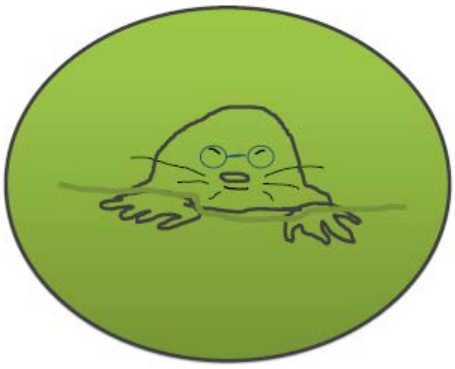
Pro Terra

No. 67 / 2015



VIII Maaperätieteiden päivien abstraktit

Toimittajat
Jaana Leppälammi-Kujansuu, Taina Pennanen, Katri Rankinen, Tapio Salo, Helena Soinne ja Pekka Hänninen

SUOMEN MAAPERÄTIETEIDEN SEURA
HELSINGIN YLIOPISTO
ELINTARVIKE- JA YMPÄRISTÖTIETEIDEN LAITOS

Helsinki, 2015

SISÄLLYSLUETTELO

Esitelmät

sivu

Mitä on strateginen tutkimusrahoitus?
Ajankohtaisia uutisia strategisen tutkimusneuvoston (STN) rahoituksesta
Tiina Petänen 8

Avoin data analyysit ja algoritmit
Mitä avoimista tai avautuvista julkisista metsä- ja maaperäaineistoista voisi saada irti
Jari Varjo 8

Avoin tietopolitiikka – Paikkatiedot edelläkävijänä
Miten otan avoimen tiedon käyttööni
Riitta Teiniranta 8

Sessio I: Maaperän ekosysteemipalvelut ja niihin kohdistuvat uhat

Metsätalouden vesistökuormituksen seurantaverkko - esittely
Sirpa Piirainen, Samuli Launiainen, Ari Laurén ja Leena Finér 9

Catch crops and nitrogen leaching loss in the Nordic countries: meta-analysis
Elena Valkama, Riitta Lemola, Hannu Känkänen ja Eila Turtola 11

Saastuneen maaperän *in situ* kunnostus phytoremediaatiolla ja sen seuranta
Kim Yrjälä, Timo Sipilä, Sajan Raju, Pertti Pulkkinen ja Shinjini Mukherjee 13

Kalkin lisääminen happamien sulfaattimaiden altakasteluveteen
Sten Engblom, Kjell-Erik Lall, Rainer Rosendahl, Pekka Stén ja Peter Österholm 15

Pohjaveden säädön vaikutus pellon valumaveden happamuuteen happamilla sulfaattimailla
Seija Virtanen, Jaana Uusi-Kämppä, Peter Österholm ja Markku Yli-Halla 17

Maatalouskosteikosta poistetun sedimentin soveltuvuus fosforin pidättämiseen paljon helppoliukoista fosforia sisältävillä mailla
Johanna Laakso, Markku Yli-Halla ja Risto Uusitalo 19

Fosforin käytön vaikutus Suomen peltomaiden fosforitilaan - 20 vuoden skenaariot eri lannoitusstrategioilla 21
Riitta Lemola, Risto Uusitalo, Minna Sarvi, Kari Ylivainio, Jari Hyväluoma ja Eila Turtola

Maatalouden ympäristötukitoimenpiteiden ja ilmastonmuutoksen vaikutus kiintoaineksen ja fosforin kulkeutumiseen
Katri Rankinen, Guangyao Gao, Kirsti Granlund, Juha Grönroos ja Ljudmila Vesikko 23

Etiopialaisten ja suomalaisten maiden fosforinsitomiskyky
Markku Yli-Halla ja Asmare Melese 25

Glyfosaatin kulkeutuminen muokatulta ja muokkaamattomalta maalta koetulosten ja simulointien valossa
Jaana Uusi-Kämppä, Sari Rämö, Risto Uusitalo, Ekaterina Petruneva, Riitta Lemola ja Eila Turtola 27
Katri Siimes, Katri Senilä, Jaana Uusi-Kämppä ja Riitta Lemola 29

Islantilaisten aavikoiden mikroyhteisöt ja niiden muuttuminen ekologisen kunnostuksen myötä
Anu Mikkonen, Ólafur Arnalds ja Noah Fierer 31

Sessio II: Pohjoinen maaperä

Postglasiaalisiirrosten (PGS) tunnistaminen laserkeilauksella ja maatutkalla
Raimo Sutinen, Eija Hyvönen ja Pekka Hänninen 33

Hiili Helsingin puistojen maaperässä
Anu Riikonen, Leena Lindén ja Eero Nikinmaa 34

Hienojuurten elinikä ja kariketuotoksen hiili ilmastollisesti erilaisissa metsiköissä
Jaana Leppälammi-Kujansuu, Lasse Aro, Maija Salemaa, Karna Hansson, Dan Berggren Kleja ja Heljä-Sisko Helmisaari 36

Kasvin ja orgaanista ainesta hajottavien entsyymien vaikutus maan orgaanisen typen muotoon ja varastoihin
Antti-Jussi Kieloaho, Maria Dominguez, Sanna Kanerva, Jevgeni Parshintsev, Marja-Liisa Riekkola, Jukka S. Pumpanen, Mari Pihlatie ja Jussi Heinonsalo 37

Yhteyttä etsimässä: Sienijuurisymbioosin vaikutus kuusen kasvuun
Sannakajsa Velmala, Tiina Rajala ja Taina Pennanen 39

Impacts of soil salinity on aspen tree growth and its soil fungal community in nursery
Lu-Min Vaario, Raimo Jaatinen, Susanna Huhtiniemi ja Pertti Pulkkinen 41

Sieniyhteisöjen vuodenaika- ja syvyysvaihtelu boreaalisessa metsämaassa
Minna Santalahti, Hui Sun ja Jussi Heinonsalo 43

Soil physical and chemical disturbance and recovery from stump harvesting
Heljä-Sisko Helmisaari, Lilli Kaarakka, Mikael Marjanen, Erno Launonen ja Marjo Palviainen 45

Voimakkaan maanmuokkauksen pidempiaikaisista vaikutuksista maaperän hajottajaeliöstöön
Saana Kataja-aho, Hannu Ilvesniemi, Martti Lindgren, Hannu Fritze ja Jari Haimi 47

Miten hakkuutähde vaikuttaa metsämaan typen kiertoon ja orgaanisen aineen koostumukseen?
Aino Smolander, Veikko Kitunen, Mikko Kukkola ja Pekka Tamminen 49

Posterit

sivu

1. **Kokopuunkorjuu saattaa vaikuttaa maan entsyymien aktiivisuuteen**
   Bartosz Adamczyk, Sylwia Adamczyk, Mikko Kukkola, Pekka Tamminen ja Aino Smolander 50

2. **Hakkuutähteen vaikutus metsämaan typen kierron toimintoihin viiden vuoden kuluttua kuusikon avohakkuusta**
   Sylwia Adamczyk, Antti-Jussi Lindroos, Pekka Tamminen ja Aino Smolander 51

3. **Are high CH_4 emissions from restored Central European peatlands due to earlier methanogen transplantation through manure?**
   Juliane Hahn, Heli Juottonen, Eeva-Stiina Tuittila ja Hannu Fritze 52

4. ***Piloderma*-suvun sienten yleisyys boreaalisessa metsämaassa ja niiden kyky hyödyntää orgaanista typpeä**
   Jussi Heinonsalo, Hui Sun, Minna Santalahti, Kirsi Bäcklund, Pertti Hari ja Jukka Pumpanen 54

5. **Lanta- ja lietepohjaisten pyrolyysituotteiden vaikutus maan mururakenteeseen ja fosforin reaktioihin**
   Jarkko Hovi, Kimmo Rasa, Sanna Kanerva ja Helena Soinne 56

6. **Boorilannoituksen vaikutusaika kivennäismaan kuusikossa**
   Jouni Kilpeläinen, Mikko Räisänen, Lauri Mehtätalo, Tapani Repo ja Tarja Lehto 57

7. **Nano-dysprosiumin vaikutus kuuden kantasienen ligninolyyttisten entsyymien tuottoon ja tekstiilivärin biohajotuskykyyn**
   Anu Kinnunen, Annele Hatakka ja Mika A. Kähkönen 58

8. **Lastensuon geokemialliset tutkimukset, Olkiluodon alueen referenssisuo Lounais-Suomessa**
   Anne-Maj Lahdenperä 60

9. **Turvemaiden maankäytön uudet vaihtoehdot ja niiden vaikutukset ekosysteemipalveluihin – Hanke-esittely**
   Raija Laiho, Lasse Aro, Timo Penttilä, Markku Saarinen ja Anne Tolvanen 62

10. **Kuinka arvioida ohutjuurten tuotosta turvemaissa?**
    Raija Laiho, Rabbil Bhuiyan, Petra Straková ja Timo Penttilä 64

11. **Kunnostusojituksen tarpeellisuuden arviointi mallinnuksen keinoin**
    Ari Laurén, Harri Hökkä, Samuli Launiainen, Marjo Palviainen, Leena Finér ja Sirpa Piirainen 66

12. **Maaveden DOC-pitoisuuksien muutokset eri puulajien metsiköissä Olkiluodon saarella vuosina 2004 - 2013**
    Antti-Jussi Lindroos ja Lasse Aro 68

13. Miten hakkuutähteiden korjuu heijastuu puiden juuriston käyttämän maaveden typpi- ja hiilipitoisuuksissa 6 vuoden kuluttua päätehakkuusta?
Antti-Jussi Lindroos, Kirsti Derome ja Hannu Ilvesniemi 70

14. Prosessoitujen lietteiden ja lannan käytöstä fosforilannoitteena
Jaakko Mäkelä, Miia Kuisma, Tapio Salo, Elise Ketoja, Markku Yli-Halla ja Helena Kahiluoto 71

15. Mustaliuskepohjaisen turvemaan mineraalityppivarat ja N_2O- päästöt
Minna Mäkelä, Jaakko Mäkelä, Saila Innanen, Asko Simojoki ja Markku Yli-Halla73

16. Kaivoksen jätevesien vaikutus maaperän ominaisuuksiin ja kasvihuonekaasupäästöihin kultakaivoksen pintavalutuskentillä
Marja Maljanen, Jenna Hynynen ja Katharina Palmer 75

17. Kuusikoiden ja männiköiden hiilivarastot kasvillisuudessa ja maaperässä
Päivi Merilä, Heljä-Sisko Helmisaari, Sari Hilli, Antti-Jussi Lindroos, Tiina M. Nieminen, Pekka Nöjd, Pasi Rautio, Maija Salemaa ja Liisa Ukonmaanaho 76

18. Dissemination of antibiotic resistance genes in connection to land application of dairy cattle and swine manure
Matti Ruuskanen, Johanna Muurinen, Katariina Pärnänen, Manu Tamminen, Christina Lyra ja Marko Virta 77

19. Viljelymenetelmät muuttavat maan ominaisuuksia
Merja Myllys, Ansa Palojärvi ja Kari Koppelmäki 78

20. Metsätalouden vesiensuojelu happamilla sulfaattimailla
Tiina M. Nieminen, Hannu Hökkä ja Leena Finér 80

21. Peltomaan tautisuppressiivisuuden tehostaminen viljelytoimenpiteiden avulla
Ansa Palojärvi, Päivi Parikka, Miriam Kellock ja Laura Alakukku 81

22. Maankäytön vaikutus vesistöjen hiilikuormitukseen
Marjo Palviainen, Ari Laurén, Samuli Launiainen ja Sirpa Piirainen 82

23. Symbionttiset pintajuurisienet ja kuusentaimien kasvu 84
Taina Pennanen, Sannakajsa Velmala, Tiina Rajala, Irmeli Vuorinen ja Lu-Min Vaario

24. Lisääntyykö typen nettomineralisaatio pelloilla tulevaisuudessa?
Vanamo Piirainen 86

25. Hiilivedyillä saastuneen maan mikrobien funktionaalinen monimuotoisuus: valvottu ja ei valvottu tarkastelu
Sajan Raju, Shinjini Mukherjee, Timo Sipilä ja Kim Yrjälä 88

26. Maatalouden ravinnekuormituksen muutos 1985–2012
Katri Rankinen, Petri Ekholm, José Enrique Cano Bernal ja Hanna Keinänen 90

27. Niittoajankohdan vaikutus fosforin huuhtoutumiseen nurmelta
Mari Räty, Kirsi Järvenranta, Maarit Hyrkäs ja Perttu Virkajärvi 92

28. Nurmiviljelmän pintaan levitetyn biohiilen vaikutuksia ravinteiden kiertoon
Sanna Saarnio, Mari Räty, Maarit Hyrkäs ja Perttu Virkajärvi 94

29. Mallin testaus: Glyfosaatin kulkeutuminen savimaalta vesistöön
Katri Senilä, Katri Siimes ja Risto Uusitalo 96

30. Maan orgaaninen aines erilaisissa viljelykierroissa
Helena Soinne, Sanna Kanerva, Oili Kiikkilä, Riitta Lemola ja Eila Turtola 98

31. Fungal community shifts in structure and function across a boreal forest fire chronosequence
Hui Sun, Minna Santalahti, Jukka Pumpanen, Kajar Köster, Frank Berninger, Tommaso Raffaello, Ari Jumpponen, Fred O. Asiegbu ja Jussi Heinonsalo 99

32. Voidaanko piilannoitteiden avulla vähentää fosforilannoituksen tarvetta?
Petra Tallberg 101

33. Biohiilen vaikutus lieroihin: välttämistesti ja kenttäkoe karkealla hiedalla
Priit Tammeorg, Tuure Parviainen, Visa Nuutinen, Asko Simojoki, Elina Vaara ja Juha Helenius 102

34. Liukoisen typen huuhtoutuminen peltopatterissa varastoidusta maanparannusaineesta
Tiina Tontti ja Petri Kapuinen 104

35. Maaperän kohonneen lämpötilan vaikutus metsämaan kasvihuonekaasupäästöihin luonnollisella maaperän lämpötilagradientilla Islannissa
Heli Yli-Moijala, Marja Maljanen ja Bjarni D. Sigurdsson 106

36. Maaperän vesipitoisuuden vaihtelu boreaalisella vyöhykkeellä
Pauliina Liwata, Pekka Hänninen, Jarkko Okkonen ja Raimo Sutinen 107

Keynote – esitelmät

Mitä on strateginen tutkimusrahoitus?
Ajankohtaisia uutisia strategisen tutkimusneuvoston (STN) rahoituksesta
Tiina Petänen

Avoin data analyysit ja algoritmit
Mitä avoimista tai avautuvista julkisista metsä- ja maaperäaineistoista voisi saada irti
Jari Varjo

Avoin tietopolitiikka – Paikkatiedot edelläkävijänä
Miten otan avoimen tiedon käyttööni
Riitta Teiniranta

Metsätalouden vesistökuormituksen seurantaverkko – esittely

Monitoring nutrient export from forestry areas - introduction

Sirpa Piirainen[1], Samuli Launiainen[1], Ari Laurén[1] ja Leena Finér[1]

[1]Metsäntutkimuslaitos, PL 68, 80101 Joensuu, sirpa.piirainen@metla.fi; samuli.launiainen@metla.fi; ari.lauren@metla.fi; leena.finer@metla.fi

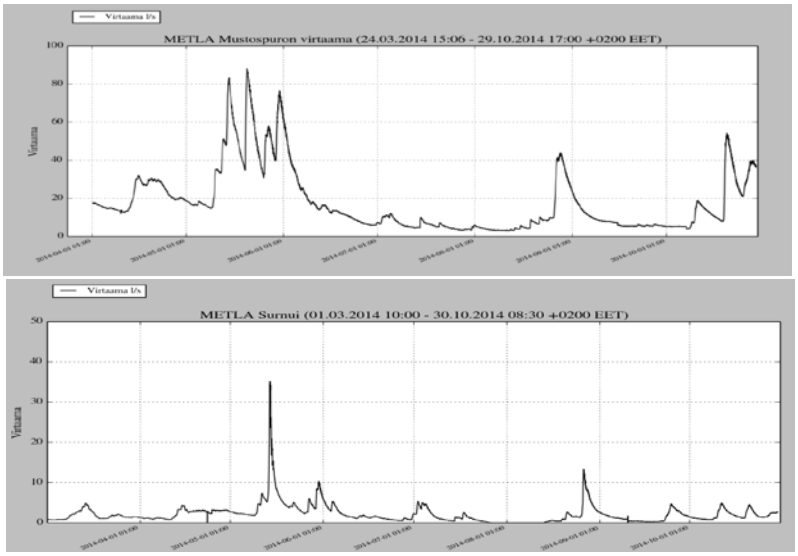
Seurantaverkon kuvaus ja toimijat

Yksi uusimmista Metsäntutkimuslaitoksen (1.1.2015 osa Luonnonvarakeskusta) viranomaistehtävistä on koordinoida metsätalouden aiheuttaman vesistökuormituksen seurantaa nk. seurantaverkon avulla. Seurantaverkko perustettiin keväällä 2014 ja seurannassa on mukana latvavaluma-alueita (Kuva 1), joista osa on luonnontilaisia ja osa aktiivisessa metsätalouskäytössä olevia alueita yhteensä 31 kpl. Verkon alueet ovat jo aikaisemminkin olleet mukana eri tutkimuksissa ja seurannoissa, tämä uusi verkko kokoaa metsätalouden kannalta oleelliset kuormitustulokset samaan paikkaan. Verkon mittaustulokset ovat julkisesti saatavissa sekä SYKEn ylläpitämästä OIVA palvelusta osittain sekä vuoden 2015 aikana myös Metlassa rakenteilla olevasta julkisesta tietokannasta. Alueilta mitataan jatkuvatoimisesti virtaamaa (Kuva 2) ja 1-2 krt/kk otettavista vesinäytteistä määritetään useita eri tunnuksia. Alueiden kemialliset analyysit seurantaverkon tarpeisiin tehdään samoilla menetelmillä vaikkakin useassa eri laboratoriossa. Valtakunnalliseen havainnointiin ja seurantaverkon toimintaan osallistuu useita eri ympäristö- ja metsäalan toimijoita kuten ELY-keskukset, Metsäkeskukset, Tapio, Metsähallitus, SYKE ja Metla. Lisätietoja verkosta ja valuma-alueiden metatiedot löytyvät Metlan www-sivuilta [1].

Tuloksista ja niiden hyödyntämisestä

Valumavesien pitoisuustulokset löytyvät OIVA tietokannasta alueen nimen perusteella. Alustavien tulosten mukaan metsätalousvaltaisilta alueilta valumaveden pitoisuudet ovat suurempia kuin luonnontilaisilta alueilta. Esimerkiksi ammoniumtyppipitoisuus on yli kymmenkertainen metsätalousalueilla, kun taas luonnontilaisilla alueilla pitoisuudet voivat olla lähellä analysointirajaa (Kuva 3). Tuloksista tehdään tarkempi analyysi ja yhteenvetora-

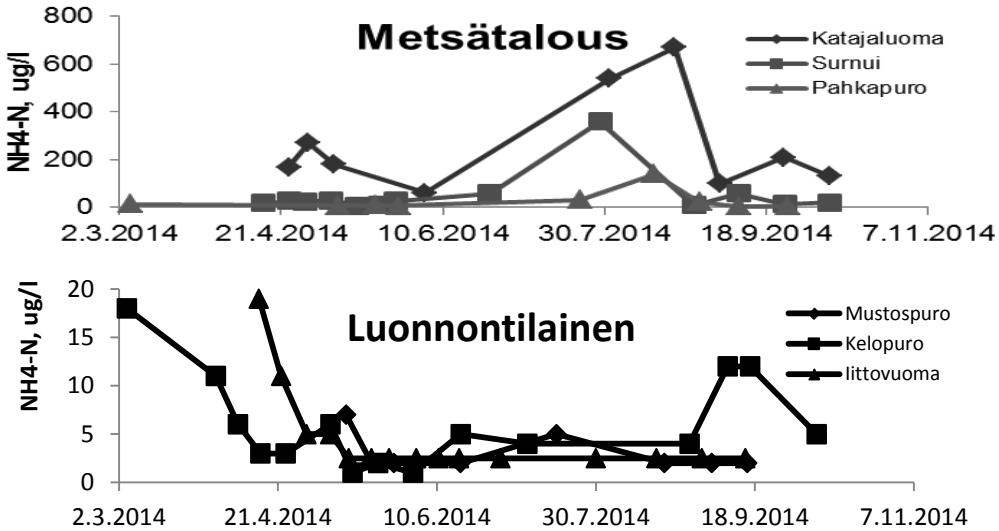
Kuva 1. Surnuin ja Kelopuron valuma-alueet ja mittapadot. Maanmittauslaitoksen lupa nro 7/MYY/03.



Kuva 2. Päivittäinen virtaama kahdella eri tutkimusalueella. Data haettu www.ehp-data.com palvelun sivuilta 30.10.2014.

portti alkuvuodesta 2015 aikana, jolloin kaiken mitatun datan sekä alueilla vuoden 2014 aikana tehdyt metsätaloustoimet oletetaan olevan selvillä ja julkisesti saatavilla eri tietokannoista.

Tuloksia hyödynnetään arvioitaessa metsätalouden aiheuttamaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta valtakunnan tasolla. Vuosittaisen yhteenvetoraportin lisäksi julkisesta tietokannasta jokainen käyttäjä voi luoda omiin tarpeisiinsa erilaisia raportteja sekä ladata dataa. Tietokannan käyttöehdot julkaistaan samalla kun tietokantakin.



Kuva 3. Puroveden NH_4-N pitoisuus vuonna 2014 kuudella eri seurantaverkon alueella. Data haettu SYKEn ylläpitämästä OIVA-tietokannasta 30.10.2014 [2].

Kirjallisuus

[1] http://www.metla.fi/hanke/7467/index.htm
[2] https://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp

Catch crops and nitrogen leaching loss in the Nordic countries: meta-analysis

Elena Valkama, Riitta Lemola, Hannu Känkänen, Eila Turtola

MTT Agrifood Research Finland, Plant Production/ Soil and Plant Nutrition, FI-31600, Jokioinen, Finland

Introduction

Eutrophication by nitrogen (N) is a major and growing water problem for the Baltic Sea, and agriculture is a significant contributor to the diffuse N loads. The climate of the majority of Baltic Sea catchment areas is characterized by relatively mild winters and surplus winter precipitation, which make arable soils vulnerable to nitrate leaching. In the Nordic countries, annual N losses usually amount to 15–45 kg ha^{-1} [1, 2].

The primary intention for using catch crops is to take up N from the soil, and thereby reduce the soil nitrate (NO_3-N) content vulnerable to leaching during autumn and winter [3]. However, a disadvantage of undersowing catch crops is competition with the main crops for nutrients, soil moisture and light, resulting in a few-percent loss of grain yield [4, 5].

Materials and Methods

We used meta-analysis to quantitatively review 35 studies conducted in Denmark, Sweden, Finland and Norway over the past four decades. These studies assessed the effect of both non-legume (Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), Westerwolds ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam. var *westerwoldicum*) and rapeseed (*Brassica napus* L.)) and legume (white clover (*Trifolium repens* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.)) catch crops undersown in spring cereals on N leaching loss or its risk as estimated by the content of soil NO_3-N or its sum with ammonium N (NH_4-N) in late autumn. The meta-analysis also included the grain yield and N content of spring cereals. To identify sources of variation, we studied the effects of soil texture and management (ploughing time, the amount of N applied), as well as climatic (countries and amount of annual precipitation) and experimental conditions (duration of experiments, lysimeter vs. field experiments, the decade in which the experiment took place).

Results and Discussions

Compared to control groups with no catch crops, non-legume catch crops, mainly ryegrass species, reduced N leaching loss by 50% on average (Fig. 1a), and soil NO_3-N/+ NH_4-N by 35% in autumn (Fig 1b). Italian ryegrass depleted soil N more effectively (by 60%) than did perennial ryegrass or Westerwolds ryegrass (by 25%). In contrast, legumes (white and red clovers) did not diminish the risk for N leaching loss (1b). Otherwise, the effect on N leaching loss and its risks were consistent across the studies conducted in different countries on clay and coarse-textured mineral soils with different ploughing times, N fertilization rates (< 160 kg ha^{-1}), and amounts of annual precipitation (480–1040 mm). Non-legume catch crops reduced grain yield by 3% with no changes in grain N content. In contrast, legumes and mixed catch crops increased both grain yield and grain N content by 6%.

In spring cereal production, undersown non-legume catch crops are deemed a universal and effective method for reducing N leaching loss across the various soils and weather conditions in the Nordic countries. The environmental benefits of using non-legume catch crops appear considerable compared to the adverse reduction in grain yields, amounting to only a few percent. Catch crops are advisable for fields at high risk for N leaching (e.g., sandy soils or

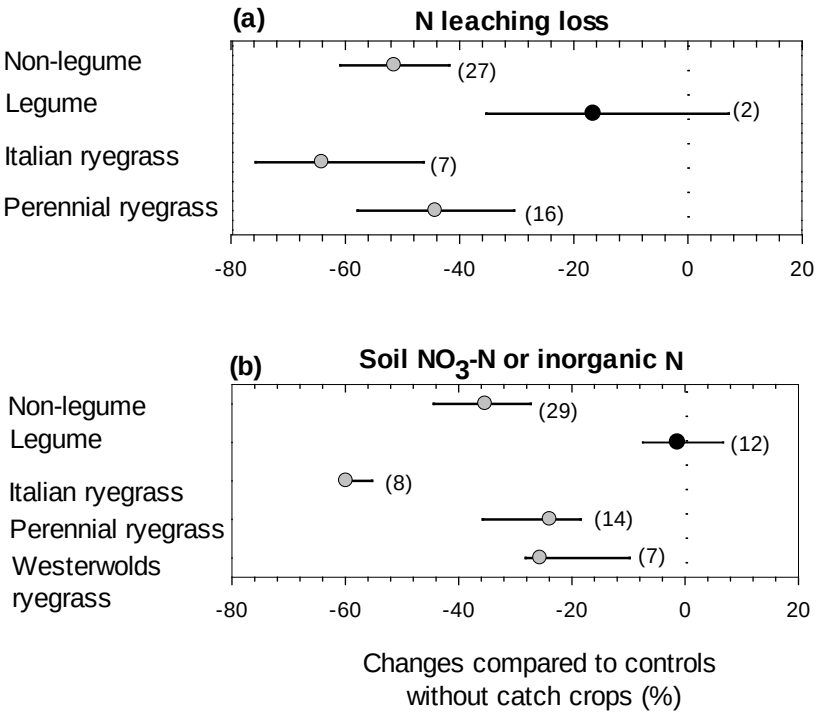


Figure 1. Percentage changes in **(a)** N leaching loss and **(b)** soil NO_3-N or inorganic N (NO_3-N+NH_4-N) in autumn due to undersown catch crops (non-legumes and legumes) compared to the controls without catch crops. The symbols indicate weighted average responses with 95% confidence intervals (CIs). The dashed line indicates the control groups. The responses differ significantly from those of the control groups, if their 95% CIs do not overlap with zero. The numbers in parentheses indicate the number of observations.

soils requiring high N fertilization), since the reduction in N leaching loss measured in absolute units is higher, although the percentage change remains the same for the range of soils and N rates. Among ryegrass species typically tested as catch crops in the Nordic countries, Italian ryegrass is the most effective species; moreover, it competes no more with spring cereals than do other ryegrass species at moderate N fertilizer application rates.

References

[1] Vuorenmaa, J., Rekolainen, S., Lepisto, A., Kenttamies, K., Kauppila, P. 2002. Losses of nitrogen and phosphorus from agricultural and forest areas in Finland during the 1980s and 1990s. *Environmental Monitoring and Assessment* 76: 213–248.

[2] Stenberg, M., Aronsson, H., Lindén, B., Rydberg, T., Gustafson, A. 1999. Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop. *Soil and Tillage Research* 50: 115–125.

[3] Thorup-Kristensen, K., Magid, J. and Jensen, L.S. 2003. Catch crops and greed manures as biological tools in nitrogen management in temperate zone. *Advances in Agronomy* 79: 227–302.

[4] Lyngstad, I. and Børresen, T. 1996. Effects of undersown cover crops on yields and soil mineral nitrogen in cereal production in southeast Norway. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 10: 55–70.

[5] Känkänen, H., Eriksson, C., Räkköläinen, M., Vuorinen, M. 2003. Soil nitrate N as influenced by annually undersown cover crops in spring cereals. *Agricultural and Food Science in Finland* 12: 165–176.

Saastuneen maaperän *in situ* kunnostus phytoremediaatiolla ja sen seuranta

The in situ treatment of polluted soil by phytoremediation and its monitoring

Kim Yrjälä[1], Timo Sipilä[2], Sajan Raju[1], Pertti Pulkkinen[3] ja Shinjini Mukherjee[1]

[1] MEM group, Biotieteiden laitos, PL 56 (Biokeskus 1C), 00014 Helsingin Yliopisto
[2] Biotieteiden laitos, Kasvibiologia, PL65 (Biokeskus 3), 00014 Helsingin Yliopisto
[3] Metsäntutkimuslaitos, METLA, Haapastensyrjän yksikkö, 12600 Läyliäinen

Johdanto

Suomessa on lähes 25000 saastunutta tai saastuneeksi epäiltyä aluetta. Näistä yli 7000 sijaitsee joko luokitelluilla pohjavesialueilla, vesistöjen rannalla tai asustusalueella. Alueita on kunnostettu useimmiten niiden maankäytön muuttuessa tai niille rakennettaessa [1]. Nämä maat muodostavat akuutin ympäristöriskin ja uhkaavat ekosysteemipalveluja ja myös ihmisen terveyttä. Saastuneita maita kunnostetaan tällä hetkellä runsaat 200 vuodessa ja valtaosa kunnostuksista on ollut kaivamista ja maan kuljettamista kaatopaikoille jatkokäsittelyä varten. Valtakunnallisesti kunnostamista on edistetty valtion jätehuoltotyöjärjestelmän sekä öljysuojarahaston SOILI-ohjelman ja ns. JASKA-hankkeen kautta. Ympäristöministeriö on lokakuussa 2014 asettanut työryhmän, jonka tehtävänä on laatia ehdotus valtakunnalliseksi pilaantuneiden maa-alueiden kunnostusstrategiaksi. Strategia kattaa pilaantuneen maaperän lisäksi myös pilaantuneen pohjaveden.

Uuden strategian luominen vaati myös uuden tutkimustiedon hyväksikäyttämisen saastuneiden maiden kunnostuksessa. *In situ* kunnostusmenetelmät ovat osa tulevaisuuden strategiaa, kun haetaan kestäviä ratkaisua. Phytoremediaatio on *in situ* menetelmä, jossa käytetään hyväksi kasveja ja niiden yhteydessä eläviä mikrobeja saastuneen maaperän ja veden kunnostamiseen. Menetelmä soveltuu vähemmän saastuneiden alueiden kunnostukseen ja erityisesti kun saastuneen alueen pinta-ala on suuri. Haasteena pitkäkestoisissa kunnostuksissa on sen seuranta.

Olemme vuonna 2009 aloittaneet raskaalla polttoöljyllä saastuneen maan phytoremediaation, ja seuranneet prosessia siitä lähtien. Yhtenä päämääränä oli ymmärtää kasvi/mikrobi toimintaa ajallisena prosessina [2]. Toinen päämäärä on löytää paras tapa seurata prosessin etenemistä. Saatuja tuloksia käytetään hyväksi Somerharjun vanhan kyllästämön phytoremediaatiossa Lumäellä. Tämä kunnostus on ensimmäinen Suomessa toteutettu täyden mittakaavan hiilivetyjen phytoremediaatio. Seurantaan käytetään kemiallisen analyysin lisäksi massiivista sekvensointia ja bioinformatiikkaa.

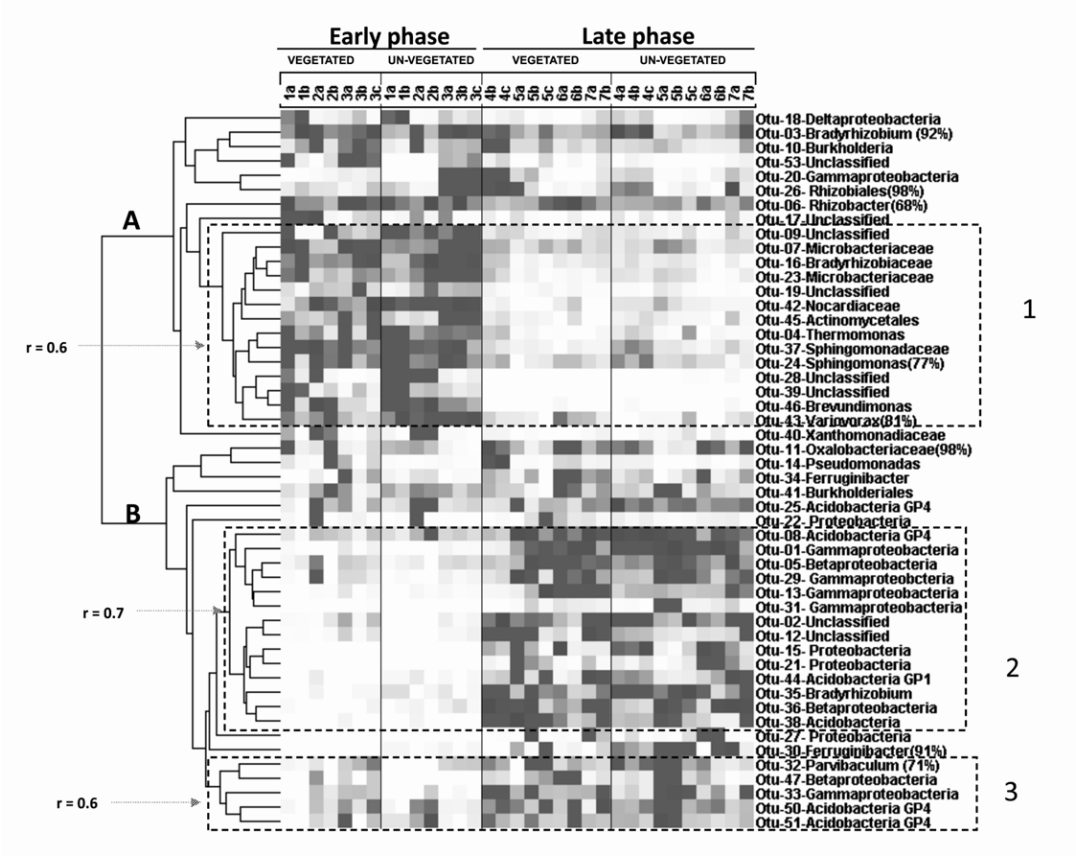
Aineisto ja menetelmät

Vuonna 2009 Haapastensyrjässä aloitettua raskaan polttoöljyn phytoremediaatiota on seurattu vuosittain kasvukauden ajan ottamalla kuukausittain näytteet juuriston yhteydessä olevasta maasta. Maata on kerätty juurten ympäriltä noin 10 cm syvyydeltä kolmesta eri haapataimesta kerrallaan läpi kasvukauden.

Somerharjun entisen kyllästämön kreosootilla saastunut alue Luumäellä jaettiin ruutuihin ja niistä otettiin joka kulmasta ja keskeltä näyte n. 10 cm syvyydeltä ja yhdistettiin kemiallista ja DNA-analyysia varten ennen hybridihaapojen istuttamista. Kemiallisessa analyysissä Somerharjun näytteistä määritettiin PAH aine pitoisuudet sekä eri öljyfraktioiden C10-C21, C22-C40 sekä C10-C40 pitoisuudet.

DNA eristettiin NucleoSpin Soil kitillä ja 16S rRNA monistettiin V1-V3 alueen 27F ja 519R alukkeilla ensimmäisessä PCR vaiheessa. Toisessa PCR vaiheessa lisättiin adapterit ja monistettiin sekvensointiin menevä tuote [2,3]. Lisäksi monistettiin ekstradioli dioksygenaasi,

edo, geeni sekä alkaanihydroksylaasi, *alkB*, geeni massiivista sekvensointia varten. Tämä oli ensimmäinen Suomessa tehty katabolisten geenien pyrosekvensointi analyysi.
Sekvensointi tehtiin HY:n Biotekniikan instituutissa käyttäen 454-GS FLX Titanium protokollaa. Eri näytteiden mikrobiyhteisöjä alistettiin hierarkiseen klusterointianalyysiin, joista tehtiin ns. heatmap. Kuvassa näkyy x-akselilla näytteiden käsittelyt aikasarjana ja y-akselilla yksittäiset operational taxonomic unit (OTU) eli havaitut bakteerityypit/ryhmät [2].



Tulokset ja tarkastelu

Raskaan polttoöljyn phytoremediaatiossa Haapastensyrjässä näkyi selvä ajallinen prosessi, jossa eri bakteeriryhmät toimivat prosessin eri vaiheissa. Se todettiin ensin nonmetric multidimensional scaling (NMDS) analyysissa, missä aikaisemman vaiheen 16S rRNA bakteeriyhteisörakenne erottui myöhempien vaiheiden yhteisörakenteesta (early and late phase). Heatmap tarkastelu hierarkisella klusteroinnilla vuorostaan toi esiin yksittäiset bakteeriryhmät (OTU), jotka olivat dominoivia phytoremediaation eri vaiheissa. Tämä vahvisti sen, että voidaan puhua sekundaari sukkessiosta öljyn hajotuksessa [4]. Öljyn lisäys muuttaa täysin bakteeriyhteisörakenteen [5] ja sen jälkeen eri bakteeriryhmät vuorottelevat käyttäen hyväksi muuttuvaa hiilivetysubstraattitarjontaa.

Kirjallisuus

[1] Pyy, O., Haavisto, T., Niskala, K. ja Silvola, M. 2013. Pilaantuneet maa-alueet Suomessa. Katsaus 2013. *Suomen Ympäristökeskuksen Raportteja 27 | 2013*

[2] Mukherjee, S., Sipilä, T., Pulkkinen, P. ja Yrjälä, K. 2014. Secondary successional trajectories of structural and catabolic bacterial communities in oil-polluted soil planted with hybrid poplar. *Molecular Ecology*, accepted.

[3] Mukherjee, S., Juottonen, H., Siivonen, P., Lloret Quesada, C., Tuomi, P., Pulkkinen, P. ja Yrjälä, K. 2014. Spatial patterns of microbial diversity and activity in an aged creosote contaminated site. *The ISME Journal* 8: 2131–2142.

[4] Mukherjee, S. 2014. Doctoral thesis. ISBN 978-951-51-0081-8.

[5] Mukherjee, S., Heinonen, M., Dequivre, M., Sipilä,T., Pulkkinen, P. ja Yrjälä, K.. 2013. Secondary succession of bacterial communities and co-occurrence of phylotypes in oil-polluted Populus rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry* 58: 188-197.

Kalkin lisääminen happamien sulfaattimaiden altakasteluveteen

Subsurface chemigation of acid sulfate soils

Sten Engblom[1], Kjell-Erik Lall[2], Rainer Rosendahl[3], Pekka Stén[4] ja Peter Österholm[5]

[1] Yrkeshögskolan Novia, sten.engblom@novia.fi
[2] Yrkesakademin i Österbotten, kjell-erik.lall@yrkesakademin.fi
[3] ProAgria Österbottens svenska lantbrukssällskap, rainer.rosendahl@proagria.fi
[4] Vaasan ammattikorkeakoulu, pekka.sten@vamk.fi
[5] Åbo Akademi, peter.osterholm@abo.fi

Happamat sulfaattimaat

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan metallisulfidipitoisia maita, joilla voi muodostua rikkihappoa sulfidien hapettuessa. Muiden ominaisuuksiensa ansiosta happamat sulfaattimaat ovat usein hedelmällisiä ja ne on otettu viljelykseen. Happamuus koettiinkin pitkään nimenomaan maanviljelysongelmana, joka on monissa tapauksissa pystytty ratkaisemaan peltoja kalkitsemalla. Viimevuosikymmeninä on kiinnitetty enenevää huomiota sulfaattimailta valuvien happamien metallipitoisten vesien aiheuttamiin ympäristöongelmiin, joita pinnalta tapahtuva kalkitseminen ei ratkaise.

PRECIKEM-projekti

PRECIKEM-projektissa (*Kemisk precisionsbehandling av sura sulfatjordar för att förhindra uppkomsten av syra, Kemiallinen täsmäkäsittely haponmuodostuksen estämiseksi happamilla sulfaattimailla*) testataan uutta lähestymistapaa, jossa hapettuminen ja sitä seuraava hapon muodostuminen pyritään estämään syntysijoillaan sulfidikerroksen hydrologisesti aktiivisissa makrohuokosissa. Projektissa kehitetään altakastelua lisäämällä salaojaputkia pitkin suoraan sulfidikerrokseen pumpattavaan kasteluveteen kalsiumkarbonaattia tai kalsiumhydroksidia. Perimmäisenä tavoitteena on hidastaa asidofiilisten bakteerien katalysoimaa sulfidien hapettumista, mutta myös neutraloida jo muodostunut happo ja samalla saostaa siihen liuenneet metallit.

Nelivuotisen (2010–2014) PRECIKEM-hankkeen toteuttavat Yrkeshögskolan Novia, Vaasan ammattikorkeakoulu, Yrkesakademin i Österbotten ja Åbo Akademi yhdessä ProAgria Österbottens svenska lantbrukssällskapin kanssa. Projektin päärahoitus tulee Pohjanmaan ELY-keskuksen kautta Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahaston Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta 2007–2013. Ohjelman edellyttämän yksityisen rahoituksen ovat myöntäneet Salaojituksen tutkimusyhdistys, K. H. Renlundin säätiö, Maa- ja vesitekniikan tuki, MTK:n säätiö, Österbottens svenska producentförbund sekä MTK Etelä-Pohjanmaa. Näiden lisäksi projektia tukevat Nordkalk sekä KWH Pipe ja siihen liittyvät investoinnit rahoittaa K. H. Renlundin säätiö, Oiva Kuusisto Säätiö, Vaasan Aktia-säätiö ja Gustaf Svanljungin säätiö.

Laboratoriokokeet

Laboratoriossa tehtävissä kolonnikokeissa maanäytteitä (halkaisija 14,2 cm, korkeus 15 cm) uutettiin Concell-vedenläpäisylaitteistossa (Geo-Petech, Naantali) vedellä, kalsiumkarbonaattisuspensioilla ja kylläisillä kalsiumhydroksidiliuoksilla analysoiden ulostulevaa suotovettä.

Kokeet aloitettiin uuttamalla näytteitä vedellä, jolloin suotoveden pH stabiloitui lähelle arvoa 4. Kun uuttamiseen oli käytetty n. kymmenen litraa vettä, näytettä ruvettiin uuttamaan kalsiumkarbonaattisuspensiolla, jolloin suotoveden pH stabiloitui lähelle arvoa 6. pH säilyi

tässä arvossa siinäkin tapauksessa, että näytteen uuttoa vedellä jatkettiin kalsiumkarbonaatti-käsittelyn jälkeen. Kalsiumhydroksidikäsittelyssä suotoveden pH nousi välille 11–12, mutta laski selvästi kun sitä ryhdyttiin uuttamaan uudelleen vedellä.

Kenttäkokeet

PRECIKEM-projektin koekenttä Vaasan Risöfladanilla on jaettu yhdeksään toisistaan ja viereisistä valtaojista hydrologisesti eristettyyn hehtaarin kokoiseen ruutuun. Eristys on toteutettu 1,5 m leveällä muovikalvolla, joka ulottuu juuri muokkauskerroksen alapuolelta n. 1,9 m syvyyteen tiiviiseen ja vettä läpäisemättömään mustaan sulfidisavikerrokseen. Kussakin ruudussa on 120–130 cm syvyydellä kolme huuhtelujatkoksilla varustettua halkaisijaltaan 80 mm imuojaa ojavälin ollessa 26 m, halkaisijaltaan 100 mm kokoojaoja sekä säätökaivo. Altakastelu läheisestä Laihianjoesta toteutetaan kiinteää 75 mm vesijohtoa pitkin.

Kolmena kesänä 2012–2014 pohjaveden pinnan laskettua salaojituksen alapuolelle kentällä on tehty suuren mittakaavan altakastelukokeita, joissa kuudella koeruudulla altakasteluveteen (100–400 m^3) on lisätty hienojakoista kalsiumkarbonaattia tai kalsiumhydroksidia (150–1600 kg).

Kenttäkokeiden tulokset

Näytteenotto salaojista purkautuvista vesistä aloitettiin lokakuussa 2012 pohjaveden pinnan noustua salaojituksen tasolle ja sitä on jatkettu vuoden 2014 loppuun. Pelkästään jokivedellä kasteltujen vertailuruutujen salaojista purkautuva vesi on happamuudeltaan tyypillistä happamien sulfaattimaiden valumavettä: pH on hiukan alle 4, asiditeetti välillä 4–5 mmol dm^{-3} sekä metalli- ja sulfaattipitoisuudet korkeita, esim. Al n. 20 mg dm^{-3}.

Annosteltaessa kalsiumkarbonaattia n. 700 kg/ha salaojavesien pH nousi välille 5–6 ja asiditeetti putosi noin puoleen vaikutuksen ollessa selvästi havaittavissa ainakin vuoden. Valumavesien alumiinipitoisuus pieneni n. 95 %. Pienellä kalsiumhydroksidi-annostuksella ei ollut juurikaan vaikutusta, mutta annostuksen ollessa n. 370 kg/ha vaikutukset happamuuteen olivat samaa luokkaa kuin em. kalsiumkarbonaatti-annostuksella.

Kalsiumkarbonaatin ja -hydroksidin leviämistä maaperään arvioitiin syksyllä 2014 silmämääräisesti kaivamalla salaojaputket esiin muutamissa paikoissa. Parhaimmillaan kalsiumkar-bonaatin havaittiin levinneen kuvasta ilmenevällä tavalla jopa metrin paksuisessa kerroksessa neljän metrin etäisyydelle salaojaputkesta.

Kuva: Rainer Rosendahl.

Pohjaveden säädön vaikutus pellon valumaveden happamuuteen happamilla sulfaattimailla

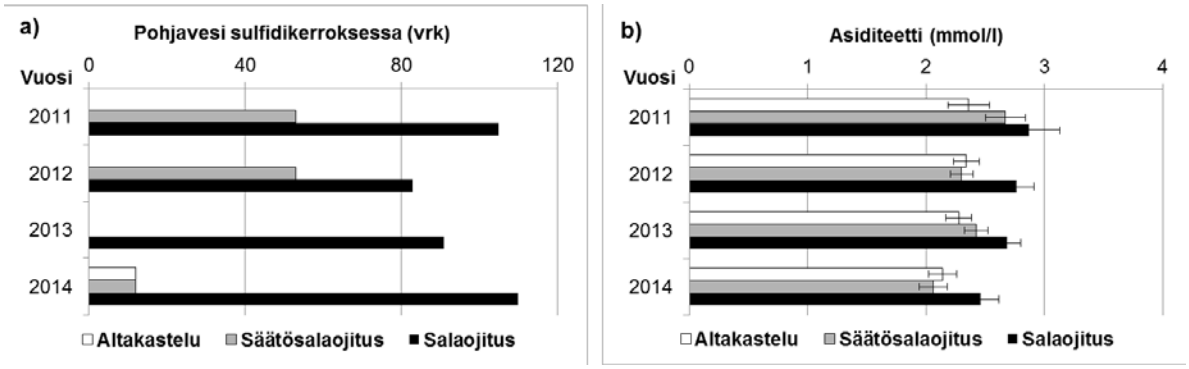
The response of the quality of discharge water to land drainage methods in acid sulfate soils

Seija Virtanen[1], Jaana Uusi-Kämppä[2], Peter Österholm[3] ja Markku Yli-Halla[4]

[1]Salaojituksen Tukisäätiö, Simonkatu 12 B 25, 00100 Helsinki
[2] Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat ja biotuotanto, Tietotie 4, 31600 Jokioinen
[3]Geologia ja mineralogia, Åbo Akademi, Tuomiokirkontori 1, 20500 Turku
[4]Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Suomessa peltojen viljely edellyttää yleensä kuivatuksen järjestämistä joko sala- tai avo-ojin. Jo viime vuosisadan alussa peltojen kuivatus suunniteltiin maalajin mukaan, mutta silloin ympäristövaikutuksia ei osattu ottaa huomioon; lähtökohtana oli hyvä sato. Happamien sulfaattimaiden (HS) ojaetäisyys oli poikkeuksellisen suuri (jopa 100 m) kuivumishalkeamien vuoksi. Etelä-Suomen runsassavisilla HS-pelloilla myös normaalia matalampaa salaojitusta suositeltiin, mutta Pohjanlahden rannikon hiesu- ja hietapitoisemmat HS-maat ojitettiin syvempään, koska kapillaariveden vaikutuksesta maan pintaan kerääntyi kasveille haitallisia alunasuoloja. Vaikka hapan pintamaa saatiin kalkituksella viljavaksi, ei kalkituksella ole tutkimuksissa havaittu olevan olennaista vaikutusta valumavesien happamuuteen [1]. Koska hapan valuma aiheutuu HS-maiden sisältämien rautasulfidien hapettumisessa syntyvän rikkihapon seurauksena, niin estämällä hapettuminen estetään myös rikkihapon muodostuminen. Pysyvästi pohjaveden alapuolella olleet sulfidikerrokset ovat säilyneet pelkistyneessä tilassa tuhansia vuosia, ja pohjaveden avulla yritetään myös vähentää valuman happamuutta. Helsingin yliopistossa tutkittiin vuosina 2008-2010 pellon olosuhteita simuloivassa lysimetrikokeessa [2] pohjavedenpinnan korkeuden vaikutuksia HS-maan prosesseihin. Vuosina 2010-2012 EU:n osittain rahoittamassa CATERMASS- hankkeessa [3] ja sen jatkohankkeessa (BEFCASS, 2013-2014) on seurattu pohjaveden säädön vaikutuksia salaojitetun pellon valumaveden laatuun reaaliajassa usean vuoden ajan.

1980-luvulla tehdyssä tutkimuksessa todettiin, että uudisraivion ojituksessa, jossa sulfidikerros alkoi heti turvekerroksen alta, salaojituksen aiheuttama kuormitus oli viisinkertainen avo-ojitukseen verrattuna, mutta myös avo-ojituksen jälkeen valumaveden asiditeetti oli suuri (>4 mmol/l) [1]. Suurin osa nykyisin viljelyksessä olevasta peltoalasta on ollut salaojissa jo 1980-luvun loppuun mennessä, ja HS-pelloilla pelkistynyttä sulfidisedimenttiä alkaa esiintyä 1 m useimmiten 1,5 m:n alapuolella maanpinnasta [4]. Vaikka salaojitus edesauttaa vedenpinnan laskua salaojasyvyyteen ja kesäisin ohjaa sadevedet nopeasti pellolta pois niin, ojituksella ei ole enää vaikutusta vedenpinnan laskuun ojien alapuolella, vaan silloin pohjavesivirtaus tai veden nousu kapillaarisesti ja haihdunta laskevat pohjaveden pintaa. Runsassavisella (savesta ~60 %) pengerretyllä HS-pellolla todettiin, että vettä läpäisemätön pelkistynyt sulfidisavikerros alkoi jo noin 0,2 m salaojien alapuolelta, vaikka pelto oli salaojitettu jo 1950-luvulla [5]. Toisaalta Pohjanmaalla on pohjaveden havaittu laskevan jopa 1 m salaojien alapuolelle [6]. Söderfjärdenin kenttäkokeissa havaittiin, että säätösalaojitus hidastaa pohjaveden pinnan laskua sulfidikerrokseen, ja jos kesäsateita sattuu sopivasti, niin pohjavesi ei laske sulfidikerrokseen lainkaan (Kuva 1 a. vuosi 2013). Kuivina kesinä säätösalaojituksella ei tätä pystytty kuitenkaan estämään. Altakastelulohkolle pumpattiin lisävettä salaojakaivojen kautta, ja kun virtaus pellolta valtaojaan oli estetty pellon ja valtaojan väliin asennetulla muovikalvolla, pohjaveden pinta pysyi sulfidikerroksen yläpuolella lähes aina (Kuva 1a).



Kuva 1. Aika päivinä, jonka pohjavesi oli sulfidikerroksessa ja b) valumaveden keskimääräinen asiditeetti (± keskiarvon keskivirhe) eri ojitustavoilla Söderfjärdenin salaojituskentällä vuosina 2011–2014.

vähän tavanomaiseen salaojitukseen verrattuna (Kuva 1b); ero tavanomaiseen salaojitukseen oli kuitenkin merkitsevä (P<0,001). Syynä muutosten hitauteen on todennäköisesti HS-maahan sulfidien hapettuessa syntynyt maahan varastoitunut happamuus, jonka havaittiin estävän maan pH:n nousua lysimetrikokeissa [6]. Lysimetrikokeen maassa happamien maakerrosten kationinvaihtopaikat olivat alumiinilla kyllästetyt, ja maassa oli sedundäärimineraaleja, mm. jarosiittia, joka luovuttaa happamuuttaan, kun maan pH alkaa nousta. Siksi muutokset sekä maan pH:ssa että valumavedessä näkyivät viipeellä. Lysimetrikokeessa prosessit näkyivät kuitenkin nopeammin kuin pellolla, koska kokeessa vedenpinta pystyttiin säätämään pysyvästi korkeaksi [5]. Lysimetrikoe osoitti, että sulfidikerroksen pitäminen pohjaveden alla poisti valumavedestä korkeimmat asiditeetin huiput ja vähensi veden alumiinipitoisuutta. Kuitenkin pohjaveden pinnan nosto muokkauskerrokseen asti johti rautayhdisteiden pelkistymiseen lisäten valumaveden happamuutta [5]. Söderfjädenin koekentällä sekä altakastelu että säätösalaojitus vähensivät valumaveden alumiinipitoisuuksia [7] ja happamuutta tavanomaiseen salaojitukseen verrattuna (Kuva 1b.). Tulosten perusteella pelloilla, joissa sulfidikerrokset ovat syvällä, ei pohjavettä kannata nostaa muokkauskerrokseen asti, koska silloin pelkistyvän raudan huuhtoutuminen saattaa aiheuttaa happamuutta valumaveteen. Koekentällä säätösalaojitus ja altakastelu vähensivät hiukan valumaveden happamuutta, mutta muutoksen hitauteen oli todennäköisesti syynä maan puskuriominaisuudet, joiden oli todettu hidastavan muutosta myös lysimetrikokeessa.

Kirjallisuus

[1] Palko, J. 1988. Happamien sulfaattimaiden kuivatus ja kalkitus Limingan koekentällä 1984-1987. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja* 19: 1-88.

[2] Uusi-Kämppä, J., Virtanen, S., Rosendahl, R., Österholm, P., Mäensivu, M., Westberg, V., Regina, K., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Edén, P. ja Turtola, E. 2013. Ympäristöriskien vähentäminen happamilla sulfaattimailla – Opas pohjaveden pinnan säätämiseksi. *MTT Raportti* 74.

[3] Virtanen, S., Simojoki, A., Hartikainen, H. and Yli-Halla, M. 2014. Response of pore water Al, Fe and S concentrations to waterlogging in a boreal acid sulphate soil. *Science of the Total Environment* 485: 130-142.

[4] Yli-Halla, M., Räty, M. and Puustinen, M. 2012. Varying depth of sulfidic materials: challence to sustainable management In: Österholm, P., Yli-Halla, M. and Edén, P. (Eds.), *Proceedings of the 7th International Acid Sulfate Soil Conference*, Vaasa, Finland, 2012. Geological Survey of Finland, Guide 56.

[5] Virtanen, S., Simojoki, A., Rita, H., Toivonen, J., Hartikainen, H. and Yli-Halla, M. 2014. A multi-scale comparison of dissolved Al, Fe and S in a boreal acid sulphate soil. *Science of the Total Environment*, 499 (1): 336-348.

[6] Österholm, P., Virtanen, S., Rosendahl, R., Uusi-Kämppä, J., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Mäensivu, M. and Turtola, E. 2014. Groundwater management of sulfide bearing farmlands using controlled drainage, by-pass flow prevention and subsurface irrigation on a Boreal farmland. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B - Plant Soil Science. Hyväksytty 12/2014.

[7] Virtanen, S., Österholm, P., Uusi-Kämppä, J. and Yli-Halla, M. 2014. Mitigation of environmental hazards from cultivated acid sulphate soil by controlled drainage and sub-irrigation in Finland. *Abstracts. 12th ICID International Drainage Workshop. 23–26 June 2014*, St. Petersburg, Russia.

Maatalouskosteikosta poistetun sedimentin soveltuvuus fosforin pidättämiseen paljon helppoliukoista fosforia sisältävillä mailla

Sediment of agricultural constructed wetland as amendment of sites with excessive soluble P concentrations

Johanna Laakso[1], Markku Yli-Halla[1] ja Risto Uusitalo[2]

[1] Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

Johdanto

Maataloudesta peräisin olevan vesistökuormituksen vähentäminen erityisesti fosforin osalta on tärkeää sisävesiemme ja rannikkovesiemme rehevöitymisen pysäyttämiseksi. Hienojakoisilta viljelysmailta vesieroosion mukana kulkeutuvaa maa-ainesta ja ravinteita pyritään pidättämään maatalouskosteikoiden avulla. Kosteikkoaltaiden syvänteisiin kertyy runsaasti partikkelimuotoista fosforia sisältävää hienojakoista sedimenttiä, joka on poistettava käytännössä 2 – 5 vuoden välein. Eroosioprosessin aikana, kosteikon pohjalla ja sedimentin ruoppauksessa tapahtuvien olosuhdemuutosten on havaittu kasvattavan eroosioaineksen fosforin pidätyskykyä siten, että sedimentin lisääminen kasvualustaan vähentää viljelykasvien fosforinsaantia ja saattaa aiheuttaa jopa ankaraa fosforinpuutosta [1]. *LASSE*-hankkeessa tutkitaan sedimentin fosforisisältöä ja kemiallisia ominaisuuksia sekä yhtenä sovelluksena sedimentin käyttöä eroosiontorjunnassa mailla, jotka sisältävät runsaasti helppoliukoista fosforia (esim. karjan ruokintapaikat).

Aineisto ja menetelmät

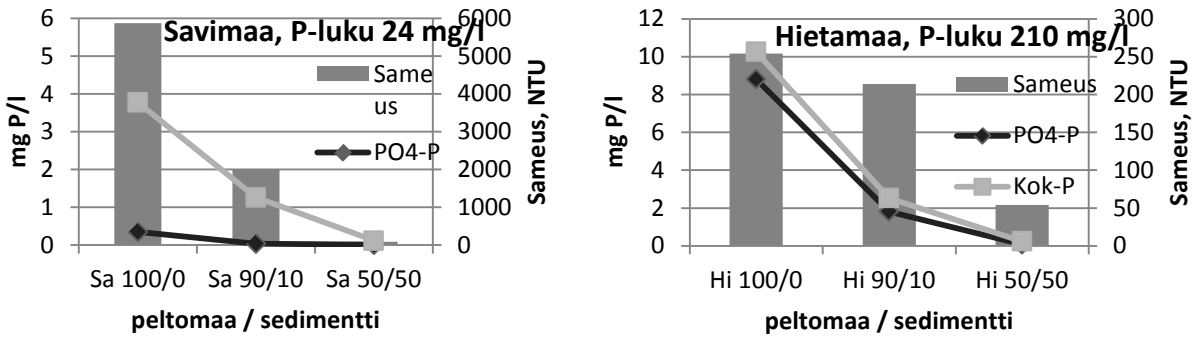
Sadesimulointikokeessa tutkittiin kosteikkosedimentin soveltuvuutta fosforin pidätykseen pintakerrosvalunnasta laboratoriossa. Kahta runsaasti helppoliukoista fosforia sisältävää peltomaata (P-luvut: savimaa 24 mg/l ja hietamaa 210 mg/l) ja kosteikkosedimenttiä sekoitettiin eri suhteissa. Seossuhteet olivat sedimentin osalta 0, käytännöllinen lisäys 10 % ja reilu lisäys 50 %. Kolmen viikon inkuboinnin jälkeen maita sadetettiin intensiteetillä 5 mm/h ja pintakerrosvalunnasta kerättiin 100 ml näyte, josta määritettiin liuennut reaktiivinen fosfori (PO_4-P), kokonaisfosfori (kok-P), sameus sekä pH ja sähkönjohtokyky.

Tulokset ja tarkastelu

Sedimentin lisäys vähensi huomattavasti pintakerrosvalunnan PO_4-P:n ja kok-P:n pitoisuuksia sekä sameutta (Kuva 1). Kun peltomaahan lisättiin 10 % sedimenttiä, PO_4-P:n pitoisuudet laskivat 89 % savimaan ja 79 % hietamaan pintakerrosvalunnassa. Kok-P:n osalta vastaava lasku oli 67 % ja 75 %. Sedimenttilisäyksen saaneista koejäsenistä kerätty valumavesi oli silminnähden kirkkaampaa kuin vesi, joka tuli pelkkää peltomaata sisältäneistä näytteistä.

Kosteikon pohjalle laskeutuva maa-aines on hyvin hienojakoista savesta, jossa on suuria pitoisuuksia alumiinin (Al) ja raudan (Fe) (hydr)oksideja verrattuna peltomaahan, josta se on lähtöisin [2], ja siten tällä aineksella on suuri fosforinpidätyskyky. Hapettomat olosuhteet kosteikon pohjalla pelkistävät Fe(III):n liukoiseksi Fe(II):ksi, joka sedimenttiä ruopattaessa saostuu uudelleen Fe-(hydr)oksideiksi muodostaen uutta oksidipintaa ja tarjoten runsaasti pidätyspaikkoja liuenneelle fosforille [2].

Sedimentti paransi silmämääräisesti koemaiden mururakennetta ja murujen kestävyyttä sadetusta vastaan. Suuri Al- ja Fe-(hydr)oksidien pitoisuus maassa parantaa aggregaattien stabiilisuutta [3] vaikuttaen suotuisasti pellon vesitalouteen. Koe antoi lupaavia tuloksia sedimentin käytölle eroosiontorjunnassa esim. karjan ruokintapaikoilla. Havainnot vaativat



Kuva 1. Pintakerrosvalunnan liuenneen fosforin ja kokonaisfosforin pitoisuudet sekä sameus eri peltomaa/sedimentti -seossuhteilla.

vielä tuekseen tarkemman tutkimuksen, jossa haarukoidaan peltomaan ja sedimentin seossuhteita määrällisesti ja laadullisesti sekä selvitetään käytännöllistä sedimentin levitysmäärää runsaasti helppoliukoista fosforia sisältävään maahan parhaan fosforinpidätyskyvyn ja kestävän mururakenteen löytämiseksi.

Kiitokset
LASSE-hanketta (Laskeutusallas-kosteikosta poistettavan sedimentin peltolevitys) rahoittaa MMM / MAKERA.

Kirjallisuus
[1] Laakso, J., Uusitalo, R. & Yli-Halla, M. 2014. Laskeutusallas-kosteikosta poistettavan sedimentin peltolevitys – Onko maatalouden kosteikkosedimentin fosforista kasvinravinteeksi? Julkaisussa: *Maataloustieteen Päivät 2014*. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 30. Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman. Viitattu 30.11.2014. Saatavilla: http://www.smts.fi/MTP_julkaisu_2014/Esitykset/Laakso_ym_Laskeutusallas-kosteikosta_poistettavan_sedimentin_peltolevitys.pdf
[2] Laakso, J., Uusitalo, R. & Yli-Halla, M. Agricultural constructed wetland sediment: A source of plant-available phosphorus? Käsikirjoitus.
[3] Oades, J.M. 1990. Associations of colloids in soil aggregates. Teoksessa: Boodt, M.F. de, Hayes, M.H.B., Herbillon, A. (Toim.). *Soil Colloids and Their Associations in Aggregates.* NATO ASI Series B Physics, Vol. 215. Plenum Press, New York, s. 463–483.

Fosforin käytön vaikutus Suomen peltomaiden fosforitilaan – 20 vuoden skenaariot eri lannoitusstrategioilla

Soil P development in Finland in 20 years with two input scenarios

Riitta Lemola, Risto Uusitalo, Minna Sarvi, Kari Ylivainio, Jari Hyväluoma ja Eila Turtola

Luonnonvarakeskus Luke, Luonnonvarat ja biotuotanto, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

Johdanto

Fosfori on kasveille välttämätön kasvinravinne, jonka primääristen varantojen on arvioitu ehtyvän 60–130 vuoden kuluessa [1]. Tulevaisuudessa fosforin kierrätyksen merkitys kasvaa, ja kotieläinlanta sekä muut fosforia sisältävät materiaalit on osattava käyttää tehokkaasti. Fosforin käyttö vaikuttaa myös maatalouden fosforikuormitukseen, joka koostuu liukoisesta fosforista ja maa-ainekseen sitoutuneesta ns. partikkelifosforista. Liukoisen fosforin kuormitus on suoraan yhteydessä maan P-tilaan [2], kun taas maa-ainekseen sitoutuneen fosforin kuormitus riippuu lähinnä eroosion suuruudesta. Tällä hetkellä fosforin kierrätys ei toimi optimaalisesti, sillä kotieläintuotanto on erikoistunut ja keskittynyt alueellisesti, joillakin alueilla esiintyy fosforin ylilannoitusta ja fosforin huuhtoutumisriski on suuri. Fosforin järkevää käyttöä on hyödyllistä arvioida alueellisesti, jotta voimme ohjata fosforivirtoja ja ennustaa kasvien fosforitarvetta sekä ympäristökuormitusta.

Tässä työssä laskettiin 20 vuoden skenaariot viiden vuoden jaksoissa maan fosforitilan kehitykselle ja arvioitiin kasvien tarvitsema fosforimäärä koko Suomessa sekä Uudenmaan, Varsinais-Suomen, Kaakkois-Suomen ja Pohjanmaan ELY–keskusten alueilla. Fosforia käytettiin kasvien biologisen tarpeen (BT) mukaisesti [3] määrä, joka tuottaa 95 % viljojen ja nurmien maksimisadosta. Vertailun vuoksi toisena lannoitusstrategiana käytettiin ns. nollatasetta (NT), jossa kasvien sadon mukana poistunut fosforimäärä korvataan lannoituksella.

Aineisto ja menetelmät

Laskelmassa käytettiin MYTVAS 3 -tutkimuksen tuottamia alueellisia fosforilukujakaumia [4], jaoteltuna seuraaviin maalajiryhmiin: savet, karkeat kivennäismaat ja eloperäiset maat. Fosforiluvut kattoivat kaupallisten viljavuuslaboratorioiden vuosina 2005–2009 analysoimat maanäytteet. Fosforilukujen frekvenssit muunnettiin alueilla viljelypinta-aloiksi vuoden 2011 viljeltyjen peltohehtaarien mukaan. Nämä fosforilukujen jakaumat edustivat laskelmassa alueiden nykytilaa, josta laskelmat alkoivat.

Laskelmassa alueilla viljeltiin ainoastaan viljaa ja nurmea, samassa suhteessa kuin vuosina 2005–2009, koska näiden kasvien biologinen fosforilannoitustarve tunnetaan. Keskimääräinen vilja- ja nurmisadoissa pelloilta poistunut fosforimäärä laskettiin satotilastojen (Tike, Pro Agria) ja sadon ravinnepitoisuuksien taulukkoarvojen (MTT) mukaan. Maan fosforitilan muutokset laskettiin 5 vuoden jaksoissa, jolloin myös BT:n mukainen lannoitus laskettiin aina uudelleen. Laskukaavan mukaan fosforitilan muutos riippui maalajista, lähtötilanteen P-luvusta, P-taseesta ja kuluneesta ajasta (Uusitalo ym. käsikirjoitus). Kasvisatojen mukana poistuneen fosforimäärän (NT) oletettiin laskelmassa pysyvän koko ajan samana.

Tulokset ja tarkastelu

Suomen peltojen keskimääräinen P-luku vuosina 2005–2009 oli 13 mg l^{-1}. Kahdenkymmenen vuoden lannoitus molemmilla lannoitusstrategioilla johti selvään P-luvun laskuun (BT 7,6 ja NT 8,1 mg l^{-1}), mutta P-lukujen jakaumissa oli selvä ero. BT:n mukainen lannoitus keskitti P-

lukuja terävästi 5 mg l^{-1} kohdalle, kun taas NT:n mukaisella lannoituksella P-lukujen hajonta oli suurempaa ja myös hyvin alhaisten P-lukujen määrä kasvoi.

Vuonna 2011 käytettiin lannoitukseen yhteensä 28,6 milj. kg fosforia, josta lannan osuus oli 17,5 milj. kg. Fosforilannoitus oli tällöin noin 1,7-kertainen BT:n verrattuna ja 12 % suurempi kuin NT:n mukainen käyttömäärä. Jos lannoitus tehtäisiin BT:n mukaan yhteensä 20 vuoden ajan, voitaisiin säästää kaiken kaikkiaan 143 milj. kg fosforia verrattuna tilanteeseen, jossa lannoitettaisiin jatkuvasti vuoden 2011 mukaisilla määrillä. Jos lannan sisältämä fosfori hyödynnettäisiin vain siellä, missä fosforilannoitukselle on tarvetta, se yksin kattaisi noin 82% yhteensä 20 vuoden aikana tarvittavasta fosforilannoitustarpeesta. Myös NT:n mukaisella lannoituksella voitaisiin fosforilannoitusta laskea nykyisestä tasosta, mutta, toisin kuin BT:n mukainen käytäntö, se tulisi johtamaan satotason laskuun alhaisilla P-luvuilla.

Keskimääräinen P-luku Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen alueilla oli koko Suomen keskiarvoa pienempi, 11,2 mg l^{-1}, kun se intensiivisimmillä kotieläintuotannon alueilla Varsinais-Suomessa ja Pohjanmaalla oli selvästi korkeampi, 17,2 ja 16,4 mg l^{-1}. Vuoden 2011 lannoitus Varsinais-Suomessa oli 2-kertainen ja Pohjanmaalla yli 3-kertainen BT:n verrattuna, kun muilla alueilla nykylannoitus oli keskimäärin vain hiukan kasvien biologista tarvetta suurempi. Jos lannoitettaisiin BT:n mukaan, Varsinais-Suomessa voitaisiin säästää 23,8 ja Pohjanmaalla 46,3 milj. kg fosforia 20 vuoden aikana, verrattuna nykytason suuruiseen lannoitukseen. Pelkkä lantafosfori riittäisi Varsinais-Suomessa 10 vuodeksi ja Pohjanmaalla yli 20 vuodeksi kattamaan lannoitustarpeen. Kaakkois-Suomen ja Uudenmaan alueilla muodostuva lantafosfori kattaa lähtötilanteessa 59 % ja 35 %, joten nämä alueet ovat potentiaalisia lantafosforin vastaanottajia. Fosforilannoitus BT:n mukaan laskisi keskimääräistä P-lukua Uudenmaan, Kaakkois-Suomen, Varsinais-Suomen ja Pohjanmaan alueilla 37, 39, 40, 46 % 20 vuoden aikana.

Laskelmat osoittivat selkeästi, että säätämällä fosforin käyttöä kasvien biologisen tarpeen mukaiseksi ja kierrättämällä lantafosfori voidaan vähentää merkittävästi fosforikuormitusta. Esitetyn kaltaiset laskelmat ovat hyödyllisiä, kun tavoitteena on fosforin huoltovarmuuden turvaaminen osana kestävää maataloustuotantoa.

Kirjallisuus

[1] Steen, I. 1998, Phosphorus Availability in the 21st Century: Management of a Non Renewable Resource. *Phosphorus and Potassium* No: 217. Available: http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/phosphate-recov...

[2] Uusitalo, R. and Aura E. 2005. A rainfall simulation study on the relationships between soil test P *versus* dissolved and potentially bioavailable particulate phosphorus forms in runoff. *Agricultural and Food Science* 14: 335-345.

[3] Valkama, E., Uusitalo, R., and Turtola, E., 2011. Yield response models to phosphorus application: a research synthesis of Finnish field trials to optimize fertilizer P use of cereals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 91: 1-15.

[4] Uusitalo, R., Ekholm, P., Lemola, R., Rankinen, K., Sarvi, M., Cano-Bernal, J. E., Ylivainio, K. and Keinänen, H. 2014. Fosforikuormitus ja maan eroosio. In: Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3): loppuraportti / toim. J. Aakkula and J. Leppänen. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 3: p. 42-52.

Maatalouden ympäristötukitoimenpiteiden ja ilmastonmuutoksen vaikutus kiintoaineksen ja fosforin kulkeutumiseen

Comparison of impacts of human activities and climate change on suspended sediment and phosphorus delivery

Katri Rankinen[1], Guangyao Gao[2], Kirsti Granlund[1], Juha Grönroos[1] ja Ljudmila Vesikko[1]

[1] Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki
[2] Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing

Johdanto

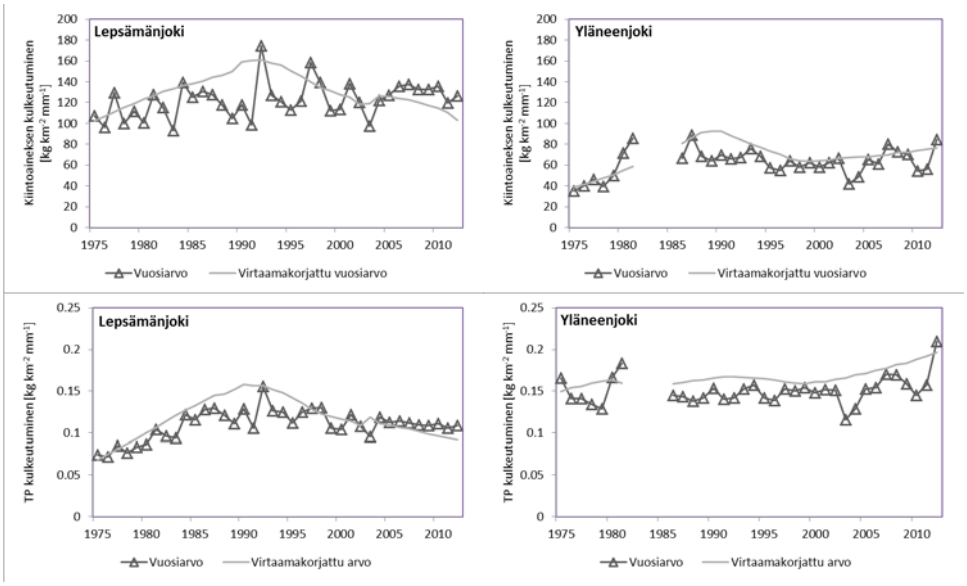
Maataloudesta tuleva ravinnekuormitus on aiheuttanut keskustelua viimekin kesänä. Kansallisten tavoitteiden mukaisesti ravinnekuormituksen pitäisi vähentyä kolmanneksella vuosien 2001–2005 tasosta vuoteen 2015 mennessä. Tähän pyritään maatalouden ympäristötuen keinoin. Sen alkuperäiseksi tavoitteeksi vuonna 1995 asetettiin 20–40% vähenemä kiintoaineksen ja ravinteiden kuormituksessa [1]. Yksi ympäristötuen tärkeimpiä toimenpiteitä onkin ollut kevennetty muokkaus ja talviaikainen kasvipeitteisyys, joiden on havaittu vähentävän kiintoaineksen ja siihen sitoutuneen fosforin kuormitusta tehokkaasti, mutta lisäävän liuenneen fosforin kuormitusta [2]. Talviaikaista kasvipeitteisyyttä on pidetty suositeltavana menetelmänä myös estämään ilmastonmuutoksen myötä leutonevien talvien aiheuttama lisäys ravinnekuormitukseen. Tässä tutkimuksessa arvioimme maatalouspolitiikan mukaisten toimenpiteiden ja muuttuvan ilmaston vaikutuksia kiintoaineksen ja fosforin kulkeutumiseen kahdelta suomalaiselta valuma-alueelta vuosina 1975–2012.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen valuma-alueet olivat Vantaanjoen sivu-uoma Lepsämänjoki Etelä-Suomessa, ja Pyhäjärveen laskeva Yläneenjoki Lounais-Suomessa. Lepsämänjoki on viljantuotantoaluetta, jossa maalajit ovat hienoja ja lajittuneita. Yläneenjoki edustaa kotieläintaloutta, ja alueen maalajit ovat karkeampia ja lajittumattomia. Molemmilla valuma-alueilla on aloitettu kokonaisfosforin (TP) ja sameuden mittaukset jo 1970-luvulla. Näistä havainnoista laskettiin virtaamakorjatut kuormat WRTDS ohjelmalla. Lisäksi laskettiin muutokset ilmastotekijöissä lähimmältä ilmastoasemalta.

Tulokset ja keskustelu

Molemmilla alueilla ilman lämpötila on noussut selvästi (jopa 2.5 °C) keväällä ja syksyllä, vaikka vuosilämpötilassa ei ollut havaittavissa muutosta (Taulukko 1). Yläneenjoella valunta väheni kesällä, johtuen lähinnä kasvaneesta haihdunnasta. Lepsämänjoella taas valunta kasvoi, sillä talvella lumen sulamispäivien määrä lisääntyi. Valunnan kuljettaman kiintoaineksen määrä oli korkeimmillaan 1990-luvulla, ja on sen jälkeen laskenut kaikkiaan 19 % Lepsämänjoella (Kuva 1). Yläneenjoen kiintoaineskulkeuman taso on matalampi, mutta lasku vuodesta 1990 suurempi eli 31 %. Lepsämänjoella TP:n kulkeutuminen noudattaa kiintoaineksen kulkeutumista, mutta Yläneenjoella TP:n kulkeutuminen on kasvanut vuodesta 1975. Vaikka partikkelimaisen P:n määrä on vähentynyt, niin liuenneen P:n määrä on lisääntynyt. Ympäristötukikaudella lisääntyminen selittyy muokkaamattoman tai kevyesti muokatun peltoalan lisääntymisellä. Peltojen P-taseet ovat samanaikaisesti selvästi laskeneet. Samanlaisia tuloksia on saatu Erie-järven alueelta, missä mm. kevennetystä muokkauksesta johtuva liuenneen P:n kuormituksen lisäys on pahentanut järven rehevöitymistä [3].



Kuva 1. Kiintoaineksen ja kokonaisfosforin kulkeutuminen Lepsämänjoen ja Yläneenjoen valuma-alueelta

Taulukko 1. Lämpötilassa (T), sadannassa (P_r), haihdunnassa (ET_0) ja valunnassa (R) tapahtuneet muutokset (absoluuttinen muutos vuodessa)

	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti	Touko	Kesä	Heinä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu
						Lepsämänjoki / Lohja Porla						
T [°C a^{-1}]	-	-	-	0.07**	-	-	0.073**	0.045**	0.059**	0.045+	-	-
P_r [mm a^{-1}]	-	-	-	-	-	0.836+	-	-	-	-	-	-
ET_0 [mm a^{-1}]			0.128*	0.241*						-0.206*		
R [mm a^{-1}]	0.497*	-	-	-	-	0.206*	-	-	-	-	-	0.630*
						Yläneenjoki / Jokioinen Observatorio						
T [°C a^{-1}]				0.077**			0.064**	0.048**	0.072**	0.048+		
P_r [mm a^{-1}]	0.482+	0.502+										
ET_0 [mm a^{-1}]			0.181**	0.450***			0.605+		0.252*			
R [mm a^{-1}]					-0.578**		-0.068*					

Johtopäätökset

Maatalouden ympäristötuki on osittain saavuttanut sille alun perin asetetun tavoitteen kiintoaineskuormituksen suhteen, jos vertailukohdaksi otetaan vuosi 1990. Valitut toimenpiteet lisäävät vähemmän eroosioherkillä alueilla liuenneen P:n kuormitusta. Nyt pitäisi tunnistaa ne alueet, joilla eroosiontorjunnalla ei ole myönteisiä vaikutuksia. Lisäksi ympäristötuen toimenpiteiden pitäisi keskittyä vähentämään liukoisia ravinteita.

Kirjallisuus

[1] Valpasvuo-Jaatinen, P., Rekolainen, S. and Latostenmaa, H. 1997. Finnish agriculture and its sustainability: environmental impacts. *Ambio* 26(7): 448-455.

[2] Ulen, B., Aronsson, H., Bechmann, M., Krogstad, T., Øygarden, L., and Stenberg, M. 2010. Soil tillage methods to control phosphorus loss and potential side-effects: a Scandinavian review. *Soil Use Manage*. 26:94-107

[3] Daloğlu, I., Cho, K.H., Scavia, D. 2012. Evaluating Causes of Trends in Long-Term Dissolved Reactive Phosphorus Loads to Lake Erie. *Environmental Science & Technology* 46:10660−10666

Etiopialaisten ja suomalaisten maiden fosforinsitomiskyky

Phosphorus adsorption in soils of Ethiopia and Finland

Markku Yli-Halla[1] ja Asmare Melese[2]

[1] Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Debre Tabor University, Ethiopia

Tropiikin happamilla mailla on suuri taipumus sitoa fosforia (P), koska niissä on runsaasti raudan (Fe) ja alumiinin (Al) oksideja, joihin P pidättyy irreversiibelisti [1]. Peltojen niukka kasveille käyttökelpoisen P:n varanto johtuu myös siitä, että P-lannoitusta (lanta, komposti, väkilannoitteet) käytetään niukasti ja viljelymaiden P-taseet ovat negatiivisia [2]. Myös Suomessa maaperä sisältää runsaasti Fe- ja Al-(hydr)oksideja, ja yleinen käsitys on, että maillamme on suuri P-sitomistaipumus. Aikaisemmin P-lannoituksella saatiin yhtä suuria sadonlisäyksiä kuin typpilannoituksella [3] mutta ei enää. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, johtuuko Etiopian ja Suomen maaperän erilainen P:n sitomiskyky maan luontaisista ominaisuuksista vai erilaisesta lannoitushistoriasta. Kun Etiopian maiden P-tase on ollut kautta aikojen negatiivinen, niissä on paljon vapaita sorptiopaikkoja kun taas Suomen pellot ovat saaneet runsasta P-lannoitusta, mikä on johtanut P:n pidättymisen vähenemiseen. Tällainen hypoteesi on esitetty jo aiemmin [4], mutta sitä ei liene kokeellisesti testattu.

Maanäytteet otettiin 1) Etiopian läntisen ylängön peltojen muokkauskerroksesta ja 2) Jokioisten savimaan pinnasta (Ap1, 0-10 cm) ja jankosta (Bg, 38-72 cm). Suomalaisen jankon P-sorption voi olettaa kuvaavan maan luontaista pidätyskykyä. Hypoteesina on, että etiopialaisen pintamaan ja suomalaisen jankon P-sitomiskyky on yhtä suuri, koska kumpaakaan maa-ainesta ei ole lannoitettu P:lla. Maan perusominaisuuksien lisäksi uutettiin Al:n ja Fe:n heikosti kiteytyneet oksidit oksalaatilla ja kiteiset Fe-oksidit sitraatti-ditioniitti-bikarbonaattiliuoksella. Maan mineralogia määritettiin XRD-tekniikalla. Helppoliukoinen P uutettiin Na-bikarbonaattiliuoksella (Olsen). Epäorgaaninen P fraktioitiin Changin ja Jacksonin menetelmällä (helppoliukoinen, Al:n ja Fe:n sitoma P, apatiittinen P). Tuloksista laskettiin Al- ja Fe-oksidien P-kyllästysaste [5]. P-sitomiskykyä arvioitiin P-kyllästysasteen perusteella ja tekemällä sorptio-desoprioisotermejä [6]. Adsorptiomaksimi (Qmax) ja P:n sitoutumislujuutta kuvaava indeksi (K) laskettiin Langmuirin yhtälöstä.

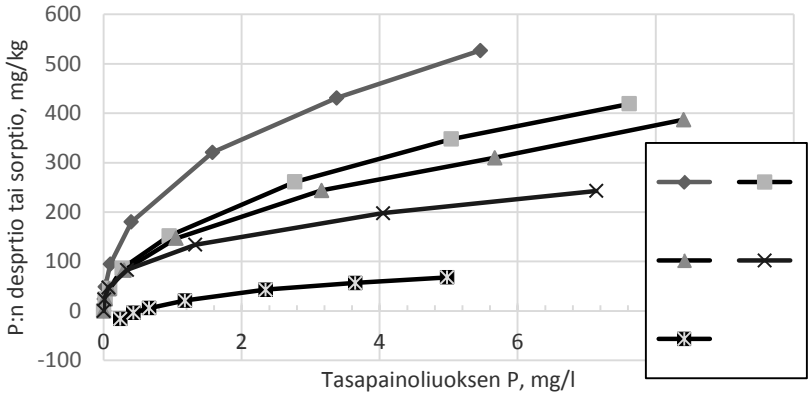
Etiopian maiden vallitseva savimineraali oli kaoliniitti; smektiittiä oli vähän. Suomalaisessa maassa oli kiillettä, vermikuliittia ja kloriittia. Etiopialaisissa maissa oli oksalaattiuuttoista Al (140-180 mmol/kg) kolminkertaisesti suomalaisiin maihin (50 mmol/kg) verrattuna. Myös heikosti kiteytyneitä Fe-oksideja oli etiopialaisissa maissa hieman enemmän, mutta kiteytyneitä Fe-oksideja etiopialaisissa maissa oli keskimäärin kaksinkertainen määrä. Etiopialaisten maiden (E) P-varat ovat Al:n sitoman P:n osalta selvästi niukemmat kuin suomalaisen (Jo Ap) pintamaan, ja Al-oksidien P-kyllästysaste oli äärimmäisen pieni, mikä heijastui pieninä Olsen-P:n arvoina (Taulukko 1). Suomalainen jankko (Jo Bg) ei näiden ominaisuuksien osalta poikennut etiopialaisista pintamaista. Raudan sitomaa P:ia oli etiopialaisissa maissa ja suomalaisessa pintamaassa runsaasti. Suomalaisissa nuorissa maissa oli runsaasti apatiittista P:ia (”Ca-P”), joka etiopialaisista maista lähes puuttui.

Suomalainen pintamaa sitoi siihen lisättyä P:ia paljon vähemmän kuin muut tutkitut maat (Kuva 1), ja P-vaihdon nollapisteessä pintamaan liuosfaasin P-pitoisuus oli 0,5 mg/l, kun muilla mailla vastaava pitoisuus oli käytännössä nolla. Suomalainen jankko sitoi P:ia tiukasti ja pienistä P-lisäyksistä suunnilleen yhtä tehokkaasti kuin etiopialaiset maat. Niillä tehokas sitoutuminen kuitenkin jatkui suurempiin P-lisäyksiin ja niiden P-adsorptiomaksimit olivatkin peräti kaksinkertaiset verrattuna suomalaiseen jankkoon.

Etiopialaiset pintamaat ja suomalainen savimaan jankko sitoivat niihin lisättyjä pieniä P-määriä yhtä tehokkaasti, koska niissä kaikissa oli runsaasti vapaita sorptiopaikkoja. Tästä syystä vuotuislannoitus ei lyhyellä tähtäimellä nosta etiopialaisten maiden ylläpitämää P:n tasapainokonsentraatiota. Suomalaisen pintamaan tulokset kertovat pitkään jatkuneen runsaan P-lannoituksen vaikutuksesta maan P-sitomisominaisuuksiin. Vaikka erot etiopialaisten maiden ja suomalaisen pintamaan välillä voitaneen pitkälti selittää lannoitushistorialla, etiopialaisten maiden P-sorptiomaksimi näyttää olevan suurempi ilmeisesti siksi, että ne sisältävät paljon enemmän Fe- ja Al-oksideja kuin tutkittu suomalainen savimaa.

Taulukko 1. Maanäytteiden perusominaisuuksia ja fosforivaroja kuvaavia suureita. DPS=P-kyllästysaste. Qmax = P-adsorptiomaksimi, K=sitoutumislujuutta kuvaava tekijä.

Näyte	Saves %	pH (H_2O)	Olsen-P mg/kg	”Al-P”	”Fe-P”	”Ca-P”	Al-DPS %	Fe-DPS %	Qmax mg/kg	K, l/kg
				mg/kg						
E 2	53	5,2	2,3	17	153	16	0,3	6,3	589	0,96
E 3	43	4,9	7,1	25	156	13	0,6	6,1	499	0,50
E 5	40	5,3	2,0	20	152	26	0,4	7,0	466	0,44
Jo Ap	41	6,2	44	102	359	162	6,6	18,4	156	0,34
Jo Bg	63	7,2	2,5	18	53	340	1,2	8,8	253	1,15



Kuva 1. P:n sorptio etiopialaisissa ja suomalaisissa maissa.

Kirjoittajat kiittävät Kansainvälisen henkilövaihdon keskusta (CIMO) ja Helsingin yliopiston tulevaisuusrahastoa, joilta saatu rahoitus mahdollisti tämän tutkimuksen tekemisen.

Kirjallisuus

[1] Tekalign Mamo, I. Haque & Kamara, C.S. Phosphorus status of some Ethiopian highland Vertisols. Soils and Plant Nutrition Section International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis Ababa, Ethiopia. http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5493E/x5493e0j.htm (30.4.2012)
[2] Duffera, M. & Robarge, W. 1999. Soil characteristics and management effects on P sorption by Highland Plateau Soils of Ethiopia. Soil Sci Soc Amer J 63: *1455-1462*
[3] Tennberg, F. 1950. Tuloksia fosfaattilannoitteen nousevien määrien kokeista. Maatalous ja Koetoiminta 4: 200-210.
[4] Lal, R. & Sanchez, P. 1992. Myths and science of soils of the tropics: proceedings. SSSA, Las Vegas, Nevada, 17 October 1989. 185 s.
[5] Peltovuori, T., Uusitalo, R. & Kauppila, T. 2002. Phosphorus reserves and apparent phosphorus saturaton in four weakly developed cultivated pedons. Geoderma 110: 35-47.
[6] Hartikainen, H. & Simojoki, A. 1997. Changes in solid- and solution-phase phosphorus in soil on acidification. Eur J Soil Sci 48: 493-498.

Glyfosaatin kulkeutuminen muokatulla ja muokkaamattomalla savimaalla

Transport of glyphosate on directly and conventionally drilled clay soils

Jaana Uusi-Kämppä[1], Sari Rämö[1], Risto Uusitalo[1], Ekaterina Petruneva[2], Riitta Lemola[1] ja Eila Turtola[1]

[1] Luonnonvarakeskus Luke, Luonnonvarat ja biotuotanto, Tietotie 4, 31600 Jokioinen
[2] Luonnonvarakeskus Luke, Luonnonvarat ja biotuotanto, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli

Johdanto

Glyfosaatti eli N-fosfonometyyliglysiini on totaaliherbisidi, jota käytetään etenkin juolavehnän ja syysitoisten rikkakasvien torjuntaan. Suomessa se on eniten myyty rikkakasvien torjunta-aine. Maataloudessa sen käyttö kasvoi 1990-luvun puolivälissä samalla, kun kynnön osuus väheni ja kevytmuokkaus sekä suorakylvö lisääntyivät. Perinteisessä syyskynnössä glyfosaattia ruiskutetaan ennen kyntöä muutaman vuoden välein. Kevyempien muokkausmenetelmien yleistyttyä torjunta-ainetta on alettu käyttää vuosittain joko ennen tai jälkeen puinnin tai keväällä kylvön yhteydessä. Glyfosaattia on pidetty melko vaarattomana eläimille, mutta nykytietämyksen mukaan sillä saattaa olla vaikutuksia mm. selkärankaisten lisääntymiseen, sikiönkehitykseen tai keliakian puhkeamiseen. Tämän takia on hyvä selvittää, kuinka paljon ja missä olosuhteissa glyfosaattia tai sen hajoamistuotetta 3-aminometyylifosfonihappoa (AMPA) kulkeutuu suorakylvömailta pintavesiin.

Aineisto ja menetelmät

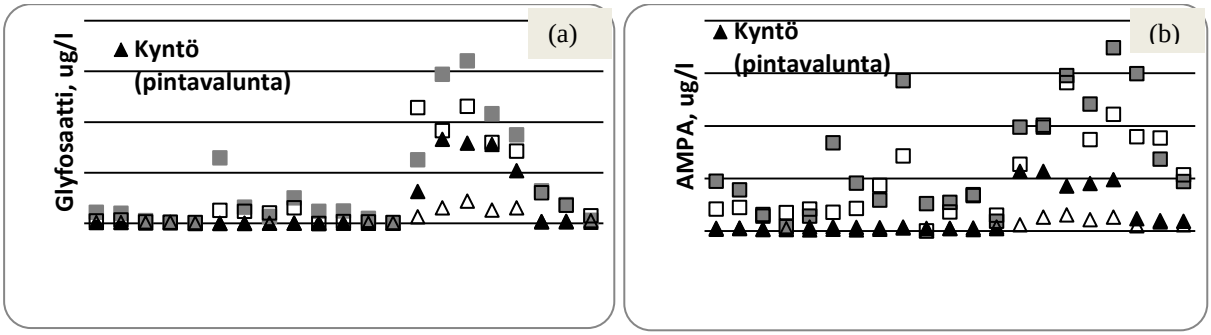
Tutkimus on kolmeosainen: 1) glyfosaatin ja AMPAn kulketuminen pinta- ja salaojavalunnan mukana, 2) glyfosaatin ja fosforin välinen kilpailu maassa sekä 3) simulointimallien avulla arvioitu glyfosaatin ja AMPAn huuhtoutuminen. Tässä käsitellään kahden ensimmäisen osion tuloksia. Mallinnuksesta on näillä Maaperätieteen päivillä kaksi kirjoitusta [2], [3].

Työ toteutettiin Kotkanojan huuhtoutumiskentällä Jokioisilla. Kuusi vuotta vanha ruokonadan ja sirppimailasen sekakasvusto, josta sato oli korjattu vuosittain, tuhottiin glyfosaatilla syksyllä 2007. Seuraavana keväänä muokkaamattomaan maahan kylvettiin kaura. Tämän jälkeen kahdella lohkolla viljeltiin kevätviljaa suorakylvömenetelmällä, ja kahdella verrannelohkolla maa kynnettiin syksyllä ja muokattiin ennen kylvöä keväällä. Glyfosaattia ruiskutettiin suorakylvölohkoille joka syksy puinnin jälkeen sekä keväällä 2011 ennen kylvöä. Kyntölohkot käsiteltiin glyfosaatilla joka toinen tai kolmas vuosi (Taulukko 1).

Kaikkiaan 172 vesinäytettä ja 195 maanäytettä (0–2, 2–5, 5–10, 10–25, 25–35 ja 35–55 cm) kerättiin vuosina 2011–2013 ennen ja jälkeen ruiskutuksen. Vesinäytteistä määritettiin erikseen liukoisen sekä kiintoainekseen sitoutuneen glyfosaatin ja AMPAn jäämäpitoisuudet [1]. Maanäytteistä määritettiin uuttuvan glyfosaatin ja AMPAn pitoisuudet. Erillisessä laboratoriokokeessa sovellettiin isotermitekniikkaa, jolla pyrittiin selvittämään glyfosaatin ja fosforin sitoutumista savimaahan sekä niiden välistä kilpailua maahiukkasten pinnoilla

Taulukko 1. Glyfosaatin ruiskutusajankohta ja -määrä, viljelykasvi sekä vuoden sadesumma.

Vuosi	Ruiskutuspäivä	Levitetty glyfosaattimäärä (g/ha)		Kasvi	Sadesumma (mm)
		Suorakylvö	Kyntö		1.1.–31.12.
2007	8.10.	2000	2000	Nurmi	643
2008	7.10.	1440	-	Kaura	760
2009	8.10.	1440	-	Kaura	496
2010	20.10.	1080	1080	Kaura	574
2011	10.5. 26.9.	900 1080	- -	Ohra	758
2012	25.9.	1440	1440	Ohra	779
Yhteensä		9380	4520		



Kuva 1. Liukoisen glyfosaatin (a) ja AMPAn (b) pitoisuus pinta- ja salaojavesissä suorakylvö- ja kyntölohkoilla.

olevista pidätyspaikoista.

Tulokset ja tarkastelu

Suurimmat yksittäiset liukoisen glyfosaatin (32 µg/l) ja AMPAn (3,5 µg/l) jäämäpitoisuudet Kotkanojan valumavesistä mitattiin ruiskutuksen jälkeen syksyllä 2012 (Kuva 1). Suorakylvössä oli suuremmat pitoisuudet kuin kynnössä, mutta suorakylvölohkoilla oli viiden koevuoden aikana käytetty kaksinkertainen määrä glyfosaattia verrattuna kyntölohkoihin. Pintavalunnassa jäämäpitoisuudet olivat suuremmat kuin salaojavedessä, mutta pintavalunnan osuus oli pienempi kuin salaojavalunnan. Valumavesissä kiintoainekseen sitoutuneen glyfosaatin (8 µg/l) ja AMPAn (1,4 µg/l) maksimipitoisuudet olivat noin kymmenesosa vastaavista liukoisista pitoisuuksista. Syksyllä 2012 (2.10.–19.10 ja 8.–16.11.) suorakylvömaalta huuhtoutui glyfosaattia yli 14 g/ha ja kyntömaalta 7 g/ha. Syynä suureen huuhtoutumaan oli todennäköisesti vuosittain toistetut käsittelyt, syksyn 2012 myöhäinen ruiskutusajankohta, märkä maa sekä käsittelyn jälkeinen vesisade (190 mm).

Suorakylvölohkon muokkauskerroksesta otetuissa maanäytteissä glyfosaatin ja AMPAn jäämät olivat suurempia kuin kyntömaasta otetuissa näytteissä. Suurimmat jäämäpitoisuudet olivat maan pintakerroksessa (0–2,5 cm), ja pitoisuudet laskivat alemmissa maakerroksissa. Maassa oli enemmän AMPAa kuin glyfosaattia.

Laboratoriokokeessa valtaosa maahan lisätystä glyfosaatista tai AMPAsta sitoutui maahan ensimmäisen vuorokauden aikana. Glyfosaatin nopea pidättyminen maahan voi hidastaa sen hajoamista ja siten glyfosaattia saattaa säilyä maassa hitaasti hajoavana kemikaalijäämänä. Maan fosforipitoisuuden kasvu vähensi systemaattisesti glyfosaatin ja AMPAn sitoutumista maahan ja suurempi osa kemikaaleista pysyi liukoisessa muodossa. Suorakylvössä pintamaan korkea fosforipitoisuus voi lisätä riskiä glyfosaatin ja AMPAn huuhtoutumiselle. Valumaveden suuriin glyfosaatin ja AMPAn jäämäpitoisuuksiin suorakylvössä saattoi vaikuttaa maan korkean fosforipitoisuuden lisäksi maan pinnalla oleva suuri orgaanisen aineksen määrä, mikä voi vähentää glyfosaatin ja AMPAn pidättymistä maahan.

Kiitokset

Hanketta ovat rahoittaneet maa- ja metsätalousministeriö, Marjatta ja Eino Kollin Säätiö sekä Maa- ja vesitekniikan tuki. Kiitos myös Miriam Kellockille, Siiri Pietilälle, Katri Senilälle ja Juho Välimäelle.

Kirjallisuus

[1] Rämö, S. ja Uusi-Kämppä, J. 2014. Glyfosaatin ja AMPAn jäämäanalyysit pellon valumavesistä ja kiintoaineksesta. Julkaisussa: Kuisma, R., Schulman, N., Kymäläinen, H.-R. ja Alakukku, L. (Toim.). *Maataloustieteen Päivät 2014, 8.–9.1.2014 Viikki, Helsinki : esitelmät- ja posteritiivistelmät. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 31*, s. 116.

[2] Senilä, K., Siimes, K. ja Uusitalo, R. 2015. Mallin testaus: Glyfosaatin kulkeutuminen savimaalta vesistöön. *Maaperätieteen Päivät 2015*. (Tämä julkaisu).

[3] Siimes, K., Senilä, K., Uusi-Kämppä, J. ja Lemola, R. 2015. Glyfosaatin simuloitu huuhtoutuminen suorakylvetyiltä ja kynnetyiltä pelloilta. *Maaperätieteen Päivät 2015*. (Tämä julkaisu).

Glyfosaatin simuloitu huuhtoutuminen suorakylvetyiltä ja kynnetyiltä pelloilta

Simulated losses of glyphosate from direct drilled and autumn ploughed field plots

Katri Siimes[1], Katri Senilä[2,3], Jaana Uusi-Kämppä[2] ja Riitta Lemola[2]

[1] Suomen ympäristökeskus (SYKE), Kulutuksen ja tuotannon keskus, PL 140, 00260 Helsinki
[2] Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat ja biotuotanto, Tietotie 4, 31600 Jokioinen
[3] Itä-Itä-Suomen yliopisto, Biologian laitos, PL 111, 80101 Joensuu

Johdanto

Suorakylvön ja kevennettyjen muokkausmenetelmien yleistyminen on johtanut juuririkkakasvien kemiallisen torjuntatarpeen kasvamiseen. Glyfosaatti on lehvästöön ruiskutettava rikkakasvien torjunta-aine, joka kulkeutuu kasvin johtojänteitä pitkin kaikkialle kasviin ja tehoaa myös juuririkkakasveihin. Glyfosaatin myyntimäärä kolminkertaistui 2000-2011 ja se on Suomen eniten käytetty kasvinsuojeluaine. Glyfosaatti sitoutuu erittäin vahvasti maahiukkasiin ja siten vain pieni osa käyttömäärästä on alttiina huuhtoutumiselle. Koska käyttömäärät ovat hyvin suuria, huuhtoutumisen selvittäminen on kuitenkin tärkeää. Glyfosaatin huuhtoutumista pelloilta vesiin on selvitetty Toholammin [1, 2] ja Kotkanojan [3] huuhtoutumiskoekentillä. Simulointimallien avulla huuhtoutumiskentiltä saatua tietoa pyrittiin yleistämään.

Aineisto ja menetelmät

Simuloinneissa käytettiin MACRO 5.2 mallia [4], joka kuvaa veden ja aineiden liikkeitä maaprofiilissa. MACRO sopii erityisesti maille, joilla vesi ja siihen liuenneet aineet kulkevat nopeita ohivirtausreittejä salaojiin, mutta se kuvaa huuhtoutumista myös maassa, jossa ohivirtausreittejä ei ole. Pintavaluntaa syntyy mallissa silloin, kun sateen intensiteetti ylittää maan infiltraatiokyvyn tai kun pohjaveden pinta nousee pintaan. Mallia ei ole tarkoitettu pintakuormituksen arviointiin, sillä se ei huomioi maan painanteiden varastointikykyä eikä infiltroitumista pellolla ennen pellon reunaa.

Malli sovitettiin Kotkanojan (As) [5] ja Toholammin (KHt) [6] huuhtoutumiskentille. Molemmille huuhtoutumiskentille malli kalibroitiin erikseen syyskynnetyille ja kyntämättömille ruuduille / vuosille, sillä pintavalunnan osuus oli kyntämättä viljeltäessä suurempi. Näitä kalibroituja lähtötietoja käytettiin maaperäskenaarioina kynnetylle ja syyskyntämättömälle maalle. Lisäksi simuloitiin ilman kalibrointia Sjökullan savimaata. lähtötiedot kynnetylle maalle arvioitiin pedon transfer yhtälöiden avulla ja niitä muokattiin suorakylvön simulointiin.

Simuloinneissa käytettiin vuosien 1991-2012 sääaineistoa Jokioisilta ja Toholammilta. Ensimmäisen vuoden simulointituloksia ei otettu mukaan tarkasteluihin. Kyntöskenaariossa glyfosaattia levitettiin kaksi viikkoa puinnin jälkeeen (1,5 kg/ha) joka kolmas vuosi. Suorakylvöskenaariossa glyfosaattia ruiskutettiin (1,0 kg/ha) joka kevät kymmenen päivää ennen ohran taimettumista.

Kullekin maaperä- ja viljelyskenaariolle testattiin useita mahdollisia glyfosaatin sitoutumis- ja hajoamiskertoimia. Mukana olivat laboratoriossa määritetyt sitoutumiskertoimet Kotkanojan ja Toholammin maahan sekä huuhtoutumiskenttäkokeiden tulosten pohjalta kalibroidut hajoamiskertoimet.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Suorakylvössä glyfosaattia käytetään enemmän, mutta levitys kasvukauden alussa mahdollisti nopeamman hajoamisen kuin syksyinen levitys. Simuloinneissa käytetystä glyfosaatin hajoamiskertoimesta riippui, kummassa menetelmässä pitoisuustasot jäivät alhaisemmiksi. Pitoisuuksien ajallinen vaihtelu oli suurta ja simuloidut pitoisuusjakaumat vaihtelivat eri simuloinneissa. Tässä tarkasteltavaksi valittiin aritmeettiset vuosikeskiarvot ja 95. prosenttipisteen pitoisuus.

Kotkanojalle kalibroidulla hajoamiskertoimella (0,007 1/vrk) valumavesien keskimääräiset pitoisuudet olivat suorakylvöskenaarioissa suurempia kuin kyntöskenaarioissa. Toholammille kalibroitu hajoamiskerroin oli huomattavasti suurempi (0,06 1/vrk) ja sillä simuloidessa kyntöskenaarioiden pitoisuudet olivat suuremmat. Molemmat hajoamiskertoimien arvot sopivat kirjallisuudessa esiintyvään hajoamiskertoimien haarukkaan. Hajoamiskertoimella 0,03 1/vrk, joka vastaa melko tyypillistä kirjallisuudessa esiintyvää arvoa, pitoisuudet olivat Sjökullan ja Toholammin maissa suuremmat kyntöskenaarioissa, mutta Kotkanojalla suorakylvöskenaarioissa.

Sitoutumiskertoimien vaihtelu vaikuttivat simuloituun pitoisuustasoon, mutta ei suorakylvö- ja kyntöskenaarioiden väliseen järjestykseen.

Simuloidut huippupitoisuudet olivat suurempia kuin huuhtoutumiskentällä tai pintavesistä havaitut, mikä oli odotettuakin. Simuloidut pitoisuudet eivät nykytietämyksen valossa olleet kuitenkaan tasolla, joka vaikuttaisi vesikasvien kasvuun. Tulokset olivat vielä tiivistelmän kirjoittamisvaiheessa alustavia.

Kiitokset

Hanketta on rahoittanut maa- ja metsätalousministeriö, Maa- ja vesitekniikan tuki ja Marjatta ja Eino Kollin säätiö.

Kirjallisuus

[1] Siimes, K., Rämö, S., Welling, L., Nikunen, U. and Laitinen, P. 2006. Comparison of the behaviour of three herbicides in a field experiment under bare soil conditions. *Agricultural Water Management* 84: 53-64.

[2] Laitinen, P., Rämö, S., Nikunen, U., Jauhiainen, L., Siimes, K. and Turtola, E. 2009. Glyphosate and phosphorus leaching and residues in boreal sandy soil. *Plant and Soil* 323: 267-283.

[3] Uusi-Kämppä, J., Rämö, S., Uusitalo, R., Petruneva, E., Lemola, R. ja Turtola, E. 2015. Glyfosaatin kulkeutuminen muokatulla ja muokkaamattomalla savimaalla. *Maaperätieteen päivät 2015*. (Tämä julkaisu)

[4] Jarvis, N. ja Larsbo, M. 2012. MACRO (v5.2): Model use, calibration and validation. *Transactions of the ASABE* 55: 1413–1423.

[5] Senilä, K., Siimes, K. ja Uusitalo, R. 2015. Mallin testaus: Glyfosaatin kulkeutuminen savimaalta vesistöön. *Maaperätieteen päivät 2015*. (Tämä julkaisu)

[6] Siimes, K., Koivusalo, H., Lemola, R. ja Turtola, E. 2014. (Käsikirjoitus)

Islantilaisten aavikoiden mikroyhteisöt ja niiden muuttuminen ekologisen kunnostuksen myötä

Microbial communities of Icelandic desert Andosols, and their changes during ecological restoration

Anu Mikkonen[1,2], Ólafur Arnalds[2] ja Noah Fierer[1]

[1] Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado, 80309 Boulder, Colorado, USA
[2] Agricultural University of Iceland, Keldnaholt. 112 Reykjavík, Iceland

Johdanto

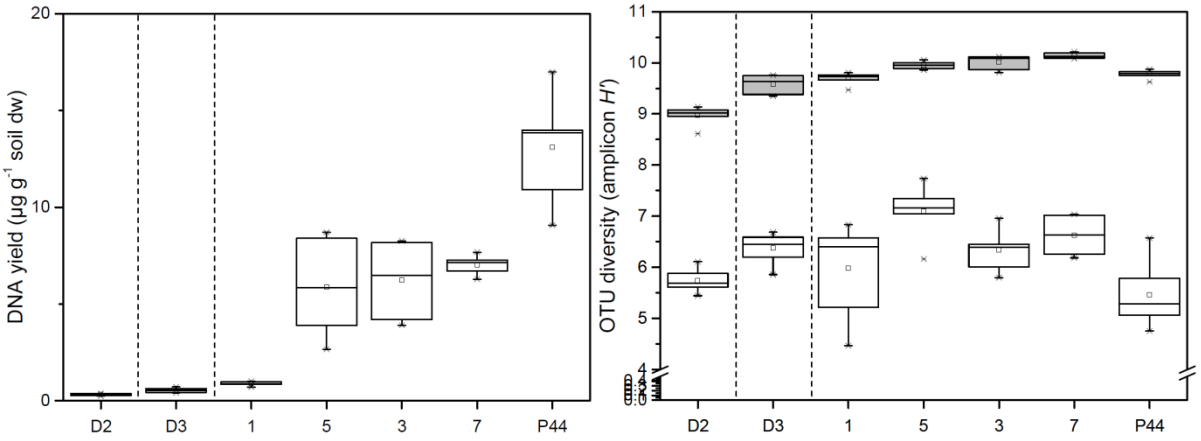
Ylilaidunnus ja alkuperäisten koivikoiden ylimitoitetut hakkuut pian Islannin asuttamisen jälkeen yli tuhat vuotta sitten altistivat maan eroosiolle ja tuottivat ”kuumaiseman”, josta saaren nykyisin tunnemme. Tuuli- ja sade-eroosio, toistuvat jäätymis-sulamis –syklit sekä routanousu ovat pitäneet ravinteikkaat mutta koheesioltaan heikot andosolimaat paljaina vuosisadasta toiseen. Runsaista sademääristä (jopa >2000 mm vuodessa) huolimatta näitä tuottamattomia ja hiekkamyrskyille alttiita joutomaita, jotka peittävät jopa 35-45 % saaren pinta-alasta, on perinteisesti kutsuttu aavikoiksi. Aavikoiden jälleenkasvittamisen, kattavammin ekologista kunnostamisen, tutkimusta ja testaamista johtaa maailman vanhin Maankunnostuslaitos (Soil Conservation Service). Pitkäaikaiskokeita on tehty erilaisilla lannoitus-, kylvö- ja istutuskäsittelyillä niin koto- kuin vierasperäisilläkin lajeilla, vaihtelevin tuloksin [1]. Tutkimuksemme tavoitteena oli ensimmäistä kertaa kuvata sateisten islantilaisten aavikkomaiden mikrobikirjoa sekä sen muuttumista erilaisten kiisteltyjenkin kunnostustoimenpiteiden myötä syväluotaavin molekyylibiologisin menetelmin. Hypoteesinamme oli, että hiilipitoisuus on merkittävin yksittäinen maan mikrobiston kokoa ja koostumusta kuvaava ominaisuus.

Aineisto ja menetelmät

Kuusi rinnakkaisnäytettä mineraalimaan ylimmästä 5 cm:stä kerättiin kasvukauden 2013 lopussa kolmelta eteläislantilaiselta aavikolta, joilla on kullakin eri vaikuttajatulivuori ja siten erilainen mineraalikoostumus. Kolmannelta aavikolta kerättiin vastaavat näytteet myös neljästä eri 13 vuotta kestäneestä kunnostuskäsittelystä (3: NP-lannoitus + kotoperäisiä ruoholajeja, 5: alaskanlupiini, 7: NP-lannoitus + kotoperäisiä ruoholajeja + koivua ja pajua riveissä) sekä 59 vuotta vanhalta kunnostusalueelta (P44: NP-lannoitus + kotoperäisiä ruoholajeja). Kustakin kokoomanäytteestä määritettiin taustatietoina mm. kuivapaino, vedepidätyskyky, totaali-C ja -N, pH_{H2O}, pH_{KCl}, lajitekoostumus, allofaani, ferrihydriitti ja mikrobibiomassa. Mikrobiyhteisökoostumus määritettiin maasta suoraan uutetusta DNA:sta, jota monistettiin PCR:llä prokaryoottispesifisillä (16S rRNA –geeni – bakteerit ja arkit) sekä sienispesifisillä (ITS1-alue) alukkeilla. Barcode-tunnistussekvessijaksoilla näytekohtaisesti merkityt PCR-tuotteet sekvensoitiin molemmista suunnista Illumina MiSeq –tekniikalla. Sekvenssiraakadata suodatettiin, tunnistettiin ja analysoitiin Qiime- ja Uparse-ohjelmilla käyttäen hyväksi Greengenes- ja Unite-referenssitietokantoja. Lopulliset analyysit tehtiin prokaryooteille 13 000 klassifioidulla sekvenssillä per näyte, kun taas sienisekvenssejä oli kustakin näytteestä 17 000.

Tulokset ja tarkastelu

Hiekkaisten kasvipeitteettömien aavikkomaiden C-pitoisuus oli 0,03-0,3 %. Hiili- ja typpipitoisuudet sekä mikrobibiomassa nousivat kun taas pH laski kunnostuskäsittelyiden myötä. Sekä prokaryoottisten mikrobien että sienten lajikirjo ensin nousi ja sitten laski pH-muutoksen myötä.



Kuva 1. Mikrobiston määrän ja monimuotoisuuden muutokset ekologisissa kunnostuskäsittelyissä. Kohteet ja käsittelyt on järjestetty nousevan hiilipitoisuuden mukaan, kustakin kuusi riippumatonta rinnakkaista. Kolme eri aavikkoa on erotettu katkopystyviivoin. Kolmannella aavikolla 1 on käsittelemätön (13 vuotta), 5, 3 sekä 7 kylvö- ja/tai lannoituskäsittelyjä (13 vuotta), P44 vastaa käsittelyä 3 (59 vuotta). Vasemmalla mikrobibiomassa (DNA-saanto) ja oikealla OTU-perusteinen Shannonin diversiteetti-indeksi prokaryooteille (16S rRNA –geeni, harmaa) ja sienille (ITS1-alue, valkoinen).

Kunnostamattomilla aavikoilla proteobakteerit, aktinobakteerit ja asidobakteerit dominoivat maaperän bakteeriyhteisöä, kun taas yleisin arkkifyyla oli euryarkit. Paljaissa maissa syanobakteerit muodostivat alle prosentin prokaryoottiyhteisöstä, mutta niiden suhteellinen osuus kasvoi kunnostuskäsittelyiden myötä. Tämä tulos tukee aiempia havaintoja, etteivät aavikoilla yleensä tyypilliset, syanobakteerien dominoivat paljaan maan pintaa stabiloivat kuorirakenteet (biological soil crusts) menesty islantilaisissa maissa ilman kasvillisuuden tarjoamaa suojaa rajoilta eroosiotekijöiltä. Muilta osin aavikoiden ekologiseen kunnostukseen liittyvät muutokset maaperän prokaryoottifyylojen suhteellisissa osuuksissa muistuttivat hämmästyttävän paljon eroja, jotka aiempi tutkimus totesi aavikoiden ja kasvillisten biotooppien välillä [2]. Kaiken kaikkiaan kunnostusmenetelmä (käytetty lajisto, lannoitusta vai ei) näytti määrittävän prokaryoottilajistoa vähemmän kuin muuttuneet maan fysikaalis-kemialliset olosuhteet. Sieniyhteisöt sen sijaan olivat laikuttaisempia ja valtaryhmät kohde- tai jopa näytekohtaisia.

Tutkimuksemme esittelee ensimmäisiä tuloksia islantilaisten sateisten aavikoiden mikrobistosta, vertaillen niitä kylmiin ja kuumiin aavikoihin ja etsien hiiliköyhiä tuottamattomia maita yhdistäviä tekijöitä. Osoitamme mikrobiston muutosten aavikko-andosolien ekologisen kunnostuksen myötä olevan monin tavoin verrattavissa eroihin, joita on aiemmin havaittu kuivien aavikoiden ja kosteampien kasvipeitteisten biotooppien välillä [2]. Tuloksemme edistävät ymmärrystämme maan hiilipitoisuuden merkityksestä sen mikrobiyhteisölle. Syvällisempi käsitys maan mikrobisukkession ja ekologisen kunnostuksen vaikutuksesta toisiinsa voi myös auttaa tekemään paremmin perusteltuja aavikoiden kunnostusratkaisuja.

Kirjallisuus

[1] Arnalds, O., Orradottir, B. and Aradottir, A.L. 2012. Carbon accumulation in Icelandic desert Andosols during early stages of ecological restoration. *Geoderma* 193–194: 172–179.
[2] Fierer, N., Leff, J.W., Adams, B.J., Nielsen, U.N., Bates, S.T., Lauber, C.L., Owens, S., Gilbert, J.A., Wall, D.H. and Caporaso, J.G. 2012. Cross-biome metagenomic analyses of soil microbial communities and their functional attributes. PNAS 109: 21390–21395.

Postglasiaalisiirrosten (PGS) tunnistaminen laserkeilauksella ja maatutkalla

Recognition of postglacial faults (PGFs) with airborne LiDAR and ground penetrating radar

Raimo Sutinen[1)], Eija Hyvönen [1)], Pekka Hänninen[2)]

[1)] Geologian tutkimuskeskus, PL 77, 96101 Rovaniemi
[2)] Geologian tutkimuskeskus, PL 96, 02150 Espoo

Postglasiaalisiirrokset (PGS) ovat ydinvoimateollisuuden ja ydinjätteen loppusijoitustutkimusten kannalta geologisia avaintekijöitä. Tunnetut siirrokset, samoin kuin resentti seisminen aktiivisuus keskittyy Pohjois-Suomeen. Lentomittauksena tehtävä laserkeilaus (LiDAR) mahdollistaa yksityiskohtaisten pinnanmuotojen havainnoinnin ja analysoinnin, joka erityisesti Lapin supra-akvaattisilla alueilla on tuonut uuden ulottuvuuden siirrosten tutkimuksiin [1,2]. Lapissa kuitenkin aapasuot peittävät merkittävän osan maa-alasta, josta johtuen siirrosten jatkuvuuden seuraaminen ei onnistu ilman luotauksia.

Saimme tutkimuskäyttöömme Metsäkeskuksen LiDARin Kolarin alueelta. Lentoaineiston käsittely, mukaan lukien pintasignaalin TDR(tilt derivative)-muunnokset paljastivat useita ennen tuntemattomia siirroksia/siirrosparvia. Siirosten epäjatkuvuuskohdat aapasoiden alla muodostivat kuitenkin tutkimuksellisen haasteen. Tähän sovelsimme 100 MHz:n tutkaa linjamittauksina aapasuon pinnalla. Kävi ilmi, että tutkasignaali vaimeni tai hävisi siirroksen kohdalla. Pohjaturpeesta tehdyt biogeokemian analyysit vahvistivat siirroksen vs. taustan selvän kontrastin.

Kirjallisuus

[1] Sutinen R., Hyvönen, E., Kukkonen, I. 2014. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 27, 91-99. 713 – 732.
[2] Sutinen, R., Hyvönen., E., Middleton, M., Ruskeeniemi, T. 2014. Global and Planetary Change 115, 24-32.

Hiili Helsingin puistojen maaperässä

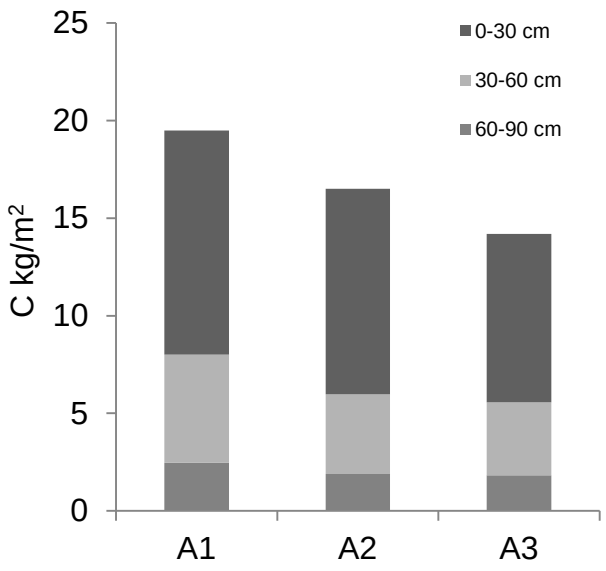
Carbon in Helsinki park soils

Anu Riikonen[1], Leena Lindén[2] ja Eero Nikinmaa[1]

[1]Metsätieteiden laitos, PL 27, 00251 Helsingin yliopisto
[2]Maataloustieteiden laitos, PL 27, 00251 Helsingin yliopisto

Yksi kaupunkivihreän tarjoamista ekosysteemipalveluista on hiilen sidonta ja varastointi. Sen estimoinnissa maaperä jätetään yhä usein huomiotta, vaikka toisaalta jo tiedetään, että kaupunkimaassa voi olla yllättävän paljon hiiltä [1, 2]. Helsingin puistojen puuston hiilivarastoa ja –sidontaa on tutkittu jo aiemmin [3]. Selvitimme Helsingin rakennettujen viheralueiden kasvipeitteisen maaperän hiilivarastoa. Halusimme vertailla maapohjaltaan erilaisten, eri-ikäisten ja eri hoitoluokkiin kuuluvien puistojen maan hiilivarastoa ja tarkastella kasvillisuustyypin vaikutusta maan hiilivarastoon ja sen syvyysprofiiliin. Samalla laskettiin Helsingin A-hoitoluokituksen puistojen maaperän hiilivarastolle estimaatti. Tällaisia puistoja on Helsingissä noin 900 hehtaaria.

Hanketta varten kerättiin maanäytteitä niistä 15 Helsingin puistosta, joissa oli kaikki A-hoitoluokat ja joissa ei ollut näytteenottoa estäviä tekijöitä, kuten puutteellisesti kartoitettuja voimavirtakaapeleita. Lisäksi kerättiin näytteet 15 satunnaisesta puistosta, joissa on useampaa kuin yhtä A-hoitoluokkaa. Näytteet eroteltiin 0-30, 30-60 ja 60-90 cm näytteenottosyvyyksiin. Näin saatiin yhteensä 420 näytettä 240 näytepisteestä. Näistä määritettiin hiilen määrä maassa hehkutushäviön määrityksellä (lisäksi 80 satunnaista näytettä määritettiin Dumas-kuivapoltolla; LOI x 0.509=C, R^2=0.92). Saadun aineiston C-pitoisuudet eivät olleet normaalijakauman mukaiset, mikä rajoittaa tilastollisten menetelmien käyttöä; tässä käytettiin Kruskalin-Wallisin ja Wilcoxonin testiä. Lisäksi puistojen ikätietojen saanti osoittautui haastavaksi erityisesti remonttien osalta; osalle puistoista annettu ikäarvio on varsin epävarma.

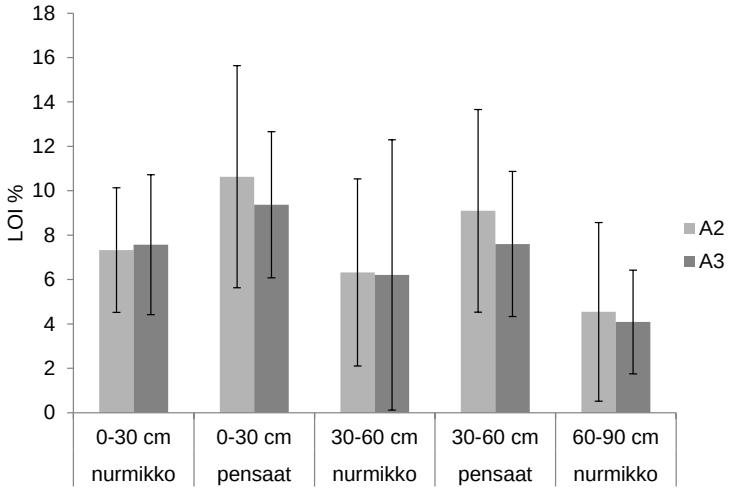


Kuva 1. Hiilen jakautuminen eri maakerrosten välillä eri hoitoluokkien puistojen nurmikoilla

Puistojen kasvillisuuspeitteisessä maaperässä havaittiin olevan hiiltä keskimäärin vähintään n. 150 tC/ha, n. 5 kertaa enemmän kuin puistojen puustoon [3] ja 2-3 kertaa enemmän kuin keskimäärin metsä- ja peltomaahan on sitoutuneena [4,5]. Tämä selittynee pitkälti sillä, että hiiltä on puistojen maaprofiilissa myös syvemmällä kuin tyypillisesti on luonnonmaissa (Kuva 1). Huomioitaessa puistojen kasvipeitteettömät, ns. kovat pinnat (ja olettaen että niiden maaperässä ei ole hiiltä) puistojen maaperän hiilivarasto putoaa noin 100 tonniin per hehtaari.

.

Maan hiiltä oli pensasistutuksissa enemmän kuin nurmikoilla (Kuva 2), ehkä osin pensaiden alla yleisesti käytetyn hakekatteen vaikutuksen vuoksi. Pohjamaan laadulla ei kallioisuutta lukuun ottamatta näyttänyt olevan selkeää vaikutusta maan hiilivarastoon. Myöskään puiston iän vaikutusta ei voitu osoittaa, mutta aineiston korkeimmat C-varastot löytyivät 1920..1970 rakennetuista puistoista ja pienimmät nuorimmista (2000-luvulla rakennetut). Sekä nurmikon että pensaiden kasvualustoista tavattiin korkeampia hehkutushäviöitä kuin nykyisten suositusten ja rakentamisohjeiden perusteella olettaisi, mikä viittaa siihen, että puistojen maaperä voi olla hiilen nettositoja ainakin jossakin vaiheessa puiston elinkaarta. A3-hoitoluokan nurmikoilla kasvualustan hiilipitoisuus oli erityisen selvästi suositusarvoja korkeampi. Koska näissä puistoissa remontointisykli on pääosin myös pidempi kuin korkeammissa hoitoluokissa, viittaa tämä siihen, että erityisesti alempien hoitoluokkien alueilla voi olla potentiaalia toimia nettohiilensitojina myös maaperän osalta.



Kuva 2. Nurmikon ja pensasistutusten kasvualustojen hehkutushäviö (paino-%) hoitoluokissa A2 ja A3 0-30, 30-60 ja 60-90 cm:n kerroksissa (n≥6). Pensasalueilta ei saatu riittävästi näytteitä 60-90 cm:n syvyydeltä.

Kirjallisuus:

[1] Edmondson, J., Davies, Z., McHugh, N., Gaston, K., Leake, J. 2012. Organic carbon hidden in urban ecosystems. Scientific repots 2 : 963.
[2] Poyat R., Groffman, P., Yesilonis, I., Hernandez, L. 2002. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. Environmental Pollution 116: 107-118.
[3] Turunen, S. 2013. Helsingin puistoviheralueiden hiilen sidonta- ja varastointikapasiteetti. Maisterintutkielma, maataloustieteiden laitos, Helsingin yliopisto 2013.
[4] Liski J. et al. 2006. Carbon accumulation in Finland's forests 1922-2004 - an estimate obtained by combination of forest inventory data with modelling of biomass, litter and soil. Ann. of For. Sci. 63: 687-697.
[5] Heikkinen J., Ketoja E., Nuutinen V., Regina K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. Global Change Biology 19, 1456-1469.

Hienojuurten elinikä ja kariketuotoksen hiili ilmastollisesti erilaisissa metsiköissä

Fine root longevity and carbon input into soil from below- and aboveground litter in climatically contrasting forests

Jaana Leppälammi-Kujansuu[1], Lasse Aro[2], Maija Salemaa[2], Karna Hansson[3], Dan Berggren Kleja[4], Heljä-Sisko Helmisaari[1]

[1] Helsingin yliopisto, Metsätieteiden laitos, jaana.leppalammi-kujansuu@helsinki.fi, helja-sisko.helmisaari@helsinki.fi
[2] Metsäntutkimuslaitos, Parkanon yksikkö, lasse.aro@metla.fi; Vantaan yksikkö, maija.salemaa@metla.fi
[3] Centre INRA de Nancy, karna.hansson@nancy.inra.fr
[4] Swedish Univ. Agricultural Sciences, Dept. Soil and Environment, Dan.Berggren@slu.se

Metsien maaperän hiilivaraston muutoslaskelmiin liittyy suuri epävarmuus puiden hienojuurten eliniästä sekä vuotuisen juurikarikkeen myötä maahan kulkeutuvan hiilen määrästä. Tiedetään, että koko puun biomassasta hienojuuret muodostavat vain pienen osan, mutta niiden osuus vuotuisesta kariketuotannosta saattaa olla paljon suurempi. Tässä tutkimuksessa [1] määritettiin kuusen (*Picea abies* L. (Karst.)) hienojuurten elinikä sekä maanalaisen ja maanpäällisen kariketuotannon määrä kahdessa ravinteisuudeltaan ja lämpötilaoloiltaan erilaisessa metsikössä. Myös aluskasvillisuuden kariketuotanto määritettiin. Lopuksi vertailtiin eri karikeositteiden suhteita pohjois-etelä-gradientilla ottamalla mukaan karikeaineisto neljästä ruotsalaisesta kuusikosta [2,3].

Hienojuurten kariketuotanto laskettiin määrittämällä hienojuurten elinikä miniritsotroni-menetelmällä ja hienojuurten biomassa maakairanäytteistä. Puiden maanpäällinen karikesato kerättiin 3-4 vuoden ajan ja aluskasvien kariketuotanto määritettiin peittävyyden ja vuotuisen biomassatuotannon avulla. Laskennassa oletettiin hiilen määräksi 50% kariketuotannosta.

Pohjoisen vähäravinteisemmassa kuusikossa hienojuuret elivät kaksi kuukautta pidempään (97 viikkoa) kuin eteläisessä kuusikossa (89 viikkoa). Aluskasvillisuuden hienojuurten elinikä oli sama kuin eteläisen metsikön kuusten, mutta aluskasvillisuus koostuu useista lajeista. Pohjoisessa oli myös enemmän hienojuuribiomassaa ja mykorritsallisia lyhytjuurenkärkiä puuston pohjapinta-alaa kohti, mikä viittaa puiden tehostuneeseen ravinteidenottoon vähäravinteisesta metsämaasta lyhyen kasvukauden aikana. Maaperän ravinteisuuden väheneminen (orgaanisen kerroksen korkeampi C:N -suhde) selitti kuitenkin paremmin hienojuurikarikkeen (sekä aluskasvillisuuden että puiden) määrän lisääntymistä suhteessa maanpäälliseen kariketuotantoon kuin maantieteellinen sijainti.

Lähes kaikissa metsiköissä maanalaisen karikkeen hiilen määrä ylsi maanpäällisen kariketuotannon tasolle, mikä osoittaa juurikariketuotannon olevan merkittävä osa boreaalisten metsiemme hiilenkiertoa. Myös aluskasvillisuuden kariketuotanto oli merkittävä. Maanpäällisen ja maanalaisen kariketuotannon suhteiden muutos maaperän ympäristötekijöiden muuttuessa saattaa vaikuttaa maaperän hiilivarastoon ja sen pitkäaikaiseen pysyvyyteen. Tämä aihepiiri on tärkeä jatkotutkimuskohde.

Kirjallisuus:

[1] Leppälammi-Kujansuu et. al. 2014. Fine root longevity and carbon input into soil from below- and aboveground litter in climatically contrasting forests. *Forest Ecology and Management* 326:79-90.
[2] Kleja et al. 2008. Pools and fluxes of carbon in three Norway spruce ecosystems along a climatic gradient in Sweden. *Biogeochemistry* 89, 7–25.
[3] Hansson et al. 2013. Fine root production and turnover of tree and understorey vegetation in Scots pine, silver birch and Norway spruce stands in SW Sweden. *Forest Ecology and Management* 309:58-65.

Kasvin ja orgaanista ainesta hajottavien entsyymien vaikutus maan orgaanisen typen muotoon ja varastoihin

Stimulation of soil organic nitrogen pool: effect of plant and soil organic matter degrading enzymes

Antti-Jussi Kieloaho[1,2], Maria Dominguez[3], Sanna Kanerva[1], Jevgeni Parshintsev[4], Marja-Liisa Riekkola[4], Jukka S. Pumpanen[3], Mari Pihlatie[2] ja Jussi Heinonsalo[1]

[1] Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Helsingin yliopisto
[2] Fysiikan laitos, Helsingin yliopisto
[3] Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto
[4] Kemian laitos, Analyyttisen kemian laboratorio, Helsingin yliopisto

Johdanto

Boreaalisessa metsämaassa suurin osa typestä on orgaanisessa muodossa [1]. Maan typpivarastot ovat metsämaassa suuria mutta silti typen saatavuus kasveille on metsän tuottavuutta rajoittava tekijä. Stevenson [2] arvioi, että maaperän typestä 30-35 % on orgaaniseen matriisiin sitoutuneita proteiineja. Jotta proteiinit olisivat käyttökelpoisia maaperän organismeille ja kasveille on proteiinityyppinen aines saatava irti maan orgaanisesta aineksesta. Lisäksi proteiinit täytyy hajottaa aminohapoiksi, joita monet mikrobit ja kasvit voivat hyödyntää [3].

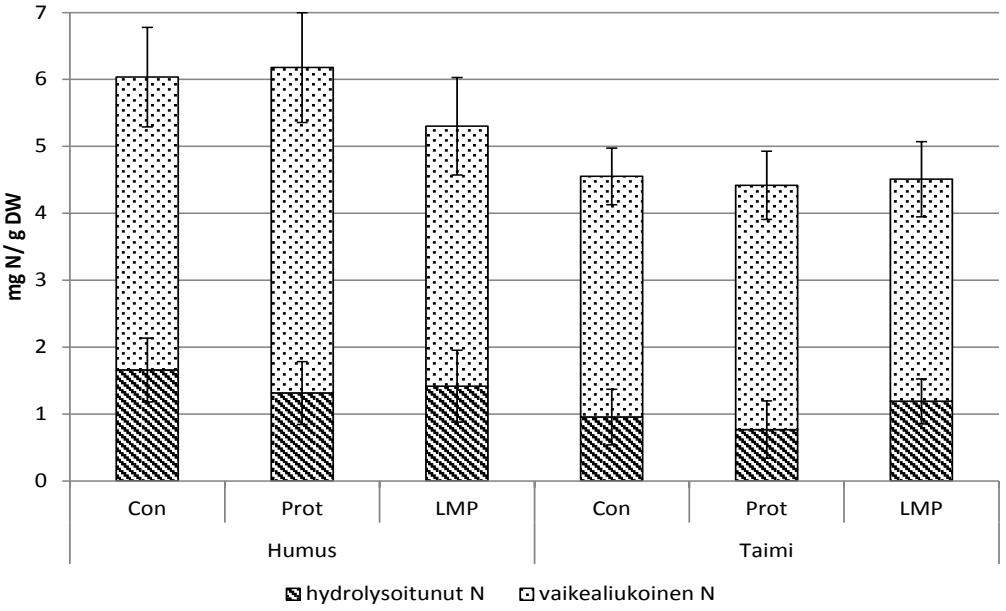
Kokeen tarkoitus oli keinotekoisesti stimuloida orgaanisen aineen hajotusta ja typen vapautumista lisäämällä maahan a) proteiineja aminohapoiksi pilkkovia proteaasientsyymejä (Prot), b) proteaasientsyymejä ja maan orgaanista ainesta hajottavia lakkaasi- ja mangaaniperoksidaasientsyymejä (LMP), tai c) kontrollikäsittelynä BSA-proteiinia (Con), jolla ei ole toiminnallista merkitystä maaperässä. Koe tehtiin ilman kasvia ja kasvin (mänty, *Pinus sylvestris* L.) kanssa. Kokeessa tutkittiin käsittelyjen vaikutusta maan kokonaistyppeen, mineraalityppeen (ammonium ja nitraatti) ja orgaaniseen typpeen (aminohapot, amiinit, uuttuvat proteiinit, happohydrolysoituva typpi).

Aineisto ja menetelmät

Kokeessa käytettiin Hyytiälän metsäaseman mäntymetsästä haettua podsolimaannoksen orgaanisen kerroksen maata, josta poistettiin juuret, seulottiin 4 mm:n seulan läpi ja homogenisoitiin ennen kasvatusastioihin laittoa. Taimet ja taimettomat käsittelyt pidettiin samoissa olosuhteissa kasvihuoneella 8 kk:n ajan. Entsyymikäsittely tehtiin kokeen loppupuolella jolloin kuuden viikon aikana entsyymiliuoksia pipetoitiin suoraan maahan yhteensä yhdeksän kertaa. Lisäysten jälkeen koe jatkui kuukauden, jonka jälkeen se purettiin. Maasta määritettiin suoraan kokonaistyppi ja kuivatusta maasta MSA-hapolla (metaanisulfonihappo, CH_3SO_3H) hydrolysoituva typpi. Ammonium, nitraatti, kokonaisaminohapot, amiinit sekä liukoinen proteiini määritettiin KCl–uutteesta ja proteiinityyppinen aines fosforipuskurista fenolisaostuksella.

Tulokset ja tarkastelu

Tulosten perusteella kasvin mukanaolo vaikutti maan kokonaistyppipitoisuuteen merkitsevästi ja kasvin vaikutus peittosi alleen entsyymikäsittelyjen vaikutuksen. Sen sijaan kasvittomilla mailla lakkaasi-, mangaaniperoksidaasi- ja proteaasikäsittely (LMP) laski maan kokonais typpipitoisuuden tilastollisesti merkitsevästi samalle tasolle kuin kasvillisissa käsittelyissä. Proteaasientsyymi (Prot) ilman orgaanista ainesta hajottavia entsyymejä ei muuttanut maan typpimäärää.



Kuva 1. Maan kokonaistypen jakautuminen MSA-hapolla hydrolysoituneeseen ja hydrolysoitumatta jääneeseen (vaikealiukoinen) typpeen kokeen eri käsittelyissä.

Muutos maan kokonaistypen määrässä ei vaikuttanut hydrolysoituneen ja vaikealiukoisen typen suhteeseen mikä viittaa siihen, että myös alun perin vaikealiukoisesta lähtömateriaalista (vrt. Con-käsittely) on täytynyt vapautua typpeä käsittelyjen seurauksena. Tulokset viittaavat siihen, että kasvi lisää maan orgaanisen aineksen hajotustoimintaa yhtä paljon tai enemmän kuin proteiineja ja orgaanisia yhdisteitä hajottavien entsyymien keinotekoinen lisäys. Tulokset tukevat käsitystä, että fotosynteesin tuottamat ja kasvin maahan allokoimat hiiliyhdisteet lisäävät vaikeasti hajoavan orgaanisen aineksen hajotusta ns. priming-vaikutuksen avulla [4]. Kasvien vaikutusta maan orgaanisen aineksen hajotukseen on syytä tutkia lisää jotta kasvien merkitys maaperän hiilivaraston muutokseen voidaan arvioida paremmin.

Kirjallisuus

[1] Korhonen, J.F.J., Pihlatie, M., Pumpanen, J., Aaltonen, H., Hari, P., Levula, J., Kieloaho, A.-J., Nikinmaa, E., Vesala, T., Ilvesniemi, H., 2013. Nitrogen balance of a boreal Scots pine forest. *Biogeosciences Discussions* 9, 11201-11237

[2] Stevenson, F.J. 1986. Cycles in soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients. John Wiley & Sons, New York

[3] Inselbacher, E. ja Näsholm, T. 2012. The below-ground perspective of forest plants: soil provides mainly organic nitrogen for plants and mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 195: 329–334.

[4] Lindén, A., Heinonsalo, J., Buchmann, N., Oinonen, M., Sonninen, E., Hilasvuori, E. ja Pumpanen, J. 2014. Contrasting effects of increased carbon input on boreal SOM decomposition with and without presence of living root system of *Pinus sylvestris* L. *Plant Soil* 377 (1-2): 145-158.

Yhteyttä etsimässä: Sienijuurisymbioosin vaikutus kuusen kasvuun

In search for the link between growth of Norway spruce and the diversity of symbiotic ectomycorrhizal fungi

Sannakajsa Velmala[1], Tiina Rajala[1] ja Taina Pennanen[1]

[1] Luonnonvarakeskus, Jokiniemenkuja 1, Vantaa

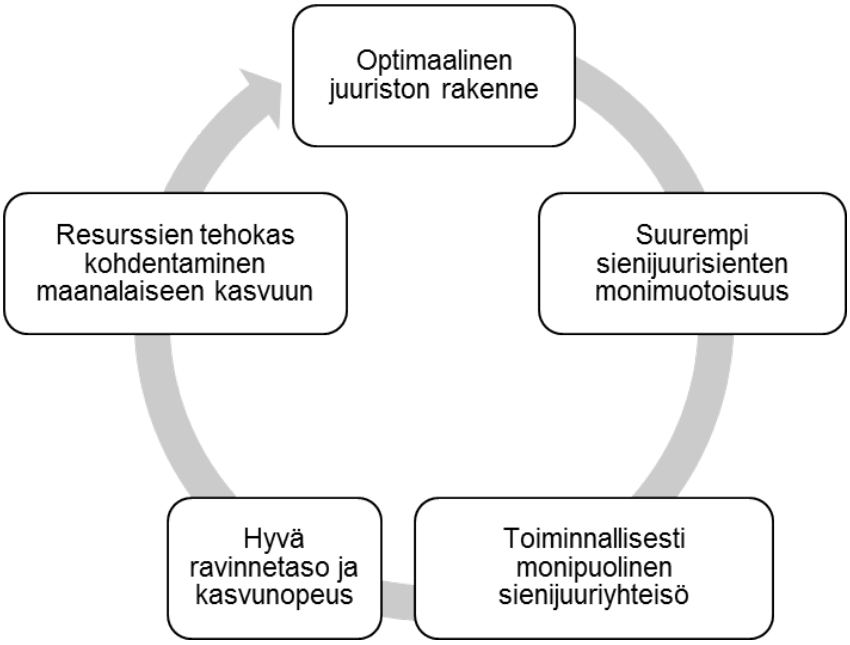
Kuusen (*Picea abies*) juurissa elää runsaslajinen sienijuurisienten yhteisö. Tutkimusryhmämme on aikaisemmin havainnut eroavaisuuksia eri tavoin kasvavien kasvullisesti lisättyjen kuusten sienijuuriyhteisöissä: Nopeakasvuisten kuusten juurissa oli 40 % enemmän sienijuurisienilajeja kuin saman ikäisillä hidaskasvuisilla kuusilla [1].

Viimeaikoina olemme tutkineet kuusen perimän vaikutusta taimivaiheen sienijuurisieniyhteisöjen rakenteeseen, ja näiden sieniyhteisöjen yhteyttä isäntäpuun kasvuun, resurssien kohdentamiseen sekä juuriston rakenteeseen. Klonaalisten pistokastaimien avulla olemme tutkineet kuusentaimien pintasienijuurisienten yhteisörakenteen periytyvyyttä. Infektioalttiuden ja pintasienijuurten toiminnan yhteyttä kasvuun selvitimme puolestaan eri alkuperää olevilla yksivuotiailla kuusen siementaimilla, jotka poikkesivat toisistaan myöhemmän kasvuvaiheen ilmiasultaan.

Isäntäpuu sääteli osittain pintasienijuurisienten kolonisaatiota, mutta ei suoraan näiden sienten lajimäärää tai infektioalttiutta [2]. Tutkimustulostemme perusteella näyttää siltä, ettei kuusella esiinny voimakasta populaation sisäistä geneettistä valintaa symbionttisten sieniyhteisöjen lajeja kohtaan [2, 3]. Myöhemmässä kasvuvaiheessa nopea- ja hidaskasvuisten kuusentaimien pintasienijuurisienten yhteisörakenteet olivat taimivaiheessa hyvin samanlaiset [3, 4], mikä merkitsee sitä, että aiemmin havaitsemamme erot sienien monimuotoisuudessa [1] ovat todennäköisesti seurausta kuusialkuperien kasvueroista, eivät syynä niihin.

Hienojuurten tiheys osoittautui periytyväksi ominaisuudeksi [2]. Suurimmat erot nopea- ja hidaskasvuisten kuusialkuperien siementaimien välillä ilmenivät juurten haarautumisessa ja resurssien kohdentamisessa [3, 4]. Hitaasti kasvavista alkuperistä peräisin olevat siementaimet kasvattivat tiheät juuristot, joissa oli paljon juurenkärkiä. Nopeakasvuisten alkuperien taimet kohdensivat enemmän resursseja maanalaiseen kasvuun, ja niiden juuret levittäytyivät hidaskasvuisia taimia laajemmalle, ja juuristotasolla niillä oli myös enemmän ravinteidenottopotentiaalia kuin hidaskasvuisten alkuperien taimilla [3].

Riittävä ravinnetaso on edellytys hyvään kasvuun. Sienijuurisymbioosin ja kasvun yhteys saattaakin piillä ***resurssien kohdentamisessa*** oikeassa suhteessa maan alle erityisesti taimivaiheen aikana. Pitkällä aikavälillä ***sopivat juuriresurssit*** mahdollistavat kuuselle monipuolisen pintasienijuurisieniyhteisön kehityksen, joka puolestaan takaa monipuolisen toiminnan kautta ***riittävän veden ja ravinteiden*** saannin karussa metsämaassa. Hyvä ravinnetila voi edelleen johtaa ***kerääntyvän hyvän kierteeseen***, joka voi olla yksi syy kuusen kasvueroihin (Kuva 1).



Kuva 1. Otaksuttu kerääntyvän hyvän kierre, joka voisi selittää hyvän kasvun ja monipuolisen sienijuurilajiston yhteyttä kuusella

Kirjallisuus

[1] Korkama T., Pakkanen A. and Pennanen T. 2006. Ectomycorrhizal community structure varies among Norway spruce (*Picea abies*) clones. *New Phytologist* 171:815–824

[2] Velmala S.M., Rajala T., Haapanen M., Taylor A.F.S. and Pennanen T. 2013. Genetic host-tree effects on the ectomycorrhizal community and root characteristics in Norway spruce. *Mycorrhiza* 23:21–33

[3] Velmala S.M., Rajala T., Heinonsalo J., Taylor A.F.S. and Pennanen T. 2014. Profiling functions of ectomycorrhizal diversity and root structuring in fast- and slow-growing Norway spruce seedlings. *New Phytologist* 201:610–622

[4] Velmala S.M., Rajala T., Smolander A., Petäistö R-L., Lilja A. and Pennanen T. 2014. Infection with foliar pathogenic fungi does not alter the receptivity of Norway spruce seedlings to ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil* DOI:10.1007/s11104-014-2238-y

Impacts of soil salinity on aspen tree growth and its soil fungal community in nursery

Lu-Min Vaario[1], Raimo Jaatinen[2], Susanna Huhtiniemi[1], Pertti Pulkkinen[2]

[1]The Finnish Forest Research Institute, Vantaa, Finland;
[2]The Finnish Forest Research Institute, Läyliäinen, Finland

Abstract
Inappropriate irrigation practices and high evaporation in semi-arid regions result in salt accumulation in the soil. Soil salinity limits plant growth and productivity of arable land and is a major concern in boreal ecosystems. Aspen widely distributed genus has adapted for growth on potential remediation sites, and is a fast-growing pioneer species that may gain a competitive advantage under future climate models. In our previous study, we found that the significant intra-specific variation in salt tolerance of aspen, and leaf number indicated salt tolerance in young seedlings. However, aspen roots are normally colonized by ectomycorrhizal fungi in natural environments. In this study, we use two aspens species – European aspen (*Populus tremula*) and hybrid aspen (*P. tremula x P. tremuloides*), our aims were to compare the response of European aspen and hybrid aspen to the soil salinity for the purpose of developing material selection for phytoremediation; to evaluate the effects of soil salinity on the mycorrhizal colonization and soil fungal community of two species trees grown in nursery condition.

Materials and methods
The study was conducted in a nursery in southern of Finland. Seventy five 1-year-old trees of European aspen and hybrid aspen were planted on the commercial sand soil in a plastic house in spring of 2009, which containing 75 plants per each species. From June of 2010, the salt treat plots were irrigated 160 mM NaCl water for once per week in total four times; the control plots were watered with tap water. Same treatments and schedules were applied during 2011 to 2013.

From June of 2010, prior to the 1st salinity irrigation, shoot height (SH), leaf number (LN), leaf area (LA) was recorded every two weeks lasting for two months. The relative growth rate was calculated. In August of 2010, 57 trees in salt treat plot, 41 trees in control plot were randomly selected as ECM sampling plants. One soil corer (diameter, 6 cm), 10 cm east to the target plant was taken. Only roots with diameter of < 2 mm were examined. ECM morphotyping was done with the aid of a stereomicroscope and the criteria and terminology of Agerer (1987-2002) [1]. Representative samples for each morphotype were applied for directly PCR and DNA sequencing. The detail methods of direct PCR and DNA sequence were same as the methods descripted in [2].

Soil sampling for the fungal community analysis was performed for three times in total, respectively in June of 2010 (before salt treat), August of 2011 (after 2-year salt treat) and August of 2013 (after 4-year salt treat). Each time, 6-10 soil samples (1-2 ml) were randomly taken from 10 cm deep from soil surface, 10 cm east to an aspen tree. All samples were stored at -20 C until DNA extraction. The methods of DNA extraction, PCR, DGGE analysis and sequence were same as the description in [3].

Results and Discussion
Soil salinity has the significant negative impacts on shoot growth, leaf appearance and leaf growth on both species. Although the hybrid aspen plants grew bigger than European aspen plants in studies condition, the differences of relative growth rate between two species were

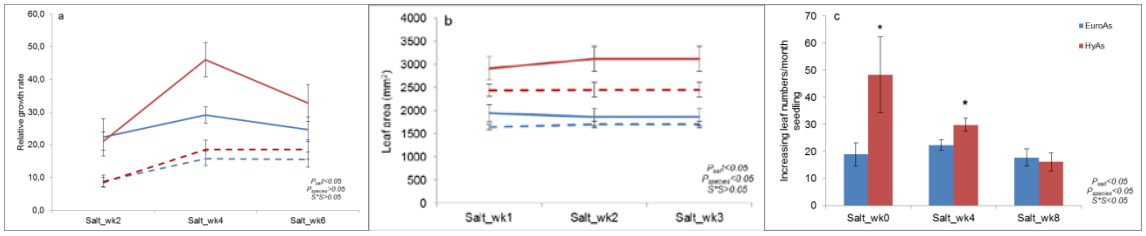


Fig 1. Respones of 2-year old trees of European aspen (blue) and hybrid aspen (red) to soil salinity in nursery. a) relative growth rate, b) leaf area, and c) increased leaf number. *Solid line* indicates control condition, *dash line* indicates salt condition, *Salt_wk2* indicates 2-week after 1st salt treatment, others analogy. Differences in means between treatment or species and interaction of salt treat and species (S*S) were analyzed by analysis (GLM), error bars are standard errors.

not significant. The species significantly influenced on leaf growth which including increased leaf number and leaf area. After 4-week salt treatment, the difference of leaf area between two species was not significant any more (Fig. 1).

There was not significantly effect of four times salinity treatment on ECM colonization intensity, root density for both species. After one year planting in nursery, about 93-94% plants were mycorrhizal plants. Soil salinity and time had significantly influences on soil fungal community in aspen nursery. Prior to the salinity treatment in 2010, eight fungal OTUs were identified from soil samples (starting samples) based on DGGE analysis. After 2-year salt treatment, there were 24 fungal OTUs identified from soil. However, only four fungal OTUs, *Exophiala sp*, two *Hebeloma sp*. and one unknown were overlapped with the starting-samples. Therefore, only *Hebeloma sp*. was again identified from the soil samples after 4-year treatment, where aspen trees have been heavy suffered from soil salinity stress.

In this study, we demonstrated that the growth of aspen young trees in a sandy soil with very limited nutrient availability, and found that soil salinity significantly inhibited tree above ground growth, but the differences of relative growth rate, leaf developing, root density and ECM colonization intensity between two species were not significant. This result indicates that European aspen might cope with certain level soil salinity, which is consistent with our previous study and other studies dealing with European aspen [4, 5]. The second key finding in this study is *Hebeloma sp*. was consistently identified from aspen nursery sandy soil during the study period – four years. *Hebelom sp*. was reported to alleviate salt stress from white spruce seedling [6], which showed reduction of shoot Na uptake and maintain root water conductance as important salt tolerance mechanism related to ectomycorrhizal symbiosis. *Hebeloma sp*. was also one of most abundance fungal OTUs with *P. tremula* growing on a heavy metal contaminated site [7]. It is need to further study the functional connection between *Hebelom sp*. and the salinity tolerance of aspen trees.

References

[1] Agerer R (ed.) 1987-2002. Colour atlas of ectomycorrhizae. 1st-12th eds. Eihnorn-Verlag, Schwäbisch-Gmünd, Germany.

[2] Velmala et al. 2013. Genetic host-tree effects on the ectomycorrhizal community and root characteristics of Norway spruce. Mycorrhiza 23(1): 21-33.

[3] Vaario et al. 2011. Tricholoma matsutake dominates diverse microbial communities in different forest soils. Applied and Environmental Microbiology 77(24): 8523-8531.

[4] Vaario et al. 2011. Leaf number indicates salt tolerance of young seedling families of European aspen (*Populus tremula* L.) growing in different soils. Silva Fennica 45(1): 19-33.

[5] Muhsin & Zwiazek 2002. Ectomycorrhizae increase water conductance and protect white spruce (Picea glauca) seedlings against salt stress. Plant and Soil 238, 217–225.

[6] Ehlting et al. 2007. Interaction of nitrogen nutrition and salinity in Grey poplar (*Populus tremula×alba*). Plant, Cell and Environment 30, 796–811.

[7] Krpata et al. 2008. Ectomycorrhizal communities associated with *Populus tremula* growing on a heavy metal contaminated site. Mycological Research 112: 1069-1079.

Sieniyhteisöjen vuodenaika ja syvyysvaihtelu boreaalisessa metsämaassa

Seasonal and spatial changes of fungal community in boreal forest soil

Minna Santalahti[1], Hui Sun[1,2], Jussi Heinonsalo[1]

[1] Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, PL 56, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Metsätieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Boreaalinen metsämaa on tärkeä hiilinielu. Maan mikrobiyhteisöt toimivat välttämättömissä tehtävissä hajottaen maan orgaanista ainetta ja kierrättäen ravintoaineita. Sienet ovat tärkeitä boreaalisten metsämaiden hiilen ja typen kierrossa. Sienet pystyvät tuottamaan lignoselluloosan hajotuksessa tarvittavia välttämättömiä entsyymejä [1], joten niiden merkitys orgaanisen aineksen hajotuksen alkuvaiheessa on erityisen suuri. Mykorritsasienet muodostavat symbioosin puiden ja varpujen kanssa tehostaen kasvien ravinteiden (mm. typen) ottoa. Vastavuoroisesti mykorritsat saavat fotosynteesistä peräisin olevia hiiliyhdisteitä isäntäkasvilta [2]. Saprotrofit taas hajottavat kuollutta orgaanista ainesta ja vapauttavat ravinteita muiden organismien käyttöön. Maaperässä nämä erilaiset toiminnalliset sieniryhmät elävät ja vuorovaikuttavat keskenään ja näiden vuorovaikutusten tunteminen on tärkeää maaekosysteemin toiminnan ymmärtämiseksi.

Tämän työn tarkoituksena on kuvata sieniyhteisöjen vuodenaika ja syvyysvaihtelua etelä-boreaalisessa mäntymetsässä uudenaikaisia sekvensointimenetelmiä (454 pyrosekvenstointi) käyttämällä.

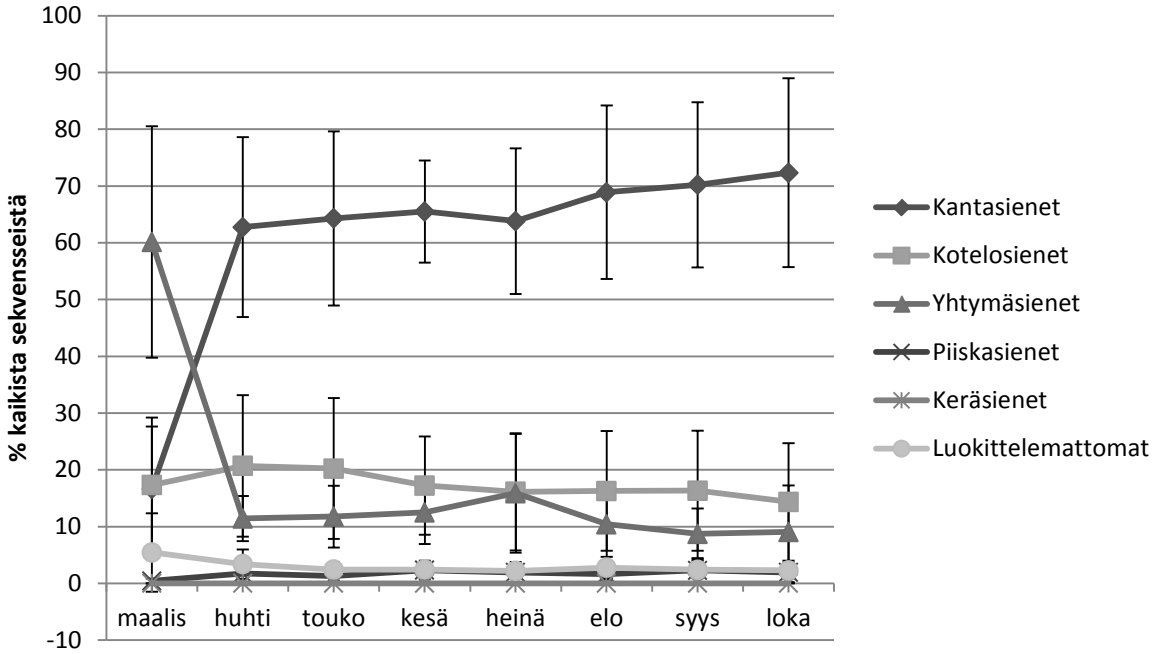
Aineisto ja menetelmät

Maakairanäytteet otettiin Hyytiälän SMEAR II tutkimusasemalla kuukausittain, maaliskuusta lokakuuhun. Ensimmäisen näytteenotto tehtiin lumipeitteen alta ennen kasvukauden alkua. Maanäytteet jaettiin viiteen kerrokseen: karike-, multa-, humus-, huuhtoutumis- ja rikastumiskerros. Maanäytteistä eristettiin DNA Mobion PowerSoil –kitillä ja DNA:sta monistettiin sienten ITS2 -alue spesifisillä alukkeilla. Pyrosekvensointi tehtiin Biotekniikan instituutissa. Sekvenssidata analysoitiin mothur v. 1.31.3 ohjelmalla.

Tulokset ja tarkastelu

Yhteensä 120 DNA-näytteen pyrosekvensointi tuotti yli miljoona raakasekvenssiä, joista yli 700 000 sekvenssiä läpäisi kaikki seulonta- ja laatukriteerit. Sekvenssit luokiteltiin 97 % samankaltaisuuden perusteella 4375 OTU:ksi (Operational Taxonomic Unit). Yli 50 % kaikista sekvensseistä kuului 20 yleisimpään OTU:un.

Kantasienet (basidiomykeetit) olivat yleisin sienten kaari aineistossa (62 % sekvensseistä). Kotelosieniin (askomykeetit) kuului 16 % ja entiseen yhtymäsienten kaareen kuului 17 % kaikista sekvensseistä. Piiskasienet ja keräsienet olivat vähemmistöinä. Kangasrousku (*Lactarius rufus*) oli yleisin laji, jonka osuus kaikista sekvensseistä oli 22 %. Muita yleisimpiä sukuja olivat *Mortierella* (12 %), *Mycena* (7 %), *Piloderma* (5,5 %), *Suillus* (3 %), *Cortinarius* (2 %) ja *Umbelopsis* (2 %).



Kuva 1. Sienten vuodenaikavaihtelu.

Vuodenajan sekä maakerroksen syvyyden vaihtelut aiheuttivat näkyviä muutoksia sieniyhteisön rakenteisiin. Yhtymäsienet ja saprotrofit olivat valtalajeina maaliskuussa lumipeitteen alla, kun taas kasvukauden käynnistyttyä niiden määrä romahti ja Basidiomykeetit ja ektomykoritsoja muodostavat lajit valtasivat alan (Kuva 1). Maakerrosten vertikaalisesta vaihtelusta voitiin havaita että saprotrofiset lajit olivat enemmistönä pinnan karikekerroksessa, jossa on enemmän uutta vastamuodostunutta kariketta hajotettavana, kun taas mykoritsalliset sienilajit viihtyivät pääosin syvemmissä maakerroksissa, jossa maa-aines on enemmän hajonnutta.

Kirjallisuus

[1] Rytioja, J., Hildén, K., Yuzon, J., Hatakka, A., de Vries, R. ja Mäkelä, M.R. 2014. Plant polysaccharide degrading enzymes from basidiomycetes. Microbiology and Molecular Biology Reviews. In Press, doi:10.1128/MMBR.00035-14.
[2] Smith S.E. ja Read D. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Kolmas painos, Academic Press.

Soil physical and chemical disturbance and recovery from stump harvesting

Maaperän fysikaalinen ja kemiallinen häiriintyminen ja toipuminen kantojen korjuusta

Heljä-Sisko Helmisaari, Lilli Kaarakka, Mikael Marjanen, Erno Launonen ja Marjo Palviainen

University of Helsinki, Department of Forest Sciences, P.O.Box 27, 00014 University of Helsinki

Introduction

Forest harvesting practices have changed in the last ten years. One reason is the increased harvesting of other tree parts than stemwood, mainly for energy purposes. In the Nordic countries clear-cutting in combination with site preparation is the predominant method before planting after final felling of Norway spruce stands. At stump removal, also logging residues are regularly removed and the site is prepared on a separate occasion. This combined procedure is likely to cause greater direct effects on forest soil structure than either of these practices alone, leading into exposing, mixing and redistribution as well as compaction of the soil. The intensity of the harvest operations and the site conditions determine the extent of the disturbance [1].

In Finland, stumps were harvested in 2010 on about 10% of the clear felling area (17000–20000 ha, [3]), and this percentage has remained at the same level during recent years. Stump harvesting followed by site preparation means at least three more driving occasions (logging residue harvesting, stump uplifting, and stump transport after drying on the site) compared to stemwood harvesting. Moreover, at some sites stumps are harvested during thaw months and without protecting residues mats logging equipment wheels can cause significant soil damage. Harvesting of coarse roots that otherwise maintain the soil bearing capacity further contributes to soil disturbance. In fact, stump harvesting could be called root system harvesting, as root biomass forms a majority of the harvested stump-coarse root system.

Few studies have so far been done in the Nordic countries on this topic even if there is a great need for scientific information. As stump harvesting in Finland was started during the first years of this millennium, there are no previous studies of soil recovery from stump harvesting. In 2013, we started a study on long-term soil disturbance and soil recovery from chemical and physical load, with emphasis on stump harvesting. Our aim is to determine the soil physical (e.g. disturbance and compaction) and chemical (e.g. C and N contents and the rates of mineralisation and respiration) changes and their recovery in three different sites on which stumps were harvested between 4 and 13 years ago.

Experiments and measurements

The study was made on originally Norway spruce-dominated forests on the same site type (MT) in Hyvinkää (Fig. 1.), Karkkila and Jämsä, harvested 4, 7 and 13 years ago, respectively. On each of the sites, we established three replicate plots on areas from which stumps were harvested and three on areas on which stumps were left. All sites were mounded after harvesting.

We measured soil disturbance by measuring the spatial distribution of mounds, holes and undisturbed soil (disturbance classes, Launonen 2014 in prep. and Marjanen 2014, in prep.) and determined the soil compaction in each of these classes and in different soil layers by using a using a soil cone penetrometer (Marjanen 2014, in prep.). From each of the soil

Figure 1. Hyvinkää site, four years after stump harvesting (Photo: H-S. Helmisaari).

disturbance classes and layers we measured soil parameters and processes, including respiration, C and N contents and mineralisation rates (Kaarakka et al. 2014, in prep.).

Results and discussion

The area of undisturbed soil was significantly smaller on areas from which stumps had been harvested compared to areas on which they had been left – even 13 years after harvesting – whereas the initial soil compaction had recovered during this time. Our values for undisturbed area in Jämsä 13 years after stump harvesting were around 25% greater than those measured by Kataja-aho et al. [2] two to five years after stump harvesting in near-by sites. However, the soil disturbance differences between sites with and without stump harvesting were similar in both studies, which strengthens the conclusion that these treatment effects are long-term.

The results on soil parameters and processes such as C and N contents, mineralisation and respiration in relation soil disturbance are presently being analysed and will be ready by December 2014.

References

[1] Helmisaari, H-S., Kaarakka, L. and Olsson, B. A. 2014. Increased utilization of different tree parts for energy purposes in the Nordic countries. *Scandinavian Journal of Forest Research* 29(4): 312-322.

[2] Kataja-aho, S., Smolander, A., Fritze, H., Norrgård, S. and Haimi, J. 2012. Responses of soil carbon and nitrogen transformations to stump removal. *Silva Fennica* 46(2): 169–179.

[3] Juntunen, M.-L. 2011. Kannonnostoala lähestyy 20 000 hehtaaria vuodessa. Julkaisussa: Ylitalo, E. (toim.). Metsätilastollinen vuosikirja 2011 - Skogsstatistisk årsbok - Finnish Statistical Yearbook of Forestry. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos, s. 118-119.

Voimakkaan maanmuokkauksen pidempiaikaisista vaikutuksista maaperän hajottajaeliöstöön

Saana Kataja-aho[1], Hannu Ilvesniemi[2], Martti Lindgren[2], Hannu Fritze[2] ja Jari Haimi[1]

[1]Bio- ja ympäristötieteiden laitos, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto
[2]Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimipaikka, PL 18, 01301 Vantaa

Johdanto

Metsänuudistamisessa maaperä muokkautuu ja pirstoutuu, m*aannoshorisontit sekoittuvat ja metsämaa kasveineen jää osittain irtomaan alle.* Hajottajaeliöstön ympäristöolot ja ravintoresurssit muuttuvat puuston hävitessä ja kasvillisuuden muuttuessa. Voimakkaassakaan maanmuokkauksessa maan eloperäistä ainesta (orgaanista kerrosta) ei viedä uudistusalalta pois, vaan se sekoittuu, kääntyy tai siirtyy syvempiin kerroksiin kivennäismaan sisään. Esimerkiksi k*antojen korjuussa maanpinnan on todettu rikkoutuvan keskimäärin 70-, joskus jopa 90-prosenttisesti*, kun vastaava luku laikkumätästetyillä uudistusaloilla on ollut n. 30 % [1, 2]. Hajottajaeliöyhteisön on todettu olevan yksilömääriltään runsaampi ja rakenteeltaan erilainen kangashumuksessa kuin kannonnostossa paljastuneilla kivennäismailla. Toisaalta yhdenkään toiminnallisen hajottajaryhmän ei ole lyhyellä aikavälillä havaittu kadonneen kannonnoston seurauksena [3]. Tähän saakka hajottajaeliöstöä on tutkittu niiden luontaisesta elinympäristöstä, yleensä metsämaaperämme orgaanisesta pintakerroksesta. Metsämaaperän maannokset ovat kehittyneet satojen, jopa tuhansien vuosien aikana. Ihmistoiminta on toistaiseksi muuttanut näitä maannoskerroksia verrattain vähän. Voimakkaat maanmuokkausmenetelmät, kuten auraus ja nykyisin yleistyvä kantojen nosto sekoittavat sen sijaan maan kerroksia varsin syvältä. Ei tiedetä mitä hajottajaeliöille tapahtuu, kun orgaaninen kerros sekoittuu syvälle maaperään. Mikäli hajotusaktiivisuus muuttuu hajottajaeliöstön ympäristöolojen muuttuessa, voi maanmuokkaus välillisesti vaikuttaa uuden puusukupolven kehitykseen ja kasvuun jopa metsätaloudellisesti merkittävästi. Hajottajaeliöt (kuten mikrobit, punkit ja hyppyhäntäiset sekä sukkula- ja änkyrimadot) ovat tärkeitä ekosysteemipalvelujen tuottajia, sillä ne ylläpitävät omien elintoimintojensa kautta ravinteiden kiertoa hajottamalla kuolleeseen orgaaniseen aineeseen sitoutuneita ravinteita jälleen kasvien käytettäviksi.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa verrattiin 35 vuotta sitten palleaurattuja uudistushakkuualoja (4 alaa) vastaaviin aloihin, joilla ei ollut tehty mitään maanmuokkaustoimenpiteitä (4 alaa). Tutkimusalat ovat Metsäntutkimuslaitoksen koealoja käenkaali-mustikkatyypin (OMT) kuusimetsässä Karkkilassa ja kooltaan 40 x 40 m. Maanäytteet otettiin keväällä ja syksyllä 2014 siten, että palleauratuilta ruuduilta näytteet kairattiin sekä palteen pinnalta että muokkauksen yhteydessä palteen sisälle jääneestä orgaanisesta aineksesta. Muokkaamattomilta aloilta maanäytteet otettiin maan pinnalta. Maanäytteistä tutkittiin standardimenetelmiä käyttäen hajottajaeliöryhmät: änkyrimadot, mikroniveljalkaiset, sukkulamadot sekä mikrobit. Lisäksi näytteistä määritetään pH, kosteus sekä ravinne-, ja orgaanisen aineen pitoisuudet. Koealoilta on saatavissa myös kattavat puustomittaustiedot.

Alustavia tuloksia ja niiden tarkastelua

Alustavista tuloksista käy ilmi, että 35 vuotta sitten tehty palleauraus siirtää maan orgaanisen pintakerroksen keskimäärin 24,3 ± 2,2 (keskiarvon keskivirhe) cm:n syvyyteen maanpinnasta. Sukkulamatoja näyttäisi kevään näytteenotossa olleen vähiten palteen sisällä, kun eniten niitä oli palteen pinnalla muokkauksen jälkeen vuosien kuluessa syntyneessä ”uudessa” orgaanisessa kerroksessa. Syksyn näytteenotossa vähiten sukkulamatoja tavattiin niin ikään palteen sisältä, mutta suurimmat yksilömäärät olivat muokkaamattomassa maassa. Änkyrimatojen yksilömäärät

näyttäisivät olevan kevään näytteenotossa selvästi suuremmat muokkaamattomalla maalla kuin palleauratuilla aloilla. Mikroniveljalkaisten osalta määritystyö oli tätä kirjoitettaessa vielä kesken.

35 vuotta sitten perustetuilla koealoilla on vielä selvästi erotettava orgaaninen kerros aurauksessa syntyneen palteen sisällä. Kerros on kuitenkin jo hyvin pitkälle hajonnut eikä esimerkiksi selviä kasvinosia ole enää havaittavissa. Tässä nk. vanhassa orgaanisessa kerroksessa oli kuitenkin vielä selvästi toiminnallinen hajottajaeliöyhteisö, vaikka monien eliöryhmien kohdalla näyttääkin siltä, että hajottajaeläimet olivat yksilömääriltään palteen pinnan (uuden maanpinnan) tai muokkaamattoman maanpinnan yksilömääriä pienemmät.

Koska ravinteiden vapautuminen kuolleesta ja hajoavasta eloperäisestä aineksesta on vahvasti biologinen ilmiö, vaikuttavat maaperän hajottajaeliöstön määrä ja laatu käsitellyn alan hajotustoimintaan ja ravinnetalouteen ja sitä kautta uuden puusukupolven kasvuun. Olisikin erittäin tärkeää tutkia ja vertailla tässä tutkimuksessa saatuja tuloksia koealoilla aiemmin tehtyihin puustomittauksiin ja selvittää onko puuston kehityksessä havaittavissa joitakin eroja eriasteisten maanmuokkausmenetelmien välillä, jotka johtuisivat menetelmien mahdollisesti aiheuttamista eroista eloperäisen aineksen hajotustoiminnassa ja sitä kautta puuston ravinteiden saannissa ja kasvussa.

Kirjallisuus

[1] Strandström M. 2006. Effect of stump lifting on sprouting at the regeneration site. NSFP-seminar: Forest regeneration and bioenergy 15.12.2006. http://www.metla.fi/tapahtumat/2006/metsanuudistaminen/Strandstrom_Markus-2006-12-15.pdf (luettu 5.11.2014).

[2] Kataja-aho S., Fritze H. & Haimi J. 2011. Short-term responses of soil decomposer and plant communities to stump harvesting in boreal forests. *For. Ecol. Manage.* 262: 379-388.

[3] Kataja-aho, S., 2011. Short-Term Responses of Decomposers and Vegetation to Stump Removal. *Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science* 230. 46p. Väitöskirja. http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-4483-4

Miten hakkuutähde vaikuttaa metsämaan typen kiertoon ja orgaanisen aineen koostumukseen?

N cycling and organic matter composition in forest soils: Effects of logging residues

Aino Smolander, Veikko Kitunen, Mikko Kukkola ja Pekka Tamminen

Metsäntutkimuslaitos (Luonnonvarakeskus), PL 18, 01301 Vantaa

Kokopuun korjuu, jossa suurin osa hakkuutähteistä korjataan energiapuuksi, on yleistynyt. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten hakkuutähteen korjuu vaikuttaa metsämaan orgaaniseen ainekseen pitkäaikaisesti. Tutkimuksessa keskityttiin humuskerroksen typen kierron prosesseihin ja terpeeni- ja tanniinikoostumukseen harvennusmänniköissä ja -kuusikoissa. Useissa tutkimuksissa on osoitettu, että nämä kasvin sekundääriaineryhmät voivat säädellä metsämaan typen kierron toimintoja [1]. Hakkuutähde koostuu tuoreista latvuksista ja oksista pääsin vihreine neulasineen ja sisältää sekä em. ryhmiin kuuluvia yhdisteitä että typpeä runsaasti.

Hakkuutähteen merkitystä tutkittiin pitkäaikaisilla metsikkökokeilla, joissa hakkuutähteet oli joko jätetty koealoille tai korjattu koealoilta harvennuksen yhteydessä yli 10 vuotta aiemmin. Lisäksi hakkuutähteen määrän vaikutusta tutkittiin 4-6 vuoden kuluttua harvennuksesta kokeissa, joissa hakkuutähdettä oli levitetty eri määriä yksittäisten puiden ympärille. Osalla kokeista hakkuutähde muutti selvästi humuskerroksen ominaisuuksia suuntaan, joka viittaa hakkuutähteen parantavan typen saatavuutta [2,3,4]. Hakkuutähde saattoi alentaa humuskerroksen hiili-typpisuhdetta, nopeuttaa typen nettomineralisaatiota ja hiilen mineralisaatiota sekä kohottaa ammoniumtypen pitoisuutta. Samoin hakkuutähde saattoi lisätä sekä kondensoitujen tanniinien että useiden terpeenien pitoisuuksia. Yleisesti ottaen hakkuutähde ei muuttanut mikrobibiomassan hiilen eikä typen määriä. Osalla kokeista hakkuutähteen ei havaittu vaikuttavan tutkittuihin humuskerroksen ominaisuuksiin mitenkään. Maanäytteiden terpeeni- ja tanniinipitoisuuksien ja typen kierron mikrobitoimintojen välillä ei havaittu olevan selvää yhteyttä, vaikka lyhytkestoissa laboratoriokokeissa on usein havaittu sekä terpeenien että tanniinien estävän typen kierron toimintoja [1]. Sen sijaan yhdisteiden pitoisuudet korreloivat positiivisesti hiilen mineralisaation kanssa. Tämä korrelaatio voi olla epäsuora tai se voi viitata näiden yhdisteryhmien merkitykseen hiilen lähteenä maamikrobeille tilanteessa, jossa käyttökelpoisempaa hiiltä ei ole saatavilla.

Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, että kokopuun korjuu voi muuttaa metsämaan ominaisuuksia ja prosesseja pitkäaikaisesti joillakin kasvupaikoilla. Nämä muutokset saattavat heikentää typen saatavuutta puustolle hakkuutähteen korjuun aiheuttaman ravinnemenetyksen lisäksi. Ilmiön merkitystä on vaikea arvioida, koska käytännön metsätaloudessa hakkuutähde jakaantuu epätasaisesti perinteisessä runkopuunkorjuussakin.

Kirjallisuus

[1] Smolander, A., Kanerva, S., Adamczyk, B. ja Kitunen, V. 2012. Nitrogen transformations in boreal forest soils - does composition of plant secondary compounds give any explanations? Marschner review. *Plant and Soil* 350: 1-26.

[2] Smolander, A., Levula, T. ja Kitunen, V. 2008. Response of litter decomposition and soil C and N transformations in a Norway spruce thinning stand to removal of logging residues. *Forest Ecology and Management* 256: 1080-1086.

[3] Smolander, A., Kitunen, V., Tamminen, P. ja Kukkola, M. 2010. Removal of logging residue in Norway spruce thinning stands: Long-term changes in organic layer properties. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 1222-1228.

[4] Smolander, A., Kitunen, V., Kukkola, M. ja Tamminen, P. 2013. Response of soil organic layer characteristics to logging residues in three Scots pine thinning stands. *Soil Biology & Biochemistry* 66: 51-59.

Kokopuunkorjuu saattaa vaikuttaa maan entsyymien aktiivisuuteen

Removal of logging residue changes soil enzymatic activity

Bartosz Adamczyk, Sylwia Adamczyk, Mikko Kukkola, Pekka Tamminen, Aino Smolander

Metsäntutkimuslaitos (Luonnonvarakeskus), PL 18, 01301 Vantaa

Hakkuutähteen vaikutuksista metsämaan biologisiin toimintoihin ei ole paljon tietoa olemassa, vaikka kokopuun korjuu, jossa hakkuutähteet korjataan kasvupaikalta, on yleistynyt verrattuna perinteiseen runkopuunkorjuuseen, jossa hakkuutähde jää kasvupaikalle. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten hakkuutähteen korjuu vaikuttaa metsämaan entsyymiaktiivisuuteen. Tutkimuksen kohteena olivat hiilen, typen ja fosforin kiertojen kannalta oleelliset entsyymit β-glukosidaasi, β-glukosaminidaasi, proteaasi ja hapan fosfataasi [1]. Samoista näytteistä oli määritetty muita ominaisuuksia, esim. hiili-typpisuhde, mikrobibiomassan hiilen ja typen määrät sekä hiilen mineralisaation ja typen nettomineralisaation nopeus.

Tutkimuskohteet olivat harvennusmänniköitä (*Pinus sylvestris* L.) ja -kuusikoita (*Picea abies* L.) eri puolella Suomea. Neljä kohdetta oli metsikkökokeita, joissa harvennus oli tehty 4-5 vuotta sitten ja hakkuutähdettä oli levitetty 3-4 eri määrää yksittäisten puiden ympärille. Yksi kohde oli kahteen kertaan (23 ja 12 vuotta sitten) harvennettu koe, jossa verrataan koko- ja runkopuun korjuumenetelmiä keskenään; siinä hakkuutähteet oli joko jätetty koealoille tai korjattu pois. Yleisesti ottaen yksittäisten puiden kokeissa entsyymien aktiivisuus kasvoi hakkuutähdemäärän kasvaessa, mutta myös kasvupaikka/puulaji vaikutti tuloksiin. Vanhemmassa korjuumenetelmäkokeessa entsyymiaktiivisuudet olivat samankaltaisia riippumatta korjuumenetelmästä. Joidenkin entsyymien aktiivisuudet korreloivat hyvin maaperän muiden ominaisuuksien kanssa; korrelaatio oli positiivinen etenkin hiilen mineralisaatio- ja typen nettomineralisaationopeuden kanssa.
Kaiken kaikkiaan näytti siltä, että hakkuutähteen korjuu voi hidastaa metsämaan entsyymiaktiivisuutta osalla kasvupaikoista ainakin 4-5 vuoden kuluttua hakkuusta. Tämä saattaa vaikuttaa metsämaan ravinteiden kiertoon.

Kirjallisuus

[1] Adamczyk, B., Kilpeläinen, P., Kitunen, V. ja Smolander, A. 2014. Potential activities of enzymes involved in N, C, P and S cycling under different tree species in boreal forest soil. *Pedobiologia* 57: 97-102.

Hakkuutähteen vaikutus metsämaan typen kierron toimintoihin viiden vuoden kuluttua kuusikon avohakkuusta

Response of soil N cycling processes to logging residues 5 years after clear-cutting in a Norway spruce stand

Sylwia Adamczyk, Antti-Jussi Lindroos, Pekka Tamminen, Aino Smolander

Metsäntutkimuslaitos (Luonnonvarakeskus), PL 18, 01301 Vantaa

Hakkuutähdettä korjataan nykyisin noin 30 %:lta avohakkuualoista energiapuuksi [1]. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten hakkuutähde vaikuttaa hiilen ja typen kierron mikrobitoimintoihin kuusikon avohakkuun yhteydessä. Kenttäkoe oli kuusikon avohakkuuala Etelä-Suomessa. Hakkuun yhteydessä kokeelle perustettiin koealoja, joille sijoitettiin eri kokoisia hakkuutähdekasoja (0, 10 ja 40 kg/m^2 tuoretta hakkuutähdettä) [2]. Lisäksi käsittelynä oli tuhkalannoitus (0,3 kg/m^2 kaupallista puun tuhkaa). Näytteet otettiin orgaanisesta kerroksesta ja kivennäismaan ylimmästä osasta viiden vuoden kuluttua. Näytteistä määritettiin hiilen ja typen kierron mikrobitoimintoja sekä erilaisten terpeenien koostumusta. Terpeenit olivat tutkimuskohteena, koska niitä on runsaasti hakkuutähteessä [3], ja niiden on todettu vaikuttavat maamikrobistoon ja typen kierron toimintoihin [4,5].

Suurin määrä hakkuutähdettä lisäsi selvästi typen nettomineralisaatiota ja nettonitrifikaatiota orgaanisessa kerroksessa. Samoin puun tuhka lisäsi erityisesti nettonitrifikaatiota. Myös nitraattitypen pitoisuudet olivat suurimmat näissä käsittelyissä. Sekä nettonitrifikaatio että nitraattitypen pitoisuudet olivat pieniä kivennäismaassa. Hakkuutähde ja tuhka eivät vaikuttaneet merkittävästi mikrobibiomassan hiilen ja typen määriin eivätkä hiilen mineralisaatioon. Maasuspensiokokeissa havaittiin pH:n säätelevän nitrifikaatiota voimakkaasti: pH 6:ssa nitrifikaatio oli voimakkainta hakkuutähde- ja tuhkakäsittelyjen maanäytteissä. Näytteiden terpeenikoostumusta tutkitaan parhaillaan.

Kaiken kaikkiaan sekä hakkuutähteet että tuhka vaikuttivat avohakkuualan typen kiertoon kiihdyttämällä nitraattitypen muodostumista orgaanisessa kerroksessa. Voimakas nitrifikaatio orgaanisessa kerroksessa selittänee aiemmin havaitut vajoveden kohonneet nitraattitypen pitoisuudet hakkuutähteitä sisältävillä käsittelyillä [2].

Kirjallisuus

[1] Asikainen, A., Ilvesniemi, H. ja Hynynen, J. 2014. Bioenergiaa metsistä kestävästi ja kilpailukykyisesti. *Metlan työraportteja* 289: 10-12.

[2] Tamminen, P., Saarsalmi, A., Smolander, A., Lindroos, A.-J. ja Kukkola, M. 2014. Energiapuun korjuun vaikutus metsämaan ominaisuuksiin ja prosesseihin sekä puuston kasvuun. *Metlan työraportteja* 289: 75-84.

[3] Obst, J.R. 1998. Special (secondary) metabolites from wood. Teoksessa: Bruce A, Palfreyman JW (toim.) *Forest Products Biotechnology*. Taylor & Francis, s. 151-165.

[4] Adamczyk, S., Adamczyk, B., Kitunen, V. ja Smolander A. 2011. Influence of diterpenes (colophony and abietic acid) and a triterpene (beta-sitosterol) on net N mineralization, net nitrification, soil respiration, and microbial biomass in birch soil. *Biology and Fertility of Soils* 47: 715-720.

[5] Adamczyk S., Kiikkilä, O., Kitunen, V. ja Smolander A. 2013. Potential response of soil processes to diterpenes, triterpenes and tannins: Nitrification, growth of microorganisms and precipitation of proteins. *Applied Soil Ecology* 67: 47-52.

Are high CH_4 emissions from restored Central European peatlands due to earlier methanogen transplantation through manure?

Hahn J[1], Juottonen H[1], Tuittila ES[2] & Fritze H[1]

[1]National Resources Institute Finland
[2] University of Eastern Finland; Joensuu

Drainage has been a common practise for the utilization of peatlands for agriculture, forestry and excavation of peat as a fuel or for horticultural purposes. Restoration of drained peatlands aims to recover communities and hydrological and biogeochemical processes typical to pristine peatlands (Nellemann & Corcoran 2010). The first step is rewetting where the water table is raised to re-establish saturated conditions. While recovering carbon sink, rewetting increases CH_4 emissions (e.g. Waddington & Day 2007). The potential for very high emissions has been measured in the lab (Hahn-Schöfl et al. 2011) and in Central European field sites (Hendriks 2007, Augustin et al. 2008, Freibauer et al. 2008). The exceptionally high emissions are all measured from sites previously used for agriculture, e.g. grazing of cattle. In the EU, two-thirds of agricultural CH_4 emissions stem from enteric fermentation within the rumen and one-third from livestock manure (Moss et al 2000). Rumen methanogens are introduced into the environment in cattle feces and can be detected in grazed soils (Gattinger et. al 2007).

We wanted to find out if the high CH_4 emissions from rewetted peatland sites in central Europe could be explained by the previous land use as cattle pasture.
In spring 2013, we transplanted cattle dung to four Finnish sites; one control and three restored, with low CH_4 emissions and mixed it with the uppermost soil to imitate the trampling of the cattle. Peat samples were taken from the sites in spring 2014 from the transplantations and untreated control spots. Furthermore, we took peat and dung samples from two peatland sites in Northern Germany. The first German site is used as grassland with or without cattle grazing. The second site is a restoration sequence with one sub-site used as grassland with cattle pasture and seasonal flooding, one sub-site is permanently flooded since 2005, and the third sub-site was rewetted in 1997 with a established reed-vegetation. Dung samples were taken from cattle grazing the sites.

We measured CH_4-production potential by incubation experiments according to Juottonen et al., (2008). We determined the numbers of methanogens, total bacteria and total archeae in the peat and dung samples by real time PCR. To check for the transplantation of methanogens from dung to peat we analysed the methanogen community by t-RFLP-cloning-sequencing.
We found that artificial inoculation with dung in the lab (short-term, 1wk) and in the field (longer term, 1 yr) increased CH_4-production potential of peat samples. The effect of cattle pasture, however, was not so clear: pasture site vs. grassland site produced on average 0.5 vs. 0 nmol CH_4 gdw^{-1} h^{-1}. Nevertheless, when inoculated with dung in the lab the response of the samples from the pasture site was stronger; 8 vs.0.6 nmol CH_4 gdw^{-1} h^{-1}. We found no significant correlation between higher CH_4 production potentials and numbers of methanogens but it was obvious, however, that dung samples had significantly higher numbers. We found a shift in methanogen community due to dung AND a transfer of dung methanogens (*Methanobrevibacter*) to the peatland. Both might have caused the higher CH_4 production potentials after dung application.

References

Augustin, J. & Chojnicki, B. 2008. Austausch von klimarelevanten Spurengasen, Klimawirkung und Kohlenstoffdynamik in den ersten Jahren nach der Wiedervernässung von degradiertem Niedermoorgrünland. In Gelbrecht, J., Zak, D. & Augustin, J. (eds) Phosphor- und Kohlenstoff-Dynamik und Vegetationsentwicklung in wiedervernässten Mooren des Peenetals in Mecklenburg-Vorpommern – Status, Steuergrößen und Handlungsmöglichkeiten. Berichte des IGB Heft 26. IGB, Berlin: 50–67.

Freibauer, A., Drösler, M., Augustin, J., Bergmann, L., Fiedler, S., Hoell, B., Jungkunst, H. 2008. The methane fraction of the carbon balance in restored temperate peatlands. Geophysical Reseach Abstracts 10, EGU2008-A-10958.

Gattinger, A., Höfle, M.G., Schloter, M., Embacher, A., Böhme, F., Munch, J.C., Labrenz, M. 2007. Traditional cattle manure application determines abundance, diversity and activity of methanogenic Archaea in arable European soil. Environ. Microbiol. 9: 612-624.

Hahn-Schöfl, M., Zak, D., Minke, M., Gelbrecht, J., Augustin, J., and Freibauer, A. 2011: Organic sediment formed during inundation of a degraded fen grassland emits large fluxes of CH_4 and CO_2. Biogeosciences 8: 1539-1550.

Hendriks, D.M.D., van Huissteden, J., Dolma, A.J. & van der Molen, M.K. 2007. The full greenhouse gas balance of an abandoned peat meadow. Biogeosciences 4: 411-424.

Juottonen, H., Tuittila, E-S., Juutinen, S., Fritze, H.and Yrjälä, K. 2008. Seasonality of rDNA- and rRNA-derived archaeal communities and methanogenic potential in a boreal mire. *The ISME Journal* 2: 157–1168.

Moss, A.R., Jouany, J-P., Newbold, J. 2000 Methane production by ruminants: its contribution to global warming Ann. Zootech. 49: 231–253.

Nellemann, C., Corcoran, E. (eds). 2010. Dead Planet, Living Planet –Biodiversity and Ecosystem Restoration for Sustainable Development. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. Birkeland Trykkeri AS, Norway.

Waddington , J.M., Strack, M., and Greenwood, M.J. 2010. Towards restoring the net carbon sink function of degraded peatlands: Short-term response in CO_2 exchange to ecosystem-scale restoration. Journal of Geophysical Research, 115: G01008, doi:10.1029/2009JG001090

Piloderma-suvun sienten yleisyys boreaalisessa metsämaassa ja niiden kyky hyödyntää orgaanista typpeä

The abundance of mycorrhizal genus Piloderma *sp. and its ability to use organic nitrogen in boreal Scots pine forest*

Jussi Heinonsalo[1], Hui Sun[1,2], Minna Santalahti[1], Kirsi Bäcklund[1], Pertti Hari[2] ja Jukka Pumpanen[2]

[1] Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, PL 56, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Metsätieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Boreaalisen metsän typpitaseen [1] mukaan suurin osa maaperän typestä on orgaanisessa muodossa. Vaikka typpivarasto voi metsämaassa olla suuri on typen saatavuus usein kasvien tuottavuutta rajoittava tekijä. Maaperän typestä 30–35 % on arvioitu olevan orgaaniseen ainekseen sitoutuneita proteiineja [2]. Tämän orgaaniseen ainekseen sitoutuneen proteiinityyppisen typen saaminen kasvien käyttöön vaatii orgaanisen aineen hajotustoimintaa sekä vapautuneiden proteiiniyhdisteiden pilkkoutumista aminohapoiksi. Tämä hajotustoiminta vaatii orgaanista ainesta hapettavien (oksidatiivisten) entsyymien kuten lakkaasin tai mangaaniperoksidaasin ja proteiinien hajotukseen soveltuvien proteaasien yhtäaikaista toimintaa. Pintasienijuuria (ektomykorritsa) muodostavan *Piloderma*-suvun sienten tiedetään tuottavan lakkaasientsyymejä [mm. 3]. Kokeen tarkoituksena oli selvittää *Piloderma*-suvun sienten kykyä tuottaa proteaasientsyymejä, *Piloderma*-sienen kykyä auttaa isäntäkasvia saamaan typpeä proteiineista sekä tutkia kuinka yleinen kyseinen sienisuku on ja tuottaako se proteaaseja myös kenttäkoealalla.

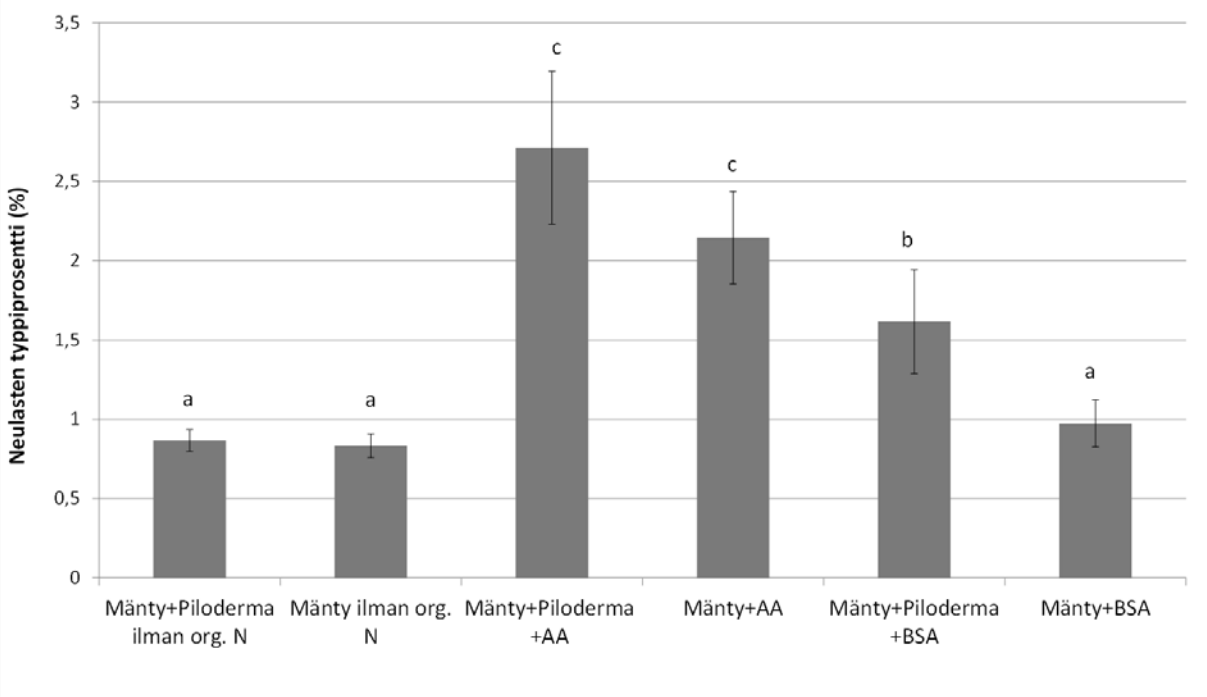
Aineisto ja menetelmät

Tutkimus muodostui sarjasta kokeita, joita tehtiin sekä laboratoriossa että kenttäolosuhteissa Hyytiälän metsäasemalla Juupajoella. Laboratoriossa tutkittiin *Piloderma*-suvun sienten kykyä tuottaa proteaasientsyymejä puhdasviljelmäkasvatuksissa. Toisessa kokeessa steriloituja männyntaimia siirrostettiin *Piloderma*-suvun sienellä sienisymbioosin muodostamiseksi. Kokeessa testattiin symbioosissa olevien ja steriloitujen taimien vastetta erilaisille orgaanisen typen lähteille (aminohapposeos tai BSA-proteiini). *Piloderma*-suvun sienten yleisyyttä tutkittiin Hyytiälän metsäaseman mäntymetsässä sekä mykorritsoina morfotyyppianalyysin avulla että maassa sienirihmastona 454 sekvensoinnin avulla. Lisäksi maanesteen ja mykorritsojen (ml. *Pilderma*-suvun keltaisten mykorritsojen) proteaasiaktiivisuuksia mitattiin yli koko kasvukauden.

Tulokset ja tarkastelu

Laboratorikokeissa havaittiin *Piloderma*-suvun sienten pystyvän tuottamaan solunulkoisia proteaaseja. Sienet myös kasvoivat hyvin aminohapposeos tai BSA-proteiini typenlähteenään. *Piloderma*-suvun sieni auttoi mäntyä saamaan typpeä proteiineista laboratorio-olosuhteissa (Kuva 1).

Piloderma-sienen havaittiin tuottavan proteaaseja myös kenttäolosuhteissa. *Piloderma* oli yksi yleisimmistä maaperän sienistä ja yleisyys korreloi hyvin metsän tuottavuuden (GPP) kanssa.



Kuva 1. Männyn neulastyppipitoisuus eri käsittelyissä. Symbioosissa *Piloderma*-sienen kanssa mänty sai enemmän typpeä BSA-proteiineista kuin ilman sienisymbioosia. Aminohappoja (AA) kasvi pystyy käyttämään hyvin myös ilman sienisymbioosia.

Tutkimus antaa viitteitä siitä, että metsäpuiden kanssa symbioosin muodostavat mykorritsasienet, jotka kykenevät tuottamaan hapettavia, orgaanista ainesta hajottavia entsyymejä sekä proteaaseja ovat tärkeitä metsäpuiden orgaanisen typen otossa.

Kirjallisuus

[1] Korhonen, J.F.J., Pihlatie, M., Pumpanen, J., Aaltonen, H., Hari, P., Levula, J., Kieloaho, A.-J., Nikinmaa, E., Vesala, T., Ilvesniemi, H., 2013. Nitrogen balance of a boreal Scots pine forest. *Biogeosciences Discussions* 9, 11201-11237

[2] Stevenson, F.J. 1986. Cycles in soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients. John Wiley & Sons, New York

[3] Heinonsalo, J., Kabiersch, G., Niemi, R., Simpanen, S., Ilvesniemi, H., Hofrichter, M., Hatakka, A. ja Steffen, K.T. 2012. Filter centrifugation as a sampling method for miniaturization of extracellular fungal enzyme activity measurements in solid media. *Fungal Ecology* 5:261–269.

[4] Lindén, A., Heinonsalo, J., Buchmann, N., Oinonen, M., Sonninen, E., Hilasvuori, E. ja Pumpanen, J. 2014. Contrasting effects of increased carbon input on boreal SOM decomposition with and without presence of living root system of *Pinus sylvestris* L. *Plant Soil* 377 (1-2): 145-158.

Lanta- ja lietepohjaisten pyrolyysituotteiden vaikutus maan mururakenteeseen ja fosforin reaktioihin

Effects of manure and sewage sludge derived pyrolysis products on soil aggregate stability and phosphorus reactions

Jarkko Hovi[1], Kimmo Rasa[2], Sanna Kanerva[1] ja Helena Soinne[1,2,3]

[1] Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Helsingin yliopisto, jarkko.hovi@helsinki.fi
[2] Kasvintuotannon tutkimus, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus
[3] Helsingin yliopiston ympäristötutkimuksen ja opetuksen yksikkö, HENVI

Maatalousmailta eroosioaineen mukana kulkeutuvalla fosforilla on haitallisia vaikutuksia sekä sisävesiemme että Itämeren vedenlaatuun. Maan hyvästä kasvukunnosta ja erityisesti maan mururakenteen kestävyydestä huolehtiminen ovat keskeisiä toimenpiteitä tavoiteltaessa ravinnekuormituksen alentamista. Puupohjaisilla pyrolyysituotteilla on maahan sekoitettaessa havaittu olevan maan mururakennetta parantavaa ja siten eroosioherkkyyttä ehkäisevää vaikutusta [1]. Puupohjaisilla hiilillä ei kuitenkaan ole lannoitearvoa niiden vähäisten ravinnepitoisuuksien vuoksi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää maahan lisätyn pyrolysoidun jätevesilietteen ja sianlannan vaikutuksia maan fosforin reaktioihin sekä maan mururakenteeseen. Tutkimuksessa selvitettiin myös tuotteiden vaikutuksia maan mikrobitoimintaan.

Tutkittavat materiaalit olivat pyrolyysiprosessin hiilipitoiset lopputuotteet, joiden raaka-aineina olivat 1) sian lietelannasta mekaanisesti eroteltu kuitujae (Sika-Kuitu), 2) vastaava kuitujae hyödyntäen kiintojakeen erottelussa polymeerisaostusta (Sika-Kuitu, polymeeri) sekä 3) pääasiallisesti jäteveden puhdistuksessa syntyvää lietettä hyödyntävän biokaasulaitoksen mädätysjäännös (Mädäte). Pyrolyysi toteutettiin laboratoriokokoluokan tutkimuslaitteistolla, jossa Sika-Kuitu ja Sika-Kuitu, Polymeeri -näytteet kuumennettiin happirajoitteisissa olosuhteissa 410 asteeseen yhden tunnin ajaksi. Mädätteen kohdalla vastaava huippulämpötila oli 310 astetta.

Kokeessa kahteen peltomaahan (Hs ja HsS) sekoitettiin pyrolyysituotteita sekä superfosfaattia siten, että lisäykset vastasivat 200 ja 400 kg:n fosforilisää hehtaaria kohden. Maita inkuboitiin 90 vuorokautta (+23 ^{o}C) vakiokosteudessa (Hs 25 % ja HsS 30 %) ja inkuboinnin päätyttyä määritettiin muruista veteen irtoavan hienoaineksen määrää kuvaava sameus (turbiditeetti, NTU), vedenkestävien murujen määrä, pH, sähkönjohtavuus sekä maahan pidättyvän ja siitä vapautuvan fosforin määrät. Käsittelyiden vaikutusta maan mikrobiaktiivisuuden välittömiin muutoksiin hiililisäyksen jälkeen tarkasteltiin mittaamalla maahengitystä.

Alustavat tulokset viittaavat siihen, että lanta- ja lietepohjaisten pyrolyysituotteiden vaikutukset maan mururakenteeseen ovat suotuisia. Mururakennetta parantava vaikutus näyttäisi perustuvan materiaalin hiilipitoisuuteen sekä muutoksiin maaveden suolavahvuudessa. Sian lannan kuitujakeesta pyrolysoidut tuotteet nostivat lisäksi maan pH:ta molemmilla koemailla.

Kirjallisuus

[1] Soinne, H., Hovi, J., Tammeorg, P., Turtola, E. 2014. Effect of biochar on phosphorus sorption and clay soil aggregate stability. *Geoderma* 219-220: 162-167.

Boorilannoituksen vaikutusaika kivennäismaan kuusikossa

Jouni Kilpeläinen[1], Mikko Räisänen[1, 2], Lauri Mehtätalo[3], Tapani Repo[4] ja Tarja Lehto[1]

[1] Itä-Suomen yliopisto, Metsätieteiden osasto, PL 111, 80101 Joensuu
[2] Nykyinen osoite: FA Forest, Suvisrannantie 31, 83480 Ahonkylä
[3] Itä-Suomen yliopisto, Tietojenkäsittelytieteen laitos, PL 111, 80101 Joensuu
[4] Metsäntutkimuslaitos, Joensuun yksikkö, PL 68, 80101 Joensuu

Boorinpuutos on yleistä erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomen turvemailla ja viljavimmilla kivennäismailla. Boorilannoituksella voidaan nopeasti nostaa kasvien sisäiset booritasot huomattavasti puutosrajojen yläpuolelle, mutta ei ole yhtä hyvin tunnettua, miten kauan lannoituksen vaikutus kestää. Tässä työssä tutkimusalueena oli OMT/lehtokuusikko Hammaslahdessa (Joensuu). Lannoituskäsittelyinä olivat typen (180 kg ha^{-1} ureana) ja boorin (2 kg ha^{-1} booraksina) faktoriaaliset yhdistelmät. Typen ei odotettu lisäävän kasvua näin viljavalla paikalla vaan mahdollisesti lisäävän boorinpuutosta. Lannoituskoe tehtiin yksinpuinlannoituksena 2,5 m säteellä koepuusta, ja koepuita oli 36 kpl kussakin lannoituskäsittelyssä.

Maan pintakerroksen kokonaisbooripitoisuudet vähenivät nopeasti ensimmäisten vuosien aikana, mutta vielä 13 vuotta lannoituksen jälkeen neulasten booripitoisuus oli 8,4 mg kg^{-1} B-lannoitetuissa ja 2,6 mg kg^{-1} B-lannoittamattomissa. Hienojuurten kasvu väheni merkitsevästi kaksi vuotta urealannoituksen jälkeen, mutta urealannoitus yhdessä B-lannoituksen kanssa ei vähentänyt juurten kasvua. Siten juurten kasvun väheneminen todennäköisesti johtui paikallisesta pH:n noususta ja tästä seuraten boorin tiukemmasta sitoutumisesta maahiukkasiin, minkä B-lannoitus pystyi korjaamaan.

Boorilannoitus vähensi kärkisilmun kuolemia ja tästä seuraavien kasvuhäiriöiden esiintymistä, mutta häiriöitä esiintyi myös B-lannoitetuissa puissa. Siten kasvuhäiriöiden esiintymistä ei voida suositella yksinomaisena B-puutoksen indikaattorina, vaan neulasanalyyseja tarvitaan. Puiden pituus- ja tilavuuskasvu oli vielä 13 vuoden jälkeen suurempaa B-lannoitetuissa puissa, ja tämä johtui vain osittain kasvuhäiriön vähenemisestä. Kokeen keston lopulla metsikössä tehtiin harvennus metsänhoidollisin perustein. Koska typpilannoitetuissa puissa oli eniten pahimpia kasvuhäiriöitä, harvennuksessa poistettiin suurempi osuus pelkän typpilannoituksen saaneista puista. Tästä syystä typpilannoituksen saaneiden puiden suurempi kasvuhäiriöindeksi palautui boorilannoitettujen tasalle, mutta kasvu ei. Harvennuksilla voidaan lieventää kilpailua niukasta boorista, jos hakkuutähteet jätetään kasvupaikalle.

Nano-dysprosiumin vaikutus kuuden kantasienen ligninolyyttisten entsyymien tuottoon ja tekstiilivärin biohajotuskykyyn

Impacts of nano-dysprosium to the ligninolytic enzyme production of six basidiomycetous fungi and textile dye biodegradation

Anu Kinnunen[1], Annele Hatakka[1] ja Mika A. Kähkönen[1]

[1] Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos/ mikrobiologian ja biotekniikan osasto, Biokeskus 1 (Viikinkaari 9), 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Nanotiede ja nanoteknologia ovat nopeasti eteneviä aloja, jotka ovat tuottaneet monia uusia materiaaleja ja tuotteita. Lopulta nämä uudet nanomateriaalit voivat päätyä ympäristöön ja haitata maaperän toimintaa ja ravinteiden kiertoa, missä puuta ja kariketta hajottavilla kantasienillä on huomattava rooli. Nanomateriaaleilla on erilaisia kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia kuin vastaavilla perinteisillä materiaaleilla. Dysprosium (Dy) kuuluu harvinaisiin maametalleihin. Sitä on käytetty laserteknologiassa ja tietoa tallentavissa laitteissa. Nanomuodossa sitä käytetään nanoelektroniikassa muun muassa puolijohteissa ja edistyneissä optisissa sovellutuksissa. Väriyhdisteet antavat pysyvän värin tekstiileille. Väriyhdisteistä suurin ryhmä on atsoväriyhdisteet, joille on tunnusomaista vähintään yksi typpi-typpi kaksoissidos. Atsoväriyhdisteet tai niitä sisältävät tuotteet aiheuttavat pysyvyytensä vuoksi huolta joutuessaan ympäristöön elinkaarensa päätteeksi. Tekstiiliväri Remazol Brilliant Violet 5R sisältää rakenteessaan kaksi fuusioitunutta aromaattista rengasta ja yhden muun aromaattisen renkaan sekä neljä substituenttia. Ligniinibiopolymeeriä kykenevät hajottamaan valkolahosienet, jotka tuottavat hapettavia solun ulkoisia entsyymejä. Nämä entsyymit ovat epäspesifisiä ja kykenevät biohajottamaan aromaattisen renkaan omaavia haitallisia synteettisiä yhdisteitä [1, 2], kuten atsoväriyhdisteitä. Vain vähän tiedetään nano-dysprosiumin ja dysprosiumin vaikutuksista kantasienten entsyymien tuottoon ja haitallisten yhdisteiden biohajotuskykyyn.

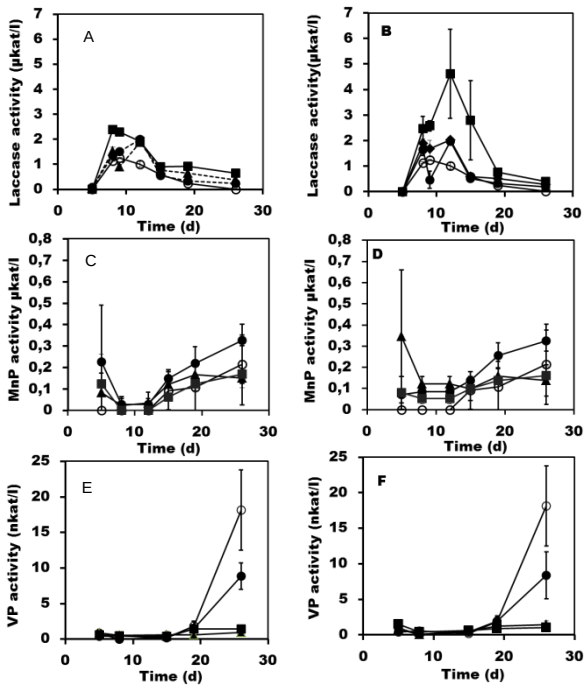
Tavoitteena oli tutkia nano-dysprosiumin ja dysprosiumin vaikutusta kantasienten toimintaan. Työssä seurattiin kiinteillä maljoilla kuuden kantasienen kasvua ja entsyymintuottoa violetin atsovärin vaalentumisena. Näiden kokeiden perusteella valittiin violettia atsoväriä tehokkaasti biohajottava *Cerrena unicolor*, jonka lakkaasin, mangaaniperoksidaasin (MnP) ja versatiiliperoksidaasin (VP) tuottoa tutkittiin nano-Dy tai Dy sisältävissä nesteviljelmissä.

Materiaalit ja menetelmät

Valitut kantasienet *Agrocybe praecox*, *Cerrena unicolor*, *Phlebia radiata*, *Pleurotus ostreatus*, *Stropharia rugosoannulata* ja *Trametes pubescens* kasvoivat kiinteillä maljoilla, joissa oli 0,2 g l^{-1} Remazol Brilliant Violet 5R atsoväriä. Nesteviljelmiin valittiin kiinteiden maljojen perusteella violettia väriä tehokkaasti vaalentava *C. unicolor*. Kiinteiden maljojen ja nesteviljelmien nano-dysprosiumin ja dysprosiumin pitoisuudet olivat 0, 5, 25 ja 50 mg l^{-1}. Violetin atsovärin vaalentumista seurattiin spetrofotometrisesti nestekasvatuksessa. Lakkaasin määritys perustui ABTS-yhdisteen (2,2-atsinobis-(3-etyylibentsotiatsoliini-6-sulfonaatti) kationiradikaalin muodostukseen. MnP:n määritys perustui Mn3+ -tartraattikompleksin muodostumiseen ja VP:n määritys Reactive Black 5 –yhdisteen vaalentumiseen.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tuloksemme kiinteillä alustoilla osoittivat, että valkolahosienten *Phlebia radiatan* ja *Pleurotus ostreatuksen* violetin värin hajotusnopeus aleni nano-dysprosiumin ja dysprosiumin läsnäollessa. *P. radiatan*, *P. ostreatuksen*, *S. rugosoannulatan* ja *Trametes pubescensin*



Kuva 1. *Cerrena unicolor* –valkolahosienen lakkaasientsyymiaktiivisuus nesteviljemässä nano-Dy A) tai Dy B) kanssa ja MnP-aktiivisuus nano-Dy C) tai Dy D) kanssa, sekä VP-aktiivisuus nano-Dy E) tai Dy F) kanssa 0 mg/l (○), 5 mg/l (●), 20 mg/l (▲) tai 50 mg/l (■) pitoisuuksissa. Palkit kuvaavat keskihajontaa (n = 3).

säteittäinen kasvunopeus hidastui, kun nanomuodossa olevaa dysprosiumia oli lisätty alustaan. *C. unicolor* –sienen kasvunopeuteen ei vaikuttanut dysprosium kummassakaan muodossa. Näin ollen *C. unicolor* valittiin liuoskokeisiin, joissa se tuotti lakkaasia, MnP:a ja VP:a sekä hajotti tutkittavan violetin atsovärin liuosviljelmissä 26 vuorokaudessa. Lakkaasiaktiivisuus oli korkeimmillaan 7-14 vuorokauden jälkeen (kuva 1A ja 1B), jolloin kummallakin dysprosiumin muodolla aktiivisuus oli hieman korkeampi kuin ilman metallia. MnP aktiivisuus oli herkkä nano- ja tavallisen muotoiselle dysprosiumille 20-50 mg l^{-1} pitoisuudella (kuva 1C ja 1D). VP aktiivisuudet olivat herkkiä 5 mg l^{-1} nano- ja tavallisen muodon dysprodiumille ja suuremmilla pitoisuuksilla (20-50 mg l^{-1}) VP aktiivisuus inhiboitui lähes täysin (kuva 1E ja 1F). Nano- ja tavallisen muotoisen dysprosiumin vaikutuksesta violetin atsovärin hajoaminen hidastui ja peroksidaasientsyymien aktiivisuudet alenivat tutkituilla kantasienillä. Tuloksemme indikoivat, että testatut metallit heikentävät sienten kykyä hajottaa kasvibiomassaa ja synteettisiä haitallisia yhdisteitä nano-metalleilla pilaantuneessa maaperässä. Tutkimusta on tukenut Maj ja Tor Nesslingin Säätiö

Kirjallisuus

[1] Hartikainen E.S., Lankinen P., Rajasärkkä J., Koponen H., Virta M., Hatakka A. and Kähkönen M.A. 2012. Impact of copper and zinc on the growth of saprotrophic fungi and the production of extracellular enzymes. *Boreal Environment Research* 17,210-218.
[2] Lankinen P., Kähkönen M. A., Rajasärkkä J., Virta M., Hatakka A. 2011. The effect of nickel contamination on the growth of litter-decomposing fungi, extracellular enzyme activities and toxicity in soil. *Boreal Environment Research* 16, 229-239.

Lastensuon geokemialliset tutkimukset, Olkiluodon alueen referenssisuo Lounais-Suomessa

Geochemical studies on the Lastensuo mire, the reference mire of the Olkiluoto site in southwestern Finland]

Anne-Maj Lahdenperä

Saanio & Riekkola Oy, www.sroy.fi
Laulukuja 4, 00420 Helsinki, Suomi, anne-maj.lahdenpera@sroy.fi

Johdanto

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus Olkiluodon kallioperään edellyttää turvallisuusperustelua, joka sisältää laskennallisen turvallisuusanalyysin. Paikkakohtainen biosfääriarviointi on olennainen osa kumpaakin [1].

Maankohoaminen, valtameren pinnan korkeusvaihtelut, sekä Itämeren historian eri vaiheet ovat muuttaneet karttakuvaa ja ympäristöä vuosituhansien kuluessa. Olkiluodon saari Lounais-Suomessa on nuori, se on kohonnut merenpinnan yläpuolelle noin 0-3000 vuotta sitten. Nykyinen maankohoaminen Suomen lounaisrannikolla on noin 3-7 mm vuodessa [2], minkä seurauksena rantaviiva edelleen siirtyy merelle päin ja nykyiselle merialueelle tulee maankohoamisen myötä tuhansien vuosien kuluessa syntymään uutta maaperää, nykyiset merenlahdet kapenevat ja kasvavat umpeen, myös uusia järviä syntyy merenpohjan painanteisiin, joista osaan kehittyy järvien umpeen kasvamisen myötä soita.

Alueen ekosysteemin kehittymisessä ja radionuklidien kulkeutumiseen biosfääri-mallinnuksessa tarvitaan tietoa myös vanhojen soiden kehityksestä, joita tällä hetkellä Olkiluodossa on hyvin vähän. Tämän vuoksi laajemmalta maantieteelliseltä alueelta on valittu analogeiksi erityyppisiä ja eri-ikäisiä soita. Lastensuo sijaitsee Eurajoen kunnassa, suon korkeus on 44–48 m merenpinnan yläpuolella., Suo on kooltaan noin 440 ha ja valuma-alueen koko noin 11 km^2. Lastensuo on kahdesta keidaskeskuksesta muodostunut suokokonaisuus. Suo on keskiosiltaan käytännössä avoin tai vähäpuustoinen. Lastensuo on voimakkaasti ojitettu. Suon pohja on pääosin savea ja hiekkaa, paikoin myös liejukerroksia [3]. Turvekerrosten maksimisyvyys on n. 6.3 m ja suo on ajoitettu n. 5 300 vuotta vanhaksi (kuroutumisajankohta) ja turpeen kerrostumisnopeus on noin 1.1 mm/v [4].

Menetelmät

Syvät turvenäytteet otettiin 0.5 m välein (yhteensä 13 näytettä sekä rinnakkais-turveprofiilinäyte), lisäksi otettiin turvekerrosten alta (6.0–6.5 m syvyydeltä) liejusavi/savinäytteet geokemiallisia analyysejä varten. Osanäytteistä analysoitiin pH (0.01 M $CaCl_2$ uutto), kuiva-aines, orgaaninen aines (LOI %) sekä hiilen ja typen kokonaispitoisuudet.

Jakaantumiskertoimia (K_d-arvot) varten tuoreet näytteet inkuboitiin yhden viikon ajan huoneen lämpötilassa. Maavesinäytteet sentrifugoitiin ja suodatettiin 0.45 µm filtterin läpi. Kuivatuista (50°C) turve- ja mineraalimaanäytteistä määritettiin totaalipitoisuus HNO_3-HF uutolla ja helppoliukoiset alkuaineet NH_4Ac (pH 4.5) uutolla, joista määritettiin 71 alkuainetta ICP-SFMS:llä. Jakaantumiskertoimet tärkeimmille alkuaineille: Cl, Cs, I, Mo, Nb, Ni, Se ja Sr, [1] määritettiin Sheppard. et al. menetelmällä [5].

Taulukko 1. Alkuaineiden Cl, Cs, I, Mo, Nb, Ni, Se ja Sr jakaantumiskertoimet (K_d) Lastensuon turveprofiilissa. Maanäyte on analysoitu HNO_3-HF totaaliuutolla [5]. Suurimmat K_d-arvot on lihavoitu.

Maalaji	Näytesyvyys (m)	Cl (L/kg)	Cs (L/kg)	I (L/kg)	Mo (L/kg)	Nb (L/kg)	Ni (L/kg)	Se (L/kg)	Sr (L/kg)
turve	0.5–1	16.8	320	1631	602	24132	2741	740	1643
turve	1–1.5	35	188	1863	299	34668	3678	2591	1230
turve	1.5–2	41	191	2389	778	50182	12767	2417	1741
turve	2–2.5	42	240	2956	1179	36983	7624	2073	1845
turve	2.5–3	58	175	4658	526	62162	14858	346	2276
turve	3–3.5	68	252	3453	1515	42122	24741	506	3208
turve	3.5–4	91	261	3941	3066	34538	34217	1560	3734
turve	4–4.5	88	324	4915	3788	**62200**	**39394**	1876	**5590**
turve	4.5–5	**106**	242	4967	7828	33159	19318	536	3231
turve	5–5.5	62	406	4670	**16538**	29312	9699	1715	3068
turvepit. lieju	5.5–6	56	3385	1495	9918	14171	6130	2979	3132
lieju	6–6.15	78	11638	**6868**	5938	41206	8180	**4951**	983
liejusavi	6.15–6.5	85	**23165**	1446	792	30022	1656	1024	226

Tulokset

Turvekerrosten maatuneisuus vaihteli heikosti maatuneesta (H3) lähes täysin maatuneeseen (H7-9). pH:n vaihteluväli oli 3.1–4.4, kasvaen turvekerroksen pohjaa kohden. Korkeimmat pH-arvot olivat turvekerrosten alapuolella olevissa lieju- ja saviliejukerroksissa. LOI-pitoisuus oli keskimäärin 98 % ja kokonaishiilen noin 50 %. Suurimmat alkuainepitoisuudet olivat lieju- ja saviliejukerroksissa. K_d-pitoisuudet olivat keskimäärin suurimmat turvekerroksen keskiosissa (Taulukko 1), missä maatuneisuus ja orgaanisen aineksen pitoisuudet olivat suurimmat. K_d-pitoisuudet korreloivat orgaanisen aineksen kanssa [1, 5]. Cs ja Se Kd-arvot olivat suurimmat lieju- ja liejusavikerroksissa. Ni, Nd ja Sr Kd arvot olivat suurimmat turvekerroksissa.

Kirjallisuus

[1] *Biosphere Assessment*
Safety case for the spent nuclear fuel disposal at Olkiluoto - Biosphere Assessment BSA-2012. Eurajoki, Finland: Posiva Oy. POSIVA 2012-10. 251 p. http://www.posiva.fi

[2] Alalammi P., Helin, E., Karlsson, K-P., Sairinen, R., Ursin, H., Winqvist, S. & Öysti, S. 1990. Geology. In: Alalammi, P. (ed.) Atlas of Finland, Folio 123-126. Helsinki: National Board of Survey, Geographical Society of Finland. 58 p.

[3] Haapanen, R., Aro, L., Helin, J., Ikonen, A.T.K. & Lahdenperä, A-M. 2012. Studies on Reference Mires: 1. Lastensuo and Pesänsuo in 2011-2012. Eurajoki, Finland: Posiva Oy. Working Report 2012-102. 83 p. http://www.posiva.fi/

[4] Mäkilä, M. & Grundström, A. 2008. The age and growth of peat in mires of south-western Finland (in Finnish with an English abstract). Working Report 2008-12. Posiva Oy, Eurajoki, Finland. 30 p. http://www.posiva.fi

[5] Lahdenperä, A-M. 2013. Geochemical and physical properties, distribution coefficients of soils and sediments at the Olkiluoto Island and in the Reference Area in 2010-2011. Working Report 2014-66. Posiva Oy, Eurajoki Finland. 2014-66p. 84 p. http://www.posiva.fi

Turvemaiden maankäytön uudet vaihtoehdot ja niiden vaikutukset ekosysteemipalveluihin – Hanke-esittely

Novel land-use options for drained peatlands, and their impacts on ecosystem services – Project introduction

Raija Laiho[1], Lasse Aro[1], Timo Penttilä[2], Markku Saarinen[1] ja Anne Tolvanen[3]

[1] Luonnonvarakeskus, Kaironiementie 15, 39700 Parkano
[2] Luonnonvarakeskus, PL 18, 01301 Vantaa
[3] Luonnonvarakeskus, PL 413, 90014 Oulun yliopisto

Johdanto

Metsätalouden maasta noin kolmannes on turvemaita; metsämaasta samoin kuin puuvarannosta turvemaiden osuus on noin neljännes. Turvemaametsien puuston laskennallinen arvo oli vuonna 2013 noin 11 mrd €. Noin puolet maamme soiden kokonaispinta-alasta on ojitettu metsänkasvatusta varten, Etelä-Suomessa selvästi yli 75%.

Ojitusinvestointeihin on kohdennettu huomattavasti sekä julkista että yksityistä rahoitusta. Investointien antamaan tuottoon ja toisaalta maankäytön haitallisiin ympäristövaikutuksiin on pyritty vaikuttamaan erilaisilla maankäyttöä ja metsänhoidon menetelmiä rajoittavilla säädöksillä. Nämä turvemaiden maankäyttöä ohjaavat säädökset ja suositukset ovat parhaillaan voimakkaassa murroksessa. Valtioneuvoston vuonna 2012 tekemässä periaatepäätöksessä soiden ja turvemaiden vastuullisesta ja kestävästä käytöstä ja suojelusta (ns. suostrategia) linjattiin mm., että soita muuttava käyttö kohdistetaan jatkossa jo aiemmin ojitetuille tai luonnontilaltaan muuten merkittävästi muuttuneille soille ja turvemaille. Uuden metsälain myötä uudistamisvelvoite poistui kitumaiksi luokitelluilta turvemailta, joille on löydettävä uusia maankäyttömuotoja. Lisäksi uudistamisvelvoite poistui niiltä ojitetuilta soilta, jotka ovat alun perin olleet avosoita tai erittäin vähäpuustoisia soita, mikäli niiden metsätalouskäytöstä luovutaan ja ne ennallistetaan. Uusi metsälaki myös mahdollistaa metsätalouden piiriin jääville turvemaille laajemman kirjon metsänkäsittelymenetelmiä, mm. erirakenteisten metsien jatkuvapeitteisen kasvatuksen.

Uudessa tilanteessa tarvitaan tutkimustietoa sekä maankäytön ohjauksen että metsänhoitosuositusten ja muiden käytännön ohjeiden perustaksi. Kysymys on merkittävästä maankäytön ohjauksesta. Kaikkinensa sellaisia turvemaita, joilla perinteinen ainespuun tuotanto ei ole taloudellisesti kannattavaa, on lähes miljoona hehtaaria. Enemmän tai vähemmän aktiivisen metsätalouden piiriin jäisi noin 4 milj. ha. turvemaametsiä. Tutkimustiedon avulla on pystyttävä arvioimaan erilaisten toimenpiteiden vaikutukset paitsi puuntuotantoon myös muihin turvemaiden ekosysteemipalveluihin. Turvemaiden kannalta keskeisiä muita ekosysteemipalveluja ovat mm. turpeen hiilivaraston ylläpito ja kerryttäminen, veden kierron ja laadun säätely, sekä turvemaille ominaisten kasvi-, eläin-, ja mikrobiyhteisöjen ylläpito mukaan lukien tyypillisten suomarjojen, lakan ja karpalon, esiintyminen ja satoisuus.

Tutkimushankkeessa selvitetään turvemaiden maankäytön vaihtoehtoja, niiden kannattavuutta ja vaikutuksia turvemaiden tuottamiin ekosysteemipalveluihin. Hanke käynnistyi 2014 ja on osa Luonnonvarakeskuksen uutta ”Metsät moneen käyttöön” tutkimusohjelmaa. Tavoitteena on tuottaa tietoa, jota voidaan käyttää turvemaita koskevien käyttösuositusten pohjana. Tutkimuksen kohteena olevat turvemaat voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joita koskeviin kysymyksiin keskitytään eri osahankkeissa. Näihin ryhmiin kohdistuu hyvin erilaisia maankäyttöodotuksia ja -paineita. Työn tulokset pyritään tiivistämään suobarometrinä.

Ainespuun kannattavaan tuotantoon soveltuvat turvemaat
Osahankkeen tavoitteena on löytää sellaisia turvemaiden käsittelymenetelmiä, jotka turvaavat myös muiden ekosysteemipalveluiden tuotantoa ja erityisesti vähentävät soiden metsätalouskäytön aiheuttamaa vesistökuormitusta. Puuntuotannon ja muiden ekosysteemipalvelujen yhteensovittamista voidaan toteuttaa mm. Metsälain mahdollistamien uusien kasvatusmenetelmien avulla, joista tarkastellaan erityisesti erirakenteisten metsien kasvatuksen vaihtoehtoja. Osahankkeen tuloksina saadaan käsitys siitä, minkälaisin menetelmin erilaisissa suometsissä voidaan siirtyä erirakenteisen metsän kasvatukseen, minkälaisin menetelmin voidaan välttää tai myöhentää suometsien kunnostusojituksia sekä alustavia käsityksiä erirakenteisten suopuustojen uudistumisesta ja tuotoksesta.

Heikkotuottoiset turvemaat
Osahankkeen tavoitteena on tuottaa metsälain ja metsänhoitosuositusten täsmennystä tukevat kriteerit uudistamisvelvoitteen piiristä poistettavien ojitettujen soiden tunnistamiselle sekä kriteerejä ja menetelmiä sen arvioimiseksi, voidaanko joillakin kohteilla edelleen korjata puuta ja saadaanko niiden metsänkasvatus kannattavaksi. Lisäksi tuotetaan tietoa heikkotuottoisten turvemaiden käyttövaihtoehtojen vaikutuksista ekosysteemipalveluihin. Osahankkeen tuloksina saadaan niukkatuottoisten ojitusalueiden tyypilliset piirteet, joilla voidaan tukea niiden tunnistamista metsälain täytäntöönpanossa sekä arvio näiden alueiden kokonaispuuvarannosta ja sen käytettävyydestä. Näiden sekä sijainti-, koko- ja kasvupaikkatyyppitietojen perusteella muodostetaan kokonaiskäsitys heikkotuottoisten turvemaiden jatkokäytön mahdollisuuksista.

Turvetuotannosta vapautuvat suonpohjat
Työn painopiste on suonpohjien metsätalouskäytössä ja uudelleensoistamisessa. Muiden jälkikäyttömuotojen osalta tukeudutaan jo julkaistuihin tuloksiin. Tavoitteena on vertailla, miten erityyppiset jälkikäyttömuodot vaikuttavat suonpohjien ekosysteemipalveluihin: taloudellinen merkitys, luonnon monimuotoisuus ja ympäristövaikutukset (kasvihuonekaasutaseet ja vesistökuormitus). Työn tuloksina saadaan mm. tiedot puuston kehityksestä vaihtelevissa olosuhteissa 25-50 vuoden ajalle metsityksen jälkeen, arviot metsätaloustoimenpiteiden kannattavuudesta sekä metsätalouskäytön ja uudelleensoistamisen vaikutuksista kokonaishiilitaseeseen.

Suobarometri
Tavoitteena on löytää taloudellisia ja ekologisia mittareita, joita voidaan käyttää optimoitaessa erilaisille soille parhaita käyttömuotoja. Tuloksena on soiden käytön vaikutuksia koskeva Suobarometri, joka kuvaa soiden eri käyttömuotojen vaikutuksia ekosysteemipalveluihin.

Kuinka arvioida ohutjuurten tuotosta turvemaissa?

How to estimate fine root production in peat soils?

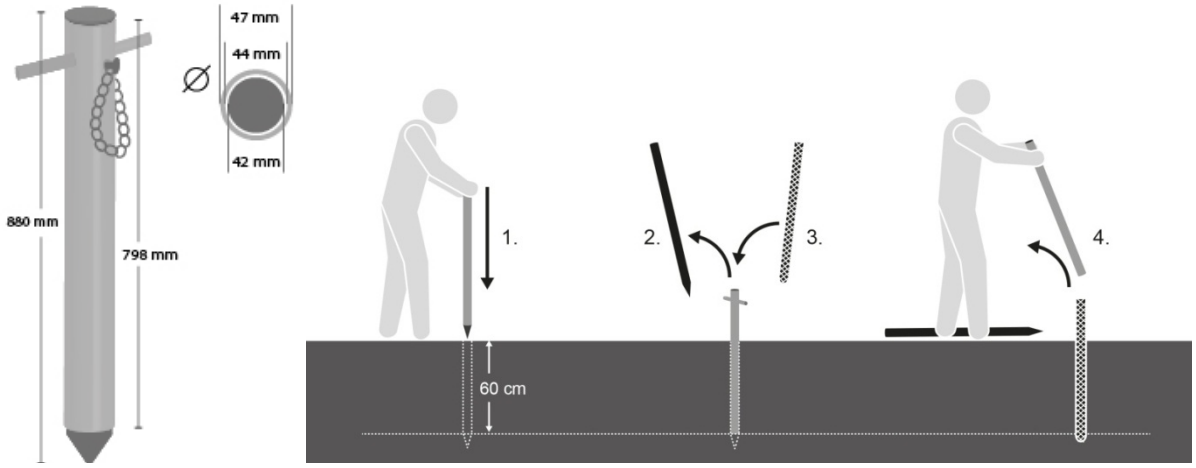
Raija Laiho[1], Rabbil Bhuiyan[2], Petra Straková[2] ja Timo Penttilä[3]

[1] Luonnonvarakeskus, Kaironiementie 15, 39700 Parkano
[2] Suoekologian tutkimusryhmä, Metsätieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[3] Luonnonvarakeskus, PL 18, 01301 Vantaa

Suot ovat maailmanlaajuisesti merkittävä hiilivarasto: niitä on vain noin 3% planeettamme maapinta-alasta, mutta niiden turve sisältää yli 30% kaikesta maaperän hiilestä. Suomessa on arvioitu turvevarojemme sisältävän jopa 80% maaperämme hiilestä. Soiden hiilivirrat ja hiilitaseet, sekä niiden vasteet maankäytön ja ilmaston muutoksiin, ovatkin olleet ympäristöntutkimuksen ytimessä 1990-luvulta alkaen. Kaikki suot eivät ole rahkasammalten vallitsemia, karuja puuttomia ekosysteemejä, vaan monilla suotyypeillä, kuten vaikkapa saranevat ja trooppiset suosademetsät, putkilokasvit ovat merkittävimpiä toimijoita, ja maanalaisilla hiilivirroilla, kuten ohutjuurten tuotos ja hajoaminen, voi olla ratkaiseva vaikutus hiilitaseeseen. Juuristoihin liittyvät hiilivirrat ovat kuitenkin soiden hiilivirroista huonoimmin tunnettuja. Tämä johtuu paljolti menetelmällisistä ongelmista ja käytettyjen menetelmien työläydestä. Juurten tuotosta ei ylipäätään voida tutkia häiritsemättä maaperää ja juuristoja tavalla tai toisella. Elävien juurten erottaminen kuolleista, ja juurten erottaminen maasta on työlästä; erityisesti turvemaissa, jotka koostuvat eriasteisesti hajonneista kasvinjäänteistä, saraturpeet jopa suurimmaksi osaksi juurten jäänteistä.

Tavoitteenamme on kehittää menetelmiä, jotka mahdollistaisivat laajamittaisen ohutjuurten tuotoksen arvioinnin turvemaissa. Valitsimme lähtökohdaksi ns. juurisukkamenetelmän (’ingrowth core’), jonka tuloksia on suhteellisen helppo tulkita, ja muokkasimme sitä vähemmän häiriötä aiheuttavaksi. Lisäksi pyrimme kehittämään infrapunaspektroskopiaan perustuvan menetelmän arvioida juurten määrää ilman että juuret täytyisi erotella näytteistä. Työn ensimmäinen vaihe on julkaistu [1].

Juurisukka on juurettomalla maalla täytetty verkkopussi, joka asennetaan maahan tietyksi ajaksi, ja johon kasvaneet juuret edustavat tuotosta tuona aikana. Pienensimme juurisukan läpimittaa, mikä vähentää maahan tulevan juurettoman eli ’luonnottoman’ maan määrää, ja mahdollistaa juurisukkien asentamisen ilman laajaa juuristojen katkomista (kuva 1). Asensimme juurisukkia kahteen ojitettuun suometsään kolmeksi vuodeksi, ja erottelimme ne käsin juurten määrän selvittämiseksi. Sen jälkeen teimme erottelemattomia näytteitä jäljittelevät juuri-turveseokset, jotka pulverisoitiin kuulamyllyllä. Näytteiden infrapuna-spektrit mitattiin Bruker Vertex FT-IR -spektrometrillä, jossa on Pike MIRacle ATR Crystal -detektori. Käytimme aallonpituusaluetta 4000-650 cm^{-1}, koska se sisälsi suurimman määrän käyttökelpoista informaatiota ja vähiten häiriösignaalia. Laadimme regressiomallit juurten massaosuuden ennustamiseen PLS-menetelmällä Unscrambler-ohjelmalla. Spektridatan valtavaa tietomäärää, jossa on paljon keskenään korreloituneita muuttujia, käytettiin selittävinä muuttujina siten, että siitä muodostettiin pääkomponentteja, joista kukin edusti yhtä itsenäistä vaihtelusuuntaa näytteiden kemiallisessa koostumuksessa. Paras tulos saavutettiin, kun niukkaravinteisessa suometsässä käytetylle rahkaturpeelle ja ravinteisessa suometsässä käytetylle saraturpeelle laadittiin erilliset mallit.



Kuva 1. Uudenmallinen kaksiosainen juurisukkien asennuslaite ja sen käyttö. Teräväkärkinen sisäputki näkyy tummanharmaana vasemmanpuoleisessa ja mustana oikeanpuoleisessa kuvassa; ontto ulompi putki on vaaleanharmaa. Sisäputken pää työntää reiän maahan (1). Kun haluttu syvyys on saavutettu (tässä 60 cm), putket yhdistävä lukko irrotetaan ja sisäputki nostetaan maasta (2). Juurisukka pudotetaan maahan onton ulkoputken tukemaan reikään (3) ja ulkoputki nostetaan maasta (4). Juurisukan läpimitta on tehty sellaiseksi, että se putoaa hyvin ulkoputken sisään, mutta syrjäytetty maa sulkeutuu tiiviisti sen ympärille, kun putki vedetään pois. Sulkeutuminen varmistetaan maan pintaosassa silloin kun maa on kuivaa. Kuva on julkaisusta [1].

Ensimmäisen vuoden tuotos, joka edustaa vain uusien juurten muodostumista, oli niukkaravinteissa suometsässä 118 m^{-2} v^{-1} ja runsasravinteisessa suometsässä 216 g m^{-2} v^{-1} (0-50 cm maakerros). Paikallisen vaihtelun perusteella arvioimme, että luotettavan tuotosarvion saamiseen tarvitaan 10-30 sukkaa/koeala. Infrapunaspektroskopiaan perustuvien mallien selitysasteet olivat 72-83%, ja ennusteiden keskivirheet 5-8%. Menetelmä vaikuttaa siis lupaavalta. Ohjeet menetelmän soveltamiseen löytyvät julkaisusta [1].

Kirjallisuus

[1] Laiho, R., Bhuiyan, R., Straková, P., Mäkiranta, P., Badorek, T. & Penttilä, T. 2014. Modified ingrowth core method plus infrared calibration models for estimating fine root production in peatlands. *Plant and Soil* 385: 311–327 doi: 10.1007/s11104-014-2225-3

Kunnostusojituksen tarpeellisuuden arviointi mallinnuksen keinoin

Computational approach in estimating the need of ditch network maintenance

Laurén A.[1], Hökkä, H.[2], Launiainen S.[1], Palviainen M.[3], Finér, L.[1] and Piirainen S.[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, PL 68, 80101 Joensuu
[2] Metsäntutkimuslaitos, PL 16 (Eteläranta 55), 96301 ROVANIEMI
[3] Helsingin yliopisto, Metsätieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

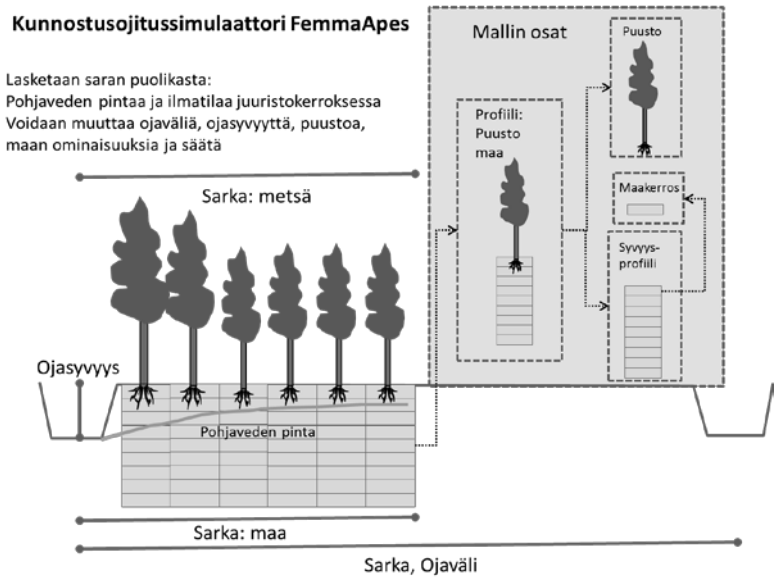
Johdanto

Liika vesi pintamaassa vähentää kaasujen vaihtoa ja biologista aktiivisuutta juuristokerroksessa, mikä haittaa metsän kasvua turvemailla. Alkuperäisen ojituksen seurauksena vesi juuristokerroksessa on vähentynyt ja puuston kasvu elpynyt. Ajan myötä ojien kunto tyypillisesti heikkenee ja ylimääräistä vettä saattaa taas kertyä juuristokerrokseen. Kunnostusojitusta tarvitaan tilanteessa, jossa:

- ennen kunnostusojitusta kasvukauden aikana vettä on juuristokerroksessa on liikaa JA
- kunnostusojituksen jälkeen liiasta vedestä johtuva kasvurajoite poistuu/vähenee JA
- kunnostusojituksesta saatava hyöty ylittää sen aiheuttamat haitat (taloudellinen kannattavuus ja vesistöhaitat)

Juuristokerroksen ilmatilaa voidaan pitää kunnostusojituksen kriteerinä. Siihen vaikuttavat yhtäaikaisesti säätila, puusto ja kasvillisuus, turpeen ominaisuudet, ojaväli ja ojan syvyys. Monimutkaisten vaikutusmekanismien vuoksi kunnostusojituksen hyödyllisyyttä on vaikea selvittää ilman laskennallisia apuvälineitä.

Kunnostusojitussimulaattorissa lasketaan päivittäisellä aika-askeleella ojitetun metsäisen saran hydrologiaa ja käyttäjä voi valita sään, puuston, maan ominaisuudet sekä ojituksen dimensiot (Kuva 1). Mallissa lasketaan juuristokerroksen ilmatilaa eri etäisyyksillä ojasta ja arvioidaan ilmatilan vaikutusta puuston kasvuun, sekä toisaalta arvioidaan ojituksen aiheuttamia vesistöhaittoja. Vertaamalla kunnostusojitettua ja –ojittamatonta malliajoa, ojituksen hyötyjä ja haittoja, päästään tasapainoisesti arvioimaan kunnostusojituksen tarpeellisuutta.



Kuva 1. Kunnostusojitussimulaattorin rakenne.

Tavoitteena oli simuloimalla selvittää missä määrin sää, puusto, turpeen ominaisuudet, ojaväli ja ojan syvyys vaikuttavat ojituskriteerinä käytettävään juuristokerroksen ilmatilaan sekä puuston kasvuun ja vesistökuormitukseen.

Aineisto ja menetelmät

Kunnostusojitussimulaattorilla laskettiin skenaarioita Rovaniemellä sijaitsevalle ojitetulle varputurvekankaalle. Skenaarioissa käytettiin lähtötietoina kombinaatioita seuraavista säädatoista, maan ominaisuuksista, puustokuvauksista, sekä ojaväleistä ja ojasyvyyksistä:

- 2000-luvun sateisin, vähäasteisin ja sademäärältään keskimääräinen hydrologinen vuosi
- Turpeen hydrauliset ominaisuudet luonnontilaisen ja ojitetun suon rahkaturpeen (maatumisaste H4…6) mukaan.
- Viisi erikokoista männikköä (tilavuus 27…176 m^3/ha).
- Ojaväli 40 m ja 20 m
- Ojasyvyys 50 cm ja 90 cm

Jokaisesta simulaatiosta tallennettiin skenaariolle laskettu puuston suhteellinen kasvu, sekä vesistöön kohdistuva fosfori- ja kiintoainekuormitus.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Simuloidut tekijät vaikuttivat juuristokerroksen kasvukaudenaikaisesta ilmatilasta arvioituun puuston suhteelliseen kasvuun seuraavassa järjestyksessä: säätekijät > ojaväli > turpeen ominaisuudet > ojasyvyys > puusto. Laskennassa pienimmät fosforikuormat olivat skenaarioissa, joissa saran pohjaveden pinta oli syvällä (pieni ojaväli ja syvä oja). Ojasyvyys ja ojaväli kuitenkin vaikuttivat eniten myös kiintoainekuormitukseen.

Kunnostusojituksen hyötyjen ja haittojen laskennallinen tarkastelu auttaa keskittämään kunnostusojitukset niille sopiville kohteille ja välttämään turhaa ojitusta ja vesistökuormitusta.

Maaveden DOC-pitoisuuksien muutokset eri puulajien metsiköissä Olkiluodon saarella vuosina 2004 - 2013

Changes in the soil solution DOC concentrations in forest stands of different tree species on the Olkiluoto Island during 2004-2013

Antti-Jussi Lindroos[1] ja Lasse Aro[2]

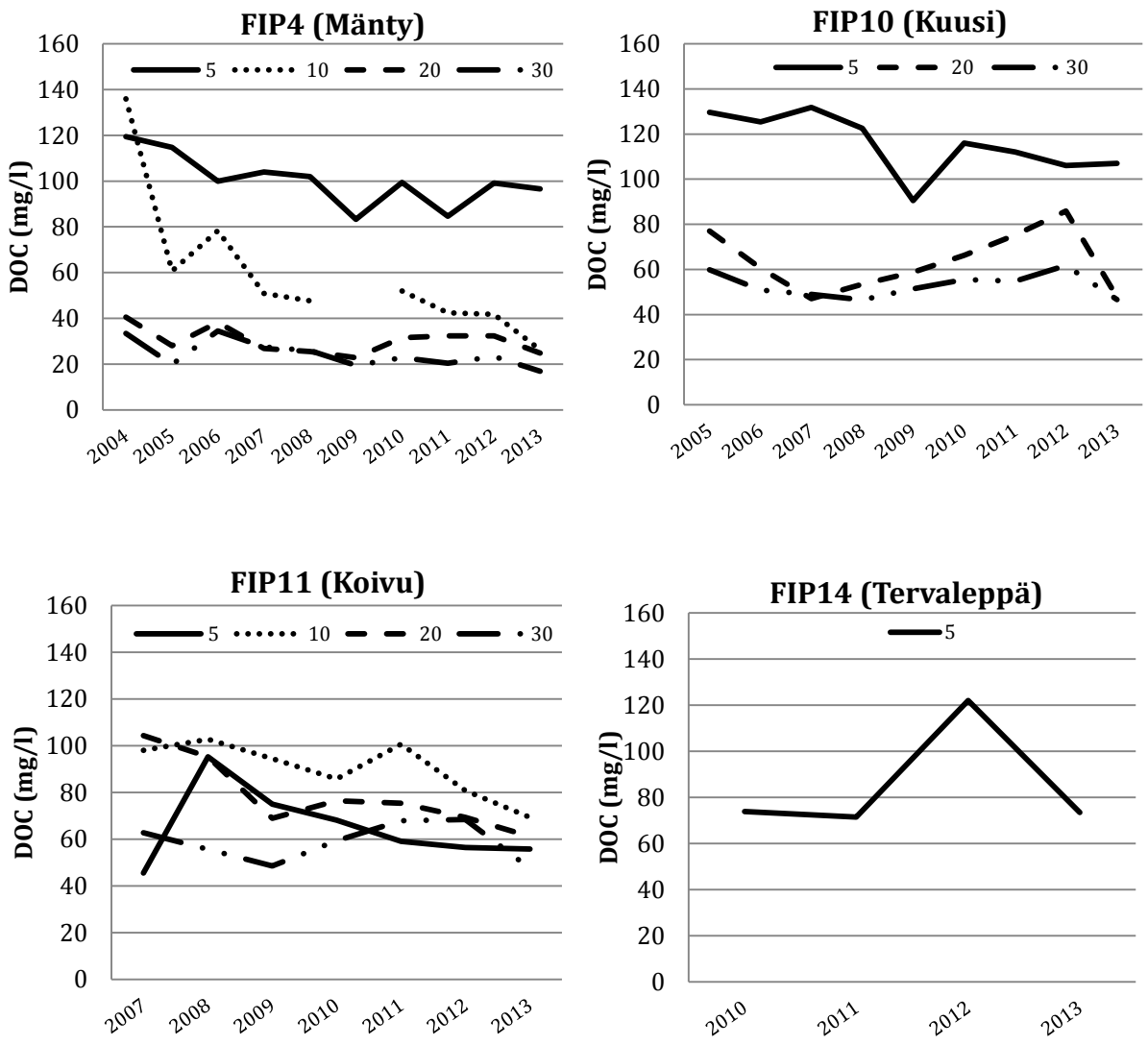
[1]Luonnonvarakeskus, PL 18, 01301 Vantaa
[2]Luonnonvarakeskus, Kaironiementie 15, 39700 Parkano

Liukoinen orgaaninen hiili (DOC, dissolved organic carbon) on eräs keskeisimpiä metsämaiden maaveden kemiallisia tunnuksia. Orgaanista ainetta kulkeutuu metsämaan pintaosista maannosprofiilin syvempiin osiin liukoisena muotona, ja orgaanisen aineen kertyminen podsolimaannoksen rikastumiskerrokseen johtuu osaltaan liukoisen orgaanisen aineen saostumisesta [1]. Liukoinen orgaaninen aine muodostaa kompleksiyhdisteitä metallien kanssa ja vaikuttaa siten niiden liikkumiseen metsämaissa [2]. Liukoinen orgaaninen aine voi toimia myös anionina vaikuttaen maaveden kemialliseen tasapainoon ja sitä kautta muiden aineiden pitoisuuksiin [2]. Näin ollen muutoksilla maaveden DOC-pitoisuuksissa voi olla tärkeä merkitys maaveden koostumukseen ja ravinnepitoisuuksiin. Pintavesien DOC-pitoisuuksien on raportoitu kohonneen viime vuosina [esim. 3], ja ilmaston muutoksen sekä alentuneen happamoittavan laskeuman on ajateltu mahdollisesti olevan syitä tähän [esim. 4]. Metsämaiden maaveden DOC-pitoisuuksissa ja –määrissä ei Suomessa kuitenkaan ole raportoitu toistaiseksi nousevaa trendiä [1,4]. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää maaveden DOC-pitoisuuksien muutokset eri puulajien metsiköissä, jotka sijaitsevat Olkiluodon saarella Länsi-Suomessa. DOC-pitoisuuksien muutoksia on seurattu vuosina 2004 - 2013.

Maavettä kerättiin Olkiluodon tutkimusalueelta varttuneesta männiköstä (puuston tilavuus 303 m^3/ha keväällä 2008) ja kuusikosta (473 m^3/ha) sekä koivuvaltaisesta taimikosta (17 m^3/ha) ja tervaleppävaltaisesta metsiköstä (147 m^3/ha syksyllä 2009). Maavettä kerättiin orgaanisen kerroksen alta levylysimetreillä ja kivennäismaasta syvyyksiltä 10, 20 ja 30 cm alipainelysimetrien avulla. Näytteet kerättiin lumettomana aikana 2 viikon välein. Näytteistä määritettiin DOC-pitoisuus TOC-analysaattorilla. Seuranta toteutettiin vuosina 2004 - 2013, ja seurantajakson pituus vaihteli männikön 10 vuodesta tervaleppävaltaisen metsikön neljään vuoteen [5].

Tulosten mukaan millään alalla ei havaittu nousua maaveden DOC-pitoisuuksissa tutkimusjakson aikana (kuva 1). DOC-pitoisuuksissa oli enemminkin laskeva trendi tai pitoisuudet pysyivät suhteellisen vakaina. DOC-pitoisuuden muutokset olivat samansuuntaisia kaikilla tutkimusyvyyksillä. DOC-pitoisuudet laskivat kaikilla aloilla syvyyden kasvaessa paitsi koivuvaltaisessa taimikossa, missä kivennäismaan pinnasta (syvyys 10 cm) mitatut pitoisuudet olivat suurempia kuin orgaanisessa kerroksessa. Tässä aineistossa ei löydetty nousevaa maaveden DOC-trendiä ajanjaksolla 2004 - 2013, mikä voitaisiin liittää mahdolliseen ilmaston muutokseen tai laskeumamuutoksiin.

Tutkimusta rahoitti Posiva Oy Olkiluodon monitorointiohjelman puitteissa.



Kuva 1. Maaveden DOC-pitoisuuden keskiarvo Olkiluodon männikössä (FIP4), kuusikossa (FIP10), koivikossa (FIP11) ja tervalepikossa (FIP14) 5, 10, 20 ja 30 cm:n syvyydessä 2004 - 2013.

Kirjallisuus

[1] Lindroos, A.-J., Derome, J., Mustajärvi, K., Nöjd, P., Beuker, E. & Helmisaari, H.-S. 2008. Fluxes of dissolved organic carbon in stand throughfall and percolation water in 12 boreal coniferous stands on mineral soils in Finland. *Boreal Environment Research* 13(suppl. B): 22-34.

[2] Lindroos, A.-J., Derome, J. & Niska, K. 1995. The relationship between dissolved organic matter and percolation water chemistry in northern Finland. *Water, Air and Soil Pollution* 79:191-200.

[3] Vuorenmaa, J., Forsius, M. & Mannio, J. 2006. Increasing trends of total organic carbon concentrations in small forest lakes in Finland from 1987 to 2003. *The Science of Total Environment* 365: 47-65.

[4] Ukonmaanaho, L., Starr, M., Lindroos, A.-J. & Nieminen, T.M. 2014. Long-term changes in acidity and DOC in throughfall and soil water in Finnish forests. *Environmental Monitoring and Assessment.*

[5] Aro, L., Hökkä, H., Lindroos, A.-J. & Rautio, P. 2014. Results of forest monitoring on Olkiluoto Island in 2012. POSIVA Working Report 2013-56.

Miten hakkuutähteiden korjuu heijastuu puiden juuriston käyttämän maaveden typpi- ja hiilipitoisuuksissa 6 vuoden kuluttua päätehakkuusta?

How is the logging residue harvesting reflected in the soil solution N- and C-concentrations 6 years after the clear-cut?

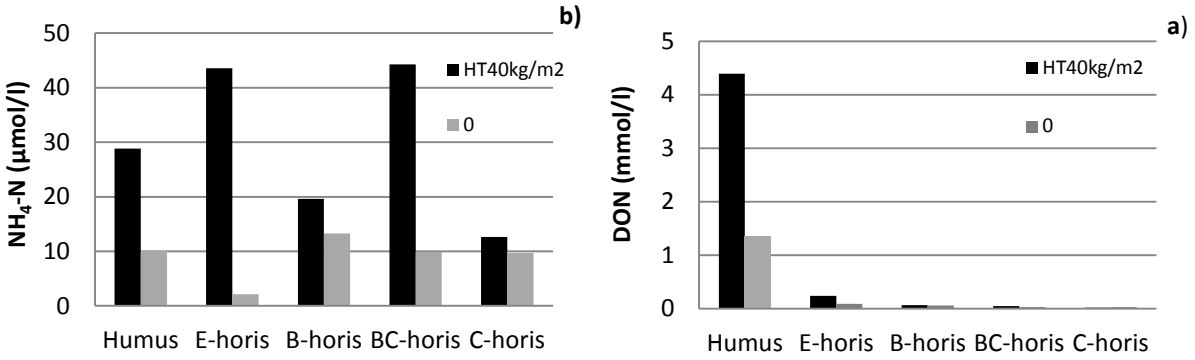
Antti-Jussi Lindroos[1], Kirsti Derome[2] ja Hannu Ilvesniemi[1]

[1]Luonnonvarakeskus, PL 18, 01301 Vantaa
[2]Luonnonvarakeskus, PL 413, 90014 Oulun yliopisto

Päätehakkuissa syntyviä hakkuutähteitä korjataan bioenergiakäyttöön varsin yleisesti. Ainespuun lisäksi korjattavien neulasten ja oksien mukana poistuu metsästä huomattavia ravinnemääriä, joista typpi on tärkeimpiä puuston kasvun kannalta. Puut ottavat ravinteita, kuten typpeä, maaperään sitoutuneesta vedestä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten hakkuutähteiden korjuu tai jättäminen päätehakkuualalle heijastuu maaperään sitoutuneen veden typpi- ja hiilipitoisuuksiin kuuden vuoden kuluttua hakkuusta. Tässä esitettävät tulokset perustuvat hakkuutähdekokeeseen, jossa kasvillisuuden kannalta tärkeää, maamatriisiin sitoutunutta maavettä, erotettiin maanäytteistä sentrifugimenetelmällä.

Maaperään sitoutuneen veden liukoisen orgaanisen typen (DON), ammoniumtypen (NH_4-N), nitraattitypen (NO_3-N) ja liukoisen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuuksia mitattiin Paltamon Kivesvaaralla, missä hiekkavaltaisella maalla kasvanut kuusikko uudistettiin vuonna 2007. Maaperään sitoutunutta vettä erotettiin sentrifugoimalla maanäytteitä, jotka otettiin lokakuussa 2013. Maanäytteet otettiin podsolimaannoksen humus- (O-horisontti), huuhtoutumis- (E), rikastumis- (B), vaihettumis- (BC) ja pohjamaakerroksista (C). Jokaisesta kerroksesta otettiin 4 osanäytettä. Näytteet kerättiin koeruuduilta, joiden käsittelyt olivat 1) ei hakkuutähdettä ja 2) 40 kg/m^2 tuoreita kuusen oksia.

Tulosten mukaan maaperään sitoutuneen veden DON- (kuva 1a), NH_4-N- (kuva 1b), NO_3-N- ja DOC-pitoisuudet olivat selvästi korkeampia 6 vuotta päätehakkuusta alalla, jolle hakkuutähteet oli jätetty verrattuna tilanteeseen, jossa hakkuutähteet oli korjattu. DON- ja DOC-pitoisuuksissa ero oli selkein maaperän pintaosissa (O- ja E-horisontit). NH_4-N- ja NO_3-N-pitoisuudet olivat korkeampia kaikissa tutkituissa maannoksen kerroksissa alalla, jolle hakkuutähteet oli jätetty. Hakkuutähteet näyttäisivät olevan tärkeitä puuston ja kasvillisuuden käyttämän veden ravinnepitoisuuksien kannalta vielä useita vuosia hakkuun jälkeen. Tulokset tukevat käsitystä, että hakkuutähteiden osittainen jättäminen on tärkeää myös hakkuutähteitä korjattaessa. Puuston ravinteiden tasaisen saatavuuden kannalta hakkuutähteiden tasainen jakauma hakkuualalla on eduksi.



Kuva 1. Maaveden liukoisen orgaanisen typen (DON) (a) ja ammoniumtypen (NH_4-N) (b) pitoisuudet 6 vuotta hakkuun jälkeen maannoksen eri horisonteissa (O, E, B, BC, C). Hakkuutähteitä (HT) jätetty 0 tai 40 kg/m^2.

Prosessoitujen lietteiden ja lannan käytöstä fosforilannoitteena

On the application of processed sludge and manure as phosphorus fertilizers

Jaakko Mäkelä[1], Miia Kuisma[2], Elise Ketoja[3], Tapio Salo[3], Markku Yli-Halla[4], Helena Kahiluoto[1]

[1]LuKe - Luonnonvarat ja biotuotanto, Jokiniemenkuja 1, 01370 Vantaa
[2]LuKe - Luonnonvarat ja biotuotanto, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli
[3]LuKe - Luonnonvarat ja biotuotanto, Tietotie 4, 31600 Jokioinen
[4]HY - Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Fosforin (P) tunnetut esiintymät ovat ehtymässä kasvinravinteista ensimmäisenä. Samanaikaisesti maatalousmaalta tuleva valunta toimii merkittävänä vesistöjen rehevöittäjänä. Näistä syistä maatalouden, yhdyskuntien ja teollisuuden P-pitoisia sivuvirtoja on syytä hyödyntää maatalouden P-lähteinä aikaisempaa tehokkaammin. Lannan ja puhdistamolietteen prosessointi ja siinä käytetyt kemikaalit voivat oleellisesti alentaa näiden lannoitevalmisteiden sisältämän P:n käyttökelpoisuutta [1]. Puhdistamokemikaalien tavoite on poistaa P:a tehokkaasti jätevesistä [2], mutta lannoituskäytössä lietteen sisältämän P:n tulisi silti olla kasveille käyttökelpoista. Fosforin käyttökelpoisuus ei saisi kärsiä myöskään, kun suurten eläinyksiköiden lantaa prosessoidaan teknisten käyttö- ja kuljetusominaisuuksien parantamiseksi ja sen sisältämän energian hyödyntämiseksi.

MTT:n ReP (Bioavailability of phosphorus in sewage sludges, ReP) -hankkeen osana tehdyssä kenttäkokeessa tutkittiin lannan (Man) ja puhdistamolietteen (SS) käyttöä viljakasvien P – lannoitteena kolmella lannoitustasolla. Jätemateriaaleja käsiteltiin mädättämällä (Ad) ja/tai kompostoimalla (Komp), ja puhdistamolietettä lisäksi kalkkistabiloimalla (Lime) ja KemiCond-menetelmällä (Kem), jossa tuote hygienisoidaan (H_2SO_4) ja hapetetaan (H_2O_2). NK -lisälannoituksella (90 tai 120 kgN/ha, 25 tai 50 kgK/ha viljavuudesta riippuen) pyrittiin varmistamaan, että P on satoa rajoittava pääravinne. Eloperäisiä lannoitevalmisteita verrattiin teolliseen NPK – lannoitukseen (P-tasot 5, ~20, 40 ja 60 kg/ha); verranteina olivat myös pelkkä NK – lannoitus ja lannoittamaton koejäsen. Lannoitevalmisteet olivat P-koostumukseltaan varsin erilaisia. Lantapohjaisten valmisteiden P oli pääosin vesiliukoisessa muodossa, kun taas lietteiden P oli voimakkaammin pidättynyt emäs- ja happoliukoisiin muotoihin. Erityisesti Lime – käsitellyn lietteen pääasiallinen P – muoto oli erittäin niukkaliukoista, todennäköisesti kalsiumfosfaattia.

Kaksivuotinen kenttäkoe tehtiin MTT:n tutkimusasemilla Jokioisissa (hietasavi, P-tila ”välttävä”) ja Ylistarossa (hieno hieta, P-tila ”huononlainen”). Eloperäisiä lannoitevalmisteita ja väkilannoitteita levitettiin vain ensimmäisenä koevuonna (toukokuu 2012), ja vuonna 2013 tarkasteltiin niiden jälkivaikutusta. Vuonna 2012 viljelykasvina oli kaura ja vuonna 2013 ohra. Kasvustoista mitattiin kasvukauden aikainen P-sisältö (Jokioinen vk 30, Ylistaro vk 31) ja jyväsadon mukana pelloilta poistunut P. Kasvukauden aikana mitattu kasvuston P-sisältö oli Jokioisilla ~10 kg/ha ja Ylistarossa ~4 kg/ha. Vaikka kasvukauden aikainen P-otto oli vuonna 2012 Jokioisissa suurempi kuin Ylistarossa, jäi Jokioisten jyväsato keskimäärin pienemmäksi (~4000 kg/ha) kuin Ylistaron (~6000 kg/ha). Satotasot sekä hehtolitrapainot olivat Jokioisissa ja Ylistarossa (55–60 kg/hl) MTT:n lajikekokeiden kaltaisia tai hieman korkeampia.

Jokioisissa lanta ja puhdistamolietteen Kem-käsittely tuottivat vuonna 2012 toisiaan vastaavilla kokonais-P:n lannoitustasoilla - ~100 - ~500 kg/ha pienemmän sadon kuin NPK. Kompostoimattomista mädätetyistä valmisteista liete tuotti suuremman sadon kuin lanta. Lisäksi näyttöä saatiin siitä, että lannan kompostointi lisäsi ja mädätys laski saatuja satoja.

Ylistarossa 2012 NPK–käsittelyllä saatu sato oli eloperäisiä lannoitevalmisteita ja NK -lannoitusta suurempi.
Jokioisissa vuoden 2013 sadot vastasivat NPK:ta, lukuun ottamatta ManKomp ja SSAdKomp -käsittelyitä, joiden sadot olivat alempia. Satoero oli kuitenkin vähäinen, suurimmillaan ~290 kg/ha. Ylistarossa eroja käsittelyiden välillä ei vuonna 2012 havaittu.

Erot jyvien sisältämän P:n välillä olivat Jokioisissa suurimmillaan ~2 % koko koealueen keskiarvosta, pienimmät P-pitoisuudet lannoittamattomassa sadossa (4,2 g/kg) ja suurimmat (4,3 g/kg) SSAdLime käsittelyn korkeimmalla P-lannoitustasolla (249 kg/ha). Ylistarossa hajonta oli suurempaa, ~3 %, pienimmät (3,9 g/kg) pitoisuudet havaittiin ManKomp:in matalimmalla P-lannoitustasolla (1 kg/ha), ja suurimmat (4,1 g/kg) ManAd:n korkeimmalla lannoitustasolla (26 kg/ha). Fosforilannoituksen määrän suuren vaihtelun huomioon ottaen tämä viittaa kasvien fysiologisen P-tarpeen tulleen täytetyksi jo pienimmillä lannoitustasoilla; kauranjyvien P-pitoisuuden on myös aiemmin todettu kuvastavan heikosti maan P-tilaa [2][3]. Tarvetta suuremmalle määrälle käyttökelpoista P:tä ei siis ollut, kuten Ylistaron hyvä satotaso vuonna 2012 osoittaa.

Koska pelkällä NK–lannoituksella saatiin satoja, jotka ovat eloperäisten lannoitevalmisteiden kanssa samaa tasoa, on todennäköistä, ettei P ollut olennaisesti kasvua rajoittava tekijä kummallakaan melko alhaisessa P-tilassa olleella koekentällä, vaan maan ravinnevarat olivat niilläkin sadonmuodostukseen riittävät. Koetuloksemme antavat tukea nykyiselle suuntaukselle, jossa P-lannoitusta ohjataan aikaisempaa alemmille tasoille. Näyttää siltä, että peltoja, joissa P-lannoituksella saadaan välitöntä P-lannoitusvaikutusta, on hyvin vähän. Tämä vaikeuttaa merkittävästi eloperäisten lannoitevalmisteiden käyttöä, jos käytön tarkoituksena on satovasteiden saaminen. Jos satovasteita ei saada, P:n lisääminen maahan johtaa pelkästään maan P-varojen kasvuun ja vesistöjen P-kuormituksen potentiaaliseen lisääntymiseen. Eloperäisten lannoitevalmisteiden hehtaaritasolla varsin suuren P-määrän todellinen hyödyntäminen on siis edelleen ratkaisematon kysymys.

Kirjallisuus

[1] Jokinen, R. 1990. Effect of phosphorus precipitation chemicals on characteristics and agricultural value of municipal sewage sludges 1. Characteristics of Ca, Al and Fe precipitated sewage sludges. Acta Agric Scand 40: 123-129.
[2] Jokinen, R. 1990. Effect of phosphorus precipitation chemicals on characteristics and agricultural value of municipal sewage sludges 2. Effect of sewage sludges on yield, element contents and uptake by spring barley (Hordeum vulgare, L.). Acta Agric Scand 40: 131-140.
[3] Jansson, H., Yläranta, T., Sillanpää, M. 1985. Macronutrient contents of different plant species grown side by side. Ann Agric Fenn 24: 139-148.

Mustaliuskepohjaisen turvemaan mineraalityppivarat ja N_2O- päästöt
Mineral nitrogen and N_2O emissions of a peatland underlain with black schist

Minna Mäkelä[1], Jaakko Mäkelä[2], Saila Innanen[1], Asko Simojoki[1], Markku Yli-Halla[1]

[1]HY – Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2]LuKe - Luonnonvarat ja biotuotanto, Jokiniemenkuja 1, 01370 Vantaa

Mustaliuske on mätäliejusta syntynyt metamorfinen kivilaji, joka sisältää grafiittia ja erilaisia kiisuja (esim rikkikiisu FeS_2, kuparikiisu $CuFeS_2$). Sitä esiintyy melko yleisesti kallioperämme liuskevyöhykkeillä, esimerkiksi Pohjois-Karjalassa, Kainuussa ja Oulun seudulla [1]. Mustaliuskealueilla esiintyy yleisesti sulfidien hapettumisesta johtuvaa maan voimakasta happamoitumista.

Tämän tutkimuksen koepaikka on Joensuussa sijaitseva mustaliuskepohjainen Pärnänsuo, joka on teollisen turpeennoston päätyttyä otettu viljelykäyttöön. Turvetta nostettiin vuodesta 1979 viime vuosiin asti. Turpeen poiston seurauksena sulfidipitoinen maa-aines on päässyt kosketuksiin ilmakehän hapen kanssa ja hapettuminen on alkanut. Alueelle jääneen eloperäisen kerroksen paksuus vaihtelee siten, että osalla alueesta turvetta ei ole ollenkaan, ja paikoitellen sen paksuus on jopa metri.

Alueella mitattiin pH:ta ja otettiin näytteitä maan alkuainepitoisuuksien määrittämiseksi toukokuussa 2012 neljältä saralta, kolmesta maahorisontista. Ne edustivat pintaturvetta (horisontti O1), maatuneempaa turvetta (O2) ja kivennäismaata välittömästi turvekerroksen alla (BCg). Mineraalitypen pitoisuutta mitattiin seuraavana vuonna samoista paikoista 0-20, 20-40, 45-60, ja 70-85 cm syvyyksistä. Kasvihuonekaasupitoisuuksia ja – emissioita (N_2O, CO_2, CH_4) on mitattu toukokuusta 2014 lähtien joka toinen viikko kolmelta koepaikalta, jotka vaihtelevat turpeen paksuuden suhteen. Kaasupitoisuuksia maan huokostilassa seurataan 5, 15, 30 ja 60 cm syvyyksiin asennettujen näytteenkeräimien avulla ja maan pinnasta tulevaa emissiota mitataan suljetun staattisen kammion menetelmällä. Samoilta paikoilta seurataan myös maan kosteutta, lämpötilaa ja sähkönjohtavuutta kolmelta syvyydeltä automaattisilla jatkuvatoimisilla antureilla. Kaasunäytteenotto jatkuu vuoden 2014 loppuun asti. Tässä työssä esitellään mittauskampanjan alustavia tuloksia.

Alue on kauttaaltaan erittäin hapan: alimmillaan pintahorisontin pH oli ~2,8, ja korkeimmillaankin vain ~3,7. Syvemmälle mentäessä pH nousi, ja alueilla, joilla turvetta oli jäljellä enemmän, pH oli korkeampi kuin alueilla, joilla sitä oli jäljellä vähemmän ja sulfidipitoinen kivennäismaa oli lähellä pintaa. Pärnänsuon kivennäismaa on hienoa hietaa, sen hiilipitoisuus vaihtelee välillä 0,4-0,7 %. Maan kokonaisrikkipitoisuus vaihtelee välillä 0,34-0,99 %. Maan sähkönjohtokyky on suurempi alueilla, joilla turvetta on vähemmän ja suurimmillaan se on lähellä turpeen ja kivennäismaan vaihtumiskohtaa, jossa se on noussut paikallisesti yli 2 dS/m (johtoluku 20). Johtolukua 10 pidetään arveluttavan korkeana peltomaassa [2]. Korkea johtoluku lähellä maahorisonttien vaihtumiskohtaa tukee aiempia havaintoja, joiden mukaan turpeen alaosaan kertyy liukoisia aineita alla olevasta kivennäismaasta [3,4]. Tähän viittaavat myös maasta mitatut helppoliukoisen rikin pitoisuudet, jotka ovat viljavuusanalyysin mukaan koko koealueella arveluttavan korkeita.
Mineraalitypen määrä ohutturpeisilla alueilla ja paksuturpeisten alueiden ylimmässä 40 cm:ssä vaihteli välillä 3-29 kg N/ha (1-165 mg/kg), mikä ei poikkea viljellyn turvemaan tyypillisestä määrästä [5]. Paksun turvekerroksen alla olevassa pohjamaassa sen sijaan mineraalityppeä oli selvästi enemmän, jopa 200 kg N/ha. Tämäkään määrä ei ole epätavallisen suuri sulfidipitoisissa maissa, joissa mineraalityppeä on havaittu yli 400 kg N/ha [6]. Suurin osa, kaikissa näytteissä yli 99 %, mineraalitypestä esiintyi ammoniumtyppenä.

Tämä on tyypillistä sulfidipitoisille maille [6] ja viittaa pelkistäviin oloihin. Aiemmista sulfaattimailla tehdyistä tutkimuksista poiketen [7,8] Pärnänsuolta ei alustavien tulosten mukaan pääse suuria määriä dityppioksidia (N_2O) ilmakehään. Havaitut emissiot ovat 2,6-3,8 kg N/ha/vuosi, mikä on turvemaalta alhainen muttei epätyypillinen taso [8]. Suomalaisilta nurmenviljelyssä olevilta turvemailta aiemmin mitatut emissiot ovat olleet 2,6- 9,9 kg N/ha/vuosi [5]. Sulfidipitoiselta maalta on havaittu paljon suurempia päästöjä, noin 29 kg N/ha [9], joiden yhteydessä tosin havaittiin myös suuria maaveden nitraattipitoisuuksia, jotka korreloivat positiivisesti dityppioksidin päästöjen kanssa. Pärnänsuolla ohutturpeisten aluiden päästöt näyttävät olevan hieman suuremmat kuin paksuturpeisten alueiden, mikä tukisi ajatusta hapettuvan sulfidin päästöjä lisäävästä vaikutuksesta, mutta varmoja johtopäätöksiä ei voida tehdä toistaiseksi keskeneräisen aineiston perusteella.

Kirjallisuus

[1] Arkimaa, H., Hyvönen, E., Lerssi, J., Loukola-Ruskeeniemi, K., Vanne, J. 2000. Suomen mustaliuskeet aeromagneettisella kartalla. Geologian tutkimuskeskus.

[2] Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Mikkeli: Viljavuuspalvelu Oy 8 p.

[3] Herranen, T. 2010. Turpeen rikkipitoisuus Suomen soissa – tuloksia laajasta turveinventoinnista. Suo 61: 49-56

[4] Virtanen, K., Lerssi, J. 2006: Mustaliuskekivilajin vaikutus turpeen alkuainepitoisuuksiin. GTK, arkistoraportti S42/0000/2006/1. 53 s.

[5] Regina, K., Syväsalo, E., Hannukkala, A., Esala, M. 2004. Fluxes of N2O from farmed peat soils in Finland. *European Journal of Soil Science* 55: 591-599.

[6] Paasonen-Kivekas, M., Yli-Halla, M. 2005. A comparison of nitrogen and carbon reserves in acid sulphate and non acid sulphate soils in western Finland. *Agricultural and Food Science* 14: 57-69.

[7] Denmead, O.T., Macdonald, B.C.T., Bryant, G., Naylor, T., Wilson, S., Griffith, D.W.T., Wangd, W.J., Salter, B., White, I., Moody, P.W. 2009. Emissions of methane and nitrous oxide from Australian sugarcane soils. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 748–756.

[8] Pihlatie, M. 2007. Nitrous oxide emissions from selected natural and managed northern ecosystems. Academic dissertation. Helsinki 2007.

[9] Uusi-Kämppä, J., Mäensivu, M.., Westberg, V., Regina, K., Rosendahl, R.., Virtanen, S., Yli-Halla, M.., Ylivainio, K., Osterholm, P., Turtola, E. 2012. Greenhouse gas emissions and nutrient losses to water from an acid sulfate soil with different drainage systems. Geological Survey of Finland, Guide 56: 141-143.

Kaivoksen jätevesien vaikutus maaperän ominaisuuksiin ja kasvihuonekaasupäästöihin kultakaivoksen pintavalutuskentillä

The effect of mining waste waters on soil properties and GHG emissions in a peatland

Marja Maljanen, Jenna Hynynen, Katharina Palmer

1) Itä-Suomen yliopisto, ympäristötieteen laitos, PL 1627, 70211 Kuopio
2) Oulun yliopisto, Vesi- ja ympäristötekniikan laboratorio, PL 4300, 90410 Oulun yliopisto

Metallikaivossektorin tuotanto on Suomessa kasvussa samoin kuin kaivoksista aiheutuvat ympäristöriskit. Kaivostoiminnan ympäristövaikutuksia ovat erityisesti prosessijätevesien sekä kuivatusvesien aiheuttama kuormitus. Kaivosvedet ovat yleensä sulfaatti- ja metallipitoisia vesiä. Jätevesissä voi olla myös typpeä, joka on peräisin louhintaan käytetyistä räjähdysaineista tai esim. kultamalmin prosessointiin käytetystä syanidista. Useat jätevesien haitta-aineet sitoutuvat maapartikkeleiden pinnoille, mutta samalla voi aiheutua pysyviä muutoksia maaperän ominaisuuksissa ja toiminnassa. Nämä muutokset voivat vaikuttaa myös maaperän mikrobiologiaan ja kasvihuonekaasuja tuottaviin mikrobiologisiin prosesseihin. Vaikutus voi olla suuri kaivosvesien puhdistukseen käytettävillä pintavalutuskentillä.

Tavoitteena oli selvittää, miten jätevesien sisältämät haitta-aineet vaikuttavat turpeen biologisiin prosesseihin, kasvillisuuteen, typen kiertoon ja KHK-päästöihin Kittilän kaivoksen pintavalutuskentillä. Kasvihuonekaasupäästöjä mitattiin neljällä pisteellä, joista kolme oli jätevesien vaikutuksen alaisena ja yksi referenssipisteenä jätevesien vaikutuksen ulkopuolella. metaani (CH_4) - ja dityppioksidi (N_2O) -kaasujen pitoisuuksia maaperässä ja päästöjä mitattiin kahdeksan kertaa vuosien 2013-2014 aikana Kittilässä ja kaasunäytteet analysoitiin Itä-Suomen yliopistolla Kuopiossa. Lisäksi mittauspisteiden välittömästä läheisyydestä otettiin vesinäytteitä laboratoriomittauksia varten (mm. pH, EC, NO_3-, NH_4+, SO_4^{2-}, DOC ym.).

Tulokset osoittivat että kaivoksen jätevedet vaikuttavat merkittävästi suoekosysteemiin ja sen kasvihuonekaasuvirtoihin. Pintavalutuskentällä sijaitsevilla mittauspisteellä havaittiin erittäin suuria N_2O-päästöjä, jotka vastasivat lannoitetun maatalousmaan päästöjä. Referenssipisteen N_2O-päästöt olivat luonnontilaiselle suolle tyypillisesti hyvin pieniä. Metaanipäästöt sen sijaan pintavalutuskentällä olivat hyvin alhaisia, kun taas referenssipisteen päästöt olivat samaa suuruusluokkaa kun yleensä pohjoisilla soilla on havaittu. N_2O-päästöt korreloivat suon pintaveden nitraattipitoisuuden kanssa positiivisesti, joten voimme päätellä että suurien päästöjen syynä oli jäteveden nitraatti, jota ei yleensä muodostu veden kyllästämässä suossa. Metaanipäästöt puolestaan pienenivät suoveden sulfaattipitoisuuden kasvaessa. Tämä voidaan selittää sillä että suuri sulfaattipitoisuus estää metaanin muodostumisen suon hapettomissa olosuhteissa. Johtopäätöksenä voi sanoa että kaivoksen pintavalutuskenttä voi toimia merkittävinä N_2O-lähteenä. Vaikutusalueen laajuutta ei voida arvioida tämän tutkimuksen perusteella.

Kirjallisuus

[1]Maljanen, M., Óskarsson, H., Sigurdsson, B.D. ym. 2010. Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. *Biogeoscience* 7: 2711–2738.

[2]Winfrey, M.R., Zeikus, J.G. 1977. Effect of sulfate on carbon and electron flow during microbial methanogenesis in freshwater sediments. *Applied and Environmental Microbiology* 33: 275-281.

Kuusikoiden ja männiköiden hiilivarastot kasvillisuudessa ja maaperässä

Above- and belowground carbon stocks in coniferous boreal forests in Finland

Päivi Merilä[1], Heljä-Sisko Helmisaari[2], Sari Hilli[3], Antti-Jussi Lindroos[4], Tiina M. Nieminen[4], Pekka Nöjd[4], Pasi Rautio[3], Maija Salemaa[4] ja Liisa Ukonmaanaho[4]

[1] Metsäntutkimuslaitos (Metla), Oulu, PL 413, 90014 Oulun yliopisto, Finland, paivi.merila@metla.fi
[2] Metsätieteiden talo, Viikki, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, helja-sisko.helmisaari@helsinki.fi
[3] Metla, Rovaniemi, PL 16, 96301 Rovaniemi, pasi.rautio@metla.fi
[4] Metla, Vantaa, PL 18, 01301 Vantaa, etunimi.sukunimi@metla.fi

Johdanto

Tietoa metsäekosysteemin hiilivarastoista tarvitaan esim. arvioitaessa metsänkäsittelyn vaikutuksia metsien hiilensidontakapasiteettiin sekä metsiköiden hiilivarastojen muutoksia simuloivien mallien validointiin. Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida hiilivaraston määrää ja jakautumista metsäekosysteemin eri ositteisiin. Tarkastelussamme olivat mukana runkopuuston ja maaperän lisäksi mm. aluskasvillisuuden ja hienojuuriston hiilivarastot.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa oli mukana seitsemän männikköä ja kahdeksan kuusikkoa, jotka kuuluvat YK-ECE:n ICP-Forests -ohjelman metsien intensiiviseurantaan [1]. Valtaosa havaintoaloista sijaitsee talousmetsissä. Havaintoalojen lämpösumma vaihtelee 658–1351 d.d. ja metsiköt ovat iältään 55–200 vuotiaita.

Puiden eri ositteiden biomassa arvioitiin biomassafunktioilla [2, 3]. Aluskasvillisuuden, hienojuuriston ja maaperän (0–40 cm) hiilivarastojen arviointi perustui otokseen. Eri ositteiden hiilipitoisuudet mitattiin Leco CHN-analysaattorilla.

Tulokset

Havaintoalojen kokonaishiilivarasto (neulaset, kuolleet ja elävät oksat, runkopuu, kaarna, kannot; isot, pienet ja hienojuuret; aluskasvillisuus, karike- ja humuskerrokset sekä kivennäismaa 0–40 cm) oli 82–261 Mg ha^{-1}. Sekä maanpäälliset että maanalaiset hiilivarastot olivat suurempia Etelä- kuin Pohjois-Suomessa. Runkopuu (ka. 29 %), kivennäismaa (0–40 cm; ka. 28 %) ja humuskerros (ka. 14 %) olivat suurimpia hiilivarastoja. Puubiomassaan (ml. maanalaiset ja –päälliset ositteet) varastoitunut hiili oli suuruudeltaan keskimäärin 55 % koko ekosysteemin hiilivarastosta. Päätehakkuussa hakkuutähteiksi tai bioenergiaksi päätyvien ositteiden (neulaset, elävät ja kuolleet oksat, kannot) hiilivaraston osuus oli Pohjois-Suomen kuusikoissa 44 % and Etelä-Suomen männiköissä 31 %. Aluskasvillisuuden hiilivarasto oli suurin Pohjois-Suomen männiköissä (1,7 %, 1700 kg ha^{-1}) ja pienin Etelä-Suomen kuusikoissa (0,2 %, 400 kg ha^{-1}).

Kirjallisuus

[1] Merilä, P., Mustajärvi, K., Helmisaari, H.-S., Hilli, S., Lindroos, A.-J., Nieminen, T.M., Nöjd, P., Rautio, P., Salemaa, M., Ukonmaanaho, L. 2014. Above- and below-ground N stocks in coniferous boreal forests in Finland: Implications for sustainability of more intensive biomass utilization. *Forest Ecology and Management 311*: 17-28.
[2] Repola, J., Ojansuu, R., Kukkola, M. 2007. Biomass functions for Scots pine, Norway spruce and birch in Finland. *Working Papers of the Finnish Forest Research Institute* 53. 28 p.
[3] Repola, J. 2009. Biomass equations for Scots Pine and Norway Spruce in Finland. *Silva Fennica* 43: 625–647.

Dissemination of antibiotic resistance genes in connection to land application of dairy cattle and swine manure

Matti Ruuskanen[1], Johanna Muurinen[2], Katariina Pärnänen[2], Manu Tamminen[2], Christina Lyra[2], Marko Virta[2]

[1] Department of Biology, Faculty of Science, University of Ottawa
[2] Department of Food and Environmental Sciences, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki

The dissemination of antibiotic resistance genes of bacteria (ARGs) to the environment is likely an important factor for the increased prevalence of resistant infections. ARGs are widely studied in many possible hotspots for horizontal gene transfer and aquatic environments, but not in many agricultural ecosystems. Agricultural soils and receiving waters are exposed to animal manure, since it is typically used as a fertilizer in animal farms. Manure is known to contain multiple different resistance genes and its application to fields most likely leads to an increase in their abundance in the environment. This phenomenon has not been studied earlier on Finnish animal farms. The effects of manure application in the field and runoff waters on two dairy cattle farms and two swine farms were studied in southern Finland. The copy numbers of carbapenem ($bla_{\text{OXA-58}}$), sulfonamide (*sul1*) and tetracycline (*tetM*) resistance genes were quantified with qPCR. Also the copy number of the 16S rRNA gene was quantified for normalizing the gene abundances.

In most farms the ARGs found in manure had enriched during storage from fall to spring. The relative abundance of antibiotic resistance genes increased from fresh to stored manure roughly fivefold. The copy number of detected ARGs was higher in soil sampled after the fertilisation than before. In many cases the studied ARGs were not detected in unfertilized soil. ARGs were primarily detected in receiving waters at dairy farms. The copy number in receiving waters also increased after fertilization. We compared the results against the data of antibiotic usage in farms during the season that the manure was collected for storage. It seems that increased relative abundance of ARGs is not explained by the usage of antibiotics from past 12 months. Instead the possible co-selection during manure storage might be a considerable factor in the dissemination of ARGs. In addition, this study documents the amplification of the carbapenemase encoding $bla_{\text{OXA-58}}$ gene on all of the studied farms and that the gene is disseminated in their environment. This carbapenemase confers bacterial resistance to eg. last resort antibiotics in human use.

According to the results of the study, antibiotic resistance genes are disseminated in the environment on Finnish animal farms. The dissemination of resistance genes might cause a risk to the animals and workers on the farms, and their immediate surroundings. This problem could be perhaps limited by the study of new manure handling methods that could reduce the amounts of antibiotic resistance genes in the manure, and subsequently in the environment.

Viljelymenetelmät muuttavat maan ominaisuuksia

Cultivation methods change soil properties

Merja Myllys[1], Ansa Palojärvi[2] ja Kari Koppelmäki[3]

[1] Luonnonvarakeskus, Luonnonvarat ja biotuotanto, Tuotannon ympäristövaikutukset, Planta, 31600 Jokioinen, merja.myllys@luke.fi
[2] Luonnonvarakeskus, Luonnonvarat ja biotuotanto, Ympäristö ja ekologia, Planta, 31600 Jokioinen, ansa.palojarvi@luke.fi
[3] Helsingin yliopisto, kari.koppelmaki@helsinki.fi

Johdanto

Havaintoja viljelymenetelmien vaikutuksesta maan ominaisuuksiin kerättiin kahdessa maatalouden ympäristönsuojeluhankkeessa Uudellamaalla (RaHa-hanke) sekä Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa (TEHO-hanke).

Aineisto ja menetelmät

Maan ominaisuudet tutkittiin viljelijöiden pelloilla yhdeksässä eri kohteessa. Jokaisessa kohteessa oli neljä lähekkäin sijaitsevaa lohkoa, joissa oli käytetty eri muokkaustapoja:

- intensiivinen muokkaus eli kyntö
- kevennetty muokkaus eli kultivointi
- muokkaamaton viljely eli suorakylvö
- monivuotinen nurmi

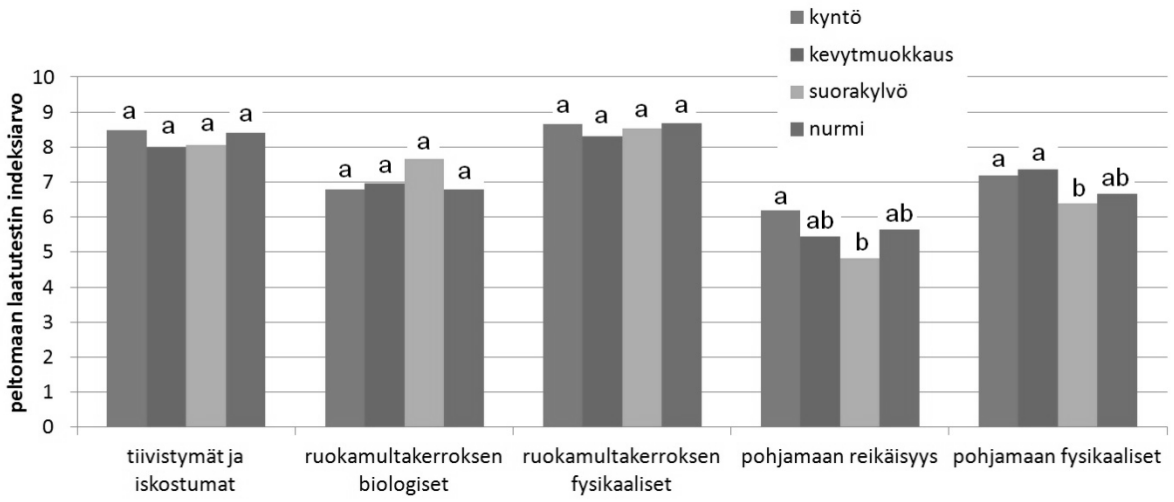
Muokkaustapaa oli toteutettu yleensä vähintään viisi edeltävää vuotta muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Yhdeksästä kohteesta seitsemän sijaitsi savimaalla ja kahdessa maa oli karkeampaa. Yhdestä savimaalla sijaitsevasta nelikosta puuttui suorakylvetty lohko, joten hankkeessa tutkittiin 35 lohkoa.

Peltolohkojen maat tutkittiin syksyllä 2010 sadonkorjuun jälkeen. Jokaisella lohkolla tehtiin Peltomaan laatutestin [1] kuoppahavainnot kahdesta kuopasta. Havainnot tehtiin kahdesta kerroksesta: ruokamultakerroksesta (0–20 cm) ja pohjamaasta (20–40 cm). Havaintoja tehtiin maaprofiilissa olevista tiivistymistä ja iskostumista, ruokamultakerroksen biologisista ominaisuuksista, ruokamultakerroksen fysikaalisista ominaisuuksista, pohjamaan reikäisyydestä (kuvaa biologisia ominaisuuksia) ja pohjamaan fysikaalisista ominaisuuksista.

Lohkoilta tehtiin myös viljavuusanalyysi ja määritettiin maan tiiviyttä kuvaava tilavuuspaino sekä maan eloperäisen aineksen määrästä kertova maan hiilipitoisuus. Näitä analyysejä varten maanäytteet otettiin ruokamultakerroksesta kolmelta eri syvyydeltä (0–5, 5–10 ja 10–20 cm).

Tulokset ja tarkastelu

Peltomaan laatutestin kuoppahavaintojen mukaan eri muokkausmenetelmät aiheuttivat eroja erityisesti pohjamaan ominaisuuksiin. Suorakylvössä pohjamaan reikäisyys ja muut fysikaaliset ominaisuudet olivat heikommat kuin muissa muokkauskäsittelyissä, mikä viittaa vähäisempään biologiseen aktiivisuuteen (juuret, lierot) pohjamaassa. Tähän voi olla syynä se, että suorakylvölohkoilla viljeltiin pääasiassa matalajuurisia yksivuotisia kevätviljoja. Suorakylvö ei myöskään ollut jatkunut vielä kovin kauan, joten kastelierojen leviämismahdollisuudelle oli ollut vasta vähän aikaa. Toisaalta suorakylvössä ruokamultakerroksen biologiset ominaisuudet olivat muita paremmat vaikkei ero ollut tilastollisesti merkitsevä. Ruokamultakerroksen fysikaalisissa ominaisuuksissa tai tiivistymien ja iskostumien esiintymisessä muokkausmenetelmien välillä ei havaittu johdonmukaisia eroja.



Kuva Peltomaan laatutestin kuoppahavaintojen tuloksia eri muokkausmenetelmissä viljelijöiden havaintolohkoilla (n=9). Indeksiarvo on sitä suurempi, mitä parempi tilanne maassa on.

Peltomaan tiiviyttä kuvaava tilavuuspaino oli kyntömaan kolmessa kerroksessa (0–20 cm:n syvyydessä) kaikkein tasaisin. Nurmiviljelyssä ja suorakylvössä kerrosten välillä oli eniten eroja; muokkauksen maata möyhentävän vaikutuksen puuttuessa maa oli alimmissa kerroksissa muita tiiviimpää. Muokkaamattomuus johtaa siis tiiviimpään maan rakenteeseen aivan pintamaata lukuun ottamatta, jolloin käytännön viljelyssä korostuu pohjamaata rei'ittävien syväjuuristen kasvien viljelyn ja lierojen elinolojen parantamisen merkitys.

Muokkaustapa muutti selvästi peltomaan ylimpien kerrosten kemiallisten ominaisuuksien (ravinteet, pH ja hiilipitoisuus) keskinäisiä suhteita; kynnössä pitoisuudet jakautuivat melko tasaisesti ja kultivoinnissa melko tasaisesti. Suorakylvössä kerrosten välillä oli selkeitä eroja, ja nurmella erot ylimmän ja alimman kerroksen välillä olivat kaikkein selkeimmät.

Muokkaamatta viljelyssä – suorakylvössä ja nurmella – eloperäinen aines jakautui epätasaisesti eri maakerroksiin ja kertyi pellon pintaan pintamaan rakennetta vahvistamaan. Kynnössä eloperäistä ainesta oli tasaisesti koko muokkauskerroksessa. Kultivoinnissa eloperäistä ainesta oli 0–20 cm:n kaikissa kerroksissa vähemmän kuin muissa. Tämä saattaa olla seurausta kasvintähteiden tehostuneesta hajotuksesta ravinteikkaaseen pintamaahan kevyesti sekoitettuna.

Nurmimaan pH oli kaikissa kerroksissa muita muokkausmenetelmiä alhaisempi, samoin suorakylvön alimman kerroksen pH. pH ja fosforiluku vaihtelivat muokkausintensiteetin mukaan samaan tapaan, joskin fosforiluvun suhteen erot eri muokkausmenetelmien välillä olivat suuremmat; luvut olivat sitä suuremmat, mitä enemmän maata oli muokattu.

Tuloksiin aiheuttaa epävarmuutta se, että havainnot on kerätty viljelijöiden pelloilta. Tuloksiin on siten saattanut vaikuttaa muutkin viljelytoimien erot kuin muokkausmenetelmä. Vaihtelu lohkojen välillä oli suurta.

Kirjallisuus

[1] Palojärvi, A., Myllys, M. ja Alakukku, L. Peltomaan laatutesti. 2006. *http://www.agronet.fi/peltomaan_laatutesti.*

[2] Palojärvi, A. Myllys, M., Jauhiainen, L. ja Alakukku, L. 2014. Maan rakenne ja viljavuus. *Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS3). Loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriö 3/2014.*

Metsätalouden vesiensuojelu happamilla sulfaattimailla

Water protection management of forests growing on acid sulfate soils

Tiina M. Nieminen[1], Hannu Hökkä[2] ja Leena Finér[3]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Metla, Vantaa, PL 18, 01301 Vantaa, tiina.nieminen@metla.fi
[2] Metla, Rovaniemi, PL 16, 96301 Rovaniemi, hannu.hokka@metla.fi
[3] Metla, Joensuu, PL 68, 80101 Joensuu, leena.finer@metla.fi

Happamat sulfaattimaat ovat keskeisessä osassa Suomen vesienhoidon suunnittelussa, sillä happamista sulfaattimaista aiheutuva metallikuormitus ja vesien happamuus ovat Suomen suurimpia ympäristöongelmia. Euroopan laajimmat happamien sulfaattimaiden esiintymät löytyvät Suomen alavilta rannikkoseuduilta. Häiriintymättömät maaperän sulfidipitoiset kerrokset eivät muodosta uhkaa vesistöille, mutta niiden hapettuminen ojituksen tai muun maankaivun seurauksena aiheuttaa voimakasta happamoitumista ja raskasmetallien huuhtoutumista vesistöihin.

Suomessa on metsäojitettu yhteensä noin 49 500 neliökilometriä soita, joista noin viidennes sijaitsee happamien sulfaattimaiden potentiaalisella esiintymisalueella, ns. Litorina -alueella. Tällä alueella lähes 40 prosenttia metsätalousmaan pinta-alasta on ojitettua turvemaata. Turvemaiden metsien kunnostusojitustarve on voimakkaassa kasvussa, sillä valtaosa ojitetuista metsistä on uudistuskypsiä seuraavan 30 vuoden kuluessa. Ojaverkoston kunnostaminen metsän uudistamisen yhteydessä on usein tarpeellista uuden puusukupolven kasvun varmistamiseksi.

Metsätaloudessa yleisesti käytössä olevien vesiensuojelutoimenpiteiden avulla voidaan tehokkaasti vähentää etenkin kiintoaineen huuhtoutumista alapuolisiin vesistöihin, mutta niiden hyödystä happamuushaittojen torjunnassa ei ole näyttöä. Sellaiset vesiensuojelurakenteet, jotka edellyttävät maan kaivamista syvälle, voivat vaikuttaa jopa haitallisesti, eli lisätä happamuushaittoja maaperän sulfidikerrosten paljastumisen seurauksena. Maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön vuonna 2011 julkaisemassa strategiassa ”Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020” korostetaan haittojen ennaltaehkäisyn tärkeyttä metsätaloudessa, sillä keinot jo syntyneiden haittojen lieventämiseksi ovat rajalliset ja niiden toteuttaminen äärimmäisen kallista. Tämä edellyttää tiedon välittämistä niin toiminnanharjoittajien kuin julkisen hallinnon viranomaisten päätöksenteon pohjaksi.

Metsäntutkimuslaitoksen Metsät ja vesi -tutkimusohjelmassa happamiin sulfaattimaihin liittyvän tiedon ja teknologian siirron keskeisin tavoite on parhaiden haittojen torjuntakäytäntöjen määrittäminen sekä niistä tiedottaminen. Lisäksi tavoitteena on metsäsuunnittelijoiden, metsänomistajien ja muiden toimijoiden yleisen tietämyksen lisääminen happamien sulfaattimaiden metsien kunnostusojitusten ja muiden metsänhoitotoimenpiteiden vesistöriskeistä.

Kirjallisuus

[1] Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö 2011. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020. Maa- ja metsätalous-ministeriö 2/2011. 26 s.

Peltomaan tautisuppressiivisuuden tehostaminen viljelytoimenpiteiden avulla

Improved general plant pathogen suppressiveness by agricultural management practices

Ansa Palojärvi[1], Päivi Parikka[1], Miriam Kellock[2] ja Laura Alakukku[3]

[1] Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat ja biotuotanto, Jokioinen, ansa.palojarvi@luke.fi
[2] Nykyinen osoite: VTT, Espoo
[3] Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Helsinki

Talviaikainen kasvipeitteisyys on toimiva vesiensuojelullinen keino maatalouden sopeutuessa ilmastonmuutokseen. Yksivuotisten kasvien viljelyalueella keskeisiä keinoja kasvipeitteisyyden lisäämiseksi ovat pellon jättäminen sängelle talveksi, suorakylvö ja kevennetty muokkaus. Ne saattavat kuitenkin suosia maan ja kasvinjätteiden kautta leviäviä kasvitauteja ja lisätä torjunta-aineiden käyttöä.

Hankkeen yleisenä tavoitteena on kehittää innovatiivista käytännön peltoviljelyyn soveltuvaa ympäristöteknologiaa, joka vähentää kasvitautien kemiallisen torjunnan tarvetta ja lisää peltojen kasvipeitteisyyttä kasvukauden ulkopuolella yksivuotisten kasvien viljelyssä. Hankkeessa selvitetään muokkausmenetelmän (suorakylvön, sänkimuokkaus, kyntö) ja viljelykierron (jatkuva ohra vs. ohra-härkäpapu-kaura-rypsi –viljelykierto) vaikutusta erityisesti maa- ja kasvustojätelevintäisten tautien esiintymiseen, sekä maaperämikrobiston yleisen tautientukahduttamiskyvyn kehittymiseen (ns. tautisuppressiivisuus). Hankkeessa keskitytään löytämään ratkaisuja sellaisten kasvitautien hallintaan (erityisesti Fusarium-sienet; testisienenä F. culmorum), joihin käytettävissä olevilla torjunta-aineilla on heikko tehovaste. Kentillä mitataan jatkuvatoimisesti maan kosteutta ja lämpötilaa kasvukaudella ja kasvukauden ulkopuolella.

Tulosten perusteella viljelymenetelmillä voidaan vaikuttaa peltomaan yleiseen tautisuppressiivisuuteen. Muokkauksen keventäminen tehosti tautisuppressiivisuutta perinteiseen kyntöön verrattuna. Tautisuppressiivisuuden tehostuminen oli yhteydessä peltomaan mikrobibiomassan kokonaismäärän kasvuun. Käsittelyissä, joissa tautisuppressiivisuus oli suurinta, testatun tautisienen esiintyvyys oli vähäisintä.

Maankäytön vaikutus vesistöjen hiilikuormitukseen

The effects of land use on carbon export

Palviainen M.[1], Laurén A.[2], Launiainen S.[2] ja Piirainen S.[2]

[1] Helsingin yliopisto, Metsätieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Metsäntutkimuslaitos, PL 68, 80101 Joensuu

Johdanto

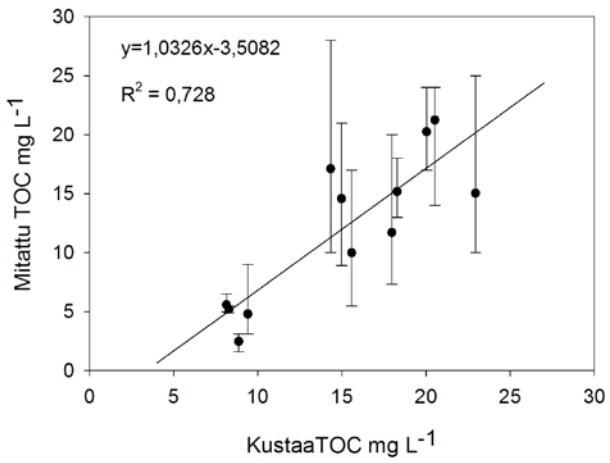
Vesistöihimme huuhtoutuu runsaasti orgaanista hiiltä ympäröiviltä maa-alueilta ja Suomen järvien humuspitoisuus on yksi maapallon korkeimmista [1]. Orgaaninen hiili vaikuttaa vesistöjen väriin, lämpötilaan, valaistusolosuhteisiin, perustuotantoon, ravintoketjuihin, happamuuteen, ravinteisuuteen ja kasvihuonekaasupäästöihin sekä metallien ja ympäristölle haitallisten aineiden kulkeutumiseen ja myrkyllisyyteen [1]. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia, voidaanko valuma-alueen maankäytön avulla selittää vesistöjen hiilipitoisuutta, ja arvioida eri kuormituslähteiden suhteellista merkitystä, ja mahdollisuuksia säädellä vesistöjen hiilikuormitusta.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa oli mukana 12 Itä-Suomessa sijaitsevaa järveä (Hattujärvi, Harkkojärvi, Koitere, Mekrijärvi, Nuorajärvi, Kuorinka, Ylinen, Kermajärvi, Pyhäjärvi, Ätäskö, Kuohattijärvi ja Mujejärvi). Turvemaiden, metsien, peltojen, vesistöjen ja rakennettujen alueiden pinta-alat poimittiin Corine06 tietokannasta. Tuotantoeläinten määrät saatiin kuntien maataloussihteereiltä (5 aluetta) ja muilla valuma-alueilla tuotantoeläinten määrä arvioitiin muiden valuma-alueiden peltopinta-alan ja tuotantoeläinten määrän perusteella. Uudistushakkuiden pinta-alat arvioitiin VMI aineiston ikäluokkajakaumasta ja kunnostusojitusten pinta-alat poimittiin ELY-keskusten rekistereistä. Maastotietokannasta selvitettiin alueiden asukasmäärät (talot ja kesämökit). Metsäntutkimuslaitoksella kehitettyä Kustaa-laskentatyökalua muokattiin laskemaan vesistöihin kohdistuva hiilikuormitus. Tarvittavat hiilen ominaiskuormitusluvut saatiin kirjallisuudesta. Hiilen taustakuorma ennustettiin valuma-alueen turvemaiden osuuden perusteella [2]. Maatalouden hiilen ominaiskuormituksesta on olemassa vähän tutkimuksia, mutta alustavien tulosten mukaan eri viljelykäytäntöjen väliset hiilikuormat eroavat toisistaan vain vähän [3, 4]. Näin ollen maatalouden hiilikuormituksen laskennassa käytettiin keskimääräisiä peltoviljelyn ominaiskuormituslukuja. Karjatalouden hiilen ominaiskuormitusluvuista ei ole julkaistuja tutkimuksia, joten lukuarvoina käytettiin haja-asutusalueiden jätevesiasetuksen minimitasoa. Laskelmiin sisällytettiin sekä liukoinen että kiintoaineeseen sitoutunut hiili. Laskennassa oletettiin, että taustakuorman, metsätalouden ja yhdyskuntien kiintoainekuormasta puolet on orgaanista ainetta ja orgaanisen aineen hiilipitoisuus on 50 %. Maatalousalueilla kiintoaineen orgaanisen aineen osuudeksi arvioitiin 10 % ja turvetuotantoalueilla sen oletettiin olevan 80 %. Vertailuaineistona käytettiin järvistä mitattuja TOC pitoisuuksia, jotka poimittiin Suomen Ympäristökeskuksen HERTTA-tietokannasta.

Tulokset

Järvien valuma-alueet olivat kooltaan 31–2 075 km^2. Valuma-alueilla oli turvemaita 3–47 %, maatalousmaata 1–17 %, rakennettuja alueita 1–8 %, vesistöjä 8–32 %, kivennäismaiden metsiä 40–65 % ja turvemaita 3–47 %. Vuosittainen järvien orgaanisen hiilen kuormitus vaihteli 29–76 kg ha^{-1} ja siitä taustakuorman osuus oli 34–98 %. Kustaa-laskentatyökalulla tuotetut hiilipitoisuudet vastasivat hyvin järvistä mitattuja hiilipitoisuuksia (Kuva 1). Pitoisuusestimaattien residuaalit olivat keskimäärin 3,8 mg L^{-1}.



Kuva 1. Kustaa-laskentatyökalulla ennustetut ja mitatut keskimääräiset hiilipitoisuudet järvissä. Hajontaviivat osoittavat mitattujen pitoisuuksien minimi- ja maksimiarvot.

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tulokset osoittivat, että turvemaiden osuus valuma-alueilla on tärkein hiilikuormitusta määräävä tekijä. Turvemaavaltaisilla alueilla valumavesien hiilipitoisuudet ovat suuria, koska turvemaat ovat läheisessä hydrologisessa yhteydessä vastaanottavaan vesistöön, turpeeseen on varastoitunut paljon hiiltä, hajotus voi olla hapettomista oloista johtuen epätäydellistä ja turpeessa on vähän liukoista hiiltä pidättäviä rauta- ja alumiiniyhdisteitä. Kivennäismailla humuskerroksesta huuhtoutuva hiili pidättyy tehokkaasti rikastumiskerrokseen, jopa häiriöidenkin, kuten uudistushakkuiden ja maanmuokkauksen jälkeen [5]. Metsätalouden merkitys oli pieni, vain ≤1 % kokonaiskuormasta. Uudistushakkuut lisäävät hiilikuormitusta, mutta kunnostusojituksilla on päinvastainen vaikutus. Taustakuorma dominoi hiilikuormituksessa ja mahdollisuudet säädellä hiilikuormitusta rajoittuvat valuma-alueille, joilla turvemaiden osuus on alhainen ja antropogeenisten lähteiden osuus merkittävä.

Kirjallisuus

[1] Keskitalo, J. and Eloranta, P. 1999. Limnology of humic waters. Backhuyis Publishers, Leiden, The Netherlands. 284 s.
[2] Kortelainen, P., Mattsson, T., Finér, L., Ahtiainen, M., Saukkonen, S. and Sallantaus, T. 2006. Controls on the export of C, N, P and Fe from undisturbed boreal catchments, Finland. *Aquatic Sciences* 68: 453–468.
[3] Soinne, H., Lemola, R., Hoikkala, L. and Turtola, E. 2014. Dissolved organic carbon load from agricultural soils. 20th World Congress of Soil Science 6, 386–387. June 8–13, Korea.
[4] Räty, M., Järvenranta, K., Virkajärvi, P., Saarijärvi, E. ja Kröger, H. 2014. Jatkuvatoiminen ravinnekuormituksen seurantaverkosto Kirmanjärven valuma-alueella. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2014 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 30. Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman. www.smts.fi.
[5] Piirainen, S., Finér, L., Mannerkoski, H. and Starr, M. 2007. Carbon, nitrogen and phosphorus leaching after site preparation at a boreal forest clear-cut area. *Forest Ecology and Management* 243: 10–18.

Symbionttiset pintajuurisienet ja kuusentaimien kasvu

Symbiotic ectomycorrhizal fungi and growth of Norway spruce

Taina Pennanen[1], Sannakajsa Velmala[1], Tiina Rajala[1], Irmeli Vuorinen[1], Lu-Min Vaario[1]

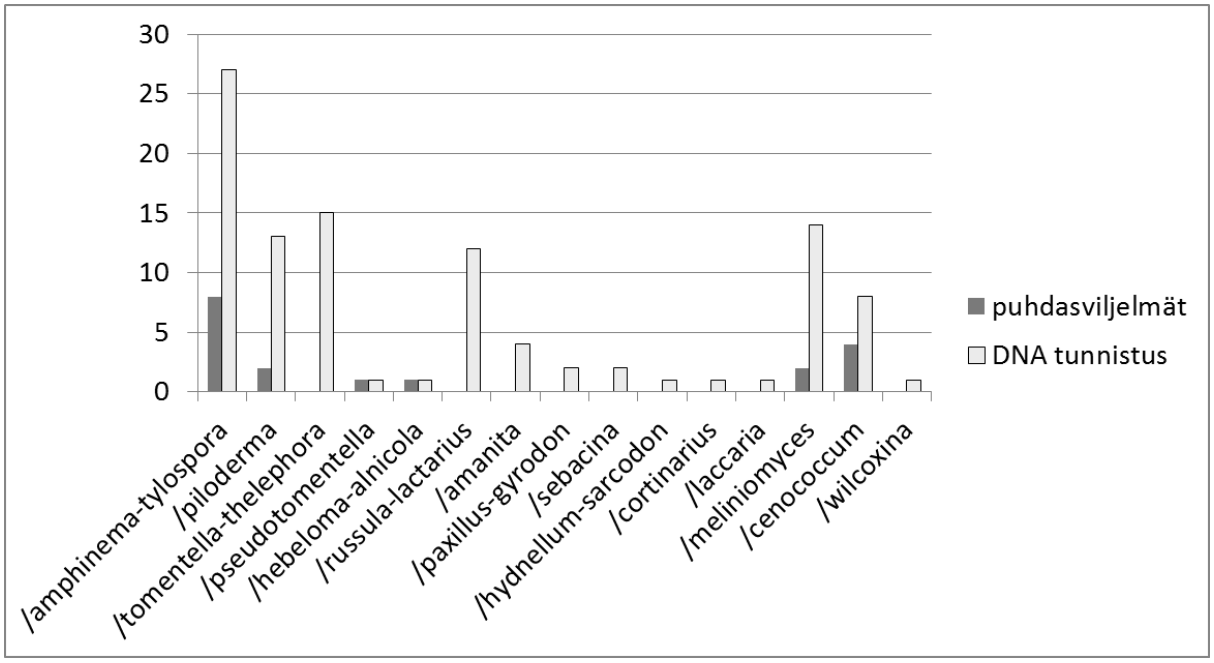
[1]Luonnonvarakeskus (Luke), Jokiniemenkuja 1, Vantaa
taina.pennanen@metla.fi

Symbionttiset pintajuurisienet eli ektomykorritsat ovat välttämättömiä metsäpuiden ravinteiden ja veden otossa. Nämä symbionttiset sienet suojaavat puita monilta ympäristön stressitekijöiltä kuten kuivuudelta ja patogeenisilta mikrobeilta. Pintajuurisienet lisäävät taimitarhataimien hienojuurten biomassaa ja kasvattavat taimien juuri/verso-suhdetta. Kasveihin assosioituneiden mikrobien onkin todettu suurelta osin määrittävän kasvin menestymisen kilpailussa kasvutilasta.

Suomessa istutukseen tuotettavat kuuset ovat paakkutaimia, joille on tyypillistä taimen pituuteen verrattuna pieni juuristo ja alhainen pintajuurisienien määrä. Vuosittain yli 100 miljoonasta istutetusta kuusentaimestamme viidennes menehtyy mätästetyilläkin uudistusaloilla muutaman vuoden kuluessa istutuksesta, ja puuntuotannon kannalta hyvän uudistumistuloksen kriteerit täyttää vain 42 % kuusen istutusaloista [1]. Taimien juuriston koko on yleensä sitä pienempi mitä enemmän taimia on kasvatuksen aikana lannoitettu [2]. Hyvin kehittynyt juuristo on kookasta versoa selvästi tärkeämpi ominaisuus istutuksen jälkeisen pituuskasvun kannalta [3]. Myös nopeasti yleistyvä koneellinen istutus edellyttää lyhyttä versoa sekä tiivistä, juurien ja sienirihmaston kasassa pitämää juuripaakkua. Monissa maissa taimitarhoilla havupuihin siirrostetaankin juuristosieniä kasvun nopeuttamiseksi ja taimien terveyden kohentamiseksi.

Suomalaisilla metsätaimitarhoilla taimien terveyttä edistetään lähinnä torjunta-ainekäsittelyjen avulla. Torjunta-aineiden käyttöä on kuitenkin jatkuvasti rajoitettu; mm. uusi kasvinsuojelulaki sisältää integroidun torjunnan vaatimuksen, jonka mukaan taimille hyödyllisten mikrobien kuten pintajuurisienien elinolosuhteita parantamalla tai biologisilla torjuntamenetelmillä tulisi edistää taimien luontaista tautien torjuntakykyä. Tutkimushypoteesimme on, että juuriston koko ja symbionttisten sienien monimuotoisuus on tärkeä taimitarhataimien laadun mittari joka takaa myös taimien paremman tautien ja kuivuuden kestävyyden.

Tutkimusryhmämme on perehtynyt symbionttisten juuristosienien monimuotoisuuteen geneettiseltä alkuperältään nopeasti tai hitaasti kasvavilla kuusilla [4], ja juuristosienien monimuotoisuuden periytyvyyteen sekä niiden merkitykseen kuusen taimien kasvulle [5]. Tuloksissa ilmeni mm. että nopeasti kasvavilla taimilla oli potentiaalisesti laajemmalle levittyvät juuret ja ne suuntasivat juuristosienistä saamansa hyödyn enemmän juuriston kasvuun hidaskasvuisten alkuperien investoidessa taimivaiheessa suhteessa enemmän verson kuin juuriston kasvuun. Olemme myös eristäneet useita kuusentaimien alkukehitystä parantavia pintajuurisieniä, joista osa on arvokkaita kauppasieniä [6]. Jotkin näistä eristämistämme juuristosienistä kykenevät pysäyttämään kuusen merkittävän taudinaiheuttajan, juurikääpäsienen kasvun ja suojaamaan isäntätainta juurikääpätartunnalta laboratorio-olosuhteissa [7]. Sienien mahdollinen hyödyntäminen edellyttää vegetatiivisen rihmaston aseptista kasvattamista, joten olemme kehittäneet näiden sienten kasvatusmenetelmiä, jotka soveltuvat myös teolliseen mittakaavaan [8].



Kuva 1. Luontaisesti uudistuneiden kuusentaimien (34 kpl) juuristoista viljelymenetelmällä eristetyt tai suoraan juurenkärjistä DNA:n avulla tunnistetut sienet (kpl).

Uusilla kasvatusmenetelmillä jopa hidaskasvuiset, mutta kuusella hyvin yleiset (Kuva 1) orvakka-sienet saadaan kasvamaan siten, että niiden siirrostaminen taimitarhaolosuhteissa on mahdollista. Taimitarhojen runsas mineraalilannoitus vaikeuttaa kuitenkin siirrostettujen sienien menestymistä ja taimien kasvatusmenetelmien kehittäminen onkin yksi tavoitteistamme.

Kirjallisuus

[1] Saksa T, Kankaanhuhta V, Kalland F, Smolander H (2005) Metsätieteen aikakauskirja 1/2005: 67-73
[2] Flykt E, Timonen S, Pennanen T (2008) Variation of ectomycorrhizal colonization of spruce seedlings in Finnish forest nurseries. Silva Fennica 42:571-585.
[3] Vaario L-M, Tervonen A, Haukioja K, Haukioja M, Pennanen T, Timonen S (2009) The effect of nursery substrates and fertilization on the growth and ectomycorrhizal status of containerized and outplanted seedlings of Picea abies. Can J For Res 39:1-12.
[4] Rajala T (2008) Väitöskirja. Responses of soil microbial communities on clonal variation of Norway spruce. Helsingin yliopisto.
[5] Velmala S (2014) Väitöskirja. Genetic control of susceptibility to fungal symbionts of juvenile Norway spruce (Picea abies (L.) H. Karsten) in relation to long-term growth performance. Helsingin yliopisto.
[6] Vaario L-M, Heinonsalo J, Spetz P, Pennanen T, Heinonen J, Tervahauta A, Fritze H (2012) The ectomycorrhizal fungus Tricholoma matsutake is a facultative saprotroph in vitro. Mycorrhiza 22:409-418.
[7] Hyder R, Pennanen T, Hamberg L, Vainio EJ, Piri T, Hantula J (2013) Two viruses of Heterobasidion confer beneficial, cryptic or detrimental effects to their hosts in different situations. Fung Ecol 6:387-396.
[8] Vuorinen, I., Hamberg, L., Müller, M., Seiskari, P. Pennanen, T. 2014. Development of growth media for solid substrate propagation of ectomycorrhizal fungi for inoculation of Norway spruce (Picea abies) seedlings. Mycorrhiza, in press.

Lisääntyykö typen nettomineralisaatio pelloilla tulevaisuudessa?

Will the net mineralization of nitrogen increase in fields in the future?

Vanamo Piirainen[1]

[1] Suomen ympäristökeskus SYKE, Mechelininkatu 34a, PL 140, 00251 Helsinki

Johdanto

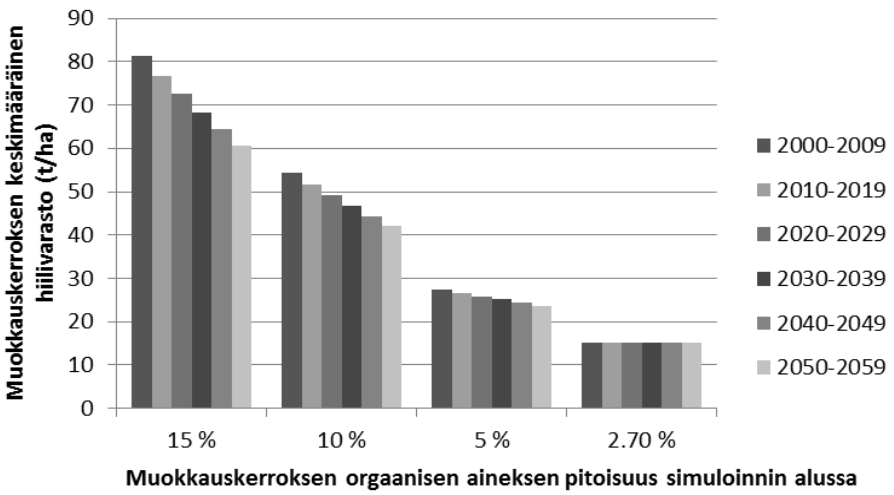
Ilmaston lämpenemisen odotetaan lisäävän orgaanisen typen mineralisaatiota [1]. Kasvavan valunnan ennustetaan yhdessä lisääntyvän mineralisaation kanssa johtavan nykyistä suurempiin typpihuuhtoumiin [2]. Ilmaston lisäksi typen mineralisaation suuruuteen pelloilla vaikuttaa myös orgaanisen aineksen määrä. Pohjoismaissa peltojen hiilivarastojen on havaittu pienentyneen viimeisten vuosikymmenten aikana. Norjalaisessa tutkimuksessa hiilen hävikin laskettiin olevan keskimäärin 1% vuodessa [3] ja suomalaisessa tutkimuksessa keskimäärin 0,4% vuodessa [4].

Aineisto ja menetelmät

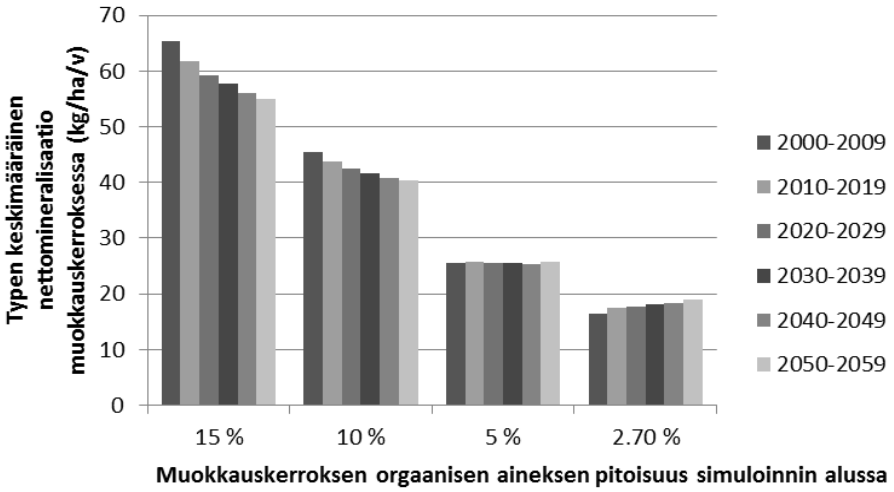
Tässä työssä Etelä-Suomen savipelloilla tapahtuvaa typen mineralisaatiota tarkasteltiin mallinnuksen avulla ottaen huomioon sekä muuttuvan ilmaston että peltojen pienentyvän hiilivaraston vaikutus mineralisaatioon. Mallinnus tehtiin ICECREAM-mallilla [5], johon lisättiin hiilen ja typen suhteeseen perustuva, orgaanisen aineksen hajotusta simuloiva osamalli. Malli kalibroitiin niin, että kun muokkauskerroksessa oli suomalaisten peltojen keskimääräinen hiilivarasto 54 t ha^{-1} [4] ja viljelykasvina ohra (oljet kynnettiin syksyllä maahan), niin hiilen hävikki oli nykyilmastossa samaa suuruusluokkaa (220 kg ha^{-1} v^{-1}) kuin Heikkisen ym. [4] tutkimuksessa. Simuloitu ajanjakso kattoi vuodet 1999–2059. Säätiedot tulivat VEMALA-mallista [6], joka käyttää lähtötietoina Ilmatieteen laitoksen Aurajoen alueen säähavaintoja. Ilmastoskenaariona käytettiin keskiarvoskenaariota A1B päästöskenaariolla. ICECREAM-mallilla simuloitiin kolme erilaista viljelymenetelmää: (1) kasvina kevätvehnä, oljet muokataan syksyllä maahan, (2) kasvina kevätvehnä, oljet kerätään syksyllä pois sekä (3) nurmiviljely + 37 tonnia lietelantaa vuosittain, nurmen uusiminen joka neljäs vuosi. Lisäksi simulointeja tehtiin erilaisilla muokkauskerroksen orgaanisen aineksen pitoisuuden lähtöarvoilla.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Orgaanisen aineksen häviäminen oli sitä nopeampaa, mitä suurempi hiilivarasto muokkauskerroksessa oli simuloinnin alussa (kuva 1). Hajoaminen hidastui, kunnes saavutti kyseiselle viljelymenetelmälle ominaisen kynnysarvon, jonka alapuolelle hiilivarasto ei enää laskenut. Kynnysarvot olivat viljelymenetelmittäin muokkauskerroksen orgaanisen aineksen pitoisuudelle 2,7% (kevätvehnä, oljet maahan), 0,8% (kevätvehnä, oljet pois) ja 15% (nurmi + lietelanta). Vaikka ilmastonmuutos vauhditti orgaanisen aineksen hajoamista suhteessa hiilivaraston kokoon, typen nettomineralisaatio kuitenkin pieneni hiilivaraston huvetessa. Kevätvehnän viljelyssä, jossa oljet muokattiin maahan, typen nettomineralisaatio pieneni, kun orgaanisen aineksen pitoisuus alussa oli 15% tai 10% (kuva 2). Kun orgaanisen aineksen pitoisuus oli 5%, nettomineralisaatio pysyi samansuuruisena, ja kynnysarvossa 2,7% se kasvoi. Tulosten perusteella typen nettomineralisaatio saattaa suomalaisilla kivennäismaapelloilla pienentyä tulevaisuudessa, vaikka ilmastonmuutos vauhdittaisi orgaanisen aineksen hajoamista, jos hiilivarastojen ehtymistä ei saada pysäytettyä. Sen sijaan ekosysteemeissä, joiden hiilivarasto on tasapainossa, typen nettomineralisaatio saattaa lisääntyä.



Kuva 1. Simuloitu muutos muokkauskerroksen orgaanisen aineksen pitoisuudessa, kun viljellään kevätvehnää ja oljet kynnetään maahan.



Kuva 2. Simuloitu muutos typen nettomineralisaatiossa, kun viljellään kevätvehnää ja oljet kynnetään maahan.

Kirjallisuus

[1] Bai, E., Li, S., Xu, W., Li, W., Dai, W. & Jiang, P. 2013. A meta-analysis of experimental warming effects on terrestrial nitrogen pools and dynamics. *New Phytologist* 199: 441–451.

[2] Solheim, A.L., Austnes, K., Eriksen, T.E., Seifert, I. & Holen, S. 2010. Climate change impacts on water quality and biodiversity: *Background Report for EEA European Environment State and Outlook Report 2010*, Prague, Czech Republic.

[3] Riley, H. & Bakkegard, M. 2006. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 56: 217–223.

[4] Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* 19: 1456–1469.

[5] Jaakkola, E., Tattari, S., Ekholm, P., Pietola, L., Posch, M., & Bärlund, I. 2012. Simulated effects of gypsum amendment on phosphorus losses from agricultural soils. *Agricultural and Food Science*, 21: 292–306.

[6] Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S. & Vehviläinen, B., lähetetty julkaistavaksi. A national scale nutrient loading model for Finnish watersheds – VEMALA. *Environmental Modeling and Assessment*.

Hiilivedyillä saastuneen maan mikrobien funktionaalinen monimuotoisuus: valvottu ja ei valvottu tarkastelu

Insights into the microbial functional diversity in hydrocarbon polluted soils: supervised and unsupervised approach

Sajan Raju[1], Shinjini Mukherjee[1], Timo Sipilä[2] and Kim Yrjälä[1]

[1] MEM-group, Department of Biosciences, University of Helsinki, 00014 Helsinki, Finland
[2] Department of Biosciences, University of Helsinki, 00014 Helsinki, Finland

Introduction

Anthropogenic activities such as oil extraction, refinement, transportation and industrial activities cause the contamination of environment with petroleum hydrocarbons [1, 2]. Oil pollution disturbs the ecological balance, threatens ecosystem services, creates environmental stress and poses a risk to human health. Phytoremediation has been applied as an alternative strategy for the removal of organic pollutants [3, 4]. Phyto/Rhizoremediation is a process where microorganisms in association with the plant degrade soil contaminants in the rhizosphere [5]. It is estimated that only 0.1–1% of microorganisms can easily be cultivated using culture dependent techniques. The catabolic potential of polluted soils can still be assessed by culture independent techniques, DNA extraction, PCR amplification, and sequencing. With the advent of new next-generation sequencing (NGS) techniques, the sequencing costs have very recently dramatically been reduced. The NGS creates a huge amount of data that has to be analyzed using bioinformatics. The bioinformatics tools are not yet well developed for studying and handling the data from catabolic enzyme sequences.

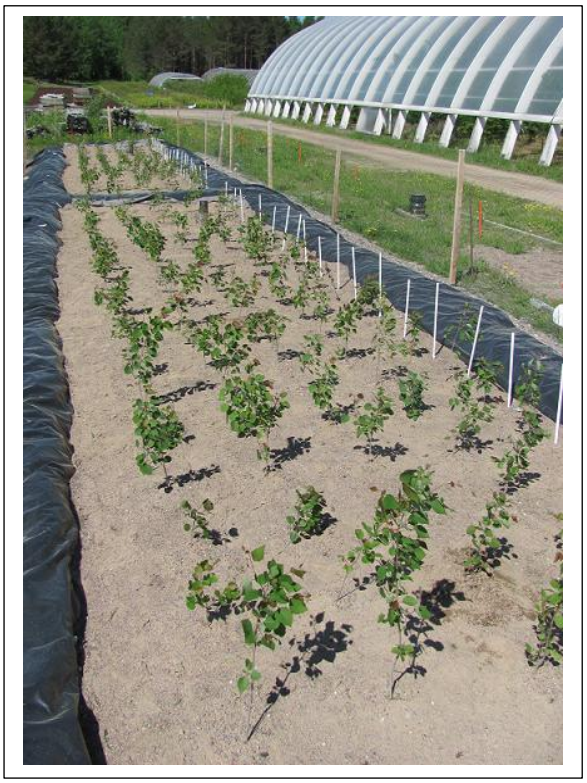


Fig. 1. Hybrid aspen planted in petroleum hydrocarbon polluted soil at Haapastensyrjä.

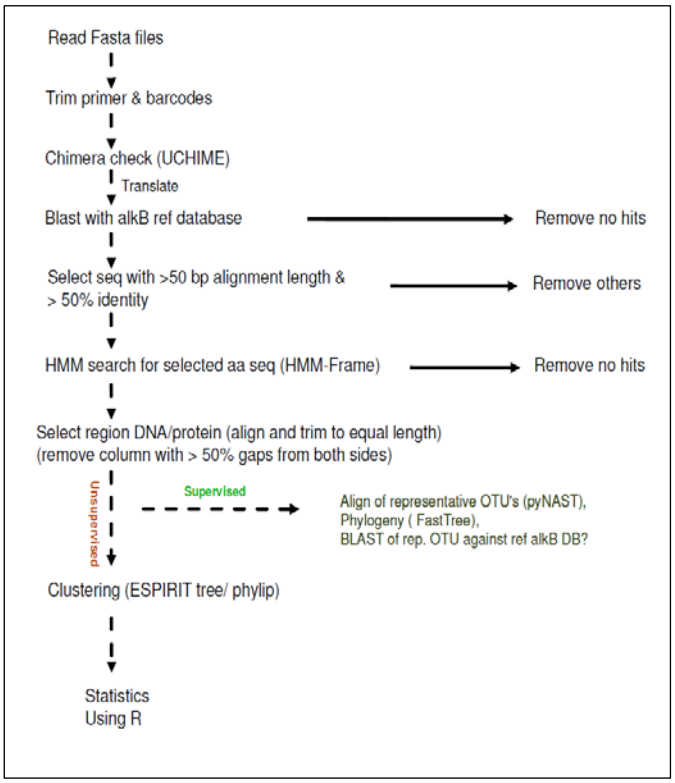


Fig. 2. Framework of the pipeline for functional gene (*alkB*) analysis.

Phytoremediation of petroleum was started at the Haapastensyrjä research station of METLA in 2009. Contaminated soil used in this study was from an oil tanker car accident. Aspen (*Populus*) seedlings (Fig.1) were planted for the phytoremediation. Structural bacterial diversity was accessed by means of 16S rRNA amplicon pyrosequencing whereas catabolic diversity was studied by sequencing the alkane hydroxylase (*alkB*) [6] and extradiol dioxygenase (*edo*) genes [7]. The *alkB* and *edo* pyrosequencing data sets from phytoremediation field study of petroleum hydrocarbon polluted soil in Haapastensyrjä were used for optimizing bioinformatic data handling and to construct a new analysis pipeline.

Materials & methods

The sequencing of aspen rhizosphere soil samples were carried out using the 454 GS FLX Titanium protocols which yields reads length of ~400bp [8]. A total of 79128 raw reads for *alkB* and 62831 of *edo* yielded from the 454 sequencing subjected to the analysis.

Results and Discussion

A new pipeline was developed using the Perl, UCHIME, HMM-frame, BLAST, FastTree and Phylip to analyze the functional genes based on supervised and unsupervised approach (Fig. 2). Initial quality, chimera check and trimming of raw sequences of *alkB* and *edo* with minimum 200 bp reduced the number of sequences to 53318 and 33125 respectively. AlkB and Edo reference databases were created using the protein sequence of completely annotated reference genes from the NCBI database. Blast analyses of the translated proteins were conducted against the reference database. Sequences below the 50 amino acids length and less than 50% identity were removed. Hidden Markov Model based search will help to adjust the frame shift mutation of genes. As functional genes have diverse sequence composition due to codon usage, it is essential to study both supervised and unsupervised based sequence annotation. The developed pipeline will help to provide a straight forward, user friendly and reliable tool for bioinformatic analysis of catabolic enzymes. This bioinformatics tool will help to get a better insight generally into microbial functional diversity of key genes involved in important ecological processes.

Literature

[1] Robertson, S.J., McGill, W.B., Massicotte, H.B. & Rutherford, P.M. 2007. Petroleum hydrocarbon contamination in boreal forest soils: a mycorrhizal ecosystems perspective. *Biological Reviews* 82: 213–240.

[2] Mukherjee, S., Heinonen, M., Dequvire, M., Sipilä, T., Pulkkinen, P. & Yrjälä, K. 2013. Secondary succession of bacterial communities and co-occurrence of phylotypes in oil-polluted Populus rhizosphere, *Soil Biology and Biochemistry* 58: 188-197.

[3] Schnoor, J.L., Licht, L.A., McCutcheon, S.C., Wolfe, N.L. & Carreira, L.H. 1995. Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. *Environmental Science & Technology* 29: 318–323.

[4] Susarla, S., Medina, V.F. & McCutcheon, S.C. 2002. Phytoremediation: an ecological solution to organic chemical contamination. *Ecological Engineering*. 1818: 647–658.

[5] Macek, T., Mackova, M. & Kas, J. 2000. Exploitation of plants for the removal of organics in environmental remediation. *Biotechnology advances* 18: 23–34.

[6] van Beilen, J. B. & Funhoff, E. G. 2007. Alkane hydroxylases involved in microbial alkane degradation. *Applied Microbiology and Biotechnology* 74 (1): 13-21.

[7] Sipilä, T. P., Riisiö, H. & Yrjälä, K. 2006. Novel upper meta-pathway extradiol dioxygenase gene diversity in polluted soil. *FEMS Microbiologyl Ecology*. 58 (1): 134-44.

[8] Mukherjee, S., Juottonen, H., Siivonen, P., Quesada, C. L., Tuomi, P., Pulkkinen, P. & Yrjala, K. 2014. Spatial patterns of microbial diversity and activity in an aged creosote-contaminated site. *The ISME Journal* 8: 2131–2142.

Maatalouden ravinnekuormituksen muutos 1985–2012

Changes in agricultural nutrient loading in 1985–2012

Katri Rankinen[1], Petri Ekholm[1], José Enrique Cano Bernal[1] ja Hanna Keinänen

[1] Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki

Tausta

Vuonna 1995 luotiin maatalouden ympäristöohjelma torjumaan maatalouden aiheuttamia ympäristöhaittoja. Sen alkuperäiseksi tavoitteeksi asetettiin 20–40% vähenemä kiintoaineksen ja ravinteiden kuormituksessa [1]. Tässä työssä tutkittiin, miten valuma-alueilta Itämereen kulkeutuvat maatalouden kokonaisfosfori- ja typpikuormat ovat muuttuneet vuosina 1985–2012.

Aineisto ja menetelmät

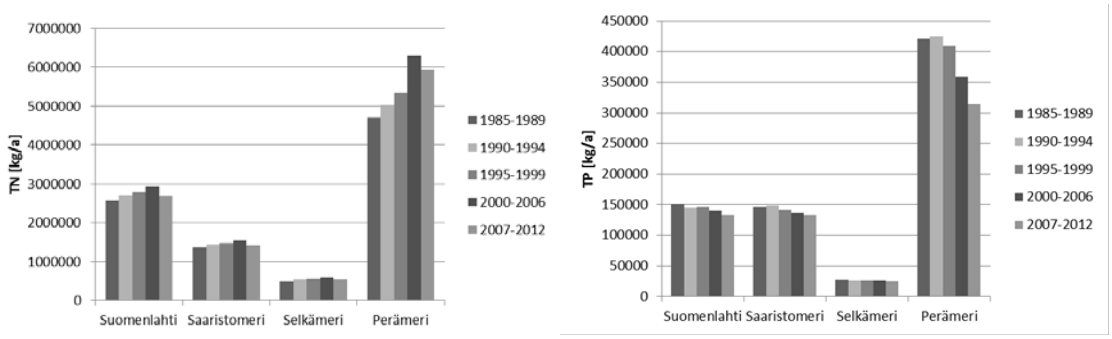
Työssä laskettiin 20 Itämereen laskevalle joelle ravinnekuormat vedenlaatu- ja virtaamatietojen perusteella. Jokien valuma-alueet olivat pääasiassa maatalousvaltaisia ja vähäjärvisiä. Suomen peltoalasta 30 % sijaitsee näillä valuma-alueilla. Jokien virtaamakorjattujen ravinnekuormien laskennassa käytettiin regressiomallia, jolla mallinnettiin veden ravinnepitoisuuden ja virtaaman välistä yhteyttä [2]. Havaituille virtaamille ja ravinnepitoisuuksille tehtiin myös Mann-Kendall -trendianalyysi [3], joka ottaa virtaaman ja ravinnepitoisuuden välisen korrelaation huomioon. Ravinnekuorma ositettiin lähteisiin käänteiseen laskentaan perustuvalla mallilla [4].

Tulokset

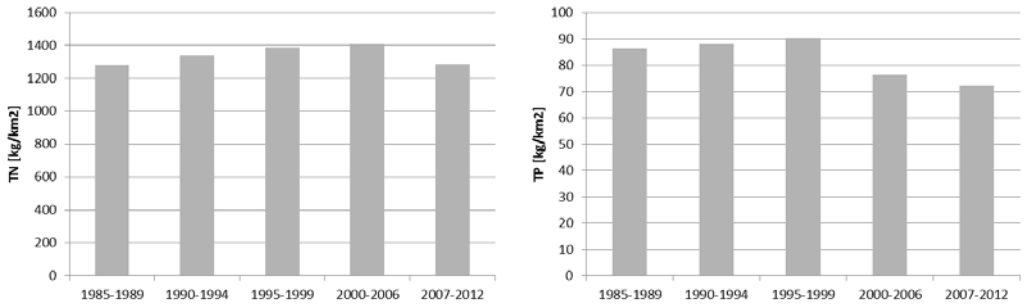
Jokien ravinnekuormat (t/a) olivat suurimpia Pohjanmaan isoissa joissa. Suurin osa ravinnekuormituksesta oli peräisin pelloilta ja metsistä. Valuma-alueilla sijaitsevat metsät olivat pääasiassa talousmetsiä, ja kaikilla valuma-alueilla yli 50 % metsäalasta koostui iältään alle 60-vuotiasta puista. Maataloudesta peräisin oleva ominaiskuormitus (kg/km2/v) oli suurin Saaristomeren valuma-alueella ja pienin Selkämeren ja Pohjanlahden valuma-alueilla. Virtaamakorjattu kokonaisfosforikuormitus laski tasaisesti ympäristötukikausilla (kuva 1). Väheneminen oli suurinta Pohjanlahden valuma-alueilla (28 %) ja pienintä Saaristomeren valuma-alueilla (8 %). Kokonaistyppikuormitus Itämereen kasvoi tasaisesti, mutta viimeisellä ympäristötukikaudella kääntyi laskuun kaikilla merialueilla (kuva 1).

Vastaava kehitys näkyi myös maatalouden jokiaineistosta lasketuissa valtakunnallisissa ominaiskuormitusluvuissa (kuva 2). Kokonaistypen ominaiskuormitus kasvoi kolmannelle ympäristötukikaudelle (2000–2006) mutta kääntyi laskuun viimeisellä tukikaudella (2007–2012). Kokonaisfosforin ominaiskuormitusluku kääntyi laskuun jo toisella tukikaudella. Tässä lasketut ominaiskuormitusluvut (TN 1280–1407 kg/km2/v ja TP 72–90 kg/km2/v) olivat hieman pienempiä kuin pieniltä valuma-alueilta lasketut luvut; TN 1500 kg/km2 ja TP 110 kg/km2 [5]. Syynä lienee se, että maatalousvaltaiset pienet valuma-alueet sijaitsevat Etelä- ja Lounais-Suomessa, missä maatalous on kuormittavinta.

Ympäristötukikausilla pienentynyttä kokonaisfosforikuormitusta selitti peltojen P-lukujen lasku. Lounais-Suomen eroosioherkillä alueilla myös kiintoaineskuormituksen laskulla oli yhteys fosforikuormituksen laskuun. Typpikuormitus Itämereen kasvoi erityisesti Länsi-Suomen valuma-alueilta. Vasta viimeisellä tukikaudella kuormitus kääntyi laskuun.
Typpikuormituksen nousu johtui eloperäisten maiden raivaamisesta pelloksi sekä karjatalouden keskittymisestä. Myös ilmastonmuutoksella voi olla osuutta, sillä kohonnut lämpötila on viimeisillä jaksoilla oletettavasti lisännyt orgaanisen aineksen hajoamista.



Kuva 1. Valuma-alueilta peräisin oleva maatalouden ravinnekuormitus eri merialueille.



Kuva 2. Maatalouden ominaiskuormitusluvun kehitys

Johtopäätökset

Pelloilta lähtevä fosforikuormitus on laskenut ympäristötukikausilla. Tähän on vaikuttanut lannoituksen tarkempi mitoittaminen kasvien käytön mukaan, mikä on laskenut peltojen P-lukuja. Myös eroosiontorjunta on vähentänyt fosforikuormitusta. Maatalouden typpikuormitus nousi vielä ensimmäisellä ympäristötukikaudella. Suurin yksittäinen tekijä oli pellonraivaus. Nyt havaittu ravinnekuormituksen lasku ei kuitenkaan riitä täyttämään kansallisia tavoitteita.

Kirjallisuus

[1] Valpasvuo-Jaatinen, P., Rekolainen, S. and Latostenmaa, H. 1997. Finnish agriculture and its sustainability: environmental impacts. *Ambio* 26(7): 448-455.
[2] Hirsch, R.M., Moyer, D.L. & Archfield, S.A. 2010 Weighted Regressions on Time, Discharge, and Season (WRTDS), with an application to Chesapeake Bay river inputs. Journal of the American Water Resources Association JAWRA. 46, 859-880.
[3] Libiseller, C. & Grimvall, A. 2002 Performance of partial Mann-Kendall tests for trend detection in the precence of covariates. Environmetrics. 13, 71-84.
[4] Vassiljev, A. & Stålnacke, P. 2002 Source apportionment of nutrients in the Lake Peipsi drainage basin - experiments from a statistical model. Water Science and Technology.
[5] Vuorenmaa, J., Rekolainen, S., Lepistö, A., Kenttämies, K. & Kauppila, P. 2002 Losses of nitrogen and phosphorus from agricultural and forest areas in Finland during the 1980s and 1990s. Environmental Monitoring and Assessment. 76, 213-248.

Niittoajankohdan vaikutus fosforin huuhtoutumiseen nurmelta

The effect of harvesting time on phosphorus leaching from grassland

Mari Räty[1], Kirsi Järvenranta[1], Maarit Hyrkäs[1] ja Perttu Virkajärvi[1]

[1] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

Johdanto

Niiton mukana poistuu fosforia (P), joten periaatteessa niitetystä kasvustosta huuhtoutuu vähemmän fosforia kuin niittämättömästä kasvustosta. Jos kasvit eivät ehdi valmistautua talvea varten (karaistuminen), fosforin huuhtoutuminen kasvustosta voi kasvaa, kun lumen sulamisvedet huuhtovat P:a jäätyneistä kasvisoluista [1]. Pohjoisissa oloissa monivuotisille peltokasveille talvituhoja aiheuttavat jäätymisen lisäksi jää, vesi ja routa sekä talvituhosienet. Talvituhot vaikuttavat sadon määrään [2], ja siten myös ravinteiden käytön tehokkuuteen. Ratkaiseva merkitys on kasvien kasvuvaiheella, johon talvituhoja aiheuttava stressitekijä kohdistuu. "Ravinnehävikit euroiksi RAE" -hankkeessa tutkittiin, kuinka nurmen niittoajankohta (ja niiton jälkeinen kasvin kasvuvaihe) vaikuttaa pintavalunnassa nurmelta huuhtoutuvan P:n määrään.

Aineisto ja menetelmät

Koeruudut sijoitettiin keväällä 2012 MTT Maaningalle timotei-nurminataseosnurmelle (Tuukka 12 kg ha^{-1}, Ilmari 10 kg ha^{-1}), joka oli perustettu suojaviljaan vuonna 2010. Koealue lannoitettiin 1. sadolle 100 kg N ha^{-1}, 15 kg P ha^{-1} ja 25 kg K ha^{-1} ja 2. sadolle 100 kg N ha^{-1} ja 28 kg K ha^{-1}. Muokkauskerroksessa (0-20 cm) maalajina oli hiuesavi (HeS), P_{HAAc} 6,2 mg l^{-1} maata, N-% 0,4, C-% 6,5, pH(H_2O) n. 6,3. Koeasetelma oli muodoltaan lohkoittain satunnaistettu koe neljänä kerranteena. Kullekin kerranteelle tehtiin erilliset kaistat koevuosille 2012 ja 2013, ja näiden sisällä kuusi koejäsentä arvottiin satunnaisesti. Ensimmäisen sadon niitto tapahtui kaikilla koejäsenillä samanaikaisesti. Koejäsenenä oli toisen sadon niittoaika, joka porrastettiin 14 vrk:n välein alkaen peltolohkon säilörehunurmen korjuuajankohdasta (koejäsenten niittoajat: 31.7., 14.8., 28.8., 11.9. ja 25.9.2012; 16.7., 30.7., 13.8., 27.8. ja 10.9.2013). Mukana oli myös toisessa sadossa niittämättä jätetty koejäsen. Näin talveksi peltoon jäävän odelman määrä vaihteli eri koejäsenillä siten, että viimeisimmäksi niitetyillä koejäsenillä sitä oli vähiten.

Kevätsulannan aiheuttaman pintavalunnan simuloimiseksi häiriintymättömät nurmilaatat (n. 35 × 90 × 5 cm) nostettiin kultakin koeruudulta 15.10.2012 ja 30.−31.10.2013, ja ne säilytettiin muoveilla suojattuina ulkona kokeen alkuun asti. Nurmilaatat nostettiin lämmittämättömään sisätilaan, ja niiden päälle lisättiin lunta (2 × 15 kg/nurmilaatta), joka sulatettiin 7 vrk:n aikana infrapunalämmittimien avulla [pintavaluntasimulaattori SIMU; 3]. Muodostuneen valumaveden määrä punnittiin (keskimäärin 25 kg, 80 mm), ja siitä määritettiin kokonais-P, liukoinen P (< 0,2 μm), kokonais-N, NH_4-N, NO_3-N ja kiintoaines. Kasvustonäytteet (n. 33 × 33 cm) otettiin nurmilaattojen noston yhteydessä niiden välittömästä läheisyydestä, ja niistä määritettiin kuiva-aine, syyssato sekä kokonais-P ja -N. Tilastolliset analyysit tehtiin SAS 9.3-ohjelmiston MIXED-proseduurilla käyttäen mallia, jossa koejäsen oli kiinteänä ja kerranne satunnaisena tekijänä. Vuodet analysoitiin erikseen. Parivertailut tehtiin Tukey:n testillä.

Taulukko 1. Fosforin (P) ja kiintoaineksen huuhtoutuminen (mg m^{-2}) eri ajankohtina niitetyiltä nurmilaatoilta lumen sulamisen aiheuttamassa pintavalunnassa. Eri kirjaimella merkityt eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi, p<0,05).

	Talvi 2012−2013			Talvi 2013−2014		
Koejäsen	Liuk.-P	Kok.-P	Kiintoaines	Liuk.-P	Kok.-P	Kiintoaines
	mg m^{-2}			mg m^{-2}		
Ei 2. sadon niittoa	12,0	18,0	188	$33,1^{b}$	$69,0^{b}$	1067^{b}
2. sadon niittoaika 1	9,9	16,3	175	$13,5^{ab}$	$37,1^{ab}$	550^{ab}
2. sadon niittoaika 2	11,5	17,7	100	$11,2^{ab}$	$28,6^{a}$	531^{ab}
2. sadon niittoaika 3	11,4	18,2	245	$9,5^{a}$	$29,5^{a}$	439^{ab}
2. sadon niittoaika 4	9,6	16,7	241	$5,3^{a}$	$25,6^{a}$	499^{ab}
2. sadon niittoaika 5	5,9	16,1	361	$7,4^{a}$	$24,0^{a}$	371^{a}
Keskimäärin	10,1	17,1	218	13,3	35,6	576
SEM	3,35	3,24	105	6,33	10,1	201
P-arvot	0,63	0,99	0,34	0,02	0,01	0,05

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Syksyllä 2012 kasvibiomassassa (syyssato 770−3600 kg_{ka} ha^{-1}) oli P:a keskimäärin 1,4−6,5 kg ha^{-1} (pitoisuus 1,8−2,4 g P kg^{-1}_{ka}) ja syksyllä 2013 sitä oli 1,6−5,3 kg ha^{-1} (syyssato 660−3990 kg_{ka} ha^{-1}; pitoisuus 1,4−2,3 g P kg^{-1}_{ka}). Syksyllä 2012 nostettujen nurmilaattojen sulatusvesissä keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat 0,21−0,25 mg l^{-1}, eikä fosforin huuhtoutumisessa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja koejäsenten välillä (Taulukko 1). Liukoinen P muodosti 37−67 % kokonais-P:sta. Syksyllä 2013 nostettujen laattojen sulatusvesien P-pitoisuudet olivat huomattavasti edellisvuotta korkeampia; kokonais-P:n pitoisuudet olivat 0,30−0,85 mg l^{-1} ja liukoisen P:n pitoisuudet 0,07−0,40 mg l^{-1} (osuus kokonais-P:sta 22−47 %). Niittämätön koejäsen poikkesi myöhään niitetyistä koejäsenistä suuremmilla P-huuhtoumilla, mutta eri aikoihin niitetyt toisen sadon niitot eivät poikenneet toisistaan. Talvella 2013−2014 sulatetuista niittämättömistä ja ensimmäisinä niitetyistä, ja siten runsaasti kasviainesta sisältäneistä nurmilaatoista huuhtoutuneet suuret fosforin määrät selittyvät todennäköisesti sekä ennen laattojen nostoja vallinneilla että talvien 2012−2013 ja 2013−2014 erilaisilla lämpötilaolosuhteilla, mikä vaikutti ulkona säilytettyihin nurmilaattoihin. Talvi 2013−2014 oli vähäluminen ja keskimääräistä leudompi, ja nurmilaattojen säilytyksen aikana vuorokauden keskilämpötila vaihteli vuoron perään nolla-asteen ylä- ja alapuolella useammin kuin talvella 2012−2013. Toistuvat jäätymis-sulamissyklit vaurioittavat kasvisolukkoa ja muuntavat osan sen sisältämästä P:sta vesiliukoiseen muotoon, mikä voi heijastua pintavaluntaveden kohonneina P-pitoisuuksina [1, 4].

Nyt saadut tulokset tukevat myös suojakaistojen ja -vyöhykkeiden niittosuositusta ja -velvoitetta, jonka myötä kasvillisuuteen sitoutuneita ravinteita poistetaan niittämällä ja sen jälkeen poistamalla niittojäte. Tämän merkitys voi korostua etenkin monivuotisen kasvillisuuden talvehtimista heikentävissä ja talvituhoille altistavissa sääolosuhteissa.

Kirjallisuus

[1] Uusi-Kämppä, J., Turtola, E., Närvänen, A., Jauhiainen, L. and Uusitalo, R. 2012. Phosphorus mitigation during springtime runoff by amendments applied to grassed soil. *Journal of Environmental Quality* 41: 420-426.

[2] Isolahti, M. 2004. Sokerivarastojen yhteys timoteilajikkeiden talvenkestävyyteen ja sadonmuodostukseen. *Pro gradu -tutkielma*. Helsingin yliopisto, Soveltavan biologian laitos, Kasvinviljelytiede. 71 s.

[3] Saarijärvi, K. and Virkajärvi, P. 2010. Surface runoff simulator (SIMU) hastens the research on phosphorus losses from grassland. Julkaisussa: Schnyder, H. ym. (toim.). *Grassland in a changing world: proceedings of the 23th General Meeting of the European Grassland Federation*, Kiel, Germany, august 29th - september 2nd 2010. European Grassland Federation. s. 78-80.

[4] Räty, M., Uusi-Kämppä, J., Yli-Halla, M., Rasa, K. and Pietola, L. 2010. Phosphorus and nitrogen cycles in the vegetation of differently managed buffer zones. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 86: 121-132.

Nurmiviljelmän pintaan levitetyn biohiilen vaikutuksia ravinteiden kiertoon

Effects of biochar addition on nutrient cycling in grass field

Sanna Saarnio[1], Mari Räty[2], Maarit Hyrkäs[2] ja Perttu Virkajärvi[2]

[1] Biologian laitos, Itä-Suomen yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu
[2] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

Johdanto

Suomen ympäristökeskuksen mukaan Suomessa vesistöjen fosforikuormituksesta 57% ja typpikuormituksesta 47% on peräisin maataloudesta [1]. Valtioneuvoston periaatepäätöksen "Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015" keskeisimpänä tavoitteena on vähentää rehevöitymistä aiheuttavaa kuormitusta ja erityisesti korostetaan, että maatalouden päästöt pitäisi saada kuriin ja tavoitteeksi on asetettu vähentää kuormitusta vähintään 30 % vuoteen 2015 mennessä vuosien 2001-2005 keskimääräiseen kuormitustasoon verrattuna [2]. Suomi on vielä kaukana näistä tavoitteista ja uudessa Vesien hoidon suunnitteluoppaan maatalous-osiossakin nostetaan esiin, että niihin pääseminen vaatii tutkimusta ja innovaatioita uusien käyttökelpoisten ja laajassa mitassa sovellettavien keinojen löytämiseksi [3]. Yksi uusi mahdollisuus maatalouden ravinnepäästöjen vähentämiseen voisi olla biohiili. Biohiili on vähähappisissa olosuhteissa lämpökäsiteltyä eloperäistä ainetta. Lämmityksen aikana lähtöaineesta haihtuu erilaisia kaasumaisia ja nestemäisiä yhdisteitä ja jäljelle jää hiiltynyttä kiintoainetta, jonka ominaisuudet vaihtelevat muun muassa lähtöaineen laadusta, lämpötilasta ja lämpökäsittelyn kestosta riippuen [4,5]. Aiemmista tutkimuksista tiedetään, että biohiili kykenee pidättämään sekä anioneja että kationeja [6,7,8]. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää nurmiviljelmän pintaan levitetyn biohiilen vaikutuksia pintamaasta lumien sulaessa huuhtoutuviin ravinnepitoisuuksiin, pintamaan ravinnemääriin ja nurmen ravinteiden saantiin.

Aineisto ja menetelmät

Syksyllä 2011 lisättiin keväällä 2010 perustetun hietamaalla kasvavan nurmen pinnalle naudan lietelantaa (0 tai 40 t/ha) ja/tai biohiiltä (0, 10, 20, tai 40 t/ha). Biohiili oli valmistettu kuusihakkeesta. Kustakin käsittelystä oli neljä toistoa, joista otettiin syksyisin 2011–2013 noin 30 x 90 cm kokoiset viisi senttimetriä paksut nurmilaatat muovialustalle. Sulatuskokeen alussa ulkolämpötilassa suojattuina säilytetyt nurmilaatat siirrettiin lämmittämättömään tilaan ja nurmilaattojen päälle lisättiin lunta (15 kg), jota päivisin sulatettiin lämpölampun avulla ja öisin lämpötila noudatti ulkolämpötilaa [vrt. 9]. Kaikki valumavesi otettiin talteen ja siitä analysoitiin Ca (mg/l), K (mg/l), kiintoaine (mg/l), liukoinen P (mg/l), kokonaisP (mg/l), NH_4-N (mg/l), NO_3-N (mg/l), kokonaisN (mg/l), liuennut orgaaninen hiili (DOC) (mg/l), sähkönjohtokyky (µS/cm) ja pH. Lisäksi maaperästä ja nurmisadosta otettiin näytteet vuosittain syksyisin nurmilaattojen noston yhteydessä. Maanäytteet otettiin 0-2 ja 2-5 cm:n syvyydestä ja niistä määritettiin happamaan ammoniumasetaattiin (pH 4,65) uuttuva P, Ca, Mg ja S [10] sekä pH(H_2O; 1:2,5), johtoluku, tilavuuspaino ja C- ja N -pitoisuus kuivapolttomenetelmällä. Lisäksi määritettiin maan mineraalitypen (ammonium NH_4-N- ja nitraattityppi NO_3-N) ja liukoisen kokonaistypen (TSN) määrä uuttamalla maata 2 M KCl-liuoksella (2 h; uuttosuhde 1:5). Nurminäytteet otettiin nurmilaattojen noston yhteydessä toisen sadon jälkeen kasvaneesta syysodelmasta. Satonäytteistä analysoitiin massa (kg ka/ha), N%, Ca (g/kg), Mg (g/kg), P (g/kg), S (g/kg), K (g/kg) ja Na (g/kg). Tulosten analysointiin käytettiin varianssianalyysiä ja käsittelyjen pareittainen vertailu suoritettiin Tukeyn testillä.

Tulokset ja tarkastelu

Alustavien tulosten perusteella naudan lietelannasta näyttäisi vapautuvan heti pellolle levityksen jälkeisenä syksynä typpeä, fosforia ja kaliumia maaperään ja seuraavana keväänä lumien sulaessa myös valumavesiin. Biohiili näyttäisi nostavan pintamaan pH:ta ja hiilipitoisuutta sekä vähentävän magnesium- ja rikkipitoisuutta. Lisäksi biohiili näyttäisi lisäävän lietelannan kaliumin, fosforin ja typen pidättymistä pintamaahan sekä siirtymistä kasvibiomassaan. Biohiili vähensi ensimmäisenä keväänä lietelannasta peräisin olevan nitraatin huuhtoutumista lumensulamisvesien mukana merkitsevästi. Toisaalta biohiili näytti lisäävän fosfaatin ja kaliumin huuhtoutumista. Koska biohiili näytti pidättävän näitä ravinteita maahan, lisääntyvä huuhtoutuminen saattaisi selittyä biohiilipartikkelien huuhtoutumisella. Kolmantena vuotena biohiili näytti päästävän lumensulamisvesiin myös aiemmin sitomaansa typpeä.

Käytetty biohiili näyttäisi kykenevän pidättämään sekä anioneja että kationeja maaperään ja edistämään niiden siirtymistä kasvien käyttöön. Toisaalta tarkempaa tarkastelua tarvitaan selvittämään, miksi myös veden mukana huuhtoutui joitain ravinteita biohiilikäsitellyillä koealoilla enemmän kuin kontrollialoilla.

Kirjallisuus

[1] http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesistojen_ravinnekuormitus_ja_luonnon_huuhtouma. 2.11.2014

[2] Ympäristöministeriö 2007. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Suomen ympäristö 10/2007, Ympäristönsuojelu, 93 s.

[3] Vesienhoidon suunnitteluopas, http://www.ymparisto.fi/vesienhoito/opas. 2.11.2014

[4] Lee, Y., Park, J., Ryu, C., Gang, K.S., Yang, W., Park, Y.-K., Jung J. and Hyun, S. 2013. Comparison of biochar properties from biomass residues produced by slow pyrolysis at 500°C. *Bioresource Technology* 148: 196-201.

[5] Hossain, M.K., Strezov, V., Chan, K.Y., Ziolkowski, A. and Nelson, P.F. 2011. Influence of pyrolysis temperature on production and nutrient properties of wastewater sludge biochar. *Journal of Environmental Management* 92:223-228.

[6] Mizuta, K., Matsumoto, T., Hatate, Y., Nishihara, K. and Nakanishi, T. 2004. Removal of nitrate-nitrogen from drinking water using bamboo powder charcoal. *Bioresource Technology* 95: 255-257.

[7] Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Ahmedna, M., Watts, D.W. and Niandou, M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Science* 174(2): 105-112.

[8] Kettunen, R. and Saarnio, S. 2013. Biochar can restrict N_2O emissions and the risk of nitrogen leaching from an agricultural soil during the freeze-thaw period. *Agricultural and Food Science* 22: 373-379.

[9] Saarijärvi, K. and Virkajärvi, P. 2010. Surface runoff simulator (SIMU) hastens the research on phosphorus losses from grassland. Julkaisussa: Schnyder, H. ym. (toim.). Grassland in a changing world: proceedings of the 23th General Meeting of the European Grassland Federation, Kiel, Germany, august 29th - september 2nd 2010. European Grassland Federation. s. 78-80.

[10]Vuorinen, J. and Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63: 1-44.

Mallin testaus: Glyfosaatin kulkeutuminen savimaalta vesistöön

Model testing: Leaching of glyphosate from cultivated clay soil to surface water

Katri Senilä[1,2], Katri Siimes[3] ja Risto Uusitalo[2]

[1] Itä-Suomen yliopisto, Biologian laitos, PL 111, 80101 Joensuu
[2] Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat ja biotuotanto, Tietotie 4, 31600 Jokioinen
[3] Suomen ympäristökeskus (SYKE), Kulutuksen ja tuotannon keskus, PL 140, 00260 Helsinki

Johdanto

Kenttäkokeet ovat kalliita ja aikaa vieviä, eikä niitä siten ole mahdollista toteuttaa kovin laajoilla alueilla. Ympäristöriskejä arvioitaessa onkin usein turvauduttava tietokonemallinnukseen. Jotta mallinnustulokset olisivat luotettavia, on mallien toimivuutta pystyttävä testaamaan vertaamalla simuloituja tuloksia kenttä- ja laboratoriokokeissa saatuihin tuloksiin. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, kuinka hyvin MACRO 5.2 -huuhtoutumismallin avulla voidaan ennakoida glyfosaatin päätymistä pellolta vesistöön pinta- ja salaojavalunnan mukana lounaissuomalaisella savimaalla sijaitsevilta suorakylvö- ja kyntölohkoilta. Lisäksi selvitettiin glyfosaatin hajoamista ja sorptiota maaperässä.

Aineisto ja menetelmät

Simulointityökaluksi valittiin ruotsalainen MACRO 5.2 -huuhtoutumismalli [1]. Malli on pärjännyt hyvin aiemmassa kotimaisessa vertailussa [2] ja sitä käytetään EU:n kasvinsuojeluaineiden rekisteröintiskenaarioissa kuvaamaan salaojien kautta tapahtuvaa pestisidikuormitusta. Mallin merkittävänä etuna on, että se huomioi nopeat ohivirtausreitit jakamalla maaperän huokoset mikro- ja makrohuokosiin. Makrohuokosten kautta tapahtuva kulkeutuminen on tärkeässä roolissa etenkin tiiviillä savimailla.

Malli kalibroitiin Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Jokioisilla sijaitsevalle Kotkanojan huuhtoutumiskentälle. Kenttä on ollut tutkimuskäytössä vuodesta 1975, joten maaperää ja valuntaa koskevia tietoja on runsaasti. Aluksi kalibroitiin vuosien 1994–2001 valunta kyntölohkoille. Ajanjakso valittiin siten, että viljelykasvit vastasivat varsinaisen simulointijakson viljelykasveja, kauraa ja ohraa. Parametreina käytettiin ensisijaisesti kentältä mitattuja arvoja. Mikäli näitä ei ollut saatavana, käytettiin EU:n FOCUS-ohjeen (**Fo**rum for **c**o-ordination of pesticide fate models and their **us**e) pintavesiskenaarioiden [3] mukaisia suosituksia. Puuttuvat tiedot saatiin nk. pedotransfer-funktioiden avulla, eli malli laski arvot maannostietokannan perusteella luotujen kaavojen avulla, käyttäen lähtötietona yksinkertaista maaprofiilin kuvausta (tekstuuri, struktuuri, orgaaninen aines, tilavuuspaino).

Varsinainen simulointijakso Kotkanojan huuhtoutumiskentällä Jokioisilla ajoittui vuosille 2007–2013. Kenttä oli jaettu muokkausmenetelmän mukaisesti kahteen kyntö- ja kahteen suorakylvölohkoon. Normaalien viljelykäytäntöjen mukaiset glyfosaattiruiskutukset aloitettiin syksyllä 2007 [4]. Glyfosaattinäytteitä kerättiin huuhtoutumiskentän salaoja- ja pintavalumavesistä sekä maaperästä Glyfosaatin käytön aiheuttamat ympäristöriskit: aineen kulkureitit savimaalla ja päätyminen vesistöön (GlyFos) -hankkeen puitteissa vuosina 2011–2013 [4]. Glyfosaatin hajoamiskerroin kalibroitiin näiden mittausten perusteella.

Tulokset ja tarkastelu

Eri muokkausmenetelmien välillä oli havaittavissa selkeä ero pinta- ja salaojavalunnan määrissä. Vaikka kaikilla peltolohkoilla salaojavalunta oli pintavaluntaa runsaampaa, suorakylvölohkoilla pintavaluntaa oli selvästi enemmän kuin kyntölohkoilla. Sen sijaan salaojavalunnan määrä oli runsaampi kyntölohkoilla. Valuntojen simuloituminen eri vuosina

vaihteli paljon. Kaiken kaikkiaan pintavalunnat simuloituivat salaojavaluntoja heikommin maan muokkausmenetelmästä riippumatta. Kyntölohkojen valunnan mallintaminen onnistui suhteellisen hyvin pelkän FOCUS-ohjeen ja pedotransfer-funktioiden avulla. Sen sijaan suorakylvölohkoille tarvittiin lisää kalibrointia. Kylläisen maan vedenjohtokyky (KSATMIN) oli huomattavasti kyntölohkoille sopineita ohjearvoja alhaisempi. Suorakylvölohkojen KSATMIN vastasi pitkäaikaiselta nurmelta mitattuja arvoja. Tämä on varsin johdonmukaista, sillä sekä suorakylvössä että nurmen viljelyssä maan pintamuokkaus jää pois.

Osa glyfosaatista sitoutuu maaperään. Kotkanojan koekentälle on aikaisempien tutkimusten [5] yhteydessä määritetty sorptiokertoimet. Sorptio otettiin huomioon vain 35 cm:n syvyyteen asti. On todennäköistä, että tiiviissä ja muokkaamattomassa pohjamaassa glyfosaatti kulkeutuu kerrosten läpi nopeasti halkeamia ja muita makrohuokosia pitkin, eikä ole juuri kosketuksissa maan kanssa. Glyfosaatin hajoamisen havaittiin olevan verrattain hidasta, kalibroitu puoliintumisaika noin 99 vrk. Todellinen puoliintumisaika on talvella paljon pidempi eikä ole kesälläkään tätä nopeampi. Vaikka sitoutuneen ja sitoutumattoman glyfosaatin hajoaminen on erilaista, käytettiin mallinnuksessa samanlaista hajoamisnopeutta kaikelle glyfosaatille. Tämä FOCUS-oletus perustuu siihen, että hajoamisprosesseja on erittäin vaikeaa erotella mittaamalla. Vaikka kyntölohkoilla ruiskutuksia suoritettiin harvoin, ei kaikki glyfosaatti poistunut maaperästä seuraavaan ruiskutukseen mennessä. Vuosittain ruiskutetuilla suorakylvölohkoilla glyfosaatin määrät maaperässä eivät päässeet laskemaan yhtä alhaiselle tasolle kuin kyntölohkoilla.

Salaojavalunnan simuloitu glyfosaattipitoisuus yliarvioitui kyntölohkoilla ja aliarvioitui suorakylvölohkoilla. Ympäristönlaatunormia (100 µg/l) [6] ylittäviä pitoisuuksia ei esiintynyt kentältä otetuissa glyfosaattinäytteissä eikä simulointituloksissa. Salaojavalunnan glyfosaattipitoisuudet olivat korkeammat suorakylvö- kuin kyntölohkojen osalta. Simuloidut glyfosaatin kokonaispäästöt olivat aikavälillä 1.1.2007–21.5.2013 kyntölohkoilta yhteensä 18 g/ha (pintavaluntana 13 g/ha, salaojavaluntana 5 g/ha) ja suorakylvölohkoilta 61 g/ha (pintavaluntana 57 g/ha, salaojavaluntana 4 g/ha).

Kiitokset
Tätä tutkimusta ovat rahoittaneet maa- ja metsätalousministeriö, Maa- ja vesitekniikan tuki sekä Marjatta ja Eino Kollin säätiö. Kiitokset Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskukselle sekä sen henkilökunnalle kaikesta avusta ja mahdollisuudesta käyttää aiemmin kerättyä tutkimusaineistoa. Erityiskiitos MTT:n tutkija Jaana Uusi-Kämpälle rakentavasta ja asiantuntevasta palautteesta.

Kirjallisuus
[1] Jarvis, N. ja Larsbo, M. 2012. MACRO (v5.2): Model use, calibration and validation. *Transactions of the ASABE* 55: 1413–1423.
[2] Siimes, K. ja Kämäri, J. 2003. A review of available pesticide leaching models for simulation of herbicide fate in Finnish sugar beet cultivation. *Boreal Environment Research* 8: 31–51.
[3] Forum for co-ordination of pesticide fate models and their use (FOCUS). European Union 1995–2013. http://focus.jrc.ec.europa.eu/.
[4] Uusi-Kämppä, J., Rämö, S., Uusitalo, R., Petruneva, E., Lemola, R. ja Turtola, E. 2015. Glyfosaatin kulkeutuminen muokatulla ja muokkaamattomalla savimaalla. *Maaperätieteen päivät 2015*. (Tämä julkaisu)
[5] Autio, S., Siimes, K., Laitinen, P., Rämö, S., Oinonen, S. ja Eronen, L. 2004. Adsorption of sugar beet herbicides to Finnish soils. *Chemosphere* 55: 215–226
[6] Kontiokari, V. ja Mattsoff, L. 2011. Proposal of Environmental Quality Standards for Plant Protection Products. Suomen ympäristökeskus (SYKE).

Maan orgaaninen aines erilaisissa viljelykierroissa

Soil organic matter in organic and conventional farming

Helena Soinne[1,2], Sanna Kanerva[2], Oili Kiikkilä[3], Riitta Lemola[4], Jarkko Hovi[2], Eila Turtola[4]

[1] Helsingin yliopiston ympäristötutkimuksen ja opetuksen yksikkö HENVI
[2] Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Helsingin yliopisto
[3] Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus
[4] Luonnonvarat ja biotuotanto, Luonnonvarakeskus Luke

Johdanto

Maan orgaaninen aines ylläpitää maan hyvää kasvukuntoa, ja sen lisääminen maahan kiihdyttää maan mikrobitoimintaa ja vaikuttaa ravinteiden kiertoon. Orgaanisen aineksen väheneminen puolestaan lisää maan tiivistymis- ja eroosioriskiä sekä heikentää maan kykyä pidättää vettä ja ravinteita. Vertasimme maan orgaanisen aineksen määrää ja kemiallista luonnetta kolmessa erilaisessa viljelykierrossa: 1) nurmivaltainen luomukierto/kotieläinlanta, 2) kasvinviljelytilan luomukierto ja 3) tavanomainen kasvinviljelytilan kierto/väkilannoitus. Käytimme tutkimukseen Keski-Pohjanmaalla sijaitsevaa MTT:n Toholammin huuhtoutumiskenttää, jolla erilaiset viljelykierrot ovat saaneet vaikuttaa orgaaniseen ainekseen yli kymmenen vuoden ajan.

Menetelmät

Maanäytteet otettiin 12 eri lohkolta kokoomanäytteenä pintamaasta (0-5 cm) siten, että kutakin viljelymenetelmää edusti 4 kerrannetta. Maanäytteistä mitattiin kokonaishiili ja –typpi sekä tutkittiin vesiuuttoisen orgaanisen aineksen (DOM) määrää ja molekyylikokojakaumaa. Liukoisen orgaanisen aineksen luonnehdintaa varten tehtiin 4 tunnin vesiuutto (1:3), jonka jälkeen maauute suodatettiin 0,7 um:n lasikuitusuodattimen läpi. Suodatetulle näytteelle tehtiin jatkosuodatuksia tangentiaalisella molekyyliseulalla. Lasikuitusuodattimen ja 0,45 µm:n membraanisuodattimen läpi suodatettua näytettä suodatettiin edelleen siten, että saatiin seuraavat molekyylikokoluokat: <0,45 um, >100 kDa, 1-100 kDa, <1 kDa. Suodatusten jälkeen näytteet pakastettiin liukoisen hiilen (DOC) ja typen (DON) mittauksia varten.

Maahengityksen sekä typen nettomineralisaation mittausta varten perustettiin 6 viikkoa kestävä inkubointikoe, joka on parhaillaan käynnissä. Siinä 20ºC:een lämpötilassa ja vakiokosteudessa (WHC 60 %) pidetyistä maanäytteistä mitataan viikoittain hiilidioksin tuottoa kaasugromatografin avulla. Kokeen päättymisen jälkeen lasketaan inkuboinnin aikana tapahtunut typen nettomineralisaatio vertaamalla 1 M KCl:lla uuttuvaa epäorgaanisen typen pitoisuutta ennen ja jälkeen inkuboinnin.

Tulokset

Eri lohkojen välinen hajonta samalla viljelymenetelmällä oli suurta eikä viljelymenetelmien välillä näyttänyt olevan eroa pintamaan kokonaishiilen- ja typen määrissä. Myös DOC-pitoisuuksissa hajonta viljelymenetelmien sisällä oli suurta. Suurin osa DOC:sta oli molekyylikokoluokassa 1-100 kDa ja vain noin 10-15 % DOC:sta oli alle 1 kDa. DON jakautui eri kokoluokkiin tasaisemmin ja myös alle 1kDa:n kokoluokassa oli 25-35 % DON:sta. Suurten orgaanisten molekyylien (>1 kDa) DOC/DON -suhde oli kaikissa viljelymenetelmissä noin 20-22 ja pienten (<1 kDa) 5-8.

Inkubointikokeen kahden ensimmäisen viikon aikana mitatut hiilidioksidipitoisuudet viittaavat siihen, että maan mikrobiaktiivisuutta indikoiva maahengitys on suurempaa luomuviljellyissä, kuin tavanomaisesti viljellyssä maassa.

Fungal community shifts in structure and function across a boreal forest fire chronosequence

Hui Sun[1, 2], Minna Santalahti[1], Jukka Pumpanen[2], Kajar Köster[2, 3], Frank Berninger[2], Tommaso Raffaello[2], Ari Jumpponen[4], Fred O. Asiegbu[2], Jussi Heinonsalo[1]

[1]Department of Food and Environmental Sciences, P.O. Box 56, FI-00014 University of Helsinki,
[2]Department of Forest Sciences, P.O. Box 27, FI-00014 University of Helsinki,
[3]Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, Kreutzwaldi 1, Tartu 51014, Estonia
[4]Division of Biology, Kansas State University, 433 Ackert Hall, Manhattan, 66506, USA

Introduction

Wildfire has been a natural disturbance factor in most forest ecosystems. It has been predicted that climate warming may increase the frequency of forest fires in the northern boreal zone because prolonged drought periods with following thunder storms may facilitate the initiation of fires in remote areas[1]. In forest ecosystems, soil microbes perform essential ecological functions via nutrient cycling and decomposition of organic matter [1]. It is important to understand how microbial communities respond to the post-fire environment and which factors most strongly drive the shifts in fungal community structure and function. Currently, there are limited data on how soil fungal community structure, composition or functional activity responds to fire [2, 3, 4]. High resolution profiling on how fungal communities recover after fire in boreal forests is lacking, and until today, no functional assays have been used to determine how the fire affects fungal ecosystem functioning. Therefore, the main aim of the study is to analyze the diversity and composition of soil fungal communities as well as to investigate fungal community structure and its potential function across a boreal forest fire choronosequence (2-152 years post-fire) by using high-throughput next generation sequencing (454 pyrosequencing), coupled with functional gene array (Geochips).

Results and discussion

Our analyses revealed that boreal forest soil harbored the most diverse fungal community two years after fire and that its diversity subsequently decreased with increasing time since fire. Differences in fungal community structure were primarily driven by changes in the abundance of Basidiomycetes and Ascomycetes. Ectomycorrhizal (ECM) fungi contributed to the increase of basidiomycetes over time, with OTUs representing *Cortinarius* and *Piloderma* dominating. The fungal community structure differed between recently and long time ago burned sites. The sites with different post-fire time formed site-specific gene clusters indicating potential differences in biogeochemical processes. The increase in abundance and activity of ECM fungi seem to act as key factor in recovery of soil carbon and nitrogen following fire disturbance, and the abundance of decomposition genes indicates their significant role in organic matter decomposition in mature, old growth forest.

Our study highlighted that, despite relatively high redundancy in functional gene pools, we showed that the site with higher biological diversity also present the most diverse gene pool. This observation is important when conservation of functional soil biota is considered. Secondly, we demonstrated that physico-chemical factors shape the fungal community 2y after fire but later, the community composition shifts to Basidiomycete and ECM dominating community are driven by changes in vegetation. This shift is slow and requires several decades. Thirdly, after analyzing fungal community composition and functional structure, we

showed that ECM fungi have significant potential for organic matter decomposition in mature old growth forest. We state that nutrient acquisition in old growth forest soil need equivalent genetic mechanisms than decomposition of dead plant material soon after forest disturbance.

Literature

[1] Arocena J, Opio C (2003). Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. Geoderma 113:1-16.
[2] Brown SP, Veach AM, Grond K, Lickteig SK, Lothamer K, Oliver AK, et al. (2014). Scraping the bottom of the barrel: are rare high throughput sequences artifacts? Fungal Ecology (In Press).
[3] Brown SP, Callaham MA, Oliver AK, Jumpponen A (2013). Deep Ion Torrent sequencing identifies soil fungal community shifts after frequent prescribed fires in a southeastern US forest ecosystem. FEMS Microbiol Ecol 86:557-566.
[4] Köster K, Berninger F, Lindén A, Köster E, Pumpanen J (2014). Recovery in fungal biomass is related to decrease in soil organic matter turnover time in a boreal fire chronosequence. Geoderma 235:74-82.

Voidaanko piilannoitteiden avulla vähentää fosforilannoituksen tarvetta?

Silicon fertilization and its impacts on phosphorus availability: a way to mitigate phosphorus scarcity in the future?

Petra Tallberg[1]

[1]Ympäristötieteiden laitos, PL 65, 00014 Helsingin yliopisto

Maailman väestön lisääntyessä ruokahuolto ja sen turvaaminen on eräs suurimmista tulevaisuuden haasteista. Fosforin (P) riittävyys on ja tulee olemaan suuri osa tätä haastetta. Koska maapallon fosforivarannot ovat rajalliset, lannoitteeksi kelpaavan fosforin saatavuus tulee tulevaisuudessa laskemaan ja fosforilannoitteeksi soveltuvan raaka-aineen hinta nousemaan [1] – mikä tarkoittaa, että sekä kierrätys että fosforin käyttökelpoisuuteen liittyvät innovaatiot tulevat olemaan yhä tärkeämpiä. Koska fosforilannoitusta on ajan mittaan käytetty varsin runsaasti ja tämä on ollut yksi osatekijä laajojen vedenlaatuongelmien synnyssä vesistöjen rehevöitymisen yhteydessä [2], jo maaperässä olevien fosforivarantojen mobilisointi niin, että kasvit pystyvät hyödyntämään ne, olisi hyvin hyödyllistä myös vesistöjen hyvinvoinnin kannalta. Piillä (Si) lannoittaminen on mielenkiintoinen vaihtoehto, jonka avulla on teoreettisesti mahdollista parantaa fosforin biologista saatavuutta kemiallisen prosessin, ligandinvaihdon avulla [3]. Piilannoituksen avulla olisi näin ollen mahdollista vähentää ulkoisen fosforilannoituksen tarvetta ja mahdollisesti myös vaikuttaa vesistöihin valuvaan ulkoisen fosforinkuormituksen määrään. Samalla piin käyttö lannoitteena hyödyntäisi viljelyskasveja, sillä runsas piinsaanti on todettu m.m. parantavan useampien kasvien taudinkestävyyttä [4]. Koska pii on maapallon kuoren toiseksi yleisin alkuaine [5], piilannoitteiden saatavuus ei tule olemaan ongelma tulevaisuudessakaan. Lisättävän piilannoitteen hinta ja muoto, jossa pii lisätään, on toki otettava huomioon.

Tässä tutkimuksessa esittelemme teoreettisen viitekehyksen tälle innovatiiviselle mutta samalla hyvin haasteelliselle kysymykselle. Haluamme tietää, voidaanko fosforin käyttökelpoisuutta maaperässä parantaa piilannoituksen avulla, samalla edistäen vesiensuojelua ja viljelykasvien kestävyyttä. Teoreettisen viitekehyksen perusteella tulemme tulevaisuudessa selvittämään laboratorio- ja kenttäkokeiden sekä yksinkertaisen mallinnuksen avulla, voidaanko yllämainittua teoriaa soveltaa käytännössä, ja tuleeko piilannoitus tulevaisuudessa olemaan rinnakkainen lannoitusmuoto fosforin kanssa. Piilannoituksen suoraan kasveja hyödyntäviä ominaisuuksia sekä mahdolliset vesistösuojeluun liittyvät yhtymäkohdat tulevat myös olemaan osa tutkimusta.

Kirjallisuus

[1] Cordell, D., Schmid Neset, T-S. & Prior, T. 2012. The phosphorus mass balance: identifying ‘hotspots’ in the food system as a roadmap to phosphorus security. *Current Opinion in Biotechnology* 23:839–845.

[2] Diaz, R.J. & Rosenberg, R. 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321: 926–929.

[3] Hingston, F.J., Atkinson, R.J., Posner, A.M. & Quirk, J.P. 1967. Specific adsorption of anions. *Nature* 215:1459–1461

[4] Ma, J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Sci Plant Nutr* 50:11–18

[5] Tan, K.H. 1994. Environmental soil science. Marcel Dekker, Inc. New York.
Haith, D.A. and Tubbs, L.J. 1981. Watershed Loading Functions for non-point sources. *ASCE Journal of Environmental Engineering* 107(EE1): 121-137.

Biohiilen vaikutus lieroihin: välttämistesti ja kenttäkoe karkealla hiedalla

Effects of biochar on earthworms: avoidance test and field trial in a boreal loamy sand

Priit Tammeorg[1], Tuure Parviainen[1], Visa Nuutinen[2], Asko Simojoki[3], Elina Vaara[3], Juha Helenius[1]

[1]Dept. of Agricultural Sciences, P.O. Box 27 FIN-00014 Univ. of Helsinki
[2]MTT Agrifood Research Finland, Plant Production, FIN-31600 Jokioinen
[3]Dept. of Food and Environmental Sciences, P.O. Box 27 FIN-00014 Univ. of Helsinki

Introduction

Biochar is being intensively studied as a soil amendment material in agriculture and as a potential carbon sink to mitigate climate change. Considering the long lasting effects of biochar application and the contribution of soil fauna to soil quality, there is a need for empirical investigations on the effects of biochar on key animal groups in soil, such as earthworms.

Previous research has not only given conflicting results on the effects of biochar on earthworms, but it has also been mainly laboratory-based and used earthworm species not common in agricultural soils. Only two studies to our knowledge have been conducted under field conditions and neither of them comprised of replicated treatments [1, 2]. Further, most field studies exploring the biochar-mediated changes in soil quality and plant growth have been conducted in (sub-) tropical or temperate climates in soils with low contents of organic matter. For these reasons, this study explored, under both laboratory and boreal field conditions, the effects of spruce chip biochar on the earthworm species common in arable soils.

Materials and methods

Biochar: The biochar for this study was made of spruce chips in a continuous process for 10–15 min at 550 ºC [3]. The same biochar was used both in the laboratory and in the field.

Avoidance test: An earthworm avoidance test with *Aporrectodea caliginosa* Sav. was conducted for 2 and 14 days in a loamy sand soil with 0 and 1.6% (by mass) of added biochar (corresponding to 0 and 30 t biochar ha^{-1}, respectively). The dry, 0.2-mm sieved biochar was mixed with 2-mm sieved loamy sand taken from the Ap horizon of an Endogleyic Umbrisol field. One half of the experimental vessel (diameter 15 cm, height 22 cm) was filled with the mixture, and the other half with unamended soil, the soil in both sides was packed to a bulk density of 1.3 g cm^{-3}. Eight earthworms were introduced at the centre of vessels and after the experimental period the earthworms were hand-sorted from the treated and control sides. The effect of biochar on soil water tension was studied in a separate 11-day follow-up study with tensiometers.

Field experiment: The impact of field applied biochar on the density and biomass of earthworms in the Endogleyic Umbrisol field was investigated after the first growing season (4.5 months) of growing wheat in an experiment where 0 or 30 t biochar ha^{-1} was added to soil with or without inorganic fertilizer application. The fertilizer was a mixture of Agro 28-3-5 and K_2SO_4 providing 100 kg ha^{-1} of N, 10.8 kg ha^{-1} of P, and 19.5 kg ha^{-1} of K in easily soluble form. Earthworms were hand-sorted from soil (sample area of 25 cm x 25 cm, depths 0–15 and 15–28 cm), weighed and identified. Extraction of the earthworms from deeper soil horizons by chemical or other means was not considered necessary as the density of the deep burrowing species was with high likelihood very low at the study site.

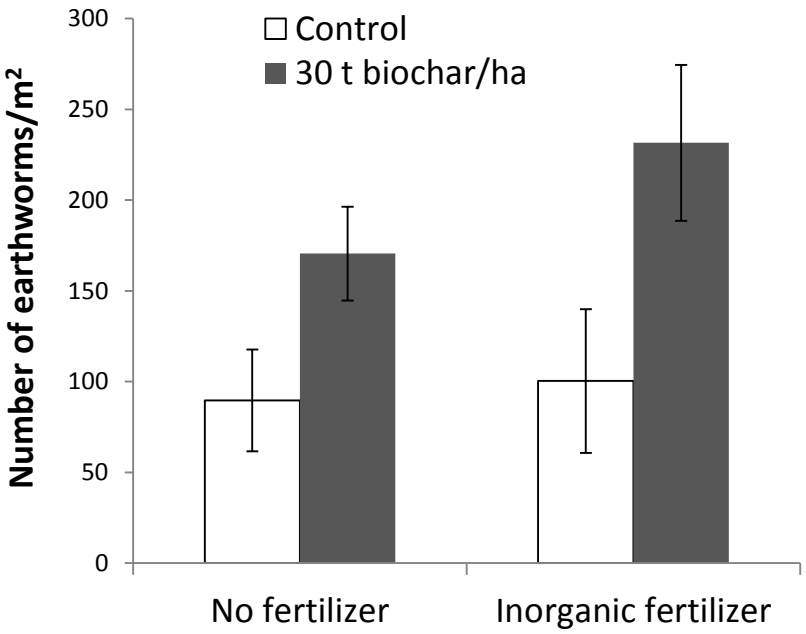


Fig. 1. Earthworm density in the field at the depth of 0–28 cm (Bonferroni-adjusted least-square means of 4 replicates corrected for the initial soil C content by ANCOVA; error bars denote the standard error).

Results and Discussion

Avoidance test: The application of biochar did not affect the habitat choice of earthworms when the incubation lasted for two days, but after two weeks, significant ($p = 0.033$) avoidance of biochar was observed. The biochar did not notably affect soil pH. Similarly, the contents of heavy metals and PAH in the biochar were low, suggesting that the avoidance was probably not caused by these factors. Instead, the avoidance may be attributable to the slightly increased soil water retention by the biochar [3].

Field experiment: The earthworm community of the field site was dominated by endogeic *A. caliginosa*, typical for frequently ploughed fields, and the overall earthworm density was close to the typical values reported for arable soils [3]. Irrespective of the fertilizer treatments, the higher earthworm density and biomass was observed in the soils amended with biochar (Fig. 1). This trend was, however, not statistically significant ($p > 0.1$). Similarly, the fertilizer treatment had no statistically significant effect on earthworm density or biomass. As the duration of the field experiment was unlikely sufficient for detecting differences in the population growth rates due to reproduction or migration, a follow-up study will be needed for obtaining a more definitive picture of the treatment effects.

References

[1] Husk, B., Major, J., 2010. Commercial scale agricultural biochar field trial in Quebec, Canada over two years: effects of biochar on soil fertility, biology and crop productivity and quality. BlueLeaf, http://www.blue-leaf.ca/main-en/files/BlueLeaf%20Biochar%20Field%20Trial%2008-09%20Report-1.pdf. Accessed 27 October 2014.

[2] Weyers, S.L., Spokas, K.A., 2011. Impact of Biochar on Earthworm Populations: A Review. *Applied and Environmental Soil Science* Article ID 541592.

[3] Tammeorg, P., Parviainen, T., Nuutinen, V., Simojoki, A., Vaara, E., Helenius, J. 2014. Effects of biochar on earthworms in arable soil: avoidance test and field trial in boreal loamy sand. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 191, 150–157.

Liukoisen typen huuhtoutuminen peltopatterissa varastoidusta maanparannusaineesta

The effect of bottom layer under soil improver storage piles on N leaching potential

Tiina Tontti[1] ja Petri Kapuinen[2]

[1] Luonnonvarakeskus, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli, tiina.tontti@luke.fi
[2] Luonnonvarakeskus, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, petri.kapuinen@luke.fi

Johdanto

Orgaanisia maanparannusaineita tuotetaan puhdistamolietteestä ja erilliskerätystä biojätteestä keskitetyissä laitoksissa ympäri maata myös maanviljelyskäyttöön, vaikka pääosa menee viherrakentamiseen. Tuotannon volyymi on suhteessa asukasmäärän, joten pääosa siitä tuotetaan pääkaupunkiseudulla. Maanviljelyskäytössä on oleellista logistiikan ja peltojen tiivistymisen välttämisen kannalta, että ne voidaan kuljettaa talvella routaantuneelle pellolle ja varastoida siellä kevään levitykseen saakka. Aiemmissa tuloksissa [1] havaitsimme, että peltopattereiden valunnan mukana huuhtoutuu huomattavia määriä lähinnä typpeä ammoniummuodossa ja huuhtoutuvan liukoisen fosforin määrä ei ole yli patterin kohdalla kasvien vuosittain tarvitseman määrän. Kuormitus kohdistuu vain patterin alla olevaan maahan mutta ei ympärillä olevaan maahan. Keväällä patteroinnin jälkeen ammoniumtyppeä on lähinnä ylimmissä maakerroksissa, joissa se nitrifioituu kesän aikana ja on syksyllä alttiina huuhtoutumiselle. Kuormituksen rajoittuminen peltopatterin kohdalle antaa kustannustehokkaan mahdollisuuden vaikuttaa siihen erilaisilla toimenpiteillä, joita tässä hankkeessa etsitään.

Aineisto ja menetelmät

Pattereiden alle laitetun vähäravinteisen orgaanisen kerroksen ja patterin peittämisen vaikutusta syntyvään kuormitukseen tutkittiin kahdella tilalla. Loviisassa patteroitiin maanparannuskompostia olkipohjan päällä ja muovikalvolla (ns. aumamuovi) peitettynä. Kouvolassa patteroitiin kuivattua mädätysjäännöstä kuitulietepohjan (niukkaravinteinen maanparannuskuitu) päällä ja pressulla peitettynä. Patterit perustettiin talvella routaantuneelle pellolle ja purettiin toukokuussa levitykseen liittyen. Loviisan patterissa toiseen päähän asennettiin sen alle orgaaninen pohjakerros ja toisen pään jäädessä ilman. Saman patterin keskialue katettiin aumamuovilla, jolloin patteriin muodostui neljä koejäsentä erilaisena pohjakerroksen ja kattamisen yhdistelmänä. Kuormitus määritettiin mittaamalla patterin alla olevan maan liukoisen typen määrän lisääntyminen patteroinnin aikana. Maanäytteet otettiin 10 c:n kerroksina 60 cm:iin saakka. Kunkin koejäsenen alueelta muodostettiin maanäytteet yhdistämällä 1 – 2 näytteenottokohdan näytteet kerroksittain. Näytteet jäähdytettiin heti näytteenoton jälkeen kylmälaukuissa, ja pakastettiin samana päivänä. Sulatetuista näytteistä analysoitiin NH_4^+ - ja NO_3^- -typpi (0,1 M K_2SO_4, uuttosuhde 1:2,5 w/w) sekä helppoliukoiset orgaaniset typpiyhdisteet (peroksidisulfaattihapetus). Maan typpiprofiilit esitetään yhden havainnon pohjalta.

Tulokset ja tarkastelu

Keväällä maakerrosten typpipitoisuuden profiili mädätysjäännöspatterin alla olevassa maassa muistutti aiempia tuloksia [1]. Ylimmissä maakerroksissa NH_4^+-N-pitoisuus oli kohonnut, mutta 30 cm syvyydessä pitoisuus oli lähellä taustapitoisuutta. NO_3^- -typpeä ei yleensä löydy lainkaan maakerroksista keväällä kun maa on vielä kylmää. Kuitulietteen NH_4^+-N-pitoisuus oli selvästi korkeampi patterin purun jälkeen kuin ennen patterin perustamista sekä peitetyn patterin (0,15 g/kg tuorepainossa) että peittämättömän patterin kohdalla (0,57 g/kg tuorepainossa). Sekä peittäminen että kuitukerros patterin alla vähensi maahan huuhtoutuvan

Taulukko. Maanparannusaineiden typpipitoisuudet ja peltopatterien kohdalla olevien maakerrosten typpipitoisuudet vuonna 2014.

MÄDÄTYSJÄÄNNÖSPATTERI KOUVOLA (mg/kg tuorepainossa)															
		Liukoinen orgaaninen N					Ammoniumtyppi					Nitraattityppi			
		Helmi-	Toukokuu purkupäivä				Helmi-	Toukokuu purkupäivä				Helmi-	Toukokuu purkupäivä		
		kuu		Peitetty			kuu		Peitetty			kuu		Peitetty	
		Alku	Paljaspohja		Kuitupohja		Alku	Paljaspohja		Kuitupohja		Alku	Paljaspohja		Kuitupohja
Mädätysjäännös		920	680	910	730	860	2760	2810	2570	2640	2520	<0,3	0,6	0,3	0,7	1,1
Kuituliete pohjalla		6			15	100	4			150	570	0,42			<0,3	1,4
Kuituliete ulkoilmassa					9	9				1	1				<0,3	<0,3
Maakerrokset																
Syvyys (cm)	0-10		247	197	126	90	17	184	94	41	19	3	2	1	1	4
	10-20		59	49	49	68	12	21	11	8	11	1	1	2	1	5
	20-30		32	39	39	37	7	11	8	7	4	3	1	4	1	5
	30-40		28	38	28	38	3	2	5	3	3	2	1	6	2	6
	40-50		27	27	29	32	3	2	3	5	3	3	1	1	3	6
	50-60		29	24	31	30	3	2	1	4	3	2	2	1	2	5
MAANPARANNUSKOMPOSTIPATTERI LOVIISA (mg/kg tuorepainossa)																
		Liukoinen orgaaninen N					Ammoniumtyppi					Nitraattityppi			
		Tammi-	Huhtikuu purkupäivä				Tammi-	Huhtikuu purkupäivä				Tammi-	Huhtikuu purkupäivä		
		kuu		Peitetty			kuu		Peitetty			kuu		Peitetty	
		Alku	Paljaspohja		Olkipohja		Alku	Paljaspohja		Olkipohja		Alku	Paljaspohja		Olkipohja	
Maanparannuskomposti		300	260	210	320	210	1090	1200	1320	1200	1380	61	12	11	15	16
Maakerrokset																
Syvyys (cm)	0-10	37	226	377	111	199	8	260	438	69	169	3	2	2	2	1
	10-20	38	42	345	48	65	8	6	348	14	26	1	2	2	1	1
	20-30	30	36	79	36	35	6	6	51	7	6	1	1	1	1	1
	30-40	26	30	30	29	27	5	6	10	3	4	0	0	0	1	0
	40-50	29	28	28	29	26	5	7	6	4	3	1	0	0	0	0
	50-60	26	27	26	28	28	5	3	5	3	3	1	0	0	0	0

ammoniumtypen määrää. Myös olkipohja vähensi huuhtoutumista, mutta maanparannuskompostin kattamisen vaikutus on ristiriitainen. Peittämättömyys lisäsi valumaa kuitupohjaisessa mädätysjäännöspatterissa, jolloin ammoniumtypen huuhtoutuminen lisääntyi ja myös kuitulietteeseen jäi enemmän ammoniumtyppeä.

Keväällä maanparannuskompostipatterin alla maan NH_4^+-N-pitoisuus oli suurempi sillä alueella, jossa ei ollut olkipatjaa (Taulukko). Peitetyn maanparannuskompostin kohdalla ilman olkipohjaa NH_4^+-N oli korkeimmillaan kahdessa ylimmässä maakerroksessa (< 440 mg/kg tuoremaata), kun taas peitetyn kompostin ja olkipohjan alla maan pintakerroksessa NH_4^+-N-pitoisuus oli < 70 mg/kg tuoremaata. Olkipohjaisen maanparannuskompostin kohdalla maan pintakerroksen NH_4^+-N-pitoisuus oli peiton kohdalla pienempi kuin peittämättömällä kohdalla. Purettaessa patterien pintakerros oli selvästi kosteampaa peitetyllä kuin peittämättömällä alueella.

Liukoisen orgaanisen typen taustatasoa kuvaa Loviisan patterin alkutilanteesta mitattu 25-40 mg/kg tuorepainossa. Keväällä liukoisen orgaanisen typen määrä oli kaikkien patterinosien alla suurempi kuin alussa ja peitetyllä paljaspohjaisella alueella liukoista orgaanista typpeä oli kulkeutunut 20 cm:n syvyyteen saakka. Liukoinen orgaaninen N hajoaa maassa NH_4^+-typeksi ja nitrifioituu kasvukauden aikana. Tätä kautta myös liukoinen orgaaninen N saattaa aiheuttaa syksyllä maassa huuhtoutumisriskin.

Tulokset vahvistavat aiempaa tulkintaa siitä että peltopatterin alla tulee käyttää liukoista typpeä sitovaa kerrosta. Lisäksi patteri tulisi peittää sadevesien johtamiseksi sivuun.

Kirjallisuus

[1] Tontti, T., Kapuinen, P., Laurila, M. ja Kekkonen, J. 2014. Orgaanisten lannoitevalmisteiden hallittu varastointi peltopattereissa. Maataloustieteen Päivät 2014, 8.-9.1.2014 Viikki, Helsinki. Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman.

Maaperän kohonneen lämpötilan vaikutus metsämaan kasvihuone-kaasupäästöihin luonnollisella maaperän lämpötilagradientilla Islannissa

The effect of elevated soil temperature on GHG emission in natural soil temperature gradient in Iceland

Heli Yli-Moijala[1], Marja Maljanen[1], Bjarni D. Sigurdsson[2]

[1] Itä-Suomen yliopisto, ympäristötieteen laitos, PL 1627, 70211 Kuopio
[2] Agricultural University of Iceland, Hvanneyri, 311 Borgarnesi, Iceland

Ilmaston lämpenemisen myötä myös maaperän lämpötila nousee, jolloin kohonnut lämpötila vaikuttaa monin tavoin ekosysteemien toimintaan. Etelä-Islannissa vuoden 2008 maanjäristyksen ja siitä seuranneen vulkaanisen aktiivisuuden kohoamisen tuloksena syntyi lämpötilagradientti (maan 10 cm lämpötilan nousu 0-40 ^{o}C) vuonna 1966 istutetulle (Sitka spruce) tutkimuskoealueelle. Koealue on ainutlaatuinen kohde tutkia miten lämpötilan kohoaminen vaikuttaa metsäekosysteemin toimintaan ja kasvihuonekaasuvirtoihin. Tutkimus on osa FORHOT **[1]** hanketta, jossa selvitetään laajasti lämpötilan muutoksen vaikutusta mm. maan fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin, puuston kasvuun, kasvillisuuteen, C, N, P kiertoon, hajotukseen ja mikrobiyhteisön rakenteeseen.

Osahankkeessa on mitattu dityppioksidin (N_2O), hiilidioksidin (CO_2) ja metaanin (CH_4) päästöjä sekä pitoisuuksia maaperässä lämpötilagradientin eri osilta, otettu maanäytteitä sekä tutkittu selluloosan hajotusta vuosien 2012-2014 aikana. Näytteet on analysoitu Itä-Suomen yliopistolla ympäristötieteen laitoksella Kuopiossa.

Tuloksista nähdään että kasvihuonekaasupäästöt nousevat maan lämpötilan noustessa samalla kun maaperän orgaanisen aineen, typen ja hiilen määrät vastaavasti laskevat. Tästä, sekä selluloosan hajotuskokeesta voidaan selvästi päätellä että orgaanisen aineen hajotus kiihtyy lämpötilagradientilla maan lämpötilan kohotessa. Voidaan kuitenkin olettaa, että osa kaasumaisista päästöistä ei ole peräisin maaperän biologisista prosesseista vaan enemmänkin geologisista lähteistä tällä vulkaanisella alueella. Biologisen alkuperän osuutta on selvitetty tutkimalla hiilen ja typen isotooppisuhteita kaasuista, kasveista sekä maaperästä.

Kirjallisuus

[1] FORHOT projektin kotisivut
http://landbunadur.rala.is/landbunadur/wgrala.nsf/key2/hhjn8s6gwu.html

Maaperän vesipitoisuuden vaihtelu boreaalisella vyöhykkeellä

Time-stability of soil water through boreal (60 - 68°N) gradient

Pauliina Liwata[1)], Pekka Hänninen[2)], Jarkko Okkonen[3)], Raimo Sutinen[1)]

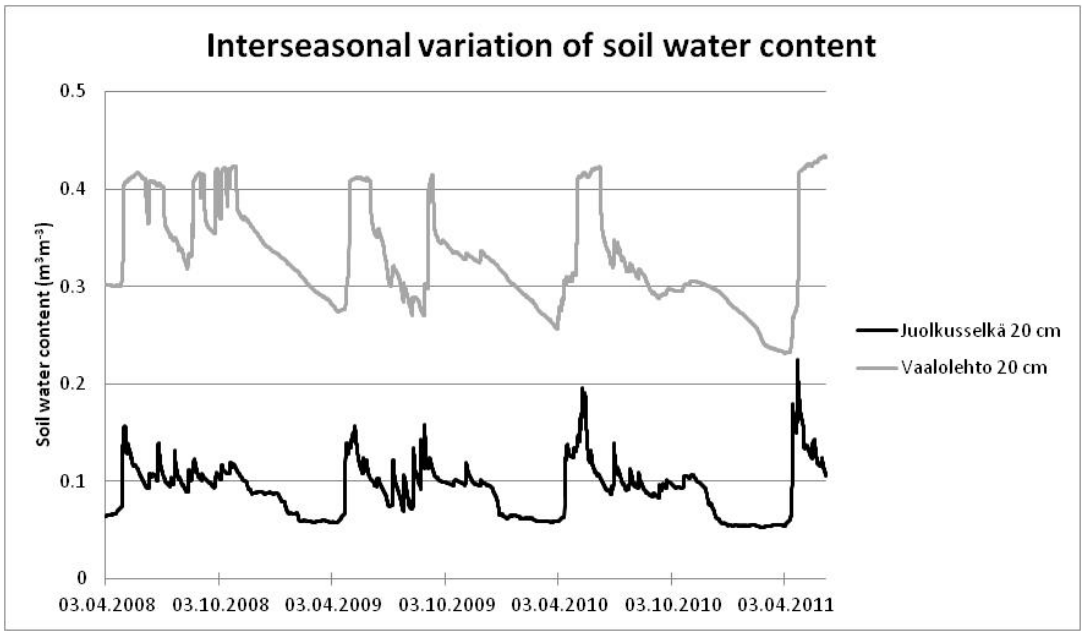
[1)] Geologian tutkimuskeskus, PL 77, 96101 Rovaniemi
[2)] Geologian tutkimuskeskus, PL 96, 02150 Espoo
[3)] Geologian tutkimuskeskus, PL97, 67101 Kokkola

GTK on seurannut automaattisilla mittausasemilla maaperän pintaosan (0-1m) lämpötilan ja maaveden määrän vaihteluita vuodesta 2001 lähtien. Automaattisasemilla seurantaa on tehty 3 – 5 syvyydellä 5 min – 3 h välein. Tällä hetkellä asemia on toiminnassa 18 kappaletta läpi boreealisen gradientin 60° – 68° N (Taulukko1).

Tässä tutkimuksessa on vertailtu asemien maaperän kosteuspitoisuuksien keskinäistä järjestystä kasvukausien aikana. Kasvukauden katsottiin alkaneen, kun maan lämpötila 20 cm syvyydessä ylittää 3.2 °C [1]. Yksittäisinä ajanhetkinä maaperän vesipitoisuudet voivat, maaperätyypistä riippumatta, saada anomaalisia arvoja, jolloin eri maalajityyppien minimi- ja maksimiarvot saattavat mennä ristiin. Tämän vuoksi tutkimuksessa käytettiin maaperän ensimmäisen metrin keskivesipitoisuuden päiväkeskiarvoja. Asemia verrattiin toisiinsa vuosittain kasvukausien maaperän vesipitoisuuksien ala- ja ylädesiilin sekä mediaanin perusteella. Vertailussa käytettiin Spearmanin järjestyskorrelaatiota.

Taulukko 1. Tutkimuksessa mukana olleet maa-asemat. Käynnissä olevat asemat on merkitty tähdellä (*).

Asema	Longitudi	Latitudi	Korkeus m mpy	Maaperä	Vietto	Keskilämpötila		Aloitettu
						Ilma	Maa	
Nurmijärvi	24.6536	60.5088	111	Harju	Tasanne	6.9	5.9	05.2001*
Multia	25.0504	62.4104	181	Drumliini	Kumpareen päällä	5.7	5.9	05.2001*
Ylistaro	22.4873	62.9368	26	SiSa	Tasamaa	7.1	6.1	05.2001*
Suomussalmi	28.7467	64.9313	223	HkMr	Tasamaa	2.5	5.1	06.2004
Kuusamo	29.3995	66.3202	300	Mr	Loivasti itään	1.1	3.7	06.2004
Naruska	29.1791	67.1627	213	Hk	Loivasti kaakkoon	0.5	2.9	09.2003*
Moskuvaara	27.1727	67.6254	220	Mr	Loivasti etelään	0.2	3.2	09.2007*
Moskuvaara	27.172	67.6258	220	Mr	Loivasti etelään	0.2	2.9	09.2007*
Vaalolehto	26.6911	67.844	220	HMr	Tasamaa	-0.3	3.3	10.2007*
Äältövittikko	26.8862	67.9425	280	HMr	Tasamaa	-0.3	3.4	09.2007*
Sammaltunturi	24.095	67.9696	440	Mr	Loivasti etelään	-0.3	2.6	09.2007*
Sammaltunturi	24.0828	67.9669	380	Mr	Loivasti etelään	0.2	2.7	09.2007*
Sammaltunturi	24.1145	67.9883	480	Mr	Tunturin päällä	-0.1	2.2	09.2007*
Sammaltunturi	24.1226	67.9997	380	Mr	Loivasti koilliseen	0	2.6	09.2003*
Juolkusselkä	26.4519	68.0322	300	HkMr	Tasanne	1.1	3.4	04.2008*
Järvijoki GC6	26.0953	68.0376	263	Hk	Tasamaa	-0.3	3	09.2007*
Järvijoki GC2	26.0941	68.0378	263	Hk	Tasamaa	-0.7	2.4	09.2007*
Vuotso	27.1865	68.0849	249	HkMr	Loivasti etelään	-0.3	3.2	09.2005*



Kuva 1. Hiekka- (Juolkusselkä) ja hienoainesmoreenialueiden (Vaalolehto) maaperän vesipitoisuuksien päiväkeskiarvojen vaihtelu 20 cm syvyydellä aikajaksolla huhtikuu 2008 – huhtikuu 2011.

Vuosittain asemien maaperän vesipitoisuudet asettuivat samaan järjestykseen kaikkien tutkittujen tunnuslukujen mukaan (r^2>0.9). Poikkeustilanteita lukuun ottamatta kuivat (karkeat lajitteet) maat olivat aina kuivia suhteessa märkiin (hienolajitteiset) maihin [2]. Lähekkäin olevien Juolkusselän (HkMr) ja Vaalolehdon (HMr) asemien, etäisyys 23 km, maaperän vesipitoisuudet eroavat toisistaan siten, että Vaalolehdon maaperän minimivesipitoisuudet ovat koko seurantajakson ajan (2008 –>) olleet suurempia kuin Juolkusselän suurimmat vesipitoisuudet (Kuva 1). Vastaavasti kaukana toisistaan olevien, etäisyys 620 km, maalajiltaan samankaltaisten Sammaltunturin ja Multian asemien vesipitoisuuksien muutokset ovat kasvukauden aikana hyvin samankaltaisia . Kasvukaudella Suomen boreaalisessa ilmastossa maaperän vesipitoisuus on aikastabiili, johtuen maalajitteen mikro- ja makrohuokoisten osuudesta.

[1] Körner, C. and Paulsen, J. 2004. A world-wide study of high elevation treeline temperatures. *Journal of Biogeography* 31, 713 – 732.

[2] Liwata, P., Hänninen, P., Okkonen, J. and Sutinen, R., 2014. Time-stability of soil water through boreal (60 - 68°N) gradient. *Journal of Hydrology* 519, 1584 – 1593.