The Wood Wide Web'. *Sci Prog*. 2017 Sep 1;100(3):331-337.
43. Helgason et al., Ploughing up the wood-wide web? *Nature*, volume 394, 30 July 1998

