Pro Terra

No. 29/2006

MITEN MAAMME MAKAA - SUOMEN MAAPERÄ JA SEN TILA

IV Maaperätieteiden päivien laajennetut abstraktit

Mari Räty
Ilona Bärlund
Kirsi Makkonen
Mika Kähkönen
Martti Esala
(toim.)

SUOMEN MAAPERÄTIETEIDEN SEURA

HELSINGIN YLIOPISTO
SOVELTAVAN KEMIAN JA MIKROBIOLOGIAN LAITOS

Pro Terra

No. 29/2006

MITEN MAAMME MAKAA -SUOMEN MAAPERÄ JA SEN TILA

IV Maaperätieteiden päivien laajennetut abstraktit

Toimittajat
Mari Räty, Ilona Bärlund, Kirsi Makkonen, Mika Kähkönen ja Martti Esala

Toimituskunta

Sessio I: Maaperä luonnonvarana
Heljä-Sisko Helmisaari (pj.), Laura Alakukku, Pekka Hänninen ja Katri Siimes

Sessio II: Maaperä ja ympäristökuormitus
Tapio Salo (pj.), Jussi Heinonsalo, Katri Rankinen, Aino Smolander ja Helena Soinne

Sessio III: Maaperän tila ja sen seuranta
Janna Pietikäinen (pj.), Teija Haavisto, Antti-Jussi Lindroos, Visa Nuutinen ja Markku Yli-Halla

SUOMEN MAAPERÄTIETEIDEN SEURA

HELSINGIN YLIOPISTO
SOVELTAVAN KEMIAN JA MIKROBIOLOGIAN LAITOS

Helsinki, 2006

SISÄLLYSLUETTELO

Martti Esala: Tervetuloa neljänsille Maaperätieteiden päiville 8

Keijo Nenonen: Jääkauden jäljet Suomessa 9

Kimmo Virtanen: Soistuminen ja turvekerrostumien muodostuminen 12

Eljas Orrman: Asutuksen, viljelyn ja maaperän välinen dynamiikka esiteollisen ajan Suomessa 15

Stephen Nortcliff: Future Prospects for Soil Science 17

ESITELMÄT

Sessio I: Maaperä luonnonvarana

Hannu Mannerkoski ja Päivi Hokkanen: Kolin lehtojen maaperä 19

Sanna Kukkonen, Maarit Niemi, Ansa Palojärvi, Tuomo Tuovinen, Päivi Parikka ja Mauritz Vestberg: Peltomaan biologisen toiminnan ylläpito – maanparannusaineilla vai viljelykierrolla? 21

Mauritz Vestberg: Arbuskelimykorritsan hyödyntäminen kasvinviljelyssä – menestystarina vai ei? 23

[Jaro Nuutinen ja Sari Timonen: Voivatko kantasienet katalysoida aminohappotypen mineralisaatiota ammoniumiksi? (nidotussa versiossa)] -

Minna-Maarit Kytöviita ja Sari Stark: Jäkäläkerroksesta huuhtoutuvien jäkälähappojen merkitys maaperän mikrobeille 25

Sessio II: Maaperä ja ympäristökuormitus

Jari Haimi: Onko ihmistoiminta vaikuttanut metsämaan hajottajaeläimiin Suomessa? 27

Ari Laurén, Harri Koivusalo, Teemu Kokkonen ja Leena Finér: Hakkuut ja vesiensuojelu: Mitä maksaa typpikuormituksen vähentäminen suojavyöhykkeitä käyttäen? 29

Sini Niinistö, Jouko Silvola ja Seppo Kellomäki: Metsämaan CO_2-vuon ajallinen vaihtelu ja sitä säätelevät ympäristötekijät 31

Sirpa Piirainen, Leena Finér, Hannu Mannerkoski, Marjo Palviainen ja Michael Starr: Lisääkö maanmuokkaus ravinteiden huuhtoutumista avohakkuualalta? 33

Katri Siimes ja Tuomo Karvonen: Vaikuttaako maan jäätyminen torjunta-aineiden kulkeutumiseen? 35

Sessio III: Maaperän tila ja sen seuranta

Teija Haavisto: Strategia maaperän suojelemiseksi Euroopan Unionissa 37

Merja Myllys, Laura Alakukku ja Ansa Palojärvi: Peltomaan laadun mittaaminen tiloilla 39

Kaisa Mustajärvi, John Derome, Antti-Jussi Lindroos, Päivi Merilä, Pekka Nöjd ja Liisa Ukonmaanaho: Typen huuhtouma ja laskeuma *Forest Focus / ICP* metsien intensiiviseurannan aloilla 41

Anne Siira-Pietikäinen, Veikko Huhta, Mika Räty, Matti Uusitalo, Ritva Penttinen: Puutteellisesti tunnettujen maaperäeläinten esiintyminen ja levinneisyys 43

Visa Nuutinen, Juhani Terhivuo, Elise Ketoja, Mervi Nieminen ja Taisto Sirén: LUMOliero – peruskartoitus lierojen esiintymisestä suomalaisissa peltomaissa 45

POSTERIT

Sessio I: Maaperä luonnonvarana

Heljä-Sisko Helmisaari, Jukka Luiro and Mikko Kukkola: Ash and bio sludge on mineral soils – compensation fertilisation for nutrient losses with logging residues? 46

Krista Jaatinen, Anita Vuorenmaa, Urko del Castillo, Taina Pennanen, Timo Penttilä, Raija Laiho, Kari Minkkinen and Hannu Fritze: Aerobic microorganisms along a water table gradient in a northern boreal fen 47

Saara Kaipainen, Sari Peura, Lucia Blasco, Minna Kahala, Vesa Joutsjoki, Christian Eriksson ja Ansa Palojärvi: Kasvilajin ja maan vaikutus ritsosfäärin mikrobiyhteisön rakenteeseen 49

Sanna Kanerva ja Aino Smolander: Mikrobiaktiivisuudet orgaanisen horisontin eri kerroksissa koivikko-, kuusikko- ja männikkömaassa 51

Tiina Nieminen and Aino Smolander: Forest understorey vegetation and plant litter decomposition under three different dominant tree species 53

Asko Simojoki, Orsolya Fazekas ja Rainer Horn: Tiivistämisen ja kevennetyn muokkauksen vaikutus kaasun makro- ja mikrodiffuusioon lössimaassa 55

Aino Smolander, Raimo Ketola, Tapio Kotiaho, Sanna Kanerva, Kimmo Suominen ja Veikko Kitunen: Maan huokosilman haihtuvat monoterpeenit eri puulajien metsiköissä: vaikutus typen transformaatioihin 57

Markku Yli-Halla ja Maija Paasonen-Kivekäs: Maan tilavuuspaino ja kutistumiskerroin 59

Sessio II: Maaperä ja ympäristökuormitus

J.H. Ahtiainen, R. M. Niemi, I. Heiskanen, K. Mäntykoski, A. Rahkonen, P. Laitinen ja P. Ruuttunen: Perunanviljelyssä käytettävien torjunta-aineiden vaikutus maan mikrobiston funktionaaliseen diversiteettiin, aktiivisuuteen, biomassaan ja myrkyllisyyteen mikro- ja mesokosmoksissa 61

Laura Alakukku ja Erkki Aura: Savimaan eroosion ja fosforin huuhtoutuminen pintakalkittaessa ja kevennettäessä muokkausta 62

Lasse Aro, Hannamaria Potila, Jukka Laine, Päivi Mäkiranta ja Kari Minkkinen: Onko metsitetty suonpohja hiilen nielu vai lähde? 64

Erkki Aura: Diffuusio eroosion mekanismina savimaassa 65

Ilona Bärlund, Katri Rankinen, Marko Järvinen, Eeva Huitu and Lauri Arvola: Three approaches to estimate inorganic N loading from a headwater catchment in Finland 67

Kirsti Granlund, Jaana Marttila and Irmeli Ahtela: Agricultural nitrogen balances and nitrogen leaching at catchment scale – a case study with the INCA-N model 69

Salla Hartikainen: Biotiitin fosforinsitomiskyky 71

Heljä-Sisko Helmisaari, John Derome, Tiina Nieminen, Maija Salemaa, Oili Kiikkilä and Christian Uhlig: Remediation of heavy metal contaminated forest soil using recycled organic matter and native woody plants 73

Heli Juottonen, Sari Juutinen, Eeva-Stiina Tuittila, Hannu Fritze and Kim Yrjälä: Archaeal communities in a boreal mire in relation to temperature sensitivity of methane production 74

Mika Lampela, Tapani Repo, Raimo Silvennoinen and Leena Finér: Equivalent electrical circuit model for system containing quartz sand and purified water 76

Päivi Merilä, Pierre E. Galand, Hannu Fritze, Eeva-Stiina Tuittila, Kari Kukko-oja, Jukka Laine and Kim Yrjälä: Methanogen communities along a primary succession transect of mire ecosystems 78

Paula Muukkonen, Helinä Hartikainen, Taisto Sirén ja Laura Alakukku: Muokkaustavan vaikutus maa-aineksen ja fosforin huuhtoutumiseen häiriintymättömistä maaprofiilinäytteistä 79

Anuliina Putkinen, Heli Juottonen, Sari Juutinen, Eeva-Stiina Tuittila, Hannu Fritze and Kim Yrjälä: Active *Archaea* and methane production in southern and northern boreal mire sediments 81

Katri Rankinen, Ilona Bärlund, Kaarle Kenttämies, Suvi Nenonen and Pirkko Valpasvuo: Simulated nitrogen leaching patterns in two Finnish river basins with contrasting land use and climatic conditions 83

Kimmo Rasa, Mari Räty, Olga Nikolenko, Markku Yli-Halla ja Liisa Pietola: Maan vedenhylkivyys savi-, hieta- ja saraturvemaalla 85

Mari Räty, Kimmo Rasa, Olga Nikolenko, Markku Yli-Halla ja Liisa Pietola: Suojavyöhykekasvillisuuden merkitys fosforin kertymisessä pintamaahan 87

Into Saarela, Yrjö Salo ja Martti Vuorinen: Viljelymaiden ja peltovesien liukoisen fosforin pitoisuuden sekä satotason kehitys suhteessa pellon fosforitaseeseen 89

Tapio Salo, Lars Stoumann Jensen, Fridrik Palmason, Tor Arvid Breland, Trond Henriksen, Bo Stenberg, Anders Pedersen, Christina Lundström ja Martti Esala: Kasvijätteen hiilen ja typen mineralisaation toistettavuus laboratoriokokeessa 91

Helena Soinne, Minna Karppinen, Helinä Hartikainen ja Kirsi Saarijärvi: Uuttotestien herkkyys laidunmaan potentiaalisen fosforikuormituksen arvioinnissa 93

Liisa Ukonmaanaho, Tiina Maileena Nieminen, Michael Starr, Erkki Ahti, Marjatta Kantola, Mika Nieminen, Juha Piispanen, Klaus Einsalo, Kirsti Loukola-Ruskeeniemi, Markku Mäkilä, Toni Malila, Paavo Perämäki ja Matti Verta: Lisäävätkö avohakkuut elohopean huuhtoutumista vesistöihin? 95

Sessio III: Maaperän tila ja sen seuranta

John Derome, Antti-Jussi Lindroos, Kirsti Derome, Maija Salemaa ja Sari Hilli: Metsämaiden C/N-suhteen ja maaveden nitraattipitoisuuksien ajallinen vaihtelu metsien intensiiviseurannan aloilla 97

Hannu Ilvesniemi, Leila Korpela, Pekka Tamminen ja Tiina Tonteri: BioSoil-aineiston avulla tutkitaan maaperän hiili- ja ravinnevarastojen muutoksia sekä aluskasvillisuutta 99

Jenni Kiiskinen, Elisa Kallio, Timo Sipilä, Carola Fortelius, Marja-Leena Åkerman, Pertti Pulkkinen and Kim Yrjälä: Birch and aspen endophytes from seedlings in polluted soils 101

Mika Kähkönen, Marja Tuomela, Hanna Oesch-Kuisma, Kari Steffen ja Annele Hatakka: Klooratuilla fenoleilla pilantuneen maaperän toiminta entisellä saha-alueella ja sopivuus lahosienten kasvulle 103

Harri Lilja: Suomen maannostietokanta 1:250 000, esimerkkejä tietokannan käyttämisestä 105

Minna Malmivaara-Lämsä, Leena Hamberg, D. Johan Kotze, Susanna Lehvävirta and Hannu Fritze: Edge effect and wear in urban forest fragments – impacts on soil microbial community structure 107

Merja Myllys, Laura Alakukku, Sari Peltonen, Kaisa Tolonen, Meeri Komulainen ja Ansa Palojärvi: Peltomaan laatutesti Agronetissä 109

Maarit Niemi, Ilse Heiskanen, Virva Uotinen ja Kaisa Wallenius: Metsän pintamaan biologisen aktiivisuuden kehittyminen avomaalle siirron jälkeen 110

Visa Nuutinen, Ritva Mäkelä-Kurtto, Anja Yli-Viikari, Sirpa Suonpää ja Taina Lilja: Peltomaiden tilan seuranta – nykytila ja kehitystarpeet 112

Tommi Peltovuori ja Kari Ylivainio: Raskasmetallit ja gammasäteilijät suomalaisissa viljelymaissa 113

Hannamaria Potila, Tytti Sarjala, Karoliina Niemi, Sari Kontunen-Soppela, Elina Vapaavuori and Hely Häggman: Preliminary Results on the Effects of Transgenic *RbcS* Silver Birch (*Betula pendula* Roth) lines on Soil Attributes: Nitrogen Mineralization, Nitrogen in Microbial Biomass and Dissolved Nitrogen 115

IV MAAPERÄTIETEIDEN PÄIVIEN OHJELMA

Aika:	22-23.11.2006
Paikka:	Infokeskus Korona, Viikki, Helsinki Esitelmät salissa 1 (1. kerros), posterit huoneissa 415 ja 416 (4. kerros), kahvit ja puffetti salin 1 edessä (1. kerros).
Järjestäjät:	Suomen Maaperätieteiden Seura, Helsingin yliopisto/ Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos
Teema:	**Miten maamme makaa - Suomen maaperä ja sen tila**

KESKIVIIKKO 22.11.2006

9.00	Rekisteröityminen
9.30	Avaus ja tervetuliaissanat - Suomen Maaperätieteiden Seuran puheenjohtaja *Martti Esala* (MTT)
10.50	Jääkauden jäljet Suomessa, *Keijo Nenonen* (GTK)
10.20	Soistuminen ja turvekerrostumien muodostuminen, *Kimmo Virtanen* (GTK)
10.50	Kahvitauko
11.10	Asutuksen, viljelyn ja maaperän välinen dynamiikka esiteollisen ajan Suomessa, *Eljas Orrman* (Kansallisarkisto)
11.50	Lounastauko
12.45	Posterisessio (huoneet 415 ja 416, Infokeskus Korona, 4. krs.)

Sessio I: Maaperä luonnonvarana - puheenjohtaja *Michael Starr* (Helsingin yliopisto)

13.30	Kolin lehtojen maaperä, *Hannu Mannerkoski* (Joensuun yliopisto)
13.55	Peltomaan biologisen toiminnan ylläpito – maanparannusaineilla vai viljelykierrolla?, *Sanna Kukkonen* (MTT)
14.20	Kahvitauko
14.50	Arbuskelimykorritsan hyödyntäminen kasvinviljelyssä – menestystarina vai ei?, *Mauritz Vestberg* (MTT)
15.15	Voivatko kantasienet katalysoida aminohappotypen mineralisaatiota ammoniumiksi?, *Jaro Nuutinen* (Helsingin yliopisto)
15.40	Jäkäläkerroksesta huuhtoutuvien jäkälähappojen merkitys maaperän mikrobeille *Minna-Maarit Kytöviita* (Oulun yliopisto)
15.55	Keskustelu
16.30	Puffetti

TORSTAI 23.11.2006

9.00 Future Prospects for Soil Science, *Stephen Northcliff* (IUSS)

Sessio II: Maaperä ja ympäristönkuormitus - puheenjohtaja *Leena Finér* (METLA)

9.45 Onko ihmistoiminta vaikuttanut metsämaan hajottajaeläimiin Suomessa?, *Jari Haimi* (Jyväskylän yliopisto)
10.10 Hakkuut ja vesiensuojelu: Mitä maksaa typpikuormituksen vähentäminen suojavyöhykkeitä käyttäen?, *Ari Laurén* (METLA)

10.35 Kahvitauko

10.50 Metsämaan CO_2-vuon ajallinen vaihtelu ja sitä säätelevät ympäristötekijät, *Sini Niinistö* (Joensuun yliopisto)
11.15 Lisääkö maanmuokkaus ravinteiden huuhtoutumista avohakkuualalta?, *Sirpa Piirainen* (METLA)
11.40 Vaikuttaako maan jäätyminen torjunta-aineiden kulkeutumiseen?, *Katri Siimes* (SYKE)

12.05 Keskustelu

12.15 Lounastauko ja posterit

Sessio III: Maaperän tila ja sen seuranta - puheenjohtaja Janna Pietikäinen (Helsingin yliopisto)

13.15 Strategia maaperän suojelemiseksi Euroopan Unionissa, *Teija Haavisto* (SYKE)
13.40 Peltomaan laadun mittaaminen tiloilla, *Merja Myllys* (MTT)
14.05 Typen huuhtouma ja laskeuma *Forest Focus / ICP* metsien intensiiviseurannan aloilla, *Kaisa Mustajärvi* (METLA)
14.30 Puutteellisesti tunnettujen maaperäeläinten esiintyminen ja levinneisyys, *Anne Siira-Pietikäinen* (METLA)
14.55 LUMOliero – peruskartoitus lierojen esiintymisestä suomalaisissa peltomaissa, *Visa Nuutinen* (MTT)

15.20 Loppukeskustelu ja -päätelmät

15.30 Hyvää kotimatkaa!

Tervetuloa neljänsille Maaperätieteiden päiville

Maaperä on keskeinen luonnonvara, jota ilman nykyinen ainutlaatuinen ja monimuotoinen elämä ei maapallolla olisi mahdollista. Se tarjoaa tavalla tai toisella kasvupohjan ja ravinnon suurimmalle osalle maapallon eliöstöä. Se säätelee osaltaan ilmakehän koostumusta ja vesistöjen tilaa. Se on myös raaka-ainelähde ja tarjoaa perustan ihmisen tekemille rakenteille.

Maaperä on nykyiseen visuaalisuuteen perustuvaan ihmisten maailmankuvaan usein liian näkymätön ja siksi unohdettu eikä kovin mediaseksikäs kohde. Silti maaperä on äärimmäisen tärkeä kaiken perustana. Se ei valita, se on hiljainen, salainenkin maailma. Sen merkitys paljastuu usein vasta silloin, kun asiat alkavat olla huonosti ja korjaavat toimenpiteet ovat kalliita tai jopa liian myöhässä. Meillä tutkijoilla on tavattoman tärkeä tehtävä pureutua maaperän salattuun maailmaan, tuoda sen merkitys, tila ja uhat ihmiskunnan nähtäville.

Maaperä on myös historiankirja ja historiallisen tiedon säilyttäjä. Maamme geologinen historia on muovannut maisemaamme ja toimintaamme tavalla, jota emme riittävästi tiedosta. Siksi päivien avausesitelmissä tarkastellaan kahden vaikuttajan, jääkausien ja soistumisen jälkiä maassamme. Niiden jälkeen kuulemme, miten maaperä vaikutti meidän suomalaisten asettumiseen asuinsijoillemme. Toivottavasti nämä katsaukset auttavat meitä ymmärtämään paremmin maaperämme erityispiirteitä.

EU haluaa nostaa maaperän asemaa ilmansuojelun ja vesistöjen rinnalle. Siitä syystä EU:n komissio antoi syyskuussa esityksen teemakohtaiseksi maaperänsuojelustrategiaksi. Esitys sisältää direktiiviehdotuksen. Esityksessä on tunnistettu kahdeksan maaperän uhkaa. Tutkimuksen seitsemännessä puiteohjelmassa on tähän liittyvät painoalat. Myös ilmastonmuutos koskee monella tavalla maaperää. Nämä näkymät tulevat antamaan meille tutkijoille työtä ja rahoitusmahdollisuuksia lähivuosina.

Kansainvälinen tiedeyhteisö haluaa nostaa maaperän merkityksen paremmin julkisuuteen. Siitä syystä useat yhteisöt, myös meidän kansainvälinen kattojärjestömme IUSS, ovat yhtyneet alun perin Kansainvälisen Geologian Seurojen Liiton (IUGS) tekemään aloitteeseen kansainvälisen maaperän vuoden (International Year of the Planet Earth) järjestämisestä vuonna 2008.

Suomen Maaperätieteiden Seuralla on meneillään 35. toimintavuosi. Jäseniä meillä on lähes 230, mikä on kansainvälisesti katsoen väestöosuuteemme suhteutettuna erittäin korkea lukema. Nämä päivät ovat seuramme tärkein aktiviteetti. Muussa toiminnassa olemme keskittyneet erityisesti alan tunnetuksi tekemiseen yhteiskunnassa, mm. kouluissa. Tämä aktiviteettimme sopii hyvin yhteen vuonna 2008 toteutettavan maaperän teemavuoden kanssa.

Päivien järjestäjinä toimivat perinteisesti Suomen Maaperätieteiden Seura ry. ja Helsingin yliopiston Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos. Järjestelytoimikuntana on toiminut seuran hallitus ja sessioiden ohjelman on koostanut erikseen nimetyt sessiotyöryhmät. Päivien esitelmien tiivistelmät on julkaistu tässä julkaisussa. Päivien tarkoitus on koota alan tutkijat ja muut kiinnostuneet tarkastelemaan uusimpia tutkimustuloksia. Toivottavasti noin 60 suullista esitystä ja posteria luovat edustavan läpileikkauksen uusimpiin tuloksiin.

Olkaa kaikki tervetulleita neljänsille Maaperätieteiden päiville oppimaan uutta ja viihtymään.

Martti Esala
Suomen Maaperätieteiden Seura ry:n puheenjohtaja

Jääkauden jäljet Suomessa

Keijo Nenonen

Geologian tutkimuskeskus (GTK)

keijo.nenonen@gtk.fi, http://www.gtk.fi/aineistot/mp-opas/

Suomen maankamara koostuu ikivanhasta peruskalliosta eli kallioperästä ja sitä peittävistä irtaimista maalajeista eli maaperästä. Maapeite ei ole yhtenäinen, vaan kallioperä on paikoin paljastuneena. Maapeitteen paksuus voi olla paikoin yli 100 m, mutta keskipaksuus on vain 8,5 m, ja kallioperä on yleensä alle kaivinkonesyvyydessä < 4 m.

Kallioperämme on maapallon vanhimmilta kausilta, prekambri-ordovikikausilta ja iältään 3000-500 miljoonaa vuotta. Maaperämme on taas pääosin syntynyt nuorimman kauden, kvartäärikauden, viimeisen sadan tuhannen vuoden aikana. Kvartäärikausi, yleiskielessä jääkausiaika alkoi noin 2,5 miljoona vuotta sitten ja jakautuu sarjaan nopeita ilmastonvaihteluita, jäätiköitymisiä ja niiden viileitä tai lämpimiä välivaiheita –intestadiaaleja ja interglasiaaleja. Viimeisin jääkausi, jota kutsutaan Veiksel-jääkaudeksi, alkoi 117 000 vuotta sitten (katso kuva). Varhais-Veikselin jäätiköityminen ulottui Suomessa Lappiin. Tämän jälkeen ilmasto vaihteli, kunnes noin 74 000 vuotta sitten alkoi Keski-Veikselin jäätiköityminen, jonka peitossa eteläinen Suomi oli 65 000 - 55 000 vuotta sitten. Myöhemmin Keski-Veikselin aikana suurin osa eteläisintäkin Suomea oli jäätön. Koko Suomi peittyi mannerjäätikön alle noin 30 000 - 25 000 vuotta sitten. Laajimmillaan Veiksel-vaiheen lopussa noin 20 000 vuotta sitten jäätikkö ulottui Berliinin eteläpuolelle ja idässä Pietarin ja Moskovan puoliväliin. Veikselin kylmimmän vaiheen lämpeneminen ja jäätikön perääntyminen alkoi noin 17 000 vuotta sitten ja noin 15 000 vuotta sitten sulaminen ja perääntyminen oli erityisen nopeaa. Jääkausi näytti päättyneen noin 12 700 vuotta sitten, kun tapahtui äkillinen käänne. Jääkautinen kylmyys palasi ja jäätikön perääntyminen pysähtyi ja jäätiköt jopa udelleen etenivät. Tämä vaihe oli nimeltään Nuorempi Dryas krooni ja se päättyi noin 11 500 vuotta sitten. Tällöin katsotaan jääkauden päättyneen. Tämän kylmän vaiheen aikana syntyivät I ja II Salpausselkä. Tämän jälkeen mannerjäätikön sulaminen ja jään reunan perääntyminen jatkui. Jäätikkö hävisi maastamme noin 10 000 vuotta sitten.

Suomen maaperä on näin pääosin syntynyt viimeisimmän jääkauden aikana ja sen jälkeen. Paikoin tavataan viimeistä jääkautta vanhempia jääkautisia sekä interglasiaalisia ja -stadiaalisia kerrostumia. Niitä tutkimalla on saatu tarkentuva kuva maamme kvartäärikautisesta kehityksestä.

Mannerjäätikön toiminnan tuloksena, pääosin sen reunaosan alla, syntyi moreenia. Se on maamme yleisin maalaji, jota esiintyy kallioperää myötäilevänä peitteenä ja erilaisina moreenimuodostumina. Mannerjäätikön sulaessa valtavat vesivirrat eli jäätikköjoet koversivat erilaisia uomia. Ne myös kerrostivat lajittelemaansa soraa ja hiekkaa jäätikön alle harjuiksi (esim. Punkaharju) ja sen eteen suistoiksi eli deltoiksi (Salpausselät ovat sarja vierekkäisiä reunadeltoja).

Mannerjäätikön painon vaikutuksesta maankuori painui alaspäin ja jäätikön peräännyttyä se on palautumassa aikaisempaan asemaansa aiheuttaen rannan siirtymistä meri- ja järvialueilla. Lähes koko Suomen eteläosa Peräpohjolaa myöten on ollut aikanaan Itämeren eri vesivaiheiden peitossa. Maankohoaminen oli aluksi nopeaa ja jatkuu yhä. Suurimmillaan maankohoaminen on Merenkurkussa, lähes metri ja pienimmillään Kaakkois-Suomessa, alle 20 senttimetriä sadassa vuodessa. Nykyään ne ovat kohonneet jopa yli 200 metriä nykyisen merenpinnan yläpuolelle. Merenkurkussa Ruotsin Korkealla rannikolla sijaitsee maailman

korkein jääkautinen maankohoamisranta ranta 294 metrin korkeudella. Tämän ns. ylimmän rannan alapuolelle kerrostui savea ja hiesua. Maankohoamisen vuoksi kohoumien rinteillä ylimmän rannan tasolla ja sen alapuolella esiintyy kohoumien rinteillä kivisiä ja soraisia muinaisrantoja ja hiekkaisia rantakerrostumia sekä rantavalleja.

Vedestä nousseella maalla joet kuluttivat ja kerrostivat hiekkaa ja hietaa jokivarsiin. Sulavalta mannerjäätiköltä puhaltavat voimakkaat laskutuulet kuljettivat ja kerrosti hiekkaa lentohiekkakinoksiksi eli dyyneiksi, joita esiintyy yleisesti jäätikköjoki- ja rantakerrostumilla. Alavilla veden vaivaamilla mailla alkoi soistuminen ja turpeen muodostuminen pian alueen vapauduttua jään tai veden peitosta. Kallioilla alkoi hidas kemiallinen ja fysikaalinen rapautuminen, joka jatkuu edelleen. Sen tuloksena ovat syntyneet mm. tuntureiden rinteitä ja lakia peittävät rakat. Kalliopaljastumisen syöpyminen muutamien senttien syvyydeltä ja kallion kestävämpien rakenteiden korostuminen ovat seurausta kemiallisesta ja biologisesta rapautumisesta. Näin kallioperää peittävä maakerros vähitellen saavutti nykyiset piirteensä, joita tällä hetkellä ihminen muokkaa voimakkaasti luonnonvoimien ohella.

Maaperään kuuluu kaikki kallioperää maalla ja vesistöjen pohjalla peittävä irtomaakerros, jonka pääosa koostuu murskautuneesta ja hienontuneesta kiviaineksesta eli kivennäismaalajeista. Niitä ovat mm. moreeni, sora, hiekka ja savi. Maaperään kuuluvat lisäksi eloperäisestä aineksesta syntyvät turve ja lieju sekä maaperässä oleva vesi. Maaperä on syntynyt geologisten prosessien - rapautumisen sekä mannerjäätikön, virtaavan veden ja tuulen toiminnan - tuloksena. Nykyisessä maaperässä on sekä ennen kvartäärikautta kallioperästä rapautuneita aineksia että moneen kertaan uudelleen kerrostuneita kvartäärikauden kerrostumia. Kaikkialla maaperän alla on kiinteä kallioperä, "peruskallio" tai "kova pohja".

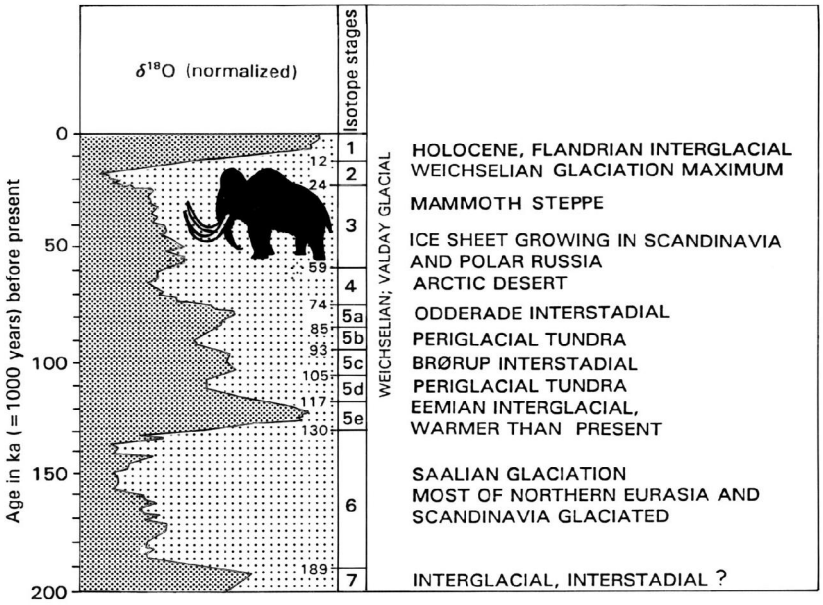
Maamme yleisin maalaji, moreeni, on sekalajitteista kivimurskaa, jossa esiintyy kaikkia raekokoja savesta lohkareisiin. Se on syntynyt jäätikön kallioperästä irrottamasta, murskaamasta ja hiomasta kiviaineksesta. Siihen on sekoittunut myös kallioperän rapautumistuotteita ja jääkautta edeltävän maaperän aineksia. Moreeni sisältää vanhaa rapaumaa runsaimmin Keski-Lapissa eli samalla alueella, missä rapakalliotakin on säilynyt moreenin alla yleisimmin.

Vanhasta maaperästä peräisin olevien lajittuneen aineksen laattojen ja linssien lisäksi moreeni voi sisältää myös lajittunutta ainesta, joka on sekoittunut moreeniin kulkeutumis- ja kerrostumisolosuhteissa. Rapautumattoman, tuoreen kiviaineksen runsaus viittaa kuitenkin siihen, että varhaisempien jääkausien virtaukset kuluttivat huomattavan osan vanhasta rapaumasta, joten viimeisen jääkauden aikana kulutus pääsi kohdistumaan rapautumattomaan kallioon. Moreenin alkuperäinen muuttumaton väri (harmaan eri vivahteet) vastaa Suomen kallioperän mineraaleista niiden esiintymissuhteessa jauhetun seoksen väriä. Moreenin peitossa on yli 50% maapinta-alastamme. Lisäksi sitä on pohjamaana savikoiden ja soiden alla.

Haavisto-Hyvärinen, M., Kutvonen, H. 2005: Maaperäkartan käyttöopas Geologian tutkimuskeskus, Espoo 2005 Verkkojulkaisu ISBN 951-690-924-8 © GTK

Koivisto M. 2004: Jääkaudet ed. WSOY Porvoo 233 s.

Kuva: Jääkausiajan loppuvaiheen alajaotus ja keskeisimmät tapahtumat viimeisen 200 000 vuoden ajalta.



Soistuminen ja turvekerrostumien muodostuminen

Paludification, Terrestrialisation, Primary Mire Formation and Peat Deposition

Kimmo Virtanen

Geologian tutkimuskeskus, PL 1237, 70200 Kuopio. Kimmo.Virtanen@gtk.fi

Suomen suorunsauden edellytyksenä on ollut soistumiselle sopiva humidi ilmasto, jossa haihdunta on pienempi kuin sadanta. Ilmaston ohella merkittävä tekijä on ollut maan tasaisuus. Soita on eniten tasaisilla vedenjakaja-alueilla. Soistumiseen ei vaikuta pelkästään ilmasto ja topografia. Maankohoamisalueilla maanpinnan kallistuminen vaikuttaa suoaltaiden hydrologiaan ja soistumiseen. Usein myös sattumalla on vaikutusta suon syntymiseen: Purouoma saattaa tukkeutua ja paikallinen tulviminen voi aloittaa soistumisen. Myös majavien patotöillä on todettu olleen merkittävä vaikutus muinoin soiden leviämiseen.

Mannerjäätikön häviämisen jälkeen kasvillisuus vähitellen levisi pohjoiseen. Ruohovartiset kasvit olivat pioneerilajeja. Jäätikön reunan edessä oli satoja kilometrejä leveä tundra-aro, jonka kasvillisuus oli ruohovartisia kasveja. Jäätikön jälkeensä jättämä moreeni oli kasveille huomattavasti ravinteisempi kasvualusta, kuin myöhempien aikojen humuksen peittämä, vettynyt maaperä. Ensimmäiset suot alkoivat syntyä heti mannerjään sulettua ja sitä seurannen vesivaiheen alta paljastuneen kivennäismaa jouduttua suokasvillisuuden valtaan. Soistumiselle altista maata vapautui holoseenikauden alussa valtavia aloja lyhyessä ajassa, sillä jäätikön peräytyminen oli nopeaa ja lisäksi maankohoaminen oli jopa 10 kertaa nykyistä nopeampaa. Soistuminen alkoi maaston painanteista ja vesien vaivaamilta mailta. Varsinainen soistuminen kiihtyi, kun rahka- ja ruskosammalet sekä sarakasvillisuus pääsivät vallalle. Kuolleet kasvinjäänteet alkoivat kerrostua kostealle hapettomalle alustalle ja maatuivat muodostaen turvetta ja aikaa myöten turvekerrostumia. Suomessa yleisin soistumistapa jäätikön häviämistä seuranneena aikana oli mineraalimaan primäärinen soistuminen. Vanhimmat näin syntyneet turvekerrostumat ovat yli 10 000 vuoden takaa. Vanhin ajoitettu suo Suomessa on Kuhmossa, jossa soistuminen on alkanut 10 770 vuotta sitten. Tammelan Torronsuon ikä on 10 530 vuotta. Lapissakin soistuminen on alkanut lähes 10 000 vuotta sitten.

Metsien levittyä Suomeen yleisin soistumistapahtuma on ollut metsämaan soistuminen. Se tapahtuu kolmella tavalla: ensinnäkin pohjavedenpinnan kohottua notkelmat vettyivät, toiseksi turpeen korkeuskasvun seurauksena soiden vedet valuivat maastokynnysten yli uusille alueille ja kolmanneksi suot levittäytyivät sivuilleen. Metsämaan soistuminen alkoi, kun vettyville alueille ilmestyy vähitellen suokasveja, varsinkin rahkasammalia, jotka pitivät maaperän kosteana ja olivat siten tehokas soistumisen edistäjä. Sammalten kasvaessa muodostui turvetta ja turpeen muodostuminen soistutti metsää ja tukahdutti vähitellen puiden kasvun.

Ilmaston kosteuden muutokset vaikuttivat suuresti soistumiseen. Suomessa ilmasto oli varhaisholoseenikaudella lämmin ja kuiva ja soistuminen oli tällöin vähäistä. Soistuminen kiihtyi kostean lämpökauden alettua. Silloin soistumista tapahtui etenkin metsämaan soistumisena, mutta myös vesien umpeenkasvuna. Pohjois-Suomessa oli melko kuivaa varhais- ja keskiholoseenin aikana 8900 - 4500 vuotta sitten ja tällöin vesistöjen vedenpinnat laskivat ja matalat vesistöt kasvoivat Lapissa umpeen.

Vesistöjen umpeenkasvu voi tapahtua matalissa ja pienialaisissa vesistöissä pinnanmyötäisesti tai pohjanmyötäisesti. Niukkaravinteiset vesistöt soistuvat pinnanmyötäisesti ja ravinteiset pohjanmyötäisesti. Pinnanmyötäisessä kasvussa rahkasammalkerros leviää veden pinnalle kelluvana lauttana ja lopulta koko vesistö umpeutuu pinnalta. Jatkuvan turpeenmuodostuksen

seurauksena myös vesitila pohjan ja kasvilautan välillä täyttyy turpeesta. Pohjanmyötäisessä umpeenkasvussa vesistö kasvaa umpeen altaassa kasvavan limnisen ranta- ja vesikasvillisuuden johdosta. Geologian tutkimuskeskuksen tutkimista soista vesien umpeenkasvun seurauksena Lapissa ja Pohjois-Pohjanmaalla on syntynyt 13 %, Etelä-Suomen maakunnissa lähes 50 %.

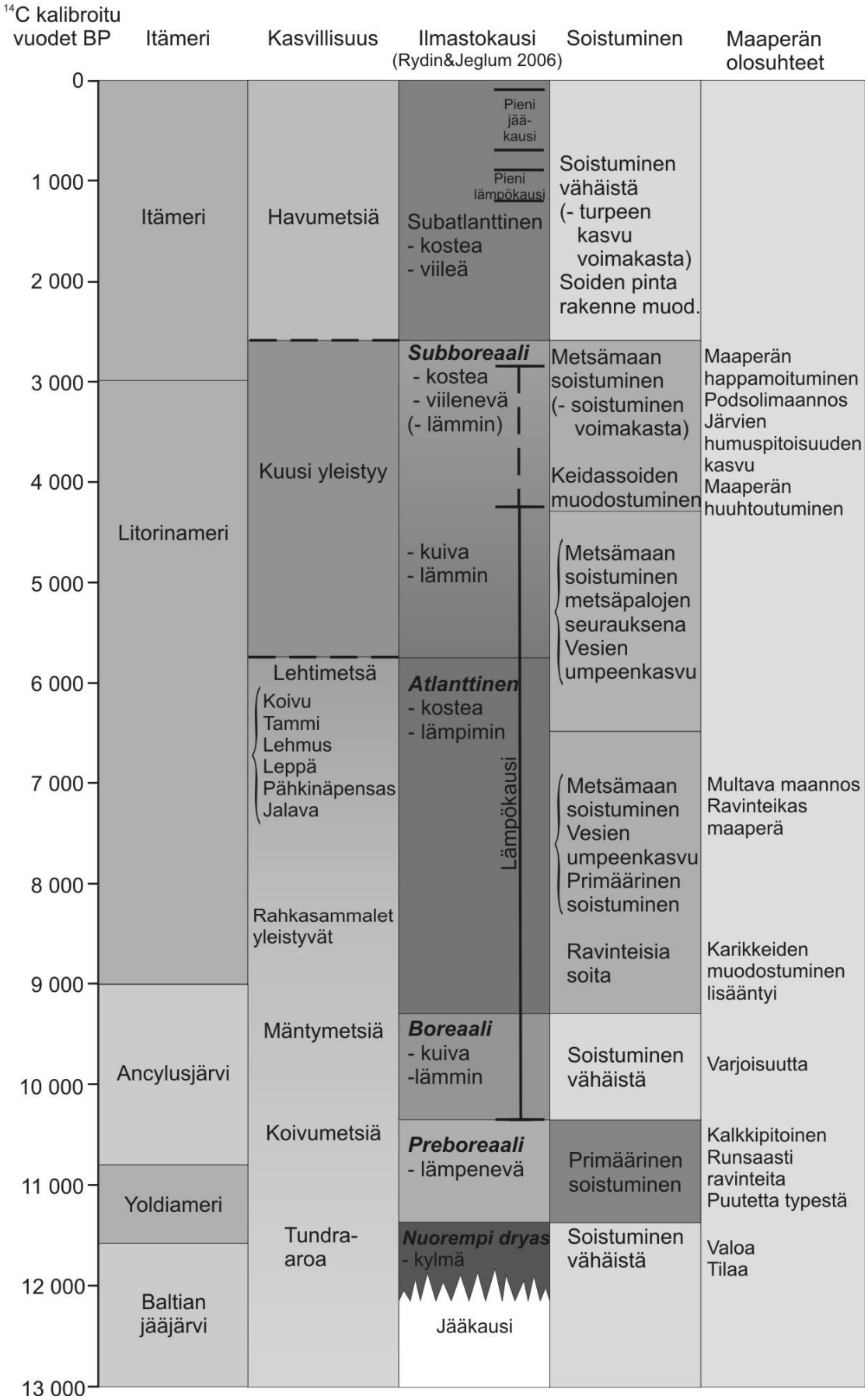
Lämpökauden lopulla ilmasto kuivui ja vesistöjen vedenpinnat laskivat kiihdyttäen vesistöjen umpeenkasvua. Myös pohjavedet olivat alhaalla. Metsämaan soistuminen oli tällöin muuten vähäistä, mutta alhaisella tasolla ollut pohjavesi suosi metsäpalojen leviämistä kuivissa metsäpohjissa. Lämpökauden lopulle onkin tyypillistä metsäpalojen jälkeen alkaneet metsämaan soistumat. Kasvillisuuden tuhoutuessa myös kasvien haihdutus loppui. Sen seurauksena metsäpaloalueen pohjaveden taso kohosi uudelleen ja alueella alkoi rahkasammalten kasvu ja alueen soistuminen.

Noin 5000 vuotta sitten alkoi ilmaston viileneminen. Sen seurauksena haihdunta pieneni, pohjaveden taso nousi ja maaperän happamoituminen lisääntyi. Metsämaan soistuminen kiihtyi uudelleen ja varsinkin pohjoisessa suot levisivät uusille metsä- ja tundra-alueille. Ilmaston muuttuminen kosteammaksi vaikutti kuusimetsien yleistymiseen noin 3000 – 5000 vuotta sitten. Soistuminen lisääntyi, maaperä happamoitui ja turpeen paksuuskasvu kiihtyi. Lapissa pohjavesipinta nousi huomattavasti 4000 - 2000 vuotta sitten ja vedenpinnan nousu jatkui vähitellen nykyiselle tasolleen. Ilmaston viilenemisen ja pohjavedenpinnan nousun seurauksena Pohjois-Lapissa yleistyivät periglasiaaliset ilmiöt ja pohjoisimmassa Lapissa palsasuot alkoivat kehittyä. Vanhimmat palsat syntyivät noin 4000 vuotta sitten.

Tulvamaiden soistumia tavataan yleisesti Lapin suurten jokien varsilla, missä tulvasoistumat peittävät suuria aloja. Tulvamaiden soistumista tapahtuu, kun jokitörmät patoavat tulvaveden jokitörmien takaisille alueille ja tulvamaat vettyvät ja soistuvat. Geologisesti tulvamaiden soistumat ovat nuoria soistumia ja turvekerrostumina ne ovat ohutturpeisia.

Uusia soita syntyy nykyisinkin metsämaan soistumina, vesistöjen umpeenkasvun seurauksena ja primäärisoistumina maankohoamisrannikoilla. On arveltu metsämaan soistumisen olevan nykyisin vähäistä, sillä lähes kaikki pinnanmuodoiltaan sopivat altaat ovat jo ehtineet soistua. Vesistöjen umpeenkasvua tapahtuu vesistöjen rehevöitymisen seurauksena. Primäärisoistumat maankohoamisrannikoilla ovat metsälain perusteella avainbiotooppeina suojeltuja.

SOISTUMISEN HISTORIA SUOMESSA



Asutuksen, viljelyn ja maaperän välinen dynamiikka esiteollisen ajan Suomessa

The dynamics between settlement, crop raising and the soils in pre-industrial Finland

Eljas Orrman

Kansallisarkisto, PL 258, 00171 Helsinki, eljas.orrman@narc.fi

Maanviljelyn harjoittamisen kannalta keskeisiä tekijöitä ovat ilmasto-olosuhteet sekä maaperä. Suomalaisessa viljanviljelyssä pitkässä aikaperspektiivissä tapahtuneiden muutosten katsoo meteorologi, fil. tri Reijo Solantie johtuvan lähes yksinomaan ilmasto-olosuhteista ja niissä vuosisatojen kuluessa tapahtuneista muutoksista [1]. Tämän kirjoittaja on sen sijaan painottanut maaperän, erityisesti muokkauskerroksen koostumuksen merkitystä viljanviljelyä säätelevänä tekijänä esi-industrialistisena aikana. Tällöin lähtökohtana on ollut, että vaikka ilmastotekijöiden merkitystä ei olekaan syytä eliminoida viljelyedellytyksiä käsiteltäessä, ei ankara ilmasto ole ollut esteenä viljanviljelylle Etelä- ja Keski-Suomessa [2].

Viljankasvattajan suhde hänen käytettävissään olevien maaresurssien hyödyntämiseen on komplisoitu. Voitaneen katsoa, että viljelijä pyrkii tietoisesti tai intuitiivisesti optimaaliseen hyötyyn viljelytoiminnassaan ottaen huomioon viljelytoimintaan sijoittamansa panokset sekä näistä panoksista saatava hyöty sekä sadon varmuus pitemmällä aikavälillä.

Esi-industrialistisena aikana, jolloin muokkausvälineet olivat nykyisiin välineisiin verrattuna heikkorakenteisia ja niiltä yleisesti puuttui kyky kääntää maata, oli maan helppo tai vaikea muokattavuus ratkaiseva tekijä erilaisten maalajien hyödyntämisessä peltoviljelyssä. Ravinnerikkaat ja viljavat maat kuten lustosavet jäivät pitkiksikin ajoiksi viljelyn ulkopuolelle niiden työlään muokattavuuden vuoksi. Vasta tehokkaampien muokkausvälineiden tulo käyttöön mahdollisti viljelyn ulottamisen raskaammille maille. Tämä kehitys näyttää tapahtuneen asteittain sitä mukaan kuin muokkausvälineet tehostuivat. Sama dynamiikka toimii myös kaskiviljelyssä saaden metsän polttoviljelyssä kuitenkin toisenlaiset muodot.

Ruotsalainen agraarihistorioitsija Janken Myrdal operoi käsitteellä agraariteknologinen kompleksi. Tällä hän tarkoittaa sitä, että yhteisön piirissä käytetyn maanviljeslytekniikan kokonaisuus koostuu monista eri elementeistä. Agraariteknologinen kompleksi sisältää muokkausvälineet ja niihin liittyvät vetotekniikat, sadonkorjuuvälineet, viljelykierron, sadon käsittelyn. Myrdal kiinnittää huomiota siihen, että tällainen agraariteknologinen kompleksi kypsäksi kehittyneenä näyttää pyrkivän hylkimään innovaatiota, jotka eivät luontevasti sovi kokonaisuuteen; siten saattaa käydä niin, että tehokkaampaa auratyyppiä ei välttämättä oteta käyttöön, koska se jostain syystä ei luontevasti sovellu kokonaisuuteen (tämä edellyttäisi esim. muutoksia joissakin muissa elementeissä, joihin ei vielä olla kypsiä) [3].

Kun edellä esitettyä taustaa vastaan tarkastelee maamme maanviljelijäväestön maantieteellistä levinneisyyttä rautakauden lopulla ja keskiajalla, havaitaan selviä invariantteja piirteitä väestön käytössä olleiden agraariteknologisten kompleksien levinneisyyden ja muokkauskerroksen hienojakoisten maalajien esiintymisen välillä. Esihistoriallisen ajan lopulla peltoviljelykseen perustuva asutus Varsinais-Suomessa rajoittui hyvin selvästi Littorinameren ylimmän rantaviivan alapuolelle ja sijoittui tällä vyöhykkeellä rannikolle ja jokilaaksoihin littorinsavien esiintymisalueiden piiriin; sen sijaan rautakautista asutusta ei siellä näytä juurikaan esiintyneen ylemmillä korkeustasoilla, joissa hienojakoiset maalajit myös muokkauskerroksessa ovat yleisesti jäykkiä lustosavia. Ylä-Satakunnan ja Hämeen rautakautinen peltoviljelyä harjoittanut väestö keskittyi vesistöjen äärelle sinne, missä hienojakoiset hieta- ja hiesusavet dominoivat muokkauskerroksessa. Päijänteen ympäristön

rautakautinen asutus puolestaan sijoittui jääkauden jälkeisen transgression aikana muodostuneiden savikerrosten peittämiin paikkoihin.

Vasta keskiajalla, 1200-luvulta lähtien, asutus läntisellä peltoviljelyn alueella levittäytyi sinne, missä jäykät glasiaaliset lustosavet ovat yleisiä muokkauskerroksessa. Näin tapahtui Varsinais-Suomessa 1200-luvulta lähtien. Myös Ala-Satakunnassa ja Lounais-Hämeessä asutus levisi vasta 1200-1300-luvulta lähtien tällaisille alueille, mm. Loimijoen laakson yläosiin, joissa jäykät savet ovat vallitsevia. Uudellamaalle 1100-1200-luvulla saapunut ruotsalainen väestö asettui pääsääntöisesti Littorinameren ylimmän rannan alapuolisille alueille. Tämän maakunnan sisäosien asuttaminen sen sijaan tapahtui eri puolilta tulleiden suomalaisten toimesta, pääasiassa ilmeisesti vasta 1200-luvulta lähtien; maakunnan länsi- ja luoteisosan suomalaisasutus oli sen sijaan jossain määrin vanhempaa. Uudenmaan rannikolla on kuitenkin ollut hajanaista suomalaisasutusta jo ruotsalaisten saapuessa alueelle.

Mistä tällainen asutuskehitys läntisellä peltoviljelyalueella johtui? On todennäköistä, että kehittyneemmät kyntövälineet mahdollistivat jäykkien savien ottamisen viljelyyn Varsinais-Suomessa ja Satakunnassa. Kaariaurojen rautavantaat suurenivat Ruotsissa ja ilmeisesti myös Suomessa viikinkiajalta 1200-luvulle n. 5 cm:stä 20 cm:iin, jopa suuremmiksikin, mikä lisäsi tehoa. Tehokkaampia olivat myös peltohankoaura ja kehäkaura. Edellinen tuli käyttöön 1200-luvulta ja jälkimmäinen 1400-luvulta lähtien. Suomalaisasutuksen Uudenmaan sisäosissa mahdollisti ilmeisesti suuressa määrin kaskiviljely tavallisen kasken muodossa.

Tarkasteltaessa läntisen peltoviljelystekniikan suhdetta maalajien karkeuteen näyttäisi siltä, että esihistoriallisen aikana ja varhaiskeskiajalla asutus on levittäytynyt hieta-hiesumaaperältä hienompijakoiselle maaperälle, mutta myöhäiskeksiajalla ja uudella ajalla uudisasutus sen sijaan levisi rautakauden viljelymaita karkeammille maalajeille, mistä on esimerkkejä sekä Ruotsista että Suomesta [4].

Itä-Suomessa. Päijänteen itäpuolella maatalousteknologisten kompleksien suhde muokkauskerroksen maalajeihin on ollut jossakin määrin toisenlainen. Vanhinta asustuskerrosta edustaa länsisuomalaisperäinen asutus, joka perustui peltoviljelyyn ja tavalliseen kaskeen sijoittuen pelkästään paikkoihin, joissa esiintyi savea ja hiesua pintakerroksessa. 1100-luvulta lähtien tapahtuu muutos. Siitepölytutkimusten perusteella rukiin viljely yleistyi ja levisi karummille moreenimaille, kun valtaviljalajina aikaisemmin oli ollut ohra. Muutos johtui karjalaisperäisen väestön levittäytymisestä Etelä-Savoon, ja tämän ekspansion edellytyksenä on ollut itäinen kaskitekniikka, huuhtamenetelmä, joka mahdollisti viljanviljelyn moreenimaiden havumetsissä, myös järeissä kuusikoissa.

Edellä olevassa tarkastelu osoittaa, kuinka keskeisiä tekijöitä asutuksen maantieteelliselle leviämiselle esi-industrialistisena aikana olivat sen maatalousteknologia ja tämän teknologian tarjoamat mahdollisuudet erilaisten maalajien hyödyntämiseen viljanviljelyssä sekä erilaisten maalajien esiintyminen maamme eri osissa.

[1] Solantie, R. 1981. Ilmaston, maankäytön ja väestön kolmiyhteys Suomessa vanhan maatalouden aikana, Ilmatieteen laitos. Meteorologisia julkaisuja 35.
[2] Orrman, E. 1991. Geographical factors in the spread of permanent settlement in parts of Finland and Sweden from the Iron age to the beginning of modern times. Fennoscandia archaeologica 8; Orrman, E. 1987. Om geologiska faktorers inverkan på bebyggelsen i södra Finland mot slutet av järnåldern och under tidig medeltid, Historisk Tidskrift för Finland 72. - Vanhan maatalouden perusesitys: Soininen, A. M. 1974. Vanha maataloutemme. Maatalous ja maatalousväestö Suomessa perinnäisen maatalouden loppukaudella 1700-luvulta 1870-luvulle. Historiallisia Tutkimuksia 96.
[3] Myrdal, J. ja Söderberg, J. 1991. Kontinuitetens dynamik: agrar ekonomi i 1500-talets Sverige. Stockhom Studies in Economic History 15, 417-426.
[4] Sporrong, U. 1985. Mälarbygd. Agrar bebyggelse och odling ur ett historisk-geografiskt perspektiv. Kulturgeografiska institutionen, Stockholms universitet, Meddelanden 61, 33-37; Tvauri, A. 1993. On the location of fields and villages in the parish of Tuulos, Southern Finland. Fennoscandia Archaeologica 10.

Future Prospects for Soil Science

Stephen Nortcliff

Secretary General
International Union of Soil Sciences

Department of Soil Science, University of Reading, Reading, RG6 6DW United Kingdom

The new millennium has seen a change in the position of Soil Science on national and international agendas. Soil Science has shifted from one of the often forgotten subjects, sometimes referred to as a 'Cinderella' subject to a position where it is increasingly recognised as being important in informing many key decisions on sustainable management of the earth and its resources. In the fairy tale Cinderella is not taken to the ball because she does not make the right impression or because it is perceived she will 'not fit in'. In the second half of the twentieth Century Soil Science similarly often seemed to be 'left at home' and was not invited to the party on many key areas particularly on global issues. In the fairy tale a 'fairy grandmother' appears to Cinderella and by magic she is transformed in to a beautifully dressed young lady with all the accoutrements of a princess. Unfortunately in this story there is a time limit for this magic, and at the stroke of twelve the fine clothes and accoutrements disappear. Just like Cinderella after not being invited to the ball for many years as we have entered the new millennium Soil Science has been identified as an essential player in many environmental and broader scientific agendas. Having been invited to the ball let us hope that there is not the same time limit on our participation. To ensure that the involvement of soil scientists continues we cannot rely upon magic, but rather as soil scientists we must be prepared to show that this newly found recognition of the importance of soils in the environment is fully justified and indeed that that in many systems soils often play at a key role at the interface of many of the other environmental components. Similarly we must show that knowledge of soil properties and soil processes provides the basis for the understanding of many of our environmental problems. To do this however we must frequently be prepared to work with other scientists and perhaps more importantly others from the social and political sciences to address many of the key environmental problems.

In the last few years, at the National level, particularly in Europe, there have been a number of actions which have recognised the importance of soil and perhaps more importantly recognised the need to develop policies and actions to protect and in some cases remediate and regenerate the soil. In my own country England, DEFRA produced in 2004 'the Soil Action Plan for England 2004-2006'. This was a major step forward in the protection of soils in England and identified over 50 targets which were to be achieved during this time period. In other European countries there have been over the last decade similar laws and regulatory frameworks which have sought to protect the soil, with a particular focus in the context of contaminated land. In 2002 the European Commission launched the 'Thematic Strategy for Soil Protection', following two years of consultation and discussion in September of this year the next step in this process was launched including a draft Soils Framework, which will be discussed elsewhere. Internationally I have over the last 18 months been involved with a small group within IUCN seeking to develop the framework either for a United Nations Convention for the protection of Soils, or alternatively to include the protection of soils within a modified established United Nations Convention, for example the Convention on Biodiversity.

Coupled with the developments directly in relation to Soil Science and the Protection of Soil there are a number of initiatives across the broad field of Earth Science. Within the International Council for Science (ICSU) the International Union of Soil Sciences has

collaborated with scientific Unions representing the Earth Sciences, notably the International Union of Geological Sciences, the International Union of Geodesy and Geophysics and the International Geographical Union. The aim of this collaboration is to ensure that the broad Earth Sciences are represented on global agendas such as discussions of Climate Change, Hazard Prediction and Management and Sustainable Development. Linked to this is a most interesting initiative lead by IUGS, but strongly supported by IUSS; The International Year of Planet Earth. The International Year of Planet Earth was proclaimed for 2008 by the General Assembly of the United Nations in its Plenary Session on the 22nd of December 2005. The Resolution was tabled by the United Republic of Tanzania and co-signed by 82 nations. In October 2005, UNESCO's General Conference adopted a similar Resolution, also proposed by the United Republic of Tanzania. The aim of the International Year of Planet Earth is to demonstrate new and exciting ways in which Earth sciences can help future generations meet the challenges involved in ensuring a safer and more prosperous world. In addition the initiative seeks to raise the awareness of the contribution to, and role of the Earth sciences in society in the minds of politicians, decision-makers, the media and the general public. In order to achieve this aim we are planning two major programmes; an Outreach Programme including educational ventures at all levels; and a Science Programme concentrating on 'big issues' of complex interaction within the Earth system, and its long-term sustainability.

Together the recent progress which has seen an increase in the recognition of the importance of soils to many of our activities and the associated moves towards the development of legislative policies for Soil Protection, coupled with the broader initiatives in the Earth Sciences makes this a potentially most exciting time for Soil Scientists. There are many opportunities for us to use our established knowledge base to guide decisions on land management and to help formulate policies for sustainable land management. We must ensure that we are there to provide the information that is required when these decisions are being made and that we continue to be consulted and involved in the decision making process. If we do not grasp the opportunity being presented to us, we may see Soil Science sidelined and decisions on many aspects of land management taken without our input and consequently failing to recognise the soil’s key role. For our own future as a subject and for the future of the environment, we cannot let this happen!

Kolin lehtojen maaperä

Soils of herb-rich forests in the Koli National Park

Hannu Mannerkoski[1] ja Päivi Hokkanen[2]

[1] Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tdk, PL 111, 80101 Joensuu, hannu.mannerkoski@joensuu.fi
[2] Joensuun yliopisto, Mekrijärven tutkimusasema, Yliopistontie 4, 82900 Ilomantsi, paivi.hokkanen@joensuu.fi

Lehdot ovat viljavimpia metsämaitamme ja niiden kasvillisuudessa vallitsevat leveälehtiset ruohokasvit. Suomen kivennäismaiden metsämaista lehtojen osuus on 1,0 % (1532 km^2) ja ne keskittyvät selvästi Etelä-Suomeen, jossa osuus on 1,6 % (1368 km^2) [8]. Kolin alueella lehtoja on keskimääräistä jonkin verran enemmän. Lehdot esiintyvät yleensä suhteellisen pienialaisina kuvioina ja kuuluvat sellaisina niin sanottuihin metsälaissa määriteltyihin metsien monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeisiin elinympäristöihin (rehevät lehtolaikut). Lehtojen merkitys kasvupaikkoina ja erityisesti niiden tunteminen on siten tärkeämpää kuin mitä niiden pinta-alaosuus ilmaisee.

Metsätyyppijärjestelmässään Cajander jakoi kivennäismaat kuivien kangasmetsien, tuoreiden kangasmetsien ja lehtometsien luokkiin [1]. Lehtometsien luokassa hän erotteli kahdeksan metsätyyppiä. Lehtojen maaperästä hän toteaa jossakin määrin epämääräisesti, että mullaskerros on paksunlainen ja kuohkea, kun se kangasmailla on kangasturpeen luonteista. Myöhemmin lehtojen luokittelua on kehitetty tarkemmaksi [4] ja todetaan, että lehtojen maannos on ruskomaa ja humus on sekoittunut kivennäismaan pintaosiin multakerrokseksi maaperäeläimistön toiminnan kautta. Pintamaan esitetään olevan vain lievästi hapanta (pH 6–7). Mälkönen ja Tamminen [6] esittävät ruskomaannoksen kuuluvan Cambisol –maannoksiin FAO-WRB luokituksen [2, 9, 10] mukaan ja että se on Suomessa pysyvä vain hienorakeisilla mailla. Lehtojen kasvillisuutta on tutkittu paljon [3], mutta maaperästä on paljon vähemmän tietoja. Metsäntutkimuslaitoksessa tehdyn eri metsätyyppien maiden ravinnevarojen inventoinnissa on todettu lehtojen maaperän orgaanisen aineksen olevan ravinnepitoisempaa kuin muilla metsätyypeillä vaikka kokonaismäärät pintamaassa (0-30 cm) eivät välttämättä olisikaan suurimpia [7]. Erityisen runsaasti lehdoissa on kalsiumia. Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena selvittää millaisia maannoksia Kolin alueen lehdoissa esiintyy ja millainen on maaperän ravinteisuus niissä.

Aineisto kerättiin Kolin lehtojen hoitosuunnitelman laadintaa varten Joensuun yliopiston metsätieteiden ylioppilaiden harjoitustyönä. Tutkituille 22:lle lehtokuviolle kaivettiin maannoksen kuvausta varten 50 cm syvä kuoppa ja siitä määritettiin maannoshorisontit, joista kustakin otettiin maanäyte laboratorioanalyysejä varten, sekä kuoppa valokuvattiin. Laboratoriossa määritettiin näytteistä väri tuoreena ja kuivana, raekoostumus, pH, humuspitoisuus, kationinvaihtokapasiteetti ja ravinteita ICP:lla sekä hapan NH_4-asetaatti- että tuhkan HCl-uutteesta. Maannos määritettiin horisonttien paksuusmittausten, näytteistä määritettyjen tietojen ja valokuvien avulla. Maaperän paksuus katsottiin maaperäkartasta (ohut maapeite, < 100 cm, leptic). Pohjavesivaikutusta ei selvitetty pelkistäviä oloja kuvaavilla värireagensseilla maastossa vaan se on määritetty maanäytteissä esiintyvien ruostelaikkujen ja värin sekä joissakin tapauksissa yksinomaan valokuvassa näkyvän pohjaveden perusteella. Kationinvaihtokapasiteetin ja emäskyllästysasteen avulla on erotettu Mollic ja Umbric horisontit ja eutric ja dystric lisämääreet [2, 9, 10].

Lehdoiksi jo aiemmin kasvillisuuden perusteella luokiteltujen kohteiden maaperä vaihteli hyvin paljon. Humuspitoisten kerrosten (O, A) pH_{H2O} oli puolessa kohteista alle 5,0 ja kahdessa alle 4,0 sekä vain yhdessä 6,0. Pohjamaan pH oli aina vähintään 4,5 ja kolmella kohteella 6,0 tai yli (maks. 6,3). Maaperä oli siis lähes aina happamampaa kuin mitä yleensä

esitetään lehdoissa olevan (pH 6-7) [4]. Lehdoille tyypilliseksi kuvattu humuspitoinen mururakenteinen multakerros esiintyi lähes kaikissa kohteissa (yhdessä kangashumusta) ja riittävän paksuna (25 cm) Umbric tai Mollic horisontiksi puolissa kohteista, kun sekoitussääntö otetaan huomioon, ja Histic horisontiksi kuudessa (kaksi näistä myös Mollic). Asetaattiuuttoiset Ca-pitoisuudet olivat turveperäisissä pintakerroksissa suurempia (4,9 – 14,5 g/kg) kuin Tammisen [7] esittämät (1,6 – 8,1 g/kg), mutta muissa pienempiä (0,04 – 5,8 g/kg) paitsi yhdessä (O-kerros 15,1 ja A-kerros 8,6 g/kg). Muiden pääravinteiden (P, K, Mg) pitoisuudet olivat keskimäärin pienempiä kuin Tammisen esittämät.

Pintakasvillisuuden mukaan määritetyillä lehtotyypeillä [3, 4] saattoi esiintyä hyvin monenlaisia maannostyyppejä. Keskiravinteisten tuoreiden lehtojen (OMaT, 3 kpl) maannoksina esiintyi FAO:n luokituksen [2] mukaan Cambisols (2 kpl) ja Gleysols (1 kpl), runsasravinteisten tuoreiden lehtojen (PuViT, 1 kpl) Regosols, keskiravinteisten kosteiden lehtojen (AthAssT, AthT, 7 kpl) Regosols (1 kpl), Podzols (3 kpl) ja Gleysols (3 kpl) sekä runsasravinteisten kosteiden lehtojen (OFiT, GOFiT, GFiT, DiplT, 9 kpl) Histosols (2 kpl), Cambisols (1 kpl), Arenosols (1 kpl) ja Gleysols (5 kpl). FAO – WRB:n luokituksen [9, 10] mukaan jakauma on näiden pääluokkien mukaan sama paitsi, että Regosols maannokset ja osa Cambisols maannoksista luokittuivat Umbrisols maannoksiksi. Soil Taxonomy luokituksessa [5] Histosols maannokset luokittuivat samoiksi, Podzols maannokset luokkaan Spodosols, Gleysols maannokset jakautuivat luokkiin (alaluokka) Mollisols (Aquolls), Inceptisols (Aquepts) ja Entisols (Aquents) sekä Arenosols, Umbrisols ja Cambisols maannokset luokkiin Inceptisols (Cryepts) ja Entisols (Psamments, Orthents).

Pohjavesivaikutus näyttää tulosten mukaan olevan hyvin yleistä lehtokasvupaikoilla. Histosols ja Podzols maannokset tuntuvat oudoilta lehdoille ja osassa Gleysols maannoksiakin oli Histic horisontti. Turvealustalla esiintyviä lehtokasvillisuuden vallitsemia kasvupaikkoja on meillä yleensä kutsuttu lehtokorviksi (turvekerros < 30 cm paksu) tai ruohoisiksi korviksi sekä ojituksen jälkeen ruohoturvekankaiksi. Podsoloituneilla mailla lehtojen ei pitäisi myöskään esiintyä luonnostaan, mutta Kolin alueella toistuva kaskeaminen ja siihen liittyvä maan muokkaus ovat todennäköisesti muuttaneet niitä otolliseksi lehtokasvillisuudelle ja erityisesti saniaisille. Maannosluokitusta pitäisi vielä tarkentaa maastomäärityksillä.

Kirjallisuus

[1] Cajander, A.K. 1949. Metsätyypit ja niiden merkitys. *Acta Forestalia Fennica* 56(4): 1-69.
[2] FAO – Unesco 1990. Soil Map of the World, Revised Legend. *FAO, World Soil Resources Reports* 60. 119 s.
[3] Hokkanen, P. 2006. Vegetation patterns of boreal herb-rich forests in the Koli region, eastern Finland: classification, environmental factors and conservation aspects. *Dissertationes Forestales* 27. 47 s.
[4] Kuusipalo, J. 1996. Suomen metsätyypit. Kirjayhtymä. 144 s.
[5] Mokma, D.L. & Yli-Halla, M. 2000. Keys to Soil Taxonomy for Finland. *United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service*. 31 s.
[6] Mälkönen, E. ja Tamminen, P. 2003. Maannostuminen ja maannosten kuvaus. Teoksessa: Mälkönen, E. (toim.). Metsämaa ja sen hoito. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 129-140.
[7] Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. *Folia Forestalia* 777. 40 s.
[8] Tomppo, E., Henttonen, H. ja Tuomainen, T. 2001. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin menetelmä ja tulokset metsäkeskuksittain Pohjois-Suomessa 1992–94 sekä tulokset Etelä-Suomessa 1986–92 ja koko maassa 1986–94. *Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2001: 99-248.
[9] World reference base for soil resources 1998. *FAO, World Soil Resources Reports* 84.
[10] World reference base for soil resources 2006. *FAO, World Soil Resources Reports* 103. 128 s.

Peltomaan biologisen toiminnan ylläpito – maanparannusaineilla vai viljelykierrolla?

Preserving the biological functions of soil – with amendments or crop rotation?

Kukkonen, S.[1], Niemi, M.[2], Palojärvi, A.[3], Tuovinen, T.[4], Parikka, P.[4], Vestberg, M.[1]

[1] MTT/Kasvintuotannon tutkimus, Puutarhatuotanto, Antinniementie 1, 41330 Vihtavuori
[2] SYKE/Tutkimusosasto, Mechelininkatu 34 a, 00260 Helsinki
[3] MTT/Kasvintuotannon tutkimus, Maaperä ja kasvinravitsemus, 31600 Jokioinen
[4] MTT/ Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen

Johdanto

Maataloudessa on yhä enenevässä määrin kiinnitetty huomiota biologisten prosessien tärkeyteen ja hyödyntämiseen. Esimerkiksi viljelymaan eliötoiminnassa tapahtuvat muutokset kertovat nopeasti maassa tapahtuvista epäedullisista muutoksista ja näin ollen ovat hyviä maan laadun mittareita [1]. Peltojemme biologinen monimuotoisuus on noussut keskeiseksi aiheeksi kasvintuotannon tutkimuksessa [2].

Menetelmät

Laukaassa sijaitsevista kahdesta kenttäkokeesta analysoitiin parikymmentä maan biologista muuttujaa vuosina 1999-2004. Toisella koealueella (hiesumaa C_{org} 1.9 %) oli viljelty peltokasveja pitkään (18 vuotta) rinnakkain tavanomaisin ja omavaraisin/luomumenetelmin. Omavaraisen viljelyn menetelmät olivat lähes samat kuin luomuviljelyn. Toisessa kenttäkokeessa (hiesumaa, C_{org} 5.2 %) tutkittiin kuinka viljelykasvivalinta vaikuttaa lyhyellä aikavälillä (3 vuotta) peltomaahan. Kokeessa oli 8 eri kasvilajia: monivuotisia olivat mansikka ja timoteinurmi, kaksivuotisia kumina sekä yksivuotisia ruis, rypsi, tattari, sipuli ja hunajakukka. Molemmissa kokeissa tutkittiin myös tumman turpeen käyttöä nopeana maanparannuskeinona ja viljeltiin mansikkaa kolme viimeistä vuotta.

Tulokset ja tarkastelu

Kokeissa osoitettiin, että viljelykierrolla ja orgaanisella lannoituksella on vaikeampi nostaa maan orgaanisen aineksen määrää kuin maanparannusturpeella. Luomuviljely kuitenkin vilkastutti enemmän maan eliötoimintaa kuin turpeen käyttö (taulukko 1).

Sekä vähä- että runsasmultaisessa hiesupellossa maanparannusturpeen käyttö nosti neljän biologisen muuttujan arvoja pari vuotta levityksen jälkeen. Käytetty turve oli pitkälle maatunutta, mutta se vilkastutti joidenkin entsyymien toimintaa [3] etenkin, jos pellon orgaanisen aineksen määrä oli lähtökohtaisesti alhainen. Turpeen käytöllä pystyttiin myös lisäämään runsasmultaisen alueen peltolierokantaa [4]. Vähämultaisessa pellossa pitkäaikainen luomuviljelyhistoria puolestaan nosti selvästi yhdeksän (ja lievästi kahden) biologisen muuttujan arvoja. Pitkään luonnonmukaisesti viljellyssä pellossa maan mikrobibiomassa oli runsaampi, lieroja enemmän ja entsyymitoiminta vilkkaampaa kuin tavanomaisesti viljellyssä maassa. Sienijuuren toiminta oli koealueilla kauttaaltaan heikkoa ja koekäsittelyt vaikuttivat siihen kohtalaisen vähän. Luomuviljelystä maahan tulevan eloperäinen aineksen lisääntyminen selittänee pääosan maaperäeliöstöön kohdistuvista vaikutuksista.

Kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määrä väheni luomuviljelyssä, mutta mansikan sadontuottokyky oli parhaimmillaan n. 30 % parempaa luomu- kun tavanomaisesti viljellyssä hiesupellossa. Sen sijaan kolmivuotisella esikasviviljelyllä ei tässä tutkimuksessa pystytty vaikuttamaan mansikan sadontuottokykyyn, vaikka selviä muutoksia pellon eliöstössä

tapahtuikin [3, 4, 5]. Esimerkiksi timoteinurmi suosi huomattavasti juuria syöviä ankeroisia ja mansikka lisäsi hyvin voimakkaasti sienijuuren itiöitä maassa. Maanparannusturpeen käyttö lisäsi joidenkin yksivuotisten kasvien satoa, mutta ei mansikkasatoa.

Taulukko 1. Maanparannusturpeen ja luomuviljelyn vaikutus hiesumaan ominaisuuksiin. Vaikutuksen suuntaa kuvattu väreillä: **musta lihavoitu**= positiivinen, ***musta lihavoitu kursivoitu***= lievästi positiivinen, normaali= ei vaikutusta, ***harmaa lihavoitu kursivoitu***= hieman negatiivinen, **harmaa lihavoitu**= negatiivinen. Turpeen vaikutus mitattu 2,5 vuotta levityksen jälkeen.

	Runsasmultainen alue		Vähämultainen alue		Vähämultainen alue	
Mitattu ominaisuus	Ei turve	turve	Ei turve	turve	tavanom. 20 v	omavar. 12 v luomu 11 v
Kemialliset ja fysikaaliset						
Org.C, %	5.2[1]	***5.9*** [1]	2.2	**3.9**	2.6	**3.1**
pH	5.7	5.7	6.3	**5.6**	6.1	6.0
NH4-N, mg l^{-1} maata	3.2	3.2	2.5	2.3[1]	1.9	**2.9**[2]
NO3-N, mg l^{-1} maata	5.5	***4.7***	0.5	0.2	0.4	0.4
Liuk. P, mg l^{-1} maata	6.6	6.1	21.8	**17.7**	24.8	**15.8**
Vedenpidätyskyky, gH_2O g^{-1} maata	0.88	***0.95***	0.56	**0.71**	0.61	0.62
Biologiset						
Mikrobibiomassa C, µg g^{-1} maata	365	374	254	255	231	**278**
Mikrobibiomassa N, µg g^{-1} maata	32	33	35	**29**	32	33
Entsyymit, µmol g^{-1} maata						
Arylsulfataasi	0.28	0.31	0.44	0.46	0.37	**0.52**
α-Glukosidaasi	0.17	0.18	0.14	0.15	0.14	0.14
Sellulaasi	0.25	0.26	0.27	0.33	0.29	0.30
β-Ksylosidaasi	0.39	**0.42**	0.31	**0.41**	0.35	0.34
β-Glukosidaasi	0.64	**0.82**	0.69	0.68[1]	0.59	**0.78**[2]
Fosfodiesteraasi	0.83	0.74	0.52	0.46[1]	0.51	0.49[1]
Kitinaasi	0.42	0.43	0.40	**0.60**[1]	0.43	**0.53**[2]
Lipaasi	2.58	2.60	15.08	16.15	13.11	**17.85**
Esteraasi	11.17	11.48	5.43	**6.82**	5.47	**6.43**
Hapan fosfataasi	5.45	**6.03**	1.95	**2.56**	1.99	**2.36**
Leusiini aminopeptidaasi	0.53	0.55	0.46	0.45	0.43	**0.48**
Alaniini aminopeptidaasi	0.77	0.80	0.94	0.91	0.86	**0.99**
Sienijuuren suht. toimivuus, %	4.4 [1]	**-0.4** [1]	5	5	3	***8***
AM itiöt, kpl dl^{-1} maata	165	103	212	***132*** [1]	179	***185*** [2]
Ankeroiset, kpl dl^{-1} maata	97	105	91	***62***	73	87
Pratylenchus spp, kpl dl^{-1} maata	11	18	0	0	0	0
Peltolierotiheys, kpl m^{-2}	176	**281**	100	128	76	**145**
Kaste- ja onkilierotiheys, kpl m^{-2}	9.8	15.0	0	3	0	2

[1]=turpeella yhdysvaikutus esikasvin kanssa

[2]=viljelyhistorialla yhdysvaikutus turpeen kanssa

Maanparannusturpeella pystytään siis nostamaan nopeasti maan orgaanisen aineksen määrää, mutta monipuolinen viljelykierto ja lannan tai kompostien käyttö vilkastuttaa maan eliötoimintaa enemmän kuin maanparannusturve. Tulosten perusteella luonnonmukaisin menetelmin viljellyssä pellossa eliötoiminta on vilkkaampaa ja eliöstö jossain määrin runsaampaa kuin tavanomaisesti viljellyssä. Eteläisen Suomen vilja- ja nurmipelloilla tehdyn vertailun mukaan luomuviljellyn pellon eliöstö ei merkittävästi eronnut tavanomaisesti viljellystä[6]. Tulosten välistä ristiriitaa selittää todennäköisesti se, että em. vertailussa useilla tavanomaisilla tiloilla käytettiin karjanlantaa lannoitteena ja nurmea viljelykierrossa, kun tässä tutkimuksessa tavanomainen viljelytapa perustui puhtaasti epäorgaaniseen lannoitukseen ja yksipuoliseen viljakasvien vuorotteluun**.**

Kirjallisuus

[1] Palojärvi, A. ja Nuutinen V. 2002. The soil quality concept and its importance in the study of Finnish arable soils. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 329-342.

[2] MTT:n monimuotoisuustutkimuksen neuvottelukunta 2003. MTT:n momimuotoisuustutkimuksen toimenpideohjelma vuosille 2004-2008. 23 s. www.mtt.fi/monimuotoisuus/MMOHJELMA.PDF

[3] Vepsäläinen, M., Erkomaa, K., Kukkonen, S., Vestberg, M., Wallenius, K. ja Niemi, M. 2004. The impact of crop plant cultivation and peat amendment on soil microbial activity and structure. *Plant and Soil* 264: 273-286.

[4] Kukkonen, S., Palojärvi, A., Räkköläine M., Vestberg, M. 2004. Peat amendment and production of different crop plants affect earthworm populations in field soil. *Soil biology & biochemistry* 36: 415-423.

[5] Vestberg, M., Saari, K., Kukkonen, S., Hurme, T. 2005. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil. *Mycorrhiza* 15: 447-458.

[6] Palojärvi, A., Alakukku, L., Martikainen, E., Niemi, M., Vanhala, P., Jørgensen, K, & Esala, M. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. Maa- ja elintarviketalous 2. 88 s.

Arbuskelimykorritsan hyödyntäminen kasvinviljelyssä – menestystarina vai ei?

Utilization of arbuscular mycorrhiza in plant production – a success story or not?

Mauritz Vestberg[1]

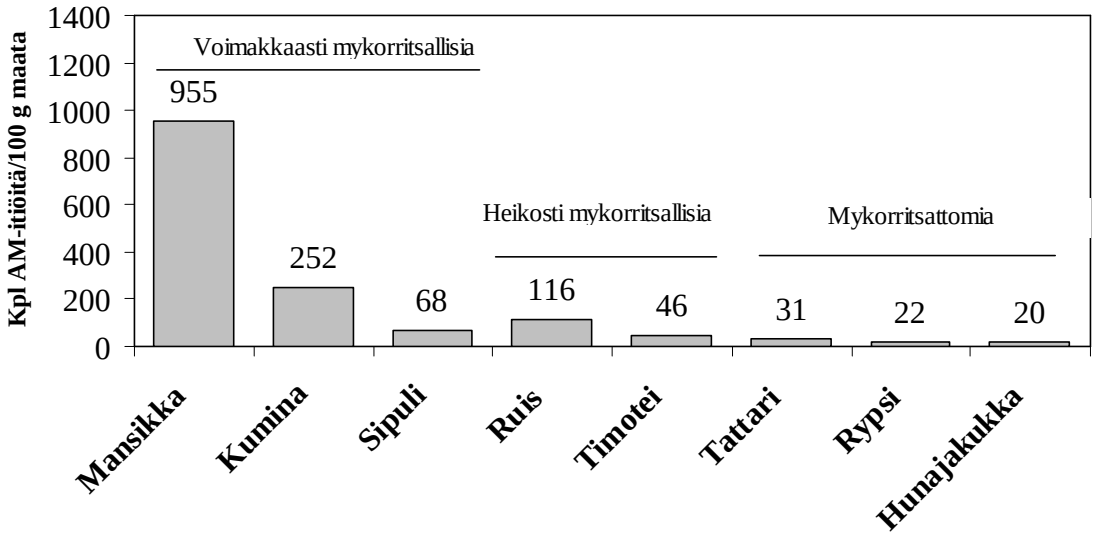
[1] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Laukaan tutkimusryhmä, Antinniementie 1, 41330 Vihtavuori

Mykorritsa eli sienijuuri on luonnossa yleinen ilmiö ja sillä tarkoitetaan sienen ja juuren muodostamaa rakennetta. Suhdetta sanotaan symbioottiseksi jos se hyödyttää molempia osapuolia. Pelto- ja puutarhakasveilla esiintyvä arbuskelimykorritsa (AM) on hyvin vanha ilmiö. Arvellaan jopa, että AM-sienet olisivat olleet avainasemassa n. 400 – 500 miljoonaa vuotta sitten, kun kasvilajit siirtyivät vesielämästä kuivalle maalle [1]. Noin 90 % nykyisistä kuivalla maalla kasvavista kasvilajeista toimii mykorritsasienten isäntäkasveina. AM-sienet ottavat ohuilla sienirihmoillaan maasta pääasiassa fosforia ja toimittavat isäntäkasville, mutta myös jonkin verran typpeä, kaliumia, sinkkiä ja kuparia [2]. AM-sienten muodostama rihmasto on myös yhdessä bakteerien kanssa tärkeä maan mururakennetta ylläpitävä tekijä [3], joten mykorritsa on osana eroosiontorjunnassa. AM-sienten on myös todettu lisäävän kasvien vastustuskykyä maalevintäisiä kasvitauteja ja ankeroisia vastaan [4]. On myös osoitettu, että luonnon ekosysteemissä maan AM-sienten monimuotoisuus ohjaa kasvien monimuotoisuutta [5].

Arbuskelimykorritsa on menestystarina luonnon ekosysteemissä, mutta miten on asianlaita peltoekosysteemissä? Sienijuuri on ekosysteemin tarjoama palvelu, jota periaatteessa on mahdollista hyödyntää kaikentyyppisessä kasvintuotannossa pellolla ja puutarhassa. Hyödyntäminen voi tapahtua kahdella tavalla, joko (1) suosimalla luontaisesti esiintyvää mykorritsaa tai (2) eristämällä ja viljelemällä tehokkaita AM-sienikantoja sekä siirrostamalla näitä kylvettäviin tai istutettaviin kasveihin. Arbuskelimykorritsaa esiintyy valtaosassa pelloistamme, ja sen tehokkuutta on mahdollista lisätä vain noudattamalla kestävän viljelyn periaatteita. Toimenpiteitä, jotka erityisesti suosivat mykorritsaa ovat esim. 1) fosforilannoituksen kohtuullistaminen [6], 2) muokkausintensiteetin vähentäminen sisällyttämällä monivuotisia kasveja viljelykiertoon tai harjoittamalla suorakylvöä ja 3) sisällyttämällä mykorritsaa suosivia kasveja viljelykiertoon (Kuva 1) [7].

AM-sienten käyttö siirrosteena on antanut hyviä tuloksia monentyyppisillä kasveilla myös suomalaisissa tutkimuksissa, erityisesti puutarha- ja viherrakennuskasveilla [8,9]. Tutkimustyön tuloksena maailmalla on syntynyt kymmeniä AM-ymppiä tuottavia yrityksiä. Vaikka AM-sienten hyödyt tunnetaan, niiden laajamittaisen käytön esteenä on kuitenkin vielä useita pullonkauloja. Käytännössä tulokset AM-ymppäyksestä ovat liian vaihtelevia, koska kasvinviljelyssä käytetyt menetelmät, esim. lannoitus ja kasvualustat, eivät aina suosi mykorritsasymbioosia. Ei ole myöskään olemassa riittävästi erityyppisiä kohdekasveja varten eristettyjä ja viljeltyjä AM-sieniä eikä kasvinjalostuksessa ole huomioitu kasvien riippuvuutta AM-sienistä. Kasvinjalostuksen avulla voisi kuitenkin olla mahdollista kehittää kasvilajikkeita, joilla AM-sienten hyödyntäminen olisi tehokkaampaa kuin nykyisillä kasvilajeilla ja -lajikkeilla. Koska AM-sienet on tuotettava elävän kasvin juuristossa, on ympin tuotannossa myös sen laatuun ja tehokkuuteen liittyviä ongelmia. Näitä ongelmia on mahdollista ratkaista, mutta vain monitieteellisellä lähestymistavalla, jonka jälkeen voidaan taata mykorritsaympin loppukäyttäjälle varmempaa hyötyä. Maa on hyvin monimutkainen eri mikrobien ja prosessien temmellyskenttää. Viime vuosina on alettu kiinnittää entistä

enemmän huomiota eri mikrobien yhtäaikaiseen käyttöön [10] sekä myös mykorritsasienten merkitykseen eri maaperäprosesseissa [11].



Kuva 1. Mykorritsallisten (voimakkaasti tai heikosti) ja mykorritsattomien kasvien 3-vuotisen viljelyn vaikutus mykorritsaitiöidne määrään maassa. Kenttäkoe Laukaassa runsasmultaisella hiesulla.

Kirjallisuus

[1] Redecker, D., Kodner, R. and Graham, L.E. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science* 289: 1920-1921.

[2] Marschner, H and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil* 159:89-102.

[3] Rillig, M.C. and Mummey, D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytology* 171: 41-53.

[4] Linderman, R.G. 2000. Effects of mycorrhizas on plant tolerance to diseases. In: Kapulnik, Y. and Douds, D.D. Jr (eds) Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. pp 345-365.

[5] Van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A. and Sanders, I.R. 1998. Mycorrhizal fungi diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396: 69-72.

[6] Kahiluoto, H., Ketoja, E., Vestberg, M. and Saarela, I. 2001. Promotion of AM utilization through reduced P fertilization : 2. Field studies. *Plant and Soil* 231: 65-79

[7] Vestberg, M., Saari, S., Kukkonen, S. and Hurme, T. 2005. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil. *Mycorrhiza* 15: 447-458.

[8] Williams, Vestberg, M., Uosukainen, M., Dodd, J. and Jeffries, P. 1992. Effects of fertilizers and arbuscular mycorrhizal fungi on the *post vitro* growth of micropropagated strawberry. *Agronomie* 12: 851-857.

[9] Vestberg, M., Cassells, A.C., Schubert, A., Cordier, C. and Gianainazzi, S. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi and micropropagation of high value crops. In: Gianinazzi, S., Schüepp, H., Barea, J.M. and Haselwandter, K. (eds). Mycorrhizal Technology in Agriculture: From Genes to Bioproducts. Birkhäuser Verlag, Basel. pp. 223-233.

[10] Vestberg, M., Kukkonen, S., Saari, K., Parikka, P., Huttunen, J., Tainio, L., Devos, N., Weekers, F., Kevers, C., Thonart, P., Lemoine, M.-C., Cordier, C., Alabouvette, C. and Gianinazzi, S. 2004. Microbial inoculation for improving the growth and health of micropropagated strawberry. *Applied Soil Ecology* 27: 243-258.

[11] Hokka, V., Mikola, J., Vestberg, M. and Setälä, H. 2004. Interactive effects of defoliation and an AM fungus on plants and soil organisms in experimental legume-grass communities. *Oikos* 106: 73-84.

Jäkäläkerroksesta huuhtoutuvien jäkälähappojen merkitys maaperän mikrobeille

The role of lichen acids in soil microbial ecology

Minna-Maarit Kytöviita[1] ja Sari Stark[2]

[1] Biologian laitos, Oulun yliopisto
[2] Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemi

Poronjäkälät (*Cladonia*) muodostavat häiriöttömissä olosuhteissa pohjoisissa havumetsissä mattomaisen pohjakerroksen. Tämän jäkäläkerroksen on osoitettu muuttavan maaperän kosteus – ja lämpötaloutta ja sitä kautta vaikuttavan havumetsien ravinteiden kiertoon ja tuottavuuteen. Lisäksi poronjäkälistä on oletettu huuhtoutuvan sateiden mukana maahan jäkälähappoja, joiden on esitetty vaikuttavan negatiivisesti maaperän mikrobeihin. Jäkälähappoja tuottavat jäkälän sieniosakkaat, leväosakkaat eivät näitä yhdisteitä tuota. Poronjäkälissä runsaimmin esiintyvä jäkälähappo on usniinihappo (1% kuivapainosta) ja toiseksi yleisin perlatoniinihappo (<0.1%). Näiden happojen on esitetty huuhtoutuvan jäkäläkerroksesta sadeveden mukana maahan, kerääntyvän maaperään ja estävän maaperän mikrobien ja sienijuurisienten toimintaa ja siten hidastavan jäkälävaltaisten kasvupaikkojen kasvien kuten esimerkiksi männyn kasvua.

Selvitimme huuhtoutuuko jäkäläkerroksen yleisimmästä lajista, palleroporonjäkälästä (*Cladonia stellaris*), usniini- ja perlatoniinihappoa maaperään ja miten nämä vaikuttavat maaperän mikrobiaktiivisuuteen, männyn sienijuurisymbioosin toimintaan ja männyn kasvuun.

1) Huuhtoutuminen jäkäläkerroksesta

Rakensimme poronjäkälistä suppiloiden ylle pystytetyille teräsritilöille luonnollisen kaltaisia puhtaita palleroporonjäkälämattoja. Jäkälämatot sijoitettiin havumetsän keskellä olevalle aukiolle Oulussa. Jäkälämattojen läpi huuhtoutunutta sadevettä kerättiin kesän 2001 aikana yhteensä 12 sateesta. Kerätty vesi suodatettiin ja pakastettiin välittömästi. Pakastekuivatusta vesinäytteestä mitattiin usniini- ja perlatoniinihappopitoisuudet HPLC:llä. Emme löytäneet jäkäläkerroksen läpi huuhtoutuneesta vedestä usniini tai perlatoniinihappoa.
Koska aiemmissa tutkimuksissa on raportoitu usniinihapon liukenevan veteen jos jäkäliä pidetään upotettuna pidempiä aikoja vedessä, pidimme palleroporonjäkäliä vedessä viikon ajan. Vesinäytteitä kerättiin päivittäin ja mitattiin kuten yllä. Emme löytäneet usniinihappoa tai perlatoniinihappoa vedestä, jossa jäkäliä oli upotettuna, eikä itse jäkälien usniinihappopitoisuus muuttunut viikon aikana.
Johtopäätöksemme on, että sadevesi ei huuhdo usniini- eikä perlatoniinihappoa palleroporonjäkälistä.

2) Kertyminen maaperään

Mikäli jäkälistä huuhtoutuu usniini- ja perlatoniinihappoa ja nämä ovat mikrobeille haitallisia ja kerääntyvät maahan, pitäisi jäkälähappoa olla vanhojen palleroporonjäkälämattojen alla maassa mitattavia määriä. Keräsimme Rajajoosepista, noin 200 vuotiaassa mäntymetsässä kasvavasta jäkälämatosta osia siten, että myös jäkälämaton alla oleva maa tuli mukaan. Jäkälämatto jaettiin vertikaalisesti osiin: kasvava 1 cm kärki, kasvava keskiosa, elävä tyviosa, kuollut tyviosa, lahonnut tyviosa ja maa. Uutimme jäkälähapot näistä osista asetonilla ja happojen määrät mitattiin HPLC:llä. Jäkälähappojen määrä väheni kärjestä alaspäin, ja maassa suoraan jäkälämaton alla ei ollut mitattavia määriä usniini- eikä perlatoniinihappoa.
Johtopäätöksemme on, että jäkälähappoja ei kerry jäkälämaton alla olevaan maahan.

3) Vaikutus maaperän mikrobien aktiivisuuteen

Koska jäkäläkerroksen läpi huuhtoutuneen sadeveden on esitetty heikentävän maaperän mikrobiaktiivisuutta, lisäsimme jäkäläkerroksen läpi huuhtoutunutta sadevettä maanäytteisiin, jotka oli kerätty jäkälävaltaisilta alueilta ja seurasimme maanäytteiden mikrobihengitystä kolme viikkoa. Jäkäläkerroksen läpi huuhtoutunut sadevesi ei vaikuttanut maanäytteiden mikrobihengitysaktiivisuuteen. Lisäsimme puhdasta usniinihappoa melko suurina määrinä (15 mg usniinihappoa/ 1 g orgaanista ainesta) maanäytteisiin eikä maanäytteiden mikrobihengitysaktiivisuus muuttunut.
Johtopäätöksemme on, että jäkäläkerroksen läpi huuhtoutunut vesi tai usniinihappo eivät vaikuta jäkälävaltaisen alueen maan mikrobien aktiivisuuteen.

4) Vaikutus sienijuurisymbioosin toimintaan ja männyn kasvuun

Kasvatimme männyn taimia (*Pinus sylvestris*) symbioosissa kangastatin (*Suillus variegatus*) kanssa hiekka-turve alustalla mikrokosmoksissa. Mikrokosmoksiin lisättiin vaihtoehtoisesti (i) usniinihappoa, (ii) murskattua palleroporonjäkälää ja (iii) murskattua palleroporonjäkälää, josta usniini- ja perlatoniinihappo oli poistettu. Kontrollikäsittelyyn (iv) ei lisätty mitään. Lisäksi kaikki käsittelyt toistettiin mikrokosmoksissa, joissa männyn taimia kasvatettiin ilman sienijuurisymbionttia. Mäntyjä kasvatettiin kasvihuoneoloissa puoli vuotta, minkä jälkeen taimista mitattiin biomassa ja neulasten typpipitoisuus.
Sienijuurisymbiontin avulla mänty sai kontrollialustasta enemmän typpeä kuin sienijuureton mänty, mutta usniinihapon lisäyksellä ei ollut vaikutusta sienijuurisymbiontin kasvuun eikä typen saantiin juurisymbiontin avulla. Jäkälämurujen lisäyksellä alustaan ei ollut vaikutusta sienijuurellisen männyn kasvuun tai typen saantiin. Sienijuurettomat männyt hyötyivät jäkälälisäyksestä, ja alustoilla, joihin oli lisätty käsittelemätöntä jäkälämurua sienijuurettomilla männyillä oli enemmän typpeä neulasissa kuin kontrollialustoilla kasvaneilla sienijuurettomilla männyillä.
Johtopäätöksemme on, että usniinihapolla ei ollut mitään vaikutusta sienijuurisienen rihmaston kasvuun eikä männyn typen saantiin sienijuurisymbioosin kautta. Jäkälämurut eivät vaikuttaneet merkittävästi sienijuurisymbioosin toimintaan eivätkä sienijuurellisten mäntyjen kasvuun.

Loppupäätelmä

Tutkimustemme mukaan jäkäläkerroksesta ei huuhtoudu usniini- eikä perlatoniinihappoa maaperään, ja vaikka näitä joutuisi maaperään jäkälämurusten tai partikkelien muodossa, ei näillä aineilla ole vaikutusta maaperän mikrobiaktiivisuuteen eikä männyn ravinteiden saantiin sienijuurisymbioosin kautta
Kirjallisuudessa on suhteellisen luotettavasti todistettu, että usniinihappo suojaa tehokkaasti jäkälän kärkiosassa sijaitsevaa leväosakasta liialliselta valolta ja UV säteilyltä. Usniinihapon todennäköinen merkitys jäkälässä on siten säteilyltä suojaaminen. Valon vaikutuksesta usniinihappo hajoaa ja siksi sitä tuotetaan jatkuvasti lisää valosuojaa tarvitsevassa jäkälän kärkiosissa, mutta syvemmällä jäkäläkerroksessa usniinihappoa ei tuoteta ja siksi jäkälämaton alaosissa usniinihappoa on hyvin vähän. Usniinihapon on osoitettu myös estävän selkärangattomien eläinten jäkälänsyöntiä, joten usniinihapolla on merkitystä jäkälän herbivoriaresistenssissä. Sen sijaan usniinihapolla ei näyttäisi olevan merkitystä maaperäekosysteemissä. Täten oppikirjoihinkin jo ehtinyt väittämä jäkälähappojen antimikrobiaalisista vaikutuksista maaperäekologisessa systeemissä ei tutkimustemme valossa pidä paikkaansa. Kyseenalaiseksi joutunee myös väittämä, että jäkälähapot olisivat osatekijänä maan podsolisaatiossa

Onko ihmistoiminta vaikuttanut metsämaan hajottajaeläimiin Suomessa?

Has human activity affected decomposer animals in Finnish forest soils?

Jari Haimi

Bio- ja ympäristötieteiden laitos, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto: jhaimi@bytl.jyu.fi

Johdanto

Metsämaaperämme on yleisesti ottaen varsin puhdasta, ainoastaan paikallisesti on maaperään päätynyt haitallisia aineita siinä määrin, että merkittäviä vaikutuksia maan hajottajaeläimistöön voidaan odottaa. Toisaalta metsätalous on huomattavasti muuttanut maaperäeläinten elinympäristöä erityisesti kasvillisuuden rakenteen ja lajistomuutosten sekä maankäsittelyn myötä. Jyväskylän yliopistossa on pitkään tutkittu kokeellisesti haitallisten aineiden ja metsänkäsittelyjen vaikutuksia metsämaan hajottajaeläimiin sekä maastossa että laboratoriossa. Keskeisimpinä tutkimuskohteina ovat olleet tuoreen kangasmetsän uudistamisen ja metallikontaminaation vaikutukset hajottajaeläimistön runsauteen ja monimuotoisuuteen sekä eräiden keskeisimpien eläinryhmien ja –lajien selviytymiseen.

Metallien vaikutus metsämaassa

Vaikka metallipäästöt ympäristöön ovatkin selvästi vähentyneet viimeisten vuosikymmenten aikana, on Suomessa joitakin metsäalueita (mm. Harjavalta, Imatra ja Kokkola), joissa metsämaaperän metallipitoisuudet ovat selkeästi taustapitoisuuksien yläpuolella. Metallit pidättyvät metsämaan runsashumuksiseen pintakerrokseen, jossa pääosa hajottajaeliöstöstä elää ja jossa tapahtuvat koko metsän toiminnan kannalta keskeiset hajotusprosessit. Harjavallan metallisulaton ympäristössä maaperän metallipitoisuudet ovat tutkituista alueista korkeimmat ja vaikutusalue laajin. Maaperäeläimistö on merkittävästi muuttunut kuitenkin varsin suppealla, kaikkein kontaminoituneimmalla alueella [1]. Yli kahden kilometrin etäisyydellä päästölähteestä eläinten yksilö- ja lajimäärät eivät juuri eroa puhtaan alueen määristä [1, 2]. Tätä lähempänä yhteisörakenteessa on tapahtunut muutoksia ja eräät lajit (tietyt hyppyhäntäiset ja punkit, lierot ja änkyrimadot) ovat merkitsevästi vähentyneet. Nimenomaan sienirihmaa ravintonaan käyttävät eläimet ja toisaalta pedot ovat herkkiä metalleille ja niiden aiheuttamille muutoksille eläinten ravinnossa ja ympäristöoloissa. Toisaalta esim. Imatran terässulaton vaikutukset ympäröivään metsämaahan ovat vähäiset [3] ja todennettavissa vain mm. lierojen fysiologiassa [4].

Metallit ovat vaikuttaneet ainoastaan vähän suvuttomasti lisääntyvien hajottajaeläinten elinkiertopiirteisiin ja geneettiseen monimuotoisuuteen. Metsämaissamme hyvin runsas änkyrimato (*Cognettia sphagnetorum*) näyttää vain lievästi sopeutuneen metallikontaminoituneeseen ympäristöön, mikä osoittaa metallien aiheuttaman valintapaineen heikkoutta [5]. Metsälierolla (*Dendrobaena octaedra*) muut ympäristötekijät kuin maan kohonneet metallipitoisuudet näyttävät selittävän enemmän sen paikallista geneettistä monimuotoisuutta (Haimi, julkaisematon). Seksuaalisesti lisääntyvällä peltolierollakin (*Aporrectodea tuberculata*) sopeutuminen kohtuullisesti metallikontaminoituneeseen maahan osoittautui lieväksi [4].

Maaperän metallikontaminaatio on osoittautunut metsämaissamme paitsi vähäiseksi myös hyvin laikukkaaksi [6]. Maaperäeläimet pystyvät aistimaan ja välttämään kaikkein saastuneimmat laikut ja elämään puhtaammissa osissa maaperää. Tämä haitallisimpien laikkujen välttäminen on todettu laboratoriokokeissa änkyrimadoilla ja lieroilla [5, 7]. Nämä selvästi välttävät jo pitoisuuksia, joista niille ei vielä ole selkeästi osoitettavaa haittaa [6]. Toisaalta metsämaamme runsas orgaaninen aines sitoo metalleja tehokkaasti, mikä vähentää niiden saatavuutta ja vaikutuksia.

Metsänhoitotoimenpiteet muokkaavat hajottajaeläinten elinympäristöä

Metsänhoito hakkuineen ja niitä seuraavine maankäsittelyineen muuttaa huomattavasti hajottajaeläinten elinympäristöä ja resursseja. Kuitenkin sen vaikutukset hajottajaeläimiin on todettu varsin vähäisiksi [8]. Avohakkuu ja sitä seuraava maanmuokkauskaan eivät juuri muuta hajottajaeläimistöä muuten kuin mineraalimaalle paljastuneissa kohdissa. Toisaalta nämäkin alueet kolonisoidaan välittömästi, kun niihin alkaa keräytyä orgaanista ainesta. Metsikkötasolla muutoksien suuruuteen vaikuttaakin pääosin se, kuinka suuri osa maa-alasta käsitellään voimaperäisesti. Perinteisen avohakkuun jälkeen tietyt eläimet (kuten sieniä ravintonaan käyttävät ryhmät ja pedot) vähenevät, mutta toiset (kuten änkyrimadot) puolestaan lisääntyvät muutaman vuoden viiveellä [8]. Pehmeämmät metsänkäsittelyt, esim. harsintahakkuut, eivät juuri saa aikaan muutoksia hajottajaeläimistössä. Tällä hetkellä tutkimuksen kohteena on perinteistä avohakkuutakin rajumpi metsämaan käsittely, päätehakkuun jälkeinen kantojen korjuu, ja sen vaikutukset hajottajaeliöstöön.

Tuhkalannoitus ja kulotus eivät suuresti muuta hajottajaeläimistöä [9]. Ainoastaan suuret määrät tuhkaa (≥ 5000 kg/ha) saavat aikaan merkittäviä muutoksia maan kemiallisissa oloissa ja sitä kautta herkissä eläinryhmissä, kuten änkyrimadoissa ja eräissä mikroniveljalkaisryhmissä [9]. Toisaalta tulevaa ilmastonmuutosta jäljittelevä ilman lämpötilan ja hiilidioksidipitoisuuden kohottaminen ei saanut aikaan merkittäviä muutoksia hajottajaeläimistössä. Koealan sulkeminen ympäristöstä käsittelyiden ylläpitämisen vaatimiin kammioihin muutti itse asiassa eläimistöä enemmän kuin itse käsittelyt [10].

Kokonaisuutena voidaan todeta, että metsämaan hajottajaeläimistö on varsin resistentti häiriöille. Suurelta osin tämä johtuu metsämaan rakenteesta, runsaasta eloperäisestä aineksesta, joka puskuroi eliöstöä ja koko systeemiä ulkopuolisia häiriöitä vastaan. Tämä puskurointikyky näkyy niin kemikaalien kuin metsämaan muokkauksenkin vähäisinä vaikutuksina ja eliöstön nopeana palautumisena aiheutetun häiriön jälkeen. Toisaalta jos maan mikrobisto, esim. hajottajasieniyhteisö, kärsii häiriöstä, muutokset heijastuvat herkästi niitä resursseinaan käyttäviin eläinryhmiin.

Kirjallisuus

[1] Haimi, J. & Siira-Pietikäinen A. 1996. Decomposer animal communities in forest soil along heavy metal pollution gradient. - *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 354: 672-675.

[2] Haimi, J. & Mätäsniemi, L. 2002. Soil decomposer animal community in heavy-metal contaminated coniferous forest. - *European Journal of Soil Biology* 38: 131-136.

[3] Lukkari, T., Taavitsainen, M., Väisänen, A. & Haimi, J. 2004. Effects of heavy metals on earthworms along contamination gradients in organic rich soils. - *Ecotoxicology and Environmental Safety* 59: 340-348.

[4] Lukkari, T., Taavitsainen, M., Soimasuo, M., Oikari, A. & Haimi, J. 2004. Biomarker responses of the earthworm *Aporrectodea tuberculata* to copper and zinc exposure: differences between populations with and without earlier metal exposure. – *Environmental Pollution* 129: 377-386.

[5] Haimi, J., Knott, K.E., Selonen, S. & Laurikainen, M. 2006. Has long-term metal exposure induced changes in life history traits and genetic diversity of the enchytraeid worm *Cognettia sphagnetorum* (Vejd.)?. *Environmental Pollution* 140: 463-470.

[6] Salminen, J. & Haimi, J. 1999. Horizontal distribution of copper, nickel and enchytraeid worms in polluted soil. - *Environmental Pollution* 104: 351-358.

[7] Lukkari, T. & Haimi, J. 2005. Avoidance of Cu and Zn contaminated soil by three ecologically different earthworm species. - *Ecotoxicology and Environmental Safety* 62: 35-41.

[8] Siira-Pietikäinen, A., Pietikäinen, J., Fritze, H. & Haimi, J. 2001. Short-term responses of soil decomposer communities to forest management: clear felling versus alternative harvesting methods. - *Canadian Journal of Forest Research* 31: 88-99.

[9] Haimi, J., Fritze, H. & Moilanen, P. 2000. Responses of soil decomposer animals to wood-ash fertilization and burning in a coniferous forest stand. - *Forest Ecology and Management* 129: 53-61.

[10] Haimi, J., Laamanen, J., Penttinen, R., Räty, M., Koponen, S., Kellomäki, S. & Niemelä, P. 2005. Impacts of elevated CO_2 and temperature on the soil fauna of boreal forests. - *Applied Soil Ecology* 30: 104-112.

Hakkuut ja vesiensuojelu: Mitä maksaa typpikuormituksen vähentäminen suojavyöhykkeitä käyttäen?

Forest cuttings and water protection: How much does it cost to reduce nitrogen loading by using buffer zones?

Ari Laurén[1], Harri Koivusalo[1], Teemu Kokkonen[2] ja Leena Finér[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Joensuun yksikkö, PL 68, 80101, Joensuu
[2] Teknillinen korkeakoulu, Vesitalouden laboratorio, PL 5300, 02015 TKK

Johdanto

Metsän päätehakkuiden aiheuttamaa vesistöihin kohdistuvaa ravinne- ja kiintoainekuormitusta voidaan vähentää jättämällä hakkaamattomia ja muokkaamattomia suojavyöhykkeitä hakkualan ja vesistön väliin [1, 2]. Suojavyöhykettä vaativan puron tai muun vesistön määritelmä, sekä tarvittavan suojavyöhykkeen leveys vaikuttavat hakkuutoiminnan ulkopuolelle jäävään metsäpinta-alan määrään. Hakkuista pidättäytyminen aiheuttaa maanomistajalle tulonmenetyksiä, joita voitaisiin kompensoida suojavyöhykkeellä tehtävillä harvennushakkuilla. Toistaiseksi ei kuitenkaan tunneta suojavyöhykkeiden harvennushakkuiden vaikutusta valuma-alueilta tuleviin ravinnekuormituksiin.

Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida vesiensuojelun hyötyjä ja kustannuksia laskemalla suojavyöhykkeellä toteutettavan typpikuormituksen vähentämisen yksikkökustannuksia erilaisilla suojavyöhykkeillä ja hakkuuskenaarioilla. Suojavyöhykkeiden pidättämä typpimäärä laskettiin FEMMA-ekosysteemimallilla ja suojavyöhykkeen aiheuttamat kustannukset arvioitiin vaihtoehtoiskustannusmenetelmällä. Erilaisia suojavyöhyke- ja hakkuuskenaarioita verrattiin suhteessa typen vähentämisen yksikkökustannuksiin.

Aineisto ja menetelmät

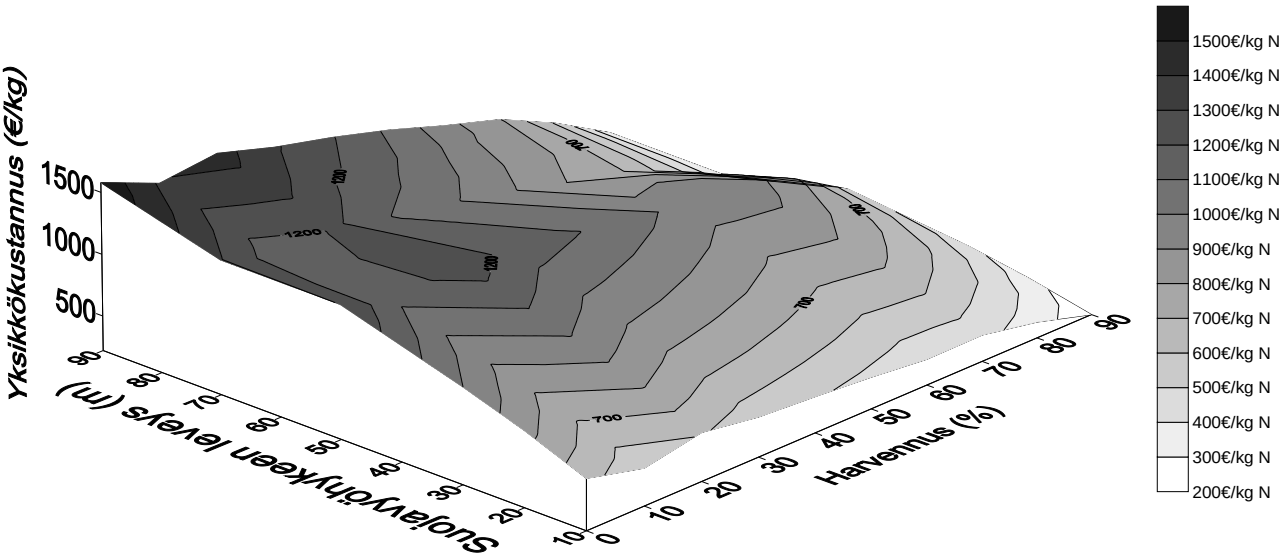
Laskimme FEMMA-ekosysteemimallilla [3, 4] erilaisia suojavyöhykeskenaarioita itäsuomalaiselle Kangasvaaran valuma-alueelle (pinta-ala 56 ha). Valuma-alueen ravinnevirtoja on tutkittu intensiivisesti ennen ja jälkeen avohakkuun, ja FEMMA-malli on kalibroitu toteutunutta hakkuuskenaariota sekä sitä vastaavia ravinnevirtoja vasten. Simuloidut skenaariot sisälsivät seitsemän eri levyistä suojavyöhykettä (0-90 m) joilla kullakin simuloitiin kymmenen intensiivisyydeltään vaihtelevaa harvennushakkuuta (0 – 90 % tilavuudesta); yksi simuloinneista edusti käsittelemätöntä luonnontilaa. Hakkuun aiheuttama viiden vuoden aikana kertynyt kokonaistyppikuormitus laskettiin vähentämällä simuloitu luonnonhuuhtouma kunkin skenaarion kuormituksesta. Suojavyöhykkeellä saavutettava kuormituksen vähennys laskettiin suojavyöhykkeettömän ja suojavyöhykkeellisen tilanteen kuormitusten erotuksena.

Vesiensuojelun kustannukseksi katsottiin suojavyöhykkeestä aiheutuvat tulonmenetykset, eli suojavyöhykkeelle pystyyn jäävän puuston arvo. Puuston arvo laskettiin tukki- ja kuitutilavuuden sekä niiden tämänhetkisten kantohintojen perusteella. Typpikuormituksen vähentämisen yksikköhinta (€ kg^{-1}) eri suojavyöhyke- ja harvennusvaihtoehdoille laskettiin jakamalla kustannukset suojavyöhykkeellä saavutettavalla kuormitusvähennyksellä.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Laskelmien perusteella typpikuormituksen vähentämisen yksikköhinta laskee kun suojavyöhyke pienenee ja harvennusintensiteetti kasvaa; samalla myös suojavyöhykkeellä saavutettava typen kuormituksen kokonaisvähennys laskee (Kuva 1). Toisaalta samaan

kokonaisvähennykseen päästään useilla eri suojavyöhyke- ja harvennuskombinaatiolla, joissa vähennyksen yksikköhinnat poikkeavat merkittävästi toisistaan. Tämä viittaisi siihen, että suojavyöhykkeen dimensioille ja käsittelyille olisi löydettävissä myös taloudellinen optimi. Laskelmien kokeellinen verifiointi olisi ensiarvoisen tärkeää kehitettäessä suuntaviivoja suojavyöhykkeiden rajausta ja metsänhoitoa varten.



Kuva 1. Hakkuualueelta tulevan typpikuormituksen vähentämisen yksikkökustannukset erialaisilla suojavyöhykkeen leveyksillä ja suojavyöhykkeillä toteutettavilla harvennushakkuilla.

Kirjallisuus

[1] Ahtiainen, M. & Huttunen, P. (1999). Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environmental Research*, 4: 101-114.

[2] Jacks, G. & Norrström, A.C. (2004). Hydrochemistry and hydrology of forest riparian wetlands. *Forest Ecology and Management*, 196: 187-197.

[3] Laurén, A., Finér, L , Koivusalo, H., Kokkonen, T., Karvonen, T., Kellomäki, S., Mannerkoski, H. & Ahtiainen, M. (2005). Water and nitrogen processes along a typical water flowpath and streamwater exports from a forested catchment and changes after clear- cutting: a modelling study. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9(6): 657-74.

[4] Kokkonen, T., Koivusalo, H., Laurén, A., Penttinen, S., Piirainen, S., Starr, M., Kellomäki, S. & Finér, L. (in press) . Implications of processing spatial data from a forested catchment for a hillslope hydrological model. *Ecological Modelling.*

Metsämaan CO_2-vuon ajallinen vaihtelu ja sitä säätelevät ympäristötekijät

Soil CO_2 efflux in a forest: its temporal variation and environmental factors regulating this variation

Sini Niinistö[1], Jouko Silvola[2] ja Seppo Kellomäki[1]

[1] Metsätieteellinen tiedekunta, Joensuun yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu
[2] Biotieteiden tiedekunta, Joensuun yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu

Maasta tulevan hiilidioksidivuon (CO_2-vuon) eli maahengityksen on arvioitu vastaavan neljännestä hiilen vuosittaisesta kokonaisvirrasta ilmakehän ja maa- sekä meriekosysteemien välillä [1]. Maahengitys on peräisin juurten hengityksestä ja maaperän hajotustoiminnasta. Tässä työssä tutkittiin männikön CO_2-vuota maasta, etenkin sen ajallista vaihtelua ja sitä säätelevien ympäristötekijöiden vaikutusta. Tavoitteena oli mahdollisimman luotettavien arvioiden laatiminen metsämaan hiilidioksidivuosta, joita voidaan jatkossa käyttää määritettäessä maan osuutta metsäekosysteemin vuotuisesta hiilivuosta tutkimusalueella. Tuloksia voidaan hyödyntää myös sekä kansallisten hiilen nielujen ja lähteiden arvioinnissa Kioton ilmastosopimusprosessia varten että laajemmin arvioitaessa boreaalisten mäntymetsien hiilen sidontaa.

Metsämaan CO_2-vuon vastetta eri ympäristötekijöihin kuten maan lämpötilaan ja vesipitoisuuteen sekä esimerkiksi lumikerroksen rakenteeseen ja syvyyteen tutkittiin kolmena vuotena viikoittain ja vuodenajoittain. Tutkimusalue sijaitsi kuivalla mäntykankaalla Ilomantsin Huhuksessa Itä-Suomessa. Maan CO_2-vuon mittauksessa käytettiin pääosin kannettavaa kaasuanalysaattoria suljetun, valoa läpäisemättömän mittauskammion kanssa.

Tulosten mukaan maan lämpötila oli tärkein maan CO_2-vuota selittävä tekijä, sen vaihtelun selittäessä jopa 75 % vuon vaihtelusta, mikä tuki jo varhain esitettyjä tuloksia lämpötilan suuresta merkityksestä (esim. [2]). Maan CO_2-vuon lämpötilariippuvuuden havaittiin olevan riippuvainen ajankohdasta ja toisaalta lämpötila-alueesta: Maan CO_2-vuon taso oli korkeampi elo-lokakuun mittauksissa verrattuna touko-kesäkuussa mitattuihin havaintoihin, vaikka maan lämpötila olisi ollut sama. Toisaalta kolmen vuoden yhdistetty aineisto paljasti, että alhaisissa maan lämpötiloissa, alle +5°C, maan CO_2-vuon nousu per 1°C:n nousu lämpötilassa oli noin kolminkertainen kuin se, mikä havaittiin esim. 10–15°C:n lämpötila-alueella. Yli 15 °C:n lämpötiloissa maan CO_2-vuon ja maan lämpötilan välillä ei ollut lineaarista korrelaatiota.

Maan vesipitoisuus paljastui moniselitteiseksi ympäristötekijäksi, joka joko rajoitti tai lisäsi maan CO_2-vuota riippuen kosteusalueesta niin, että "märkänä" vuonna sen vaikutus oli pelkästään negatiivinen eli vuota vähentävä ja "kuivana" vuonna mahdollisesti sekä positiivinen että negatiivinen. Kivennäismaan ylimmässä 30 cm:ssä mitattujen vesipitoisuuksien keskiarvo toimi kuivana vuonna yhtä hyvänä selittäjänä kuin pintamaan vesipitoisuus, joka kuvasti sekä ylimmän kivennäismaakerroksen että orgaanisen kerroksen kosteutta. Maan vesipitoisuuden vaikutus oli selvästi pienempi kuin lämpötilan, kuten aikaisemminkin on arvioitu [3]. Kosteuden vaikutusta metsämaan CO_2-vuohon tarkasteltiin myös yhdessä lämpötilan vaikutuksen kanssa.

Lumen rakenne osoittautui yhdeksi tärkeäksi maan CO_2-vuon pääsyä ilmakehään säätelevä ksi tekijäksi: Talvimittaukset osoittivat, että talvisin hiilidioksidin tuotanto jatkui maassa lumipeitteen alla, mutta lumen kerrostunut rakenne rajoitti hiilidioksidin pääsyä ilmakehään etenkin kevättalvella. Kuuden kuukauden lumipeitteisen ajan tuotannon osuudeksi arvioitiin n. 10-20 % metsämaan vuotuisesta CO_2-vuosta.

Lumettomalle kuuden kuukauden kaudelle muodostettiin lineaarinen monimuuttujamalli, jossa sekä lämpötila että kosteus olivat maan CO_2-vuon vaihtelun selittäjinä. Mallin validoinnissa oli käytettävissä neljännen, mallin ulkopuolisen, vuoden mittausaineisto samalta paikalta.

Kirjallisuus

[1] Post, W.M., Peng, T.-H., Emanuel, W.R., King, A.W., Dale, V.H. & DeAngelis, D.L. 1990. The global carbon cycle. *American Scientist* 78: 310–326.
[2] Witkamp, M. 1966. Rates of carbon dioxide evolution from the forest floor. *Ecology* 47(3): 492–494.
[3] Schlesinger, W. H. 1977. Carbon balance in terrestrial detritus. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8: 51–81.

Lisääkö maanmuokkaus ravinteiden huuhtoutumista avohakkuualalta?

Does soil harrowing increase the nutrient leaching from a forest clear cut area?

Sirpa Piirainen[1], Leena Finér[1], Hannu Mannerkoski[2], Marjo Palviainen[1] ja Michael Starr[3]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Joensuun yksikkö, PL 68, 80101 Joensuu,
sirpa.piirainen@metla.fi, leena.finer@metla.fi, marjo.palviainen@metla.fi
[2] Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tdk, PL 111, 80101 Joensuu,
hannu.mannerkoski@joensuu.fi
[3] Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin Yliopisto,
mike.starr@helsinki.fi

Johdanto

Avohakkuun jälkeen tehtävä maanmuokkaus paljastaa kivennäismaata ja kasaa humusta, hakkuutähteitä ja kuollutta pintakasvillisuutta palteiksi. Palteissa orgaanisen aineen hajotus ja ravinteiden vapautuminen voi olla suurempaa kuin muokkaamattomalla pinnalla [1]. Muokkaus tuhoaa myös suuren osan pintakasvillisuudesta ja vähentää ravinteiden ottoa. Nämä muutokset voivat lisätä ravinteiden huuhtoutumista.

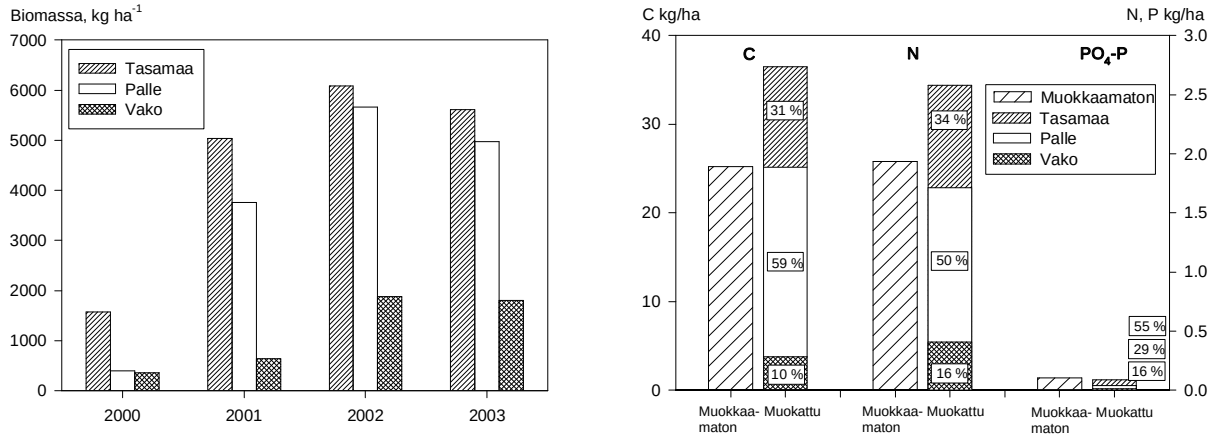
Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalue sijaitsi moreenimaalla Kangasvaaran valuma-alueella Itä-Suomessa. Avohakkuu uudistuskypsässä mustikkatyypin kuusivaltaisessa sekametsässä toteutettiin syksyllä 1996, äestys syksyllä 1998 ja taimien istutus keväällä 1999. Muokkauksen jälkeen häiriintymätöntä pintaa oli 45 %, palteita 25 % ja vakoja 30 % avohakkuualan pinta-alasta. Tutkimuksessa seurattiin maaveden määrää ja sen hiili-, typpi- ja fosforipitoisuuksia sekä pintakasvillisuuden kehitystä. Maavettä kerättiin vajovesilysimetrein palteen, vaon ja muokkaamattoman pinnan alla E- ja B-horisonteista vuosina 1999-2003. Pintakasvillisuuden biomassa ja siihen sitoutuneet ravinnemäärät määritettiin korjuumenetelmällä eri muokkauspinnoilta vuosina 2000-2003.

Tulokset ja tarkastelu

Huuhtoutumiskerroksen (E) alta kerätyssä maavedessä hiilen ja orgaanisen typen pitoisuudet kasvoivat palteen alla heti ensimmäisenä vuonna maanmuokkauksen jälkeen ja ne pysyivät korkeina koko tutkimusjakson ajan. Epäorgaanisen typen pitoisuudet olivat korkeimmillaan 2-3 vuotta muokkauksen jälkeen, jonka jälkeen ne laskivat. Rikastumiskerroksen (B) alta kerätyssä maavedessä vastaavat erot näkyivät myöhemmin, sillä B-kerros pidätti hiili- ja typpiyhdisteitä. Korkeimmat fosfaattipitoisuudet E-kerroksen alta kerätyssä maavedessä havaittiin heti maanmuokkauksen jälkeen palteessa ja ne laskivat tutkimusjakson kuluessa. B-kerroksen alta kerätyssä maavedessä fosfaattipitoisuudet eivät enää eronneet eri muokkauspintojen alla. Palteen alta mitatut kohonneet hiili-, typpi- ja fosforipitoisuudet johtuivat todennäköisesti palteeseen kasautuneen orgaanisen aineen hajotuksesta ja mineralisaatiosta. Palteissa myös nitrifikaatio oli todennäköisesti voimakkaampaa kuin muualla. Vaossa pitoisuudet olivat alhaisimmat. Maaveden epäorgaanisen typen pitoisuudet pienenivät samaan aikaan, kun pintakasvillisuuden biomassa palteissa saavutti muokkaamattoman pinnan biomassan (kuva 1). Pintakasvillisuuden ravinteiden otto lienee siis pääasiallinen selitys ammonium- ja nitraattitypen pitoisuuksien pienenemiseen maavedessä tutkimusjakson aikana. Kokonaisuudessaan maanmuokkaus lisäsi hiilen ja typen huuhtoutumista E- ja B-kerrosten alle verrattuna tilanteeseen, jossa maata ei olisi muokattu (kuva 1). Koko avohakkuualalta eri muokkauspintojen osuudella painotettu hehtaarikohtainen typen, fosforin ja hiilen huuhtouma oli rikastumiskerroksen alta viiden vuoden aikana

yhteensä 2,58 kg N, 0,09 kg P ja 36,5 kg C. Jos muokattua pintaa olisi ollut 100 %, olisivat laskennalliset huuhtoumat kasvaneet n. 10 %. Pintakasvillisuuden nopea palautuminen tasapinnoille ja palteeseen ja koealueen sijainti alhaisen typpilaskeuman alueella (< 3 kg N a^{-1}) olivat todennäköisesti pääsyyt suhteellisen pieneen epäorgaanisen typen huuhtoumamäärään ja sen lyhyeen kestoon. Erot pintakasvillisuuden kehittymisessä lienevät selitys myös siihen, miksi aikaisemmissa tutkimuksissa samanlaisissa ilmasto- ja laskeumaolosuhteissa on havaittu pitkäkestoisia epäorgaanisen typen huuhtoumia avohakkuun ja maanmuokkauksen jälkeen [2, 3]. Rikastumiskerroksen hyvä fosforinpidätyskyky taas selitti vähäiset fosforihuuhtoumat. Absoluuttiset huuhtoumamäärät olivat myös hyvin pieniä, jos niitä verrataan hakkuutähteinä avohakkuualalle jääneeseen typpi- tai fosforimäärään (173 kg N ja 21 kg P ha^{-1}) tai pintakasvillisuuteen vuosittain sitoutuneeseen määrään (v. 2003: 34 kg N ja 3,9 kg P ha^{-1}). Kuitenkin hiilen ja kokonaistypen vuosihuuhtoumat B-horisontin alle olivat 7 vuotta hakkuun ja 5 vuotta maanmuokkauksen jälkeen edelleenkin kolminkertaisia verrattuna tilanteeseen ennen hakkuuta.



Kuva 1. Pintakasvillisuuden biomassa sekä muokkaamattomalta ja muokatulta alueelta 5 vuoden aikana rikastumiskerroksen alle huuhtoutuneen typen, fosforin ja hiilen määrä. Vuoden 2000 biomassa sisältää vain maanpäälliset osat. Vaosta ei myöskään mitattu maanalaista biomassaa vuonna 2001, mutta kaikki muut arvot sisältävät sekä maanpäällisen että maanalaisen biomassan. Muokatun alueen huuhtouma on laskettu ottaen huomioon eri muokkauspintojen osuus.

Kirjallisuus

[1] Smolander, A., Paavolainen, L., Mälkönen, E., 2000. C and N transformation in forest soil after mounding for regeneration. *For. Ecol. Manage.* 134, 17-28.

[2] Kubin, E., 1998. Leaching of nitrate nitrogen into the groudwater after clearfelling and site preparation. *Boreal Environ. Res.* 3, 1-8.

[3] Ahtiainen, M. ja Huttunen, P., 1999. Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environ. Res.* 4, 101-114.

Vaikuttaako maan jäätyminen torjunta-aineiden kulkeutumiseen?

Does soil freezing affects pesticide transport in soil?

Katri Siimes[1, 2] ja Tuomo Karvonen[2]

[1] Suomen ympäristökeskus (SYKE), PL 140, 00251 Helsinki
[2] Teknillinen korkeakoulu, Vesitalouden laboratorio, PL 5200, 02015 TKK

Johdanto

Yleensä korkeimmat valumavesien torjunta-ainepitoisuudet havaitaan kesällä ensimmäisissä ruiskutuksen jälkeisissä valumavesissä. Vuotuisesta torjunta-ainekuormituksesta kevään osuus on silti merkittävä, mikä johtuu suurista vesimääristä. Lisäksi on havaittu, että myös torjunta-ainepitoisuudet nousevat keväällä, kun maa sulaa [1, 2]. Maan jäätymisen ja sulamisen uskotaan liittyvän tähän ilmiöön, mutta vaikutusmekanismeja ei tunneta kunnolla.

Torjunta-aineiden ympäristökäyttäytymisen arvioinnissa käytetään yhä enenevässä määrin simulointimalleja. Näissä malleista valtaosa ei huomioi maan jäätymistä lainkaan. Tämän työn lähtökohtana oli selvittää, kuinka suuri vaikutus puuttuvalla jäätymisenkuvauksella on simuloituihin torjunta-aineiden huuhtoutumiin. Työssä keskityttiin maan jäätymisen aiheuttamiin muutoksiin maaveden ja siihen liuenneiden aineiden liikkeissä. Vaikutukset torjunta-aineiden sitoutumiseen rajattiin tämän työn ulkopuolelle.

Esimerkkitapauksen simulointi

Suomalaisessa huuhtoutumiskenttäkokeessa seurattiin kolmen torjunta-aineen pitoisuuksia valumavesissä kesästä seuraavaan kevääseen [2]. Pintavalunnan torjunta-ainepitoisuudet laskivat melko tasaisesti kesällä ja syksyllä, mutta nousivat maan sulamisen aikaan. Salaojavedessä ei havaittu torjunta-aineita syksyllä, mutta pitoisuudet olivat korkeita kevään ensimmäisissä vesinäytteissä. Keväinen torjunta-ainepulssi viittaa ohivirtausreitin aukeamiseen maan sulamisen yhteydessä.

Torjunta-aineiden käyttäytymistä tässä huuhtoutumiskenttäkokeessa simuloitiin kahdella mallilla: MACRO 5.0:lla [3] ja CROPWATN-P:llä. Ruotsalainen MACRO 5.0 valittiin käytettäväksi, koska se huomioi kulkeutumisen ohivirtausreittien kautta. MACRO:ssa ei kuitenkaan ole maan jäätymisen kuvausta. Sen vuoksi kehitettiin CROPWATN-P. Siinä lasketaan lämmön johtuminen ja lämpötase (olomuodon muutoksineen) termodynamiikan lakien mukaisesti olettaen maan horisontaaliset laskentakerrokset homogeenisiksi. Jään tilavuusosuuden kasvaessa maan vedenjohtavuuden oletetaan alenevan Motovilovin yhtälön mukaisesti.

Sekä MACRO:ssa että CROPWATN-P:ssä veden ja liuenneiden aineiden liikkeet on kuvattu erikseen mikro- ja makrohuokossysteemeissä, jotka ovat vuorovaikutuksissa toisiinsa. Tämä vuorovaikutus on kuvattu hiukan eri tavoin näissä malleissa, mutta eron ei ole havaittu vaikuttavan merkittävästi simulointituloksiin [4]. Molemmissa malleissa torjunta-aineiden hajoamisnopeus hidastuu maan viilentyessä, mutta maan lämpötila ei vaikuta aineiden sitoutumiseen. MACRO soveltuu CROPWATN-P:tä paremmin normaalin viljelykäytännön simulointiin. Esimerkkitapauksessa torjunta-aineet ruiskutettiin paljaalle maalle, eikä maata muokattu lainkaan. Siten mallien kuvauksien erot kasvin kasvun ja muokkauksien suhteen eivät vaikuttaneet simulointituloksiin. Mallit parametrisoitiin mahdollisimman samalla tavalla ja lähtötietona käytettiin samaa sääaineistoa. Oletuksena oli, että simulointitulosten erot johtuisivat lähinnä maan jäätymisen kuvauksesta.

Simulointitulokset

Simuloidut vesitaseet olivat lähellä toisiaan ja kumulatiiviset arvot vastasivat havaittuja. Lumen vesiarvon simulointi onnistui hyvin molemmilla malleilla. CROPWATN-P:llä simuloitu lumipeitteen paksuus ja roudan syvyys vastasivat erinomaisesti havaittuja. MACROlla näitä ei voitu simuloida. Molemmat mallit yliarvioivat talven pinta- ja salaojavaluntoja. Motovilovin yhtälön kokeellisen parametrin arvolla ei ollut vaikutusta simulointitulokseen, mikä osoittaa että käytetyllä jäätymisen kuvauksella ei tässä koeasetelmassa, jossa koekenttä routaantui vain muokkauskerroksesta, ollut merkitystä vesitalouteen.

Kummallakaan mallilla ei saatu simuloitua torjunta-ainepitoisuuksien nousua kevään salaojavalunnoissa. MACRO 5.0:lla toisen testiaineen simuloidut pitoisuudet kasvoivat kevään pintavalunnoissa, mutta jäivät silti kertaluokkaa pienemmiksi kuin havaitut arvot.

Alustavia päätelmiä

Esimerkkitapauksessa kahden mallin simulointitulokset eivät eronneet merkittävästi toisistaan, vaikka toisessa mallissa oli mukana yksinkertainen maan jäätymisen kuvaus ja toisesta se puuttui. On mahdollista, että mallien väliset erot olisivat tulleet näkyviin, mikäli maa olisi routaantunut voimakkaammin. Käytetyillä malleilla ei voitu simuloida niitä havaittuja torjunta-ainepitoisuuksien muutoksia, joiden oletettiin johtuvan maan jäätymisestä ja sulamisesta.

CROPWATN-P:ssä käytetty jäätymismalli ei huomioinut maan eri kokoisten huokosten eri aikaista jäätymistä ja sulamista eikä myöskään roudan aiheuttamia muutoksia ohivirtausreitteihin. Nämä ilmiöt saattaisivat selittää havaittuja tuloksia, mutta niiden matemaattinen kuvaus on vaikeaa. Jäätymisen vaikutuksia maan hydrologiaan on kuvattu matemaattisesti vain harvoissa julkaisuissa [esim. 5, 6], eikä sopivia helposti kopioitavissa oleva ratkaisuja ole löytynyt. Mallin kehittämiseen soveltuvaa aineistoa ei ole löydetty. Maan jäätymisen vaikutuksesta veden ja aineiden kulkeutumiseen tarvittaisiin kokeellista tutkimusta.

Kirjallisuus

[1] Kladivko, E., Brown, L. and Baker, J. 2001. Pesticide Transport to Subsurface Tile Drains in Humid Regions of North America. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 31(1):1-62.
[2] 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.
[3] Larsbo, M. and Jarvis, N. 2003. MACRO 5.0. A model of water flow and solute transport in macroporous soil. Technical description. *Emergo* 2003:6. Upsala. 47 p.
[4] Simunek, J., Jarvis, N., van Genuchten, M. and Gardenas, A. 2003. Review and comparison of models for describing non-equilibrium and preferential flow and transport in the vadose zone. *Journal of Hydrology* 272:13-35.
[5] Hansson, K., Simunek, J., Mizoguchic, M., Lundin, L. and van Genuchten, M. 2004. Water Flow and Heat Transport in Frozen Soil, Numerical Solution and Freeze–Thaw Applications. *Vadose Zone Journal* 3:693-704.
[6] Stähli, M., P.-E. Jansson, and L.-C. Lundin. 1996. Preferentialwater flow in a frozen soil - a two-domain model approach. *Hydrological Processes* 10:1305-1316

Strategia maaperän suojelemiseksi Euroopan Unionissa

Strategy for soil protection in the European Union

Teija Haavisto
Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki, etunimi.sukunimi@ymparisto.fi

Strategian valmistelu

Kuudennessa ympäristöä koskevassa Euroopan unionin toimintaohjelmassa [1] vaadittiin komissiota tekemään 7 teemakohtaista strategiaa, joista yksi koski maaperää. Strategian valmistelu alkoi komission vuonna 2002 antamalla tiedonannolla ”Kohti maaperänsuojelun teemakohtaista strategiaa" [2]. Siinä todettiin, että maaperää tulee suojella ja säilyttää se toimintakykyisenä. Euroopan maaperän kannalta keskeisimmiksi uhkiksi tunnistettiin eroosio, orgaanisen aineen vähentyminen, pilaantuminen, tiivistyminen, maaperän sulkeminen rakentamisella, biodiversiteetin vähentyminen, suolaantuminen sekä maanvyörymät ja tulvat. Strategian valmistelu jatkui neuvotteluprosessilla, johon osallistui yli 400 eri tahojen edustajaa ja se tuotti kuusiosaisen raportin [3] komission jatkotyön pohjaksi. Maaperänsuojelustrategia hyväksyttiin komissiossa 22.9.2006.

Strategian sisältö

Maaperänsuojelustrategia koostuu tiedonannosta [4], maaperänsuojelun puitedirektiiviehdotuksesta [5] ja vaikutusten arvioinnista [6]. Strategian tavoitteena on estää maaperän etenevä huonontuminen ja säilyttää se toimintakykyisenä. Lisäksi huonontuneet alueet tulee palauttaa sellaisiksi, että ne soveltuvat nykyiseen ja tulevaan käyttötarkoitukseensa ottaen kuitenkin huomioon aiheutuvat kustannukset.

Strategian toimeenpanoa varten tarvitaan maaperänsuojelun puitedirektiivi, maaperänsuojelun sisällyttäminen niin kansalliseen kuin yhteisön politiikkojen laatimiseen ja toimeenpanoon, tutkimuksen suuntaamista tiedon puutteiden korjaamiseen ja yleisen tietoisuuden lisäämistä maaperänsuojelun tarpeellisuudesta.

Puitedirektiiviehdotus

Direktiivi katsottiin tarpeelliseksi maaperän yhä nopeammin etenevän huonontumisen vuoksi. Lisäksi EU-maissa lainsäädäntö on maaperän kannalta katsottuna kovin pirstaleinen ja puutteellinen. Puitedirektiiviä pidetään parhaimpana ratkaisuna, koska sen kautta voidaan varmistaa kattava lähestymistapa ja jättää jäsenvaltioille liikkumavaraa tavoitteiden ja toimenpiteiden määrittelyssä.

Direktiivin sisältää yleisten säädösten lisäksi säädöksiä tiettyjen maaperäriskien ehkäisystä, lieventämisestä ja riskialueiden ennallistamisesta, maaperän pilaantumisongelmien hallinnasta, yleisen tietoisuuden parantamisesta, raportoinnista ja tietojen vaihdosta.

Yleiset maaperänsuojelua koskevat velvoitteet

Direktiivi edellyttää, että politiikan muilla aloilla otetaan huomioon ja arvioidaan toimien vaikutusta maaperää huonontaviin prosesseihin. Kaikkien niiden, joiden toimet voivat merkittävästi heikentää maaperän toimintoja, tulee ennalta ehkäistä tai minimoida haitallisia vaikutuksia. Maaperän sulkemista rakentamalla tulee vähentää ja sen haittavaikutuksia lieventää rakennusteknisin ratkaisuin.

Riskialueita koskevat määräykset

Jäsenmaiden on 5vuoden kuluessa direktiivin voimaantulosta tunnistettava eroosion, orgaanisen aineen vähentymisen, tiivistymisen, suolaantumisen ja maanvyörymien riskialueet käyttäen EU:n tasolla yhteisiä kriteereitä [7]. Riskialueille tulee määritellä riskien vähentämistavoitteet ja -toimenpiteet, aikataulu toteutukselle ja arvio tarvittavasta rahoituksesta. Toimenpideohjelma tulee tehdä 7vuoden kuluttua voimaantulosta ja sen

toteuttaminen on aloitettava 8 vuoden kuluttua. Riskialueiden tiedot on päivitettävä 10 vuoden välein ja toimenpideohjelma tulee tarkistaa 5 vuoden välein.

Maaperän pilaantuminen

Direktiivin mukaan haitallisten aineiden pääsyä maaperään on rajoitettava, ettei niitä pääse kertymään maahan siinä määrin, että ne aiheuttaisivat haittaa maaperän toiminnoille tai merkittäviä riskejä ihmisen terveydelle tai ympäristölle. Jäsenvaltioiden tulee yhteisen maaperän pilaantumisen määritelmän ja yhteisen mahdollisesti pilaavien toimialojen listan perusteella kartoittaa pilaantuneet maa-alueet 5 vuoden kuluessa direktiivin toimeenpanosta. Kartoitettujen kohteiden maaperän tila on selvitettävä ja tarvittaessa on tehtävä riskinarviointi 25 vuoden kuluessa direktiivin voimaantulosta. Kansallinen kunnostusstrategia tulee tehdä 7 vuoden kuluessa direktiivin voimaantulosta. Sen tulee sisältää kunnostustavoitteet, kohteiden priorisointi (tärkeimpinä merkittävää terveysriskiä aiheuttavat kohteet), toteutuksen aikataulu ja rahoitussuunnitelma. Kunnostusstrategia on tarkistettava 5 vuoden välein. Lisäksi direktiivissä määrätään, että kiinteistön omistussuhteiden muuttuessa, joko omistajan tai mahdollisen ostajan on selvitettävä maaperän tila, jos alueella on ollut toimialalistassa mainittua toimintaa. Lisäksi jäsenmaiden tulee varmistaa pilaantuneiden maa-alueiden kunnostaminen mm. perustamalla rahoitusmekanismi isännättömien kohteiden kunnostamista varten.

Yleisen tietoisuuden parantaminen ja raportointi

Jäsenmaiden tulee parantaa yleistä tietoisuutta maaperän suojelusta ja edistää tietojen ja kokemusten vaihtoa maaperän kestävästä käytöstä. Jäsenmaiden on 8 vuoden kuluttua direktiivin voimaantulosta ja sen jälkeen viiden 5 välein raportoiva komissiolle direktiivissä mainittujen velvoitteiden toteuttamisesta.

Vaikutusten arviointi

Maaperän huonontumisen kustannuksien arvioidaan Euroopan Union alueella olevan 38 miljardia euroa vuodessa. Puitedirektiivin vaatimien toimenpiteiden, lähinnä riskialueiden tunnistamisen ja pilaantuneiden maiden kartoituksen, arvioitiin maksavan ensimmäisten 5 toimeenpanovuoden aikana 290 miljoonaa euroa vuosittain. Sen jälkeen 20 vuoden ajan 240 miljoonaa euroa vuosittain ja sitten kustannukset putoavat alle 2 miljoonaan euroon vuodessa.

Kirjallisuus:

[1] Euroopan yhteisöjen komissio, 2001. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle Kuudes ympäristöä koskeva Euroopan yhteisön toimintaohjelma "Ympäristö 2010: Tulevaisuutemme valinta"- Kuudes ympäristöä koskeva toimintaohjelma. KOM / 2001/0031 lopullinen.

[2] Euroopan yhteisöjen komissio, 2002. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle – Kohti maaperänsuojelun teemakohtaista strategiaa. KOM (2002) 179 lopullinen. 16.4.2002 Bryssel

[3] Van-Camp, L., Bujarrabal, B., Gentile A.R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S.-K. 2004. Reports of the technical working groups –Established under the thematic strategy for soil protection vol. 1-6. EUR 21319 EN/1. European commission, Joint Research Centre, European Environment Agency.

[4] Euroopan yhteisöjen komissio 2006. Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle – Maaperän suojelua koskeva teemakohtainen strategia. KOM (2006) 231 lopullinen. 22.9.2006 Bryssel.

[5] Commission of the European communities 2006. Proposal for a directive of the European parliament and of the council establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC (presented by the Commission). COM (2006) 232 final. 2006 / 0086 (COD). 22.9.2006. Brussels.

[6] Commission of the European communities 2006. Commission staff working document . Document accompanying the communication from the commission to the council, the European parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions. Thematic strategy for Soil Protection. Impact assessment of the thematic strategy on soil protection. SEC (2006) 620. 22.9.2006. Brussels.

[7] Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carré, F., Houšková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M., Kozak, J., Le Bas, C., Tóth, G., Tóth, T., Várallyay, G., Yli-Halla, M. & Zupan, M. 2006. Common criteria for risk area identification according to soil threats. European Soil Bureau Research Report No 20, EUR 22185 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Peltomaan laadun mittaaminen tiloilla

On-farm soil quality determination

Merja Myllys[1], Laura Alakukku[2] ja Ansa Palojärvi[1]

[1] MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 JOKIOINEN
[2] Helsingin yliopisto, Agroteknologian laitos, 00014 HELSINGIN YLIOPISTO

Tausta

Kaikelle peltoviljelylle on tärkeää, että huolehditaan maan hyvästä rakenteesta, kasvien luontaisesta ravinteiden saannista ja maan vesitaloudesta, ja vältetään ympäröivien ekosysteemien kuormittamista. Maan hyvä kunto pitää sisällään useita eri tekijöitä. Kemialliset tekijät kuvaavat maan ravinnetilaa, eloperäistä ainesta ja happamuutta. Fysikaaliset tekijät ovat keskeisiä maan rakenteelle, vesitaloudelle ja eroosioriskille. Biologiset tekijät taas vaikuttavat luontaiseen ravinteidensaantiin vapauttamalla ravinteita eloperäisestä aineksesta ja ovat mukana maan rakenteen muodostuksessa synnyttämällä humusta, sitomalla pintamaan muruja ja luomalla ns. biohuokosia. Kun näihin liitetään kestävän maatalouden ajatus, voidaan puhua maan laadusta.

Monipuolista mittaristoa maan laadun arvioimiseksi ja kehityksen seuraamiseksi tiloilla ei Suomessa ole toistaiseksi ollut tarjolla. Kansainvälisesti mittaristoja on olemassa [1], ja meilläkin tarve peltomaan biologisten ja fysikaalisten ominaisuuksien arvioimiseen viljavuustutkimuksen täydentäjänä on ollut ilmeinen [2]. MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus ja ProAria Maaseutukeskusten liitto ovat nyt yhdessä kehittäneet Suomen oloihin soveltuvan ja testatun Peltomaan laatutestin.

Peltomaan laatutesti

Hankkeen päätavoitteena oli kehittää pellolla tehtävä, neuvoja- ja viljelijäkäyttöön soveltuva testi maan laadun monipuolista arviointia varten. Kehitetty testi sisältää kolme osaa, joissa kaikissa arvioidaan tai mitataan maan biologisia, fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Viljavuusanalyysin tulos sisällytetään testiin.

Peltomaan laatutestissä on mukana sekä laadullisia että määrällisiä mittareita. Testin ensimmäinen osa, itsearviointi, on laadullinen mittari, joka luokittelee maan ominaisuuksia karkealla asteikolla. Se on kyselylomake, joka perustuu viljelijän omaan arvioon tai muistikuviin maan laadusta. Tällaisen mittarin etuna on helppokäyttöisyys ja nopeus, mutta testitulokseen vaikuttavat paljon testin tekijän näkemys ja kokemus.

Testin toinen ja tärkein osa perustuu maahan kaivetusta kuopasta tehtäviin aistinvaraisiin havaintoihin ja saatujen havaintojen luokitteluun. Tämäntyyppisen laadullisen mittarin etuna on aito kosketus maahan. Huonona puolena on subjektiivisuus ja siten tulosten huono vertailtavuus. Luotettavuutta voidaan parantaa arvioimalla useita tekijöitä samanaikaisesti. Myös koulutus ja kokemus lisäävät mittarin luotettavuutta.

Testin kolmas osa koostuu määrällisistä mittauksista, jotka antavat tarkkoja numeerisia tuloksia. Nämä, tässä testissä täydentäviksi mittauksiksi kutsuttavat mittaukset, antavat vertailukelpoisia tuloksia eri paikkojen ja tekijöiden välillä. Mittausten teko vaatii kuitenkin aikaa ja lisää arvioinnin kustannuksia.

Testissä valittiin havaintojen ja mittausten kohteeksi tekijöitä, jotka oleellisimmin kuvaavat maan laatua. Mikään yksittäinen havainto tai mittaus ei voi sitä kuvata, vaan kattavassa maan

laadun arvioinnissa on huomioitava useita osatekijöitä samanaikaisesti. Arvioitavien ominaisuuksien on myös oltava sellaisia, joihin viljelijällä on mahdollisuus vaikuttaa. Havaintoja tehdään muun muassa maan rakenteesta, murtuvuudesta, muruista, kasvustotähteiden hajoamisesta sekä maaperäeläinten ja kasvin juuren aiheuttamasta maan reikäisyydestä. Havainnot tehdään erikseen ruokamultakerroksesta ja pohjamaasta, ja lisäksi tutkitaan, löytyykö maaprofiilista tiivistyneitä kerroksia. Täydentävissä mittauksissa mitataan vedenjohtavuus pinta- ja pohjamaasta, jotka kuvaavat maan rakennetta, sekä lierojen esiintymien ja maahengityksen voimakkuus, jotka kuvaavat maan biologista aktiivisuutta.

Peltomaan laatutestiä kehitettäessä ProAgria Maaseutukeskusten neuvojat eri puolella Suomea testasivat kokonaisuutta. Testiä, ohjeistusta ja välineistöä muokattiin käyttökokemusten perusteella. Testiä kehitettiin mahdollisimman yksinkertaiseksi ja helppokäyttöiseksi mutta silti luotettavaksi maan laadun mittariksi.

Tulosten hyödyntäminen

Testin tulokset annetaan arvosanoilla 1-10 kullekin maan laadun osatekijälle erikseen, jotta tuloksista voi nähdä, mikä osatekijä mahdollisesti kaipaa parantamista. Maalaji on otettu huomioon tulosten skaalauksessa. Havaintojen ja mittaustulosten skaalauksessa arvosteluasteikolle on käytetty hyväksi MTT:n tutkimustuloksia ja kirjallisuudesta saatuja tietoja. Tulosten tulkintaa tarkennetaan jatkossa sitä mukaa kun uusia tutkimustuloksia syntyy.

Mittausten tulokset on mahdollista koota valtakunnallisesti ProAgrian lohkotietopankkiin, jolloin viljelijöiden on mahdollista vertailla oman tilansa tuloksia esimerkiksi muihin saman alueen, maalajin tai kasvilajin tuloksiin. Lohkotietopankkiin kertyviä tuloksia voidaan jatkossa käyttää hyväksi myös testitulosten tulkinnan tarkentamisessa.

Maan laadun arviointi on tärkeää useista syistä. Se opettaa viljelijää tuntemaan maansa pintaa syvemmältä ja kartoittaa maan laadussa esiintyviä ongelmia. Se myös auttaa tekemään oikeita päätöksiä pellon kunnostus- ja viljelytoimista ja mahdollistaa maan laadun kehityksen seuraamisen. Tavoitteena on, että oman tilan peltojen kunnon seuraaminen ja arvojen vertailu motivoisi viljelijöitä maan laatua edistäviin muutoksiin. Maan laadun arvioimista voidaan soveltaa myös vesiensuojelutyössä maaperästä aiheutuvien riskien arvioimiseksi ja paikantamiseksi.

Valmista Peltomaan laatutestiä esitellään yksityiskohtaisemmin tässä kokouksessa esillä olevassa posterissa (Myllys ym.: Peltomaan laatutesti Agronetissä). Sen yhteydessä on mahdollisuus tutustua Agronetissä julkistettuihin testin internet-sivuihin [3].

Kirjallisuus

[1] Kukkonen, S., Alakukku, L., Myllys, M. & Palojärvi, A. 2004. Maan laadun arviointi tiloilla. *Maa- ja elintarviketalous* 63. 86 s. http://www.mtt.fi/met/pdf/met63.pdf
[2] Palojärvi, A. & Nuutinen, V. 2002. The soil quality concept and its importance in the study of Finnish arable soils. *Agricultural and food science in Finland* 11(2002): 329-342. http://www.mtt.fi/afs/
[3] Peltomaan laatutesti. www.agronet.fi > Kasvi > Peltomaan laatutesti

Nitrogen deposition and leaching on Forest Focus /ICP Forests intensive monitoring plots in Finland

Typen huuhtouma ja laskeuma Forest Focus /ICP metsien intensiiviseurannan aloilla

Kaisa Mustajärvi[1], John Derome[2], Antti-Jussi Lindroos[3], Päivi Merilä[1], Pekka Nöjd[3] ja Liisa Ukonmaanaho[3]

[1] Finnish Forest Research Institute, Parkano Research Unit, Kaironiementie 54, 39700 Parkano, kaisa.mustajarvi@metla.fi
[2] Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Unit, PL 16, 96301 Rovaniemi
[3] Finnish Forest Research Insitute, Vantaa Research Unit, PL 18, 01301 Vantaa

Nitrogen is usually a growth-limiting nutrient in terrestrial ecosystems and, due to its role in both soil acidification and soil eutrophication, it has been one of the most monitored elements in environmental ecology. Predicting and modeling the effects of global warming also require information on the fluxes of nitrogen [1], because the carbon and nitrogen cycles in terrestrial ecosystems are tightly linked. The relatively new finding concerning the ability of plants to take up nitrogen in organic forms, for example through symbiotic relationships with mycorrhizal fungi [2], has also raised interest in the fluxes of dissolved organic nitrogen in forest ecosystems. However, relatively little information about DON fluxes is currently available.

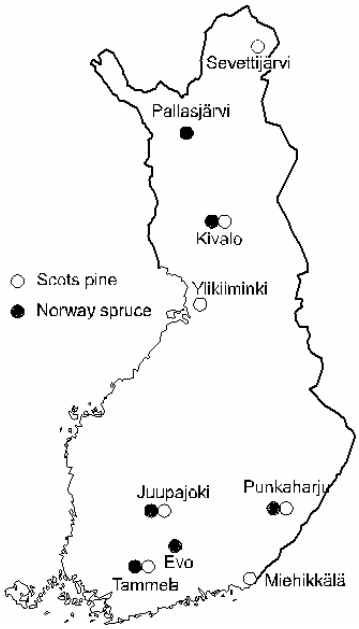


Figure 1. Location of the sample plots

We studied nitrogen deposition and leaching on 13 intensive monitoring plots (Fig. 1) in different parts of Finland during 1998-2004. Fluxes of nitrogen as nitrate (NO_3^--N), ammonium (NH_4^+-N) and dissolved organic nitrogen (DON) were compared in Norway spruce (n = 6) and Scots pine (n = 7) stands. The plots belong to the network of intensively monitored forest sites (Level II) established in Finland in 1995 as a part of the UN-ECE ICP Forests and EU Forest Focus forest condition monitoring programmes [3].

Nitrogen deposition was monitored throughout the year using precipitation and snow collectors. Bulk deposition was collected with 3 precipitation (snowfree period) and 2 snow collectors placed in an open area close to the forest plot. Throughfall was collected with 20 precipitation (snowfree period) and 6 snow collectors located systematically within the stand.

Nitrogen leaching was monitored by collecting percolation water samples with zero-tension lysimeters inserted at a depth of 40 cm below the ground surface. The sampling interval was 2-4 weeks. The annual flux of nitrogen in percolation water was calculated by multiplying the annual mean NO_{3-}-N, NH_{4+}-N and total nitrogen concentrations with the corresponding water fluxes, estimated by the conservative anion (sulphate) budget method [4].

Fluxes of dissolved organic nitrogen (DON) were calculated by subtracting the fluxes of inorganic nitrogen (ammonium + nitrate) from the total nitrogen flux : $NTOT_{flux}$ - NH_{4+}-N_{flux} - NO_3-N_{flux} = DON_{flux}.

Table 1. The mean annual (1998-2004) nitrogen fluxes in deposition.

Deposition, mean ± SD (kg ha^{-1} $year^{-1}$)		NO_3^--N	NH_4^+-N	DON	Total Nitrogen
Scotcs Pine	Bulk	1,35 ± 0,52	1,16 ± 0,50	0,39 ± 0,11	2,85 ± 1,06
	Throughfall	1,03 ± 0,48	0,60 ± 0,26	0,72 ± 0,24	2,32 ± 0,93
Norway Spruce	Bulk	2,70 ± 0,45	2,33 ± 0,41	0,81 ± 0,07	5,74± 0,85
	Throughfall	0,73 ± 0,24	0,41 ± 0,11	1,21 ± 0,50	2,34 ± 0,77

Overall, the deposition of nitrogen in precipitation (Total nitrogen) decreased on passing down through the forest canopy (Table 1, BD-TF), and was higher on the plots in the south compared to those in the north. However, the forest canopy retained a significant proportion of the inorganic nitrogen, but the flux of DON increased as precipitation passed through the canopy (Table 1). Thus the forest canopy is a significant source of the dissolved organic nitrogen deposited on the forest floor. This increase in DON in throughfall was more pronounced in spruce stands than in pine stands, and the spruce canopies intercepted a larger proportion of the NH_4^+ than the pines.

In both the spruce and pine stands the bulk NO_3^--N and NH_4^+ deposition were significantly higher in southern than in northern Finland. For the pine stands the latitude correlated significantly with the throughfall NO_3^--N and NH_4^+-N deposition, but there was no corresponding trend for the spruce stands. In throughfall DON deposition also increased towards the south in both spruce and the pine stands, but no such trend was found in bulk deposition of DON.

These results indicate that the forest canopy affects the fluxes and composition of nitrogen deposited on the forest floor, and that the fluxes are influenced by climatic factors and tree species composition through the interactions between nitrogen compounds and the forest canopy. The relationships between DON fluxes from the tree canopy and several stand parameters, e.g. basal area, stem volume and stem number, will be discussed in the presentation.

Preliminary analysis of the nitrogen fluxes in percolation water suggest that there was no clear relationship between deposition rates and nitrogen leaching at these sites. The leaching fluxes were slightly lower in the spruce stands than in the pine stands. More detailed results concerning the fluxes of different forms of nitrogen in percolation water, and the factors affecting these fluxes, will be included in the presentation.

[1] De Vries, W., Reinds, G. J., Gundersen, P. & Sterba, H. 2006. The impact of nitrogen deposition and carbon sequstaration in Eropean forests and forest soils. *Climate Change Biology* 12, 1151-1173
[2] Näsholm, T., Ekblad A., Nordin, A., Giesler, R., Högberg, M. & Högberg, P. 1998. Boreal forest plants take up organic nitrogen. *Nature*. 392, 914-916
[3] Rautjärvi, H., Ukonmaanaho, L. & Raitio, H. (eds.) 2002. Forest condition monitoring in Finland. National report 2001, The Finnish Forest Research Institute, Research papers 879. 117p.
[4] Nilsson, S.I. Berggen, D. & Westling, O. 1998. Retention of deposited NH_4^+-N and NO_3^--N in coniferous forest ecosystems in Southern Sweden.

Puutteellisesti tunnettujen maaperäeläinten esiintyminen ja levinneisyys

Occurence and distribution of poorly known soil animal groups

Anne Siira-Pietikäinen[1], Veikko Huhta[2], Mika Räty[3], Matti Uusitalo[4] ja Ritva Penttinen[5]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Jokiniemenkuja 1, PL 18 01301 Vantaa, asiirapie@saunalahti.fi
[2] Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, v.huhta@pp.inet.fi
[3] mika.raty@elisanet.fi
[4] matti.uusitalo@koulut.tampere.fi
[5] Turun yliopisto, Eläinmuseo, ritvaniemi@utu.fi

Johdanto

Tässä tutkimuksessa kartoitettiin maaperän "mikroniveljalkaisten" (punkit, hyppyhäntäiset) ja änkyrimatojen lajistoa 15 erilaisessa ympäristössä eri puolella Suomea. Kyseiset eläinryhmät ovat runsaita ja lajirikkaita metsämaassa ja tärkeitä toimijoita maaperän prosesseissa. Niiden lajistosta, ekologiasta ja maantieteellisestä levinneisyydestä tiedetään kuitenkin hämmästyttävän vähän tai ei ollenkaan. Erittäin heikosti tunnettuja ovat petopunkit ja prostigmata-punkit, mutta myös muiden ryhmien lajistot kaipaavat perusteellista ja systemaattista tutkimusta. Tästä kertovat mm. näiden ryhmien tunnettujen lajien lukumäärät ja arvioidut lukumäärät olemassa olevista lajeista. Hyppyhäntäisiä on kuvattu noin 8000 (Fjellberg, keskustelu), mutta arvioidut lajimäärät ovat moninkertaisia (16 000 – 50 000). Sammalpunkkeja on kuvattu noin 11 000 ja arvioitu lajimäärä on noin kolmesta kymmeneen -kertainen [1]. Suomessa on tavattu vasta noin 200 hyppyhäntäislajia ja 309 sammalpunkkilajia [2].

Tutkimus kuuluu Ympäristöministeriön rahoittamaan puutteellisesti tunnettujen ja uhanalaisten metsälajien tutkimusohjelmaan (PUTTE), joka alkoi vuonna 2003 ja loppuu vuonna 2007. Ohjelmassa rahoitetaan maaperäeläinten lisäksi mm. kirvojen, ripsiäisten, harsosääskien, kukkakärpästen, seitikkien sekä sammalilla ja jäkälillä elävien mikrosienten lajistotutkimusta.

Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen päätavoitteena on laatia mahdollisimman täydellinen lista Suomessa esiintyvistä hyppyhäntäis-, punkki- ja änkyrimatolajeista. Samalla saadaan tietoa tutkittujen eläinryhmien lajien levinneisyydestä ja lajien suosimista elinympäristöistä Suomessa.

Aineisto ja menetelmät

Suomi jaettiin yhdeksään keräilyalueeseen: 1.Uusimaa, 2. Turku, 3. Kymeenlaakso, 4. Keski-Suomi, 5.Vaasa, 6. Ilomantsi, 7. Oulu, 7. Kuusamo ja 8. Lappi, joilla kullakin tutkittiin mahdollisuuksien mukaan 15 erilaista elinympäristöä: 1. Kuiva kangas (Mänty), 2.Tuore Kangas (Kuusi), 3. Lehto, 4. Korpi, 5. Räme, 6. Neva, 7. Letto, 8. Niitty/Laidun, 9. Keto, 10. Ranta (Ruohoinen), 11. Lahopuu, 12. Lanta/Komposti, 13. Muurahaispesä, 14. Merenranta ja 15. tunturi. Jokaiselta alueelta otettiin näytteet kaikista ympäristöistä kolmesta tai neljästä kohteesta. Näytteistä eroteltiin eläimet kuiva- ja märkäsuppiloiden avulla. Eläimet säilöttiin alkoholiin.

Tulokset

Hyppyhäntäisistä ja sammalpunkeista on löytynyt tähän mennessä viisi Suomelle uutta lajia (Taulukko1). Heikommin tunnetuista petopunkeista (Mesostigmata) ja Prostigmata-ryhmän

punkeista suuri osa (yli 100) löytyneistä lajeista on maalle uusia, näistä on alustavasti tunnistettu 13 - 15 tieteelle uutta lajia. Petopunkit, hyppyhäntäiset ja sammalpunkit ovat erityisen lajirikkaita kedoilla ja metsissä. Monimuotoisia petopunkki-, hyppyhäntäis- ja sammalpunkkiyhteisöjä löydettiin myös soilta ja rannoilta. Erikoisympäristöissä lajien esiintyminen ja yksilömäärät vaihtelivat tapauksittain, kuitenkin ympäristöt, joissa oli lahoavaa puuta (esim. maahan kaatuneet puun rungot), ylläpitivät usein monimuotoista maaperäeläinyhteisöä. Sammalpunkkeihin kuuluvan Ptyctima-ryhmän punkien lajimäärät ja yksilömäärät pienenivät selvästi pohjoista kohti mentäessä. Änkyrimadoista Cognettia sphagnetorum oli yleisin ja hyvin sopeutunut Suomen happamiin kivennäis- ja turvemaihin. Muita lajeja löytyi mm. lehdoista, kedoilta ja niityiltä. Ratkaisevaa monien änkyrimatolajien levittäytymiselle oli ihmistoiminnan läheisyys.

Taulukko 1. Tutkimuksessa löydettyjen lajien lukumäärät sekä Suomelle ja tieteelle uusien lajien lukumäärät.

Eläinryhmä	Lajeja yhteensä	Suomelle uusia lajeja	Tieteelle uusia lajeja
Hyppyhäntäiset	155	1	-
Sammalpunkit	>170	4	-
Petopunkit	197	93	yli 10
Prostigmata-punkit	30	14	3 - 5
Änkyrimadot	38	2	(1)

Tulosten tarkastelua

Työmme on vienyt maaperäeläintietämystä eteenpäin. Suomen lajilistoja on saatu täydennettyä 114 lajilla ja tieteelle tunnettujen lajien listaa 16 lajilla. Samalla on saatu kerättyä tietoa lajien levinneisyydestä ja elinympäristövaatimuksista sekä erilaisten elinympäristöjen maaperäeläinyhteisöistä. Tietoa ei ole kuitenkaan vielä riittävästi, jotta uhanalaisuusluokitusta voitaisiin näiden eläinryhmien osalta tehdä. Tulevassa tutkimustyössä tullaan keskittymään erilaisten uhanalaisten ympäristöjen kuten vanhojen metsien maaperäeläinlajistoon.

Lähteet

[1] Niemi, R., Karppinen, E. ja Uusitalo M. 1997. Catalogue of the Oribatida (Acari) of Finland. *Acta Zoologica Fennica* 207: 1-39 (1997). Päivitetty lista: http://users.utu.fi/ritniemi/ListOfSpecies.html
[2] Walter, D. E. ja Proctor, H.C. 1999. Mites. Ecology, Evolution and Behaviour. CABI Publishing, 322 s.

LUMOliero – peruskartoitus lierojen esiintymisestä suomalaisissa peltomaissa

LUMOliero - Survey of earthworm communities in arable fields of Finland

Visa Nuutinen[1], Juhani Terhivuo[2], Elise Ketoja[1], Mervi Nieminen[1] ja Taisto Sirén[1]

[1] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, 31600 Jokioinen
[2] Helsingin Yliopisto, Luonnontieteellinen keskusmuseo / Eläinmuseo, 00014 Helsinki

LUMOliero-hankkeen tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva peltojen lieroyhteisöjen alueellisesta vaihtelusta Suomessa ja tunnistaa tärkeimmät vaihtelua aiheuttavat tekijät. Tutkimus toteutettiin kokoamalla yhteen aiemmin kerätty tieto lierolajien esiintymisestä suomalaisilla pelloilla sekä keräämällä uusi aineisto Etelä-Suomesta Lappiin ulottuneella näytteenottoturneella. Näytteenotossa käytettiin yhdelletoista MTT:n tutkimuspaikalle aiemmin perustettua maaperäseurannan näytepisteverkkoa, josta kerättyä maaperäaineistoa käytetään hyväksi yhdessä peltojen viljelytietojen kanssa lieroyhteisöjen vaihtelun syiden etsimisessä. Hanke toteutettiin osana kansallista monimuotoisuuden tutkimusohjelmaa MOSSE:a. Tässä esityksessä keskitymme kenttätutkimuksen alustavien tulosten esittelyyn.

Tutkittuja peltopisteitä oli yhteensä 53 kappaletta. Vain kolmelta niistä lieroja ei löydetty lainkaan. Tulosten perusteella Suomen peltojen lierolajiston muodostaa yhdeksän lajia: neljä karikekerroksen lajia (onki-, metsä, rusko- ja punaliero), neljä pintamaassa elävää lajia (pelto-, multa-, harmaa- ja viherliero) ja yksi syvälle kaivautuva laji (kasteliero). Yleisimmin esiintyvät lajit olivat pelto- kaste- ja onkiliero. Keskimäärin pellossa esiintyi kaksi lierolajia. Pellon pientareella, josta myös aina otettiin näytteitä, lajimäärä oli korkeampi, keskimäärin neljä. Pellon ja pientareen yhdistetyssä lajimäärässä havaittiin aleneva trendi eteläisimmältä tutkimuspaikalta (Mietoinen; keskimäärin kuusi lajia) pohjoisimmalle (Rovaniemi; keskimäärin kaksi lajia).

Lierojen runsaus vaihteli kokonaan tyhjistä tutkimuspisteistä pisteisiin, joissa tiheys vastasi lähes tuhatta yksilöä ja tuorepaino runsasta 300 grammaa neliömetrillä. Maalaji osoittautui tärkeäksi runsautta määrääväksi tekijäksi. Kun pellot, jotka kaikki olivat kivennäismailla, jaettiin maalajin perusteella neljään luokkaan (savet, hiesut, hieno hieta ja karkeat maat) erottuivat keskikarkeat maat (Hs ja HHt) muista korkean lierorunsauden maalajeina. Yleisin pellonkäyttö näytteenottohetkellä oli viljan viljely, säilörehunurmi tai laidun. Laitumilla lierojen kokonaisrunsaus oli selvästi muita korkeampi. Runsaat viljavuodet viljelykierrossa, ja vastaavasti taajaan tehty maanmuokkaus ja vähäiset nurmivuodet, näyttivät alentaneen lierojen kokonaismäärää hiesumailla ja nostaneen hienoilla hietamailla. Kun maalajin ja pellonkäytön vaihtelu huomioitiin, ei eri osissa maata sijaitsevien tutkimuspaikkojen välillä voitu havaita eroja lierojen kokonaisrunsaudessa.

Alustavien tulosten perusteella hanke on tuottamassa tietoa, joka lisää tietämystä lieroyhteisöjen alueellisen vaihtelun luonteesta ja sen syistä. Tulosten perusteella voidaan entistä paremmin ennakoida lieroyhteisön vastetta viljelytapojen muutoksiin erilaisissa olosuhteissa. Tulosten ensimmäinen sovelluskohde on ollut eri maalajeille määriteltyjen lierorunsauksien vertailuarvojen tarkentaminen maatalousneuvonnan tarpeisiin laaditussa viljelymaan laadun testisarjassa [1]. Kerätty aineisto voi toimia yhtenä lähtökohtana peltomaiden biodiversiteetin seurannalle Suomessa.

Kirjallisuus

[1] https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/AGRONET/04_Maanlaatu_testi

Ash and bio sludge on mineral soils - compensation fertilisation for nutrient losses with logging residues?

Heljä-Sisko Helmisaari, Jukka Luiro and Mikko Kukkola
Finnish Forest Research Institute, P.O.Box 18, FI-01301 Vantaa

Finland has ambitious plans to increase the production of bioenergy from forests, especially by increasing the use of logging residues. The increased use of bioenergy would be beneficial for carbon balance, especially. However, the sustainability of logging residue removal is a matter of concern since logging residue removal causes nutrient losses from forest soils. These losses have been suggested to be compensated by ash from biomass burning. However, ash does not contain nitrogen, which is the main growth-limiting nutrient on upland forest soils. Forest industry produces sludge in the cleaning process of their waste waters. Contrary to ash, this bio sludge contains also nitrogen. Thus, bio sludge combined with ash could be a potential, nutritionally balanced fertiliser.

We studied the effects of combined ash and bio sludge treatments in Norway spruce, Scots pine and silver birch stands. The study was financed by M-Real Savon Sellu and the North Savo Regional Environment Centre. The field research was conducted during 2002-2004 in two experiments- at Rautavaara in a Scots pine stand and at Vieremä in stands of all three tree species. Applied ash amount (single application in 1997-1998) was 11 600 kg/ha at Vieremä and between 2 500-10 000 kg/ha at Rautavaara. Bio sludge amounted to 8 400 kg/ha in Vieremä and between 5 000-15 000 kg/ha at Rautavaara. The amount of bio sludge nitrogen varied between 32-87 kg N/ha. Ash and bio sludge were combined in all treatments which disabled the study on separate effects. However, it is possible to estimate the effects of bio sludge since the effects of ash on soil and trees are relatively well known [1].

Our research results on chemical changes in soil and understorey from combined ash-bio sludge treatments were comparable to the results from ash experiments Ash has a high pH whereas bio sludge has a pH comparable to that of the soil organic layer. Ash treatments cause an elevation of organic layer pH for a long time [1]. The elevation of the organic layer pH was related to the original soil pH (control plots) and the amount of added ash. In the fertile silver birch stand at Vieremä, organic layer pH increased above pH 6, and nitrogen was available from bio sludge, resulting into the onset of nitrification. Microbial respiration was slightly decreased with ash and bio sludge treatments at Vieremä.
Ash and bio sludge treatments significantly increased metal concentrations (including Cd) in the soil organic layer. However, Cd concentrations in needles and understorey were small, in the latter smaller than the detection limit 0.05 mg/kg. Compared with ash, concentrations of heavy metals are small in bio sludge.

Treatments were clearly beneficial in the Norway spruce stand at Vieremä. The control stand was boron deficient but treatments (especially ash) removed the deficiency. Nitrogen in bio sludge caused an increase in tree diameter growth. However, the increase was small because the nitrogen dose was only about 20-50 % of that in conventional forest fertilisation.

Bio sludge combined with ash could be a potential fertiliser to compensate nutrient losses e.g. in thinned stands from which logging residues have been removed. However, the use of bio sludge as a fertiliser still requires additional research.

Reference

[1] Saarsalmi, A., Mälkönen, E. & Kukkola, M. 2004. Effect of wood ash fertilization on soil chemical properties and stand nutrient status and growth of some coniferous stands in Finland. Scand. J. For. Res. 19: 217-233.

Aerobic microorganisms along a water table gradient in a northern boreal fen

Pohjoisen boreaalisen suon vesitason laskun vaikutukset aerobisiin mikrobeihin

Krista Jaatinen[1], Anita Vuorenmaa[2], Urko del Castillo[3], Taina Pennanen[1], Timo Penttilä[1], Raija Laiho[4], Kari Minkkinen[4] and Hannu Fritze[1]

[1] Finnish Forest Research Institute, Vantaa Research Unit, P.O. Box 18, 01301 Vantaa, Finland
[2] Unit of Molecular Biology, Department of Biological and Environmental Science, Faculty of Mathematics and Science, University of Jyväskylä, Finland
[3] Unit of Biophysics and Department of Biochemistry and Molecular Biology, Faculty of Science, University of the Basque Country, Apt 644, 48080 Bilbao, Spain
[4] Peatland Ecology Group, Department of Forest Ecology, P.O. Box 27, University of Helsinki, 00014 Helsinki, Finland

Introduction

Peatlands are unique environments of the boreal hemisphere, which typically maintain high water table and low net primary production [1] enabling large carbon (C) storage to form. Northern peatlands represent about one third of the global terrestrial C pools [2]. It has been estimated that the climatic warming together with the decreased annual rainfall would decrease the water table levels by 14-22 cm in boreal fens [3]. Most of the decomposition of organic matter occurs in the oxygenated peat horizon above the water table resulting CO_2 efflux in the atmosphere. Since the lowering of the water tables increases the oxygen availability, C pool of peatlands may drastically change.

It has been demonstrated that a persistent change in the water table induces changes in the plant community structure [4] that can eventually lead to complete replacement with species adapted to the new conditions [5]. In pristine peatlands, the composition and function of the microbial community has been shown to vary according to environmental conditions [6, 7] and prevailing plant communities [8, 9]. It is most likely that hydrological changes affecting the plant community will also change the microbial community. The aim was to study the structure of the total microbial community and more specifically two important microbial groups, fungi and actinobacteria, along the water table gradient in four hydrologically different locations.

Material and methods

The study site is located in northern Finland (66°28'N, 25°51'E). A ground-water extraction plant on an esker bordering the peatland has affected the study site since 1959. Via the hydrological gradient formed (Δ 14-16 cm), the extraction of water has resulted in a vegetation gradient, where the undisturbed fen turns first into slightly disturbed and then to semi-disturbed, and finally to a pine dominated peatland forest. Triplicate soil cores were taken along the gradient down to 10 cm below water table and cut into 10 cm sub-samples. Microbial respiration was measured as production of CO_2. Microbial fingerprinting was conducted by PLFA analyses [10]. Fungi (18S and ITS) [11, 12, 13] and actinobacteria (16S) [14], were studied by PCR-DGGE and direct sequencing methods. Also fungal in-growth mesh bags to study mycorrhizas [15] were placed at two driest locations and analyzed using ITS.

Results and discussion

The hydrological gradient affected all analyzed microbial communities. The analyses from the partial 18S sequences did not show as clear difference between locations in fungal communities as the analyses with partial ITS. Almost half of the ITS sequences from peat samples clustered with various unknown or known mycorrhizal fungi. In-growth mesh bag derived sequences clustered within four groups. Most of the obtained actinobacterial DGGE band sequences showed closest relation to several uncultured bacterium or actinobacterium clones from the public databases. Lowering of the water table has affected both the total microbial communities and specifically fungi. The microbial communities differed most clearly between the moistest and the driest locations. Microbial community shifts induced by the hydrological change have probably occurred along with the vegetation change.

References

[1] Päivänen, J. and Vasander, H. 1994. Carbon balance in mire ecosystems. *World Resource Review* 6: 102-111.

[2] Gorham, E. 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1: 182-195.

[3] Roulet, N., Moore, T., Bubier, J. and Lafleur, P. 1992. Northern fens: methane flux and climatic change. *Tellus, Ser. B.* 44: 100-105.

[4] Weltzin, J.F., Bridgham, S.D., Pastor J., Chen, J.Q. and Harth, C. 2003. Potential effects of warming and drying on peatland plant community composition. *Global Change Biology* 9: 141-151.

[5] Laine, J., Vasander, H. and Laiho, R. 1995. Long-term effects of water-level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. *Journal of Applied Ecology* 32: 785-802.

[6] Nilsson, M. and Rülcker, C. 1992. Seasonal variation of active fungal mycelium in an oligotrophic *Sphagnum* mire, northern Sweden. *Soil Biology and Biochemistry* 24: 795-804.

[7] Jaatinen, K., Tuittila, E.-S., Laine, J., Yrjälä, K. and Fritze, H. 2005. Methane-oxidizing bacteria (MOB) in a Finnish raised mire complex: Effects of site fertility and drainage. *Microbial Ecology* 50: 429-439.

[8] Fisk, M.C., Ruether, K.F., Yavitt, J.B. 2003. Microbial activity and functional composition among northern peatland ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 591-602.

[9] Thormann, M.N., Currah, R.S. and Bayley, S.E. 2004. Patterns of distribution of microfungi in decomposing bog and fen plants. *Canadian Journal of Botany*, 82: 710-720.

[10] Frostegård, Å., Bååth, E. and Tunlid, A. 1993. Shifts in the structure of soil microbial communities in limed forests as revealed by phospholipid fatty acid analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 25: 723-730.

[11] Vainio, E. and Hantula, J. 2000. Direct analysis of wood-inhabiting fungi using denaturing gradient gel elecrophoresis of amplified ribosomal DNA. *Mycological Research* 104: 927-936.

[12] Gardes, M. and Bruns, T.D. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes – application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular Ecology* 2: 113-118.

[13] White, T.J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: *PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications*. M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky and T.J. White (eds.). Academic Press, New York. pp. 315-322.

[14] Stach, J.E.M, Maldonado, L.A., Ward, A.C., Goodfellow, M. and Bull, A.T. 2003. New primers for the class *Actinobacteria*: application to marine and terrestrial environments. *Environmental Microbiology* 5: 828-841.

[15] Wallander, H., Nilsson, L.O., Hagerberg, D. and Bååth, E. 2001. Estimation of the biomass and seasonal growth of external myceluim of ectomycorrhizal fungi in the field. *New Phytologist* 151: 753-760.

Kasvilajin ja maan vaikutus ritsosfäärin mikrobiyhteisön rakenteeseen

Plant and soil specific effects on microbial community composition in the rhizosphere

Saara Kaipainen[1], Sari Peura[1], Lucia Blasco[2], Minna Kahala[2], Vesa Joutsjoki[2], Christian Eriksson[3] ja Ansa Palojärvi[1]

[1] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 JOKIOINEN
[2] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Biotekniikka ja elintarvikkeet, 31600 JOKIOINEN
[3] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Menetelmäpalvelut, 31600 JOKIOINEN

Johdanto

Maaperän mikrobiyhteisön rakenteen tiedetään olevan yhteydessä yläpuoliseen kasvilajistoon [1, 3]. Peltomaassa viljeltävien kasvilajien määrä on vähäinen, mikä saattaa osaltaan johtaa peltomaan mikrobiyhteisön monimuotoisuuden vähenemiseen. Peltomaan mikrobimonimuotoisuutta kasvattamalla voitaisiin mahdollisesti nostaa myös kasvin kasvun kannalta hyödyllisten mikrobien esiintymistä maassa. Monet luonnostaan ritsosfäärissä elävät bakteerit ja sienet pystyvät tukahduttamaan kasvitauteja, ja esimerkiksi *Pseudomonas*-suvun bakteereista on löydetty monia luontaiseen biokontrolliin osallistuvia lajeja [2], *Pseudomonakset* ovat hyvin yleisiä ritsosfääribakteereita. Kasvilajin lisäksi myös maalajilla on osoitettu olevan merkitystä ritsosfäärin mikrobiyhteisölle [5].

Pellolla viljeltävät erikoiskasvit voivat olla realistisia vaihtoehtoja peltoluonnon sekä maatalouden monipuolistamisessa. Erikoiskasveilla tarkoitetaan kasveja, joita tällä hetkellä käytetään viljelykasveina vähän, mutta joilla on potentiaalia viljelykasveiksi (mm. mauste-, öljy-, kuitu- ja energiakasveja). Niitä on sekä 1- että monivuotisia ja taksonomisesti ne poikkeavat tavanomaisista yksisirkkaisista viljakasveista.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, vaikuttavatko erikoiskasvit mikrobiyhteisön koostumukseen eri tavalla erilaisissa maalajeissa. Lisäksi selvitettiin, ovatko kasvilajien vaikutukset samansuuntaisia erilaisissa maalajeissa suhteessa toisiin kasvilajeihin. Yleisen mikrobiyhteisön rakenteen lisäksi tarkasteltiin *Pseudomonas*-suvun bakteerien esiintymistä esimerkkinä luontaiseen biokontrolliin osallistuvasta mikrobiryhmästä.

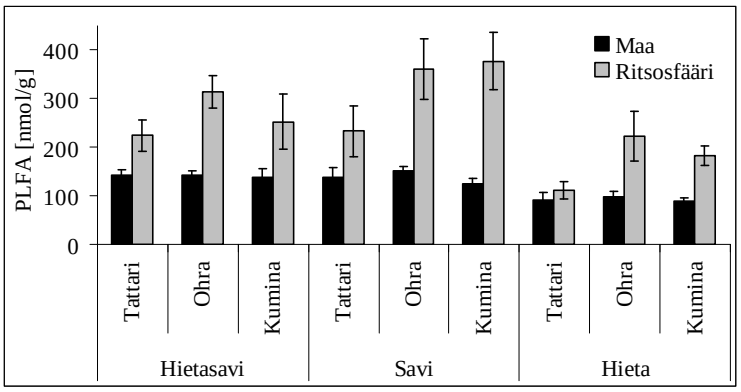
Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessa oli mukana kolme maa- (hieno hieta, hietasavi, aito savi) ja kolme kasvilajia: erikoiskasvit kumina (*Carum carvi*) ja tattari (*Fagopyrum esculentum*) sekä kontrollikasvi ohra (*Hordeum vulgare*). Astiakoe tehtiin kasvihuoneessa kontrolloiduissa lampötila-, valaistus- ja kosteusoloissa. Ritsosfääri- ja maanäytteet otettiin 1-vuotisten kasvien kukinnan aikaan (2-vuotisella kuminalla ohran kukinnan jälkeen). Mikrobiyhteisön rakenne, mikrobien kokonaismäärä sekä mykorritsa-, aktinobakteeri- ja sieni-indikaattorirasvahappojen kokonaismäärä määritettiin fosfolipidirasvahappomenetelmällä (PLFA) [4]. Lisäksi ritsosfäärinäytteistä eristetystä kokonais-DNAsta monistettiin polymeraasiketjureaktiolla (PCR) sukuspesifisillä alukkeilla osa 16S rRNA geeniä, joista kloonauksen ja sekvensoinnin jälkeen identifioidaan kloonikirjastojen avulla *Pseudomonakset*.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tulokset osoittivat, että jokaisessa tutkitussa maalajissa oli sille tyypillinen mikrobiyhteisönsä. Kasvilajit vaikuttivat mikrobiyhteisön rakenteeseen toisistaan poikkeavalla tavalla ja kasvilajin vaikutus oli voimakkaampi kuin kasvualustana olevan maan.

Mikrobiyhteisö poikkesi selvästi kasvin ritsosfäärin ja sitä ympäröivän maan välillä. Aktinobakteerien ja mykorritsan indikaattorirasvahapoissa ohran ja kuminan ritsosfäärivaikutus oli voimakkaampi kuin tattarin. Sienibiomassa oli kaikilla kasveilla kaikissa maalajeissa ritsosfäärissä suurempi kuin maassa (lukuun ottamatta tattarin hietanäytettä). Mikrobiston kokonaismäärä PLFA:n kokonaismääränä mitattuna ritsosfäärissä oli tattarilla pienempi kuin ohralla kaikissa maalajeissa, kun taas kumina erosi ohrasta ainoastaan hietasavessa kasvaessaan (Kuva 1.). Maalaji vaikutti ritsosfäärissä mikrobiston kokonaismäärään kaikilla kasveilla (lukuun ottamatta savi-hietasavi vertailua tattarilla ja ohralla).



Kuva 1. Mikrobien kokonaismäärä (PLFA:n kokonaismääränä mitattuna) kolmessa eri maalajissa tattarilla, ohralla ja kuminalla.

Tämän astiakokeen perusteella voidaan todeta, että maan (erityisesti ritsosfäärin) mikrobiyhteisöön on mahdollista vaikuttaa kasvilajia vaihtamalla ja kasvien vaikutus suhteessa muihin kasveihin on samansuuntainen maalajista riippumatta. Tuloksia voidaan soveltaa, kun halutaan yleistää eri erikoiskasvien suhteellista merkitystä maatalousmaan mikrobiyhteisön monimuotoisuudelle.

Kirjallisuus

[1] Bartelt-Ryser, J., Joshi, J., Schmid, B., Brandl, H. and Balser, T. 2005. Soil feedbacks of plant diversity on soil microbial communities and subsequent plant growth. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7:(1) 27-49.
[2] Kiely, P. D., Haynes, J. M., Higgins, C. H., Franks, A., Mark, G.L., Morrissey, J.P. and O'Gara, F. 2006. Exploiting new systems-based strategies to elucidate plant-bacterial interactions in the rhizosphere. *Microbial Ecology* 51:(3) 257-266.
[3] Kuske, C. R., Ticknor, L.O., Miller, M.E., Dunbar, J.M., Davis, J. A., Barns, S.M. and Belnap, J. 2002. Comparison of soil bacterial communities in rhizospheres of three plant species and the interspaces in an arid grassland. *Applied and Environmental Microbiology* 68:(4) 1854-1863.
[4] Palojärvi, A. 2006. Phospholipid fatty acid (PLFA) analyses. Kirjassa Bloem, J., Hopkins, D.W., Benedetti, A. (toim). Microbiological methods for assessing soil quality. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK, 204-211.
[5] Singh, B. K., Munro, S., Reid, E., Ord, B., Potts, J.M., Paterson, E. and Millard, P. 2006. Investigating microbial community structure in soils by physiological, biochemical and molecular fingerprinting methods. *European Journal of Soil Science* 57:(1) 72-82.

Mikrobiaktiivisuudet orgaanisen horisontin eri kerroksissa koivikko-, kuusikko- ja männikkömaassa

Sanna Kanerva[1] ja Aino Smolander[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa

Johdanto

Kasvipeite ja eri puulajit voivat vaikuttaa merkittävästi maan ominaisuuksiin. Maan kemiallisten ja mikrobiologisten ominaisuuksien on havaittu eroavan koivikko-, kuusikko- ja männikkömaissa; koivikkomaissa havaitaan usein korkeampi mikrobiaktiivisuus tai suuremmat mikrobipopulaatiot kuin kuusikko- ja männikkömaissa [esim. 1, 2, 3]. Puulajin vaikutus saattaa ilmetä eri tavoilla myös maaprofiilin eri syvyyksissä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää koivikko-, kuusikko- ja männikkömaan orgaanisen horisontin eri kerrosten (L, F ja H) kemiallisten ja mikrobiologisten ominaisuuksien mahdollisia eroavaisuuksia.

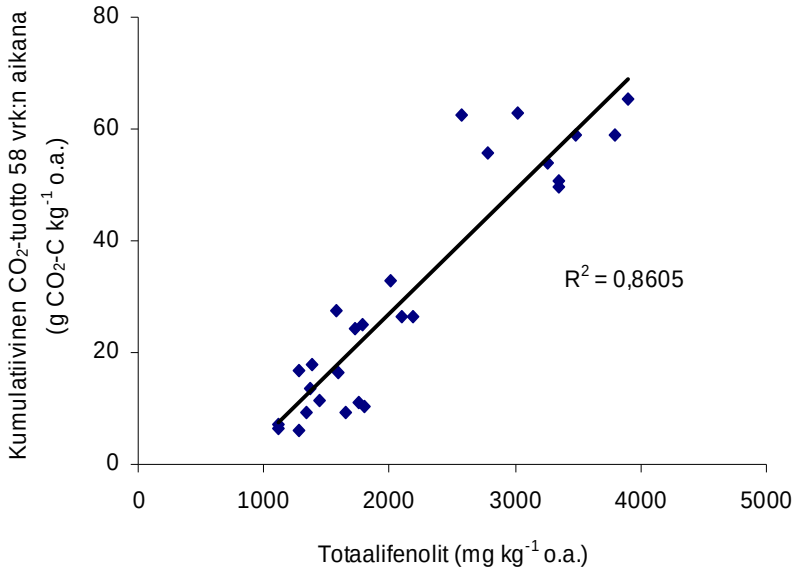
Aineisto ja menetelmät

Maanäytteet otettiin Pohjois-Suomesta Kivalon puulajikokeelta, jossa 70-vuotiaat koivikko, kuusikko ja männikkö kasvavat vierekkäin alun perin samanlaisessa maaperässä. Orgaaninen horisontti jaettiin L-, F- ja H-kerroksiin. Maanäytteitä inkuboitiin 14 ^{o}C:ssa 10 viikon ajan, jona aikana näytteistä mitattiin CO_2-tuottoa sekä typen nettomineralisaatiota. Lisäksi maanäytteistä määritettiin mikrobibiomassan sisältämä hiili (C_{mic}) ja typpi (N_{mic}) sekä typen bruttomineralisaatio ^{15}N-menetelmän avulla. Maanäytteistä mitattiin myös totaalifenolien pitoisuus, sillä fenoleilla ja erityisesti niihin kuuluvilla tanniineilla uskotaan olevan merkittävä rooli ravinteiden, erityisesti typen, kierrossa maassa [esim. 4, 5, 6].

Tulokset

Koivikko- ja kuusikkomaan mikrobiaktiivisuudet olivat korkeampia kuin männikkömaan; CO_2-tuotto, C_{mic} ja N_{mic} sekä typen nettomineralisaatio olivat koivikko- ja kuusikkomassa korkeammat kuin männikkömaassa. Havaitut erot johtunevat ainakin osittain eri puulajien tuottaman karikkeen kemiallisista eroavaisuuksista, mutta myös eroista aluskasvillisuuden tuottaman karikkeen laadussa eri puulajien metsiköissä, sekä juurten ja niiden tuottamien eritteiden sekä juurikarikkeen vaikutuksesta. Typen bruttomineralisaation mittausmenetelmä ei toiminut toivotulla tavalla tutkimuksen kohteina olleissa, vähätyppisissä maissa, mutta silti vahvisti käsitystä männikkömaan heikommasta typpitilanteesta koivikko- ja kuusikkomaahan verrattuna. Korkein CO_2-tuotto sekä C_{mic}- ja N_{mic}-pitoisuus havaittiin kaikilla puulajeilla L-kerroksessa ja matalin H-kerroksessa mikä oli oletettavaa, sillä karikekerros sisältää mikrobeille käyttökelpoista hiiltä F- ja H-kerroksia enemmän. Typen nettomineralisaatio sen sijaan oli korkeimmillaan F-kerroksessa, mikä johtunee siitä, että F-kerroksessa karikkeen hajotus on edennyt vaiheeseen, jossa typpi pääsee kunnolla vapautumaan orgaanisesta aineksesta [7].

Totaalifenolien pitoisuus laski L-kerroksesta H-kerrokseen mentäessä ja oli korkein kuusella, joskin erot puulajien välillä olivat pieniä. Hiilen mineralisaatio ja totaalifenolipitoisuus korreloivat keskenään positiivisesti (Kuva 1).



Kuva 1: Maan kumulatiivisen CO_2-tuoton ja totaalifenolikonsentraation suhde koivikko-, kuusikko- ja männikkömaan orgaanisen horisontin eri kerroksissa.

Kirjallisuus

[1] Priha, O. and Smolander, A. 1999. Nitrogen transformations in soil under *Pinus sylvestris, Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites. *Soil Biology & Biochemistry* 31: 965-977.

[2] Smolander, A. and Kitunen, V. 2002. Soil microbial activities and characteristics of dissolved organic C and N in relation to tree species. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 651-660.

[3] Smolander, A., Loponen, J., Suominen, K. and Kitunen, V. 2005. Organic matter characteristics and C and N transformations in the humus layer under two tree species, *Betula pendula* and *Picea abies*. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 1309-1318.

[4] Lodhi, M.A.K. and Killingbeck, K.T. 1980. Allelopathic inhibition of nitrification and nitrifying bacteria in a Ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl) community. *American Journal of Botany* 67: 1423-1429.

[5] Schimel, J.P., Van Cleve, K., Cates, R.G., Clausen, T.P. and Reichardt, P.B. 1996. Effects of balsam poplar (Populus balsamifera) tannins and low molecular weight phenolics on microbial activity in taiga floodplain soil: implications for changes in N cycling during succession. *Canadian Journal of Botany* 74: 84-90.

[6] Kanerva, S., Kitunen, V., Kiikkilä, O., Loponen, J. and Smolander, A. 2006. Response of soil C and N transformations to tannin fractions originating from Scots pine and Norway spruce needles. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1364-1374.

[7] Berg, B. 1986. Nutrient release from litter and humus in coniferous forest soil – a mini review. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 359-369.

Forest understorey vegetation and plant litter decomposition under three different dominant tree species

Tiina M. Nieminen[1] and Aino Smolander[1]

[1] Finnish Forest Research Institute, FI-01301 Vantaa, Finland, tiina.nieminen@metla.fi

Introduction

The effect of tree species on understorey vegetation in forest has not been a subject of intensive studies Finland, partly due to the fact that according to the forest site type classification used in Finland [1], the dominant tree species has only a minor effect on the understorey vegetation. Our study will focus on the effects of a dominant tree species 1) on species composition and 2) on the above ground biomass and biomass production of the forest understorey vegetation on sites of similar original fertility status. In addition, the decomposition of *Vaccinium myrtillus* -shrub was studied using litter bags placed beneath the humus layer at all study plots for a two year period

Material and Methods

The study stands are adjacent 70-year-old stands in Kivalo, northern Finland (66°20´N/26°40´E), dominated by silver birch (*Betula pendula* Roth.), Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). The soil type is podzol and the organic layer is mor. Originally the whole study site has been a homogenous Norway spruce stand, which was clear-cut and prescribed burned in 1926. Three study plots (25 m x 25 m) were placed in each stand.

The abundance of the understorey vegetation was studied by estimating visually the species-specific coverages in percentages (0-100%) in July 2000. Altogether 16 vegetation quadrats of 1 m^2 size were located systematically on each of the study plots. Total biomass of the above-ground parts of the understorey vegetation was determined by taking vegetation + upper-organic-soil- layer samples by a cylinder corer (diameter 236 mm) and clipping the vegetation at the lower level of living moss layer. The biomass sample points were located systematically along the sides of the study plots (12-35 per study plot) resulting in altogether 103 samples from the birch site, 82 from the spruce site and 75 from the pine site. Living vegetation was sorted into mosses, lichens and field layer species, and annual shoots were separated from vascular plants. Samples were oven-dried at 60°C and weighed. The mass of the annual shoots was used as an estimate of the annual above ground biomass production and in the case of mosses and lichens the annual production was estimated to be one third of the total living biomass.

Decomposition of Vaccinium myrtillus -shrub was studied using litter bags consisting either of leaves or stem sections of blueberry originating from the birch stands. The litter bags were placed beneath the humus layer at all study plots for a two year period. The litter bags were oven-dried at 60°C and weighed.

Results and discussion

The relationship between the dominant tree species of the forest stand and the understorey vegetation is one of the most contradictory aspects of Cajander's theory, and it has lead to several different interpretations. Most studies have revealed tree-species induced effects, *e.g.* Kuusipalo [2] state that the tree-species composition and the stand density affect the structure of understorey vegetation, and Tonteri *et al.* [4] report that the dominant tree species has a

greater impact on understorey vegetation on fertile sites. In our study, the species composition under different dominant tree species varied to some extent. Although most of the species were found at all sites, there were tree-species-related differences in the abundances of the most common understorey species (Table 1). This finding is in good agreement with recent results obtained on the basis of a large national scale data set collected in Finland in 1980s [4]. According to this data the dominant tree species affects the abundances of the most common plant species. In our study, *Deschampsia flexuosa* -grass was clearly the most abundant under birch, while the coverage of carpet forming mosses (*e.g. Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens*) was the lowest under birch (Table 1).

The average amount of total living aboveground biomass was very similar under all tree species: 242 g m^{-2} under birch, 248 g m^{-2} under Scots pine and 250 g m^{-2} under Norway spruce Annual aboveground biomass production of understorey vegetation was close to 100 g m^{-2} at all sites.

The decomposition rate of blueberry was highest under birch which is in agreement with earlier results obtained from the same sites. The rates of carbon and the net nitrogen mineralization measured in laboratory incubation experiments were highest in soils taken from the birch plots [5]. The mass loss of the leaves of blueberry was higher (52-61%) than that of the stems (33-46 %).

Table 1. The average coverage % of understorey species under different tree species.

	Birch	Pine	Spruce
Vaccinium myrtillus	42	40.5	25
Vaccinium vitis-idaea	2	5	2
Other dwarf shrubs	2	3	0.5
Deschampsia flexuosa and other grasses and herbs	23	2	0.5
Pleurozium schreberi	0.4	56	22
Other mosses	15	14	15
Lichens	-	-	0.02

References

[1] Cajander, A. K. 1949. Forest types and their significance. *Acta Forestalia Fennica* 56: 1-71.
[2] Kuusipalo, J. 1985. An ecological study of upland forest site classification in southern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 192: 1-78.
[3] Lehto, J.and Leikola, M. 1987. Käytännön metsätyypit. Kirjayhtymä. Helsinki. 98 p.
[4] Tonteri, T., Hotanen, J-P., Mäkipää, R., Nousiainen, H., Reinikainen, A., and Tamminen, M. 2005. Metsäkasvit kasvupaikoillaan - kasvupaikkatyypin, kasvillisuusvyöhykkeen, puuston kehitysluokan ja puulajin yhteys kasvilajien runsaussuhteisiin. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 946: 1-106.
[5] Smolander, A. and Kitunen, V. 2002. Soil microbial activities in characteristics of dissolved organic C and N in relation to tree species. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 651-660

Tiivistämisen ja kevennetyn muokkauksen vaikutus kaasun makro- ja mikrodiffuusioon lössimaassa

The effects of compaction and reduced tillage on gaseous macro- and microdiffusion in a loess soil

Asko Simojoki[1], Orsolya Fazekas[2] ja Rainer Horn[2]

[1] Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, Helsingin yliopisto
[2] Institute of Plant Nutrition and Soil Science, Christian-Albrechts University, Kiel, Germany

Johdanto

Maatalouden enenevä koneellistuminen ja tehostuminen ovat lisänneet viljelymaiden tiivistymisen riskiä [1, 2, 3, 4]. Samanaikaisesti pyrkimys energian säästämiseen ja ympäristönäkökohtien huomioimiseen ovat johtaneet kevennettyjen maanmuokkaustapojen yleistymiseen. Maan tiivistäminen ja kevennetty muokkaus vaikuttavat kumpikin maan ilmavuuteen, sillä ne muuttavat maan rakennetta ja helposti hajoavan eloperäisen aineksen määrää ja jakaantumaa maassa. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin maan muokkaustapojen ja tiivistämisen vaikutuksia kaasun liikkumiseen maassa eri syvyyksillä pitkäaikaisessa maanmuokkauskokeessa, jossa lössimaata oli muokattu perinteisesti (kyntö) tai kevennetysti (sänkimuokkaus) 12 vuoden ajan (Sokerijuurikkaan tutkimuslaitos IfZ, Göttingen, Saksa) [5].

Aineisto ja menetelmät

Koe toteutettiin kentällä, jonka maannos (Stagnic Luvisol) osoittaa tällä lössimaalla ilmenevän ajoittaista hapenpuutetta. Erityisesti tutkittiin painavalla sokerijuurikkaankorjuukoneella (35 Mg) suoritetun yksittäisen ajokerran aiheuttaman tiivistymisen vaikutuksia maaperään, ilmatilaan, hapen osapaineen mikroprofiileihin, hapen makro- ja mikrodiffuusioon sekä ilmanläpäisevyyteen. Tätä tarkoitusta varten otettiin syksyllä 2003 rakennenäytteitä eri muokkauskäsittelyiden pintamaasta (12 cm syvyydeltä), kyntöanturasta (35 cm syvyydeltä) ja syvältä pohjamaasta (60 cm). Mittaukset tehtiin laboratoriossa maan eri tavoitekosteuksissa.

Tulokset ja tarkastelu

Huonon rakenteen vuoksi pintamaan ilmatila oli pieni ja sen hapen makro- ja mikrodiffuusio hidasta lähellä kenttäkapasiteettia olevissa kosteuksissa. Kevennetysti muokatussa maassa hapen makrodiffuusio pintamaassa oli nopeampaa kuin kynnetyssä maassa. Maan tiivistäminen hidasti hapen diffuusiota noin puoleen tiivistämättömän maan arvoista kaikissa tutkituissa maan syvyyksissä. Hapen osapaine laski kynnetyssä pintamaassa jyrkästi etäisyyden kasvaessa maan pinnalta ja lähestyi nollaa muutaman millimetrin matkalla, kun taas kevennetysti muokatussa maassa osapaineet olivat suurempia.

Pintamaan huono rakenne saattoi osittain johtua kentällä ennen muokkauskokeen perustamista harrastetusta perinteisestä maan muokkauskäytännöstä eli vuotuisesta kynnöstä. Tulokset osoittavat, että jo yksi ajokerta nykyaikaisella raskaalla korjuukoneella tiivistää maan rakennetta ja heikentää kaasun liikkumista sekä pintamaassa että syvällä pohjamaassa. Tulokset tukevat myös käsitystä kevennetyn muokkauksen edullisista vaikutuksista maan rakenteeseen ja ilmavuuteen, erityisesti maan pintakerroksissa.

Taulukko 1. Muokkauskäsittelyn ja syvyyden vaikutus kaasujen liikkumiseen maassa

Syvyys cm	D/D_0		k_a μm^2		ε_a	$D_{mic}/D_{0,w}$	ODR $\mu g\ m^{-2}\ s^{-1}$
	Sänki-muokkaus	Kyntö	Sänki-muokkaus	Kyntö			
12	0,0010 [b]	0,0002 [a]	5 [b]	0,6 [a]	0,030 [a]	0,19 [a]	25 [a]
40	0,0036 [bc]	0,0027 [bc]	12 [b]	11 [b]	0,060 [b]	0,44 [b]	31 [a]
60	0,0029 [bc]	0,0063 [c]	9 [b]	24 [b]	0,060 [b]	0,34 [b]	20 [a]

Isot maalieriöt (236 cm^3). n 5-6 (muokkaus), n 11-12 (syvyys; paitsi $D_{mic}/D_{0,w}$, jossa n 7-8). D/D_0 suhteellinen makrodiffuusiokerroin, k_a ilmanläpäisevyys, ε_a ilmatila, $D_{mic}/D_{0,w}$ suhteellinen mikrodiffuusiokerroin, ODR hapen diffuusionopeus. Matriisipotentiaali -60 hPa. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat merkitsevästi ($p < 0,05$);

Taulukko 2. Tiivistämisen ja syvyyden vaikutus kaasujen liikkumiseen maassa

Syvyys cm		D/D_0	ε_a
12		0,0007 [a]	0,024 [a]
40		0,0047 [b]	0,065 [c]
60		0,0029 [b]	0,049 [b]
	Tiivistämätön	0,0028 [B]	0,051 [A]
	Tiivistetty	0,0015 [A]	0,041 [A]

Pienet maalieriöt (100 cm^3). n 16 (syvyys), n 24 (tiivistys). D/D_0 suhteellinen makrodiffuusiokerroin (estimoitu), ε_a ilmatila. Matriisipotentiaali -60 hPa. Eri kirjaimella merkityt keskiarvot eroavat merkitsevästi ($p < 0,05$);

Kiitokset

Kiitämme Christian-Albrechtsin yliopiston Maaperätieteen ja kasvinravitsemuksen laitoksen (Kiel, Saksa) ja Sokerijuurikkaan tutkimuslaitoksen (Göttingen, Saksa) henkilökuntaa teknisestä avusta tutkimuksen eri vaiheissa. Suomen Akatemia tuki tutkimusta taloudellisesti (päätös 205132 / 2003).

Kirjallisuus

[1] Soane, B.D. & van Ouwerkerk, C. (eds.) 1994. Soil Compaction in Crop Production. Developments in Agricultural Engineering 11. Amsterdam: Elsevier. 662 p.
[2] Horn, R., van den Akker, J.J.H. & Arvidsson, J. (eds.) 2000. Subsoil compaction. Distribution, processes and consequences. *Advances in Geoecology* 32. 462 p. Reiskirchen: Catena.
[3] Raper, R.L. 2005. Agricultural traffic impacts on soil. *Journal of Terramechanics* 42: 259-280.
[4] Horn, R., Fleige, H., Peth, S. & Peng, X. (eds.) 2006. Soil Management for Sustainability. *Advances in Geoecology* 38. Reiskirchen: Catena. 497 p.
[5] Simojoki, A., Fazekas, O. & Horn, R. 2006. Macro- and microscale gaseous diffusion in a Stagnic Luvisol as affected by compaction and reduced tillage. *Unpublished manuscript.*

Maan huokosilman haihtuvat monoterpeenit eri puulajien metsiköissä: vaikutus typen transformaatioihin

Volatile monoterpenes in soil atmosphere under different tree species: Effects on soil N transformations

A. Smolander[1], R. Ketola[2], T.Kotiaho[3], S. Kanerva[1], K. Suominen[4], V. Kitunen[1]

[1] Finnish Forest Research Institute, Vantaa Research Unit, P.O.Box 18, 01301 Vantaa
[2] University of Helsinki, DDTC, Faculty of Pharmacy, P.O.Box 56, 00014 University of Helsinki
[3] University of Helsinki, Department of Chemistry, Laboratory of Analytical Chemistry, P.O.Box 55, 00014 University of Helsinki
[4] Finnish Food Safety Authority Evira, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki

Introduction

Large amounts of volatile organic compounds (VOCs) are released from woodlands via foliar emission [1]. Deciduous trees emit mainly isoprene, whereas coniferous species release primarily terpenes [1, 2]. There is evidence that monoterpenes may play an important role in controlling N cycling in forest soils [e.g. 3, 4]. Rates of C and N transformations differ in soils under different tree species [5, 6, 7, 8]. Whether terpenes play any role in controlling microbial activities in soils under different tree species is not known.

The aim of this study was to determine the occurrence and concentrations of VOCs, in particular volatile monoterpenes, in soil atmosphere under silver birch, Norway spruce and Scots pine. A further aim was to investigate the effects of the most relevant monoterpenes of coniferous soil atmosphere on N transformations in birch soil.

Study site and methods

The study site was a 70-year-old tree species experiment in Kivalo, northern Finland. It included adjacent 70-year old stands that were dominated by silver birch, Scots pine and Norway spruce. VOCs were collected using two methods, passive air samplers and a chamber method, and analyzed with a gas chromatograph-mass spectrometer [9]. In laboratory incubation experiments, samples of humus layer from the birch stand were exposed to vapors from the most abundant monoterpenes in coniferous soil atmosphere, and soil C and N transformations were subsequently followed.

Results

In soil atmosphere under spruce and especially under pine, the concentrations of monoterpenes were high, α- and β-pinene, Δ-3-carene and myrcene being the most abundant compounds, whereas concentrations of monoterpenes in soil atmosphere under birch were negligible.

Samples of humus layer from the birch stand incubated *in vitro*, and exposed to vapors from monoterpenes typical of coniferous forest soil, showed decreased rates of net N mineralization but simultaneously increased rates of C mineralization. The response of soil microbial biomass C and N to different monoterpenes varied, but some monoterpenes considerably decreased soil microbial biomass.

Altogether the results suggest that these compounds, typical of coniferous forest soil, have negative effects on soil N transformations, although may serve as carbon and energy source for part of soil microbial population [for more information see 9].

References

[1] Fuentes, J.D., Wang, D., Neumann, H.H., Gillespie T.J., den Hartog G. and Dann T.F. 1996. Ambient biogenic hydrocarbons and isoprene emissions from a mixed deciduous forest. *Journal of Atmospheric Chemistry* 25: 67-95.

[2] Guenther, A., Zimmerman, P. and Wildermuth, M. 1994. Natural volatile organic compound emission rate estimates for U.S. woodland landscapes. *Atmospheric Environment* 28: 1197-1210.

[3] White, C.S. 1994. Monoterpenes: Their effects on ecosystem nutrient cycling. *Journal of Chemical Ecology* 20: 1381-1406.

[4] Paavolainen, L., Kitunen, V. and Smolander, A. 1998. Inhibition of nitrification by monoterpenes. *Plant and Soil* 205: 147-154.

[5] Priha, O. 1999. Microbial activities in soils under Scots pine, Norway spruce and silver birch. Doctoral thesis, University of Helsinki. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 731. 50p.

[6] Smolander, A. and Kitunen, V. 2002. Soil microbial activities and characteristics of dissolved organic C and N in relation to tree species. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 651-660.

[7] Smolander, A., Loponen, J., Suominen, K. and Kitunen, V. 2005 Organic matter characteristics and C and N transformations in the humus layer under two tree species, *Betula pendula* and *Picea abies*. *Soil Biology Biochemistry* 37: 1309-1318.

[8] Kanerva, S. and Smolander, A. 2006. Microbial activities in different layers of soil organic horizon under silver birch, Norway spruce and Scots pine. *Soil Biology & Biochemistry*, submitted.

[9] Smolander, A., Ketola, R., Kotiaho, T., Kanerva, S., Suominen, K. and Kitunen, V. 2006. Volatile monoterpenes in soil atmosphere under birch and conifers: Effects on soil N transformations. *Soil Biology & Biochemistry*, in press.

Maan tilavuuspaino ja kutistumiskerroin

Markku Yli-Halla[1] ja Maija Paasonen-Kivekäs[2]

[1] Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto: markku.yli-halla@helsinki.fi
[2] Teknillinen korkeakoulu, Vesitalous ja vesirakennus, PL 5200, 02015 TKK: maija. paasonen@tkk.fi

Johdanto

Maan hiilen (C) ja typen (N) pitoisuudet määritetään painoprosentteina maan kiintoainesta kohti. Jotta tulokset voitaisiin ilmaista pinta-alayksikköä kohti, on tiedettävä, suuriko esimerkiksi muokkauskerroksen (tilavuus noin 2,3 x 10^6 dm^3) tai metrin paksuisen maakerroksen (1 x 10^7 dm^3) massa on. Tähän tarvitaan tietoa maan tilavuuspainosta (TP), johon kivennäisaineksen (tiheys 2,65 g cm^{-3}) ja orgaanisen aineksen (tiheys 0,66 g cm^{-3}) osuuksien lisäksi vaikuttaa maan huokostilavuus. Syvempien horisonttien TP-arvoja on julkaistu vähän, vaikka niitä tarvitaan esimerkiksi C-varojen suuruuden arvioinnissa. – Kutistumiskerroin (Coefficient of Linear Extensibility, COLE) kuvastaa maan halkeilutaipumusta. WRB-maannosluokitusjärjestelmässä maa, jonka eri horisonttien keskimääräinen COLE on vähintään 0,06, saa *vertic*-attribuutin. Suomalaisia savimaita on nimitetty Vertic Cambisols -maannoksiksi, vaikka COLE-arvoja ei niistä ole ennen määritetty.

Aineisto ja menetelmät

Eri syvyyksistä (0-150 cm, 16 profiilia) otettujen maanäytteiden TP määritettiin vakiokosteuteen (1/3 bar ≈ pF 2,5) saatetuista kokkareista [1]. Kokkareiden tilavuus saatiin selville Arkimedeen lakiin perustuvalla menettelyllä punnitsemalla maakokkareet ilmassa ja veteen upotettuina. Veden tunkeutuminen kokkareisiin upotuksen aikana estettiin pinnoittamalla kokkareet hartsilla. Kokeellisia TP-tuloksia verrattiin kahden eri yhtälön avulla laskettuihin TP-estimaatteihin:

(1) $TP = 1{,}3 - 0{,}275 \times \ln \text{Org. C\%}$ [2]
(2) $TP = 1{,}706 - 0{,}277 \times (\text{Org. aines, \%})^{0{,}5} + 0{,}011 \times (\text{Org. aines, \%})$ [3].

TP-näytteiden ottamisen työläys voi houkutella näiden kaavojen käyttämiseen erityisesti pohjamaan horisonteille. Kokkaremenetelmän tuloksia verrattiin myös kahden maan profiilinäytteistä (n=14) lieriömenetelmällä (0,2 dm^3 lieriöt) saatuihin TP-arvoihin. Viidellä maaprofiililla (n=34) verrattiin kokkaremenetelmän TP-arvoja tuloksiin, jotka saatiin punnitsemalla 25 ml:n eriä jauhettua (<2 mm) maata, mitä sitäkin käytetään joskus TP:n arvioimiseen. – Kutistumiskertoimen laskemiseksi [4] maakokkareiden tilavuus määritettiin pF 2,5:n lisäksi myös kuivana (105 °C).

Tulokset ja tarkastelu

Mitä enemmän maassa oli savesta, sitä suurempi kutistumiskertoimen arvo oli. Riippuvuus oli selvä muokkauskerroksen alapuolella (R^2= 0,70, n=52). Hietamaiden syvempien kerrosten COLE oli pieni (0-2 %, Kuva 1), mutta pintamaassa kutistuminen oli orgaanisen aineksen takia usein noin 6 %. Savimaanäytteiden COLE oli yleensä 5-7 %. Salaojitussyvyyden alapuolella ja liejuisten maiden muissakin horisonteissa COLE oli noin 15 %, sulfaattimaan pelkistyneessä horisontissa jopa 28 %.

Kokkaremenetelmän antamat TP-arvot olivat kivennäismaiden muokkauskerroksessa tyypillisesti välillä 1,0 - 1,3 kg dm^{-3} (keskiarvo, k.a. 1,14 kg dm^{-3}, n=14) ja multamailla 0,80 kg dm^{-3} (n=2). Savimailla suurin TP oli heti muokkauskerroksen alapuolella. TP pieneni mentäessä syvemmälle, jossa maa-aines ei ole ehkä koskaan kuivunut perusteellisesti, ja siinä

on jäljellä merkkejä sedimentoituneen aineksen löyhästä rakenteesta. Karkeilla kivennäismailla TP:n pienenemistä syvemmälle mentäessä ei juurikaan havaittu. Kokkaremenetelmällä saadut TP-arvot (k.a. 1,28 kg dm^{-3}, n=14) olivat samaa luokkaa kuin lieriömenetelmän tulokset (k.a. 1,35 kg dm^{-3}, R^2=0,94). Jauhetusta maasta saadut TP-estimaatit olivat muokkauskerroksessa keskimäärin 9 % pienempiä ja syvemmissä horisonteissa 16 % pienempiä kuin kokkaremenetelmällä saadut tulokset. Kun maan aggregaatit oli hajotettu jauhamalla, ne eivät asettuneet likikään luonnontilaiseen tiiviyteen. Kivennäismaiden pintamaassa Howardin yhtälö tuotti pienempiä (k.a. 0,99 kg dm^{-3}, n=14) ja Erviön yhtälö samansuuruisia (k.a. 1,11 kg dm^{-3}) TP-arvoja kuin kokkareista kokeellisesti määritetyt tulokset (k.a. 1,14 kg dm^{-3}), mutta yhtälöt aliarvioivat multamaiden tilavuuspainon 38 %:lla. Syvempien horisonttien näytteille yhtälöt antoivat sen sijaan paljon suurempia TP-arvoja (Howard: k.a. 1,56 kg dm^{-3}, Erviö: k.a. 1,45 kg dm^{-3}, n=71) kuin kokkaremenetelmä (k.a. 1,20 kg dm^{-3}) (Kuva 2); ero oli suurin liejuisilla mailla.

Johtopäätökset

Suomalaiset savimaat kutistuvat niin paljon (COLE ≥ 0,06), että ne ovat Vertic Cambisols – maannoksia. Jauhetun maan painoa ja Erviön esittämää yhtälöä voidaan kohtalaisella tarkkuudella käyttää kivennäismaiden muokkauskerroksen TP:n arviointiin. Jauhetun maan punnitsemista tai kokeiltuja yhtälöitä ei voi luotettavasti käyttää eloperäisten maiden pintamaan eikä minkään maalajin syvempien horisonttien TP:n arviointiin. Näin saatujen tulosten ja häiriintymättömistä näytteistä tehtyjen määritysten välisten erojen suuruus vaihteli suuresti horisontista ja maalajista toiseen. Yhtälöillä saadut TP-arvot poikkesivat eniten mitatuista tuloksista runsaammin orgaanista ainesta sisältävillä mailla. Tämä seikka aiheuttaa huomattavan virheen, jos maan hiilivaraston suuruutta arvioitaessa käytetään kokeiltujen yhtälöiden avulla saatuja TP-arvoja.

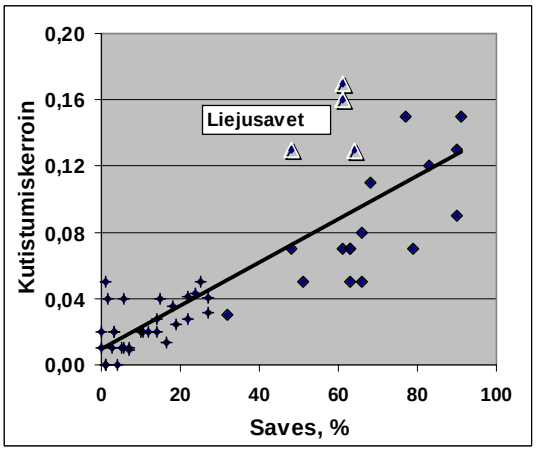
Kirjallisuusviitteet

[1] Blake, G.R. & Hartge, K.H. 1986. Bulk density. In: A. Klute (Ed.) Methods of Soil Analysis, Part 1: 363-375. Agronomy series No 9, 2nd ed. Madison, Wisconsin.

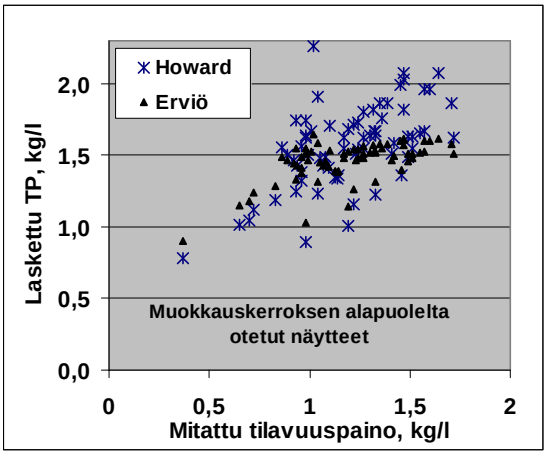
[2] Howard, P.J.A., Loveland, P.J., Bradley, R.A., Dry, F.T., Howard, D.M. & Howard, D.C. 1995. The carbon content of soil and its geographical distribution in Great Britain. *Soil Use Management.* 11: 9-15.

[3] Erviö, R. 1970. The importance of soil bulk density in soil testing. *Ann. Agric. Fenn.* 9: 278-286.

[4] Grossman, R.B., Brasher, B.R., Franzmeier, D.P., & Walker, J.L. 1968. Linear extensibility as calculated from natural-clod bulk density measurements. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32, 570-573.



Kuva 1. Kutistumiskertoimen (COLE) riippuvuus savespitoisuudesta. Kuvasta puuttuu kaksi sulfaattimaan pistettä, joiden COLE >0,20.



Kuva 2. Kokkaremenetelmällä mitatut ja kahdella eri kaavalla lasketut tilavuuspainot (TP) muokkauskerroksen alapuolisille maanäytteille.

Perunanviljelyssä käytettävien torjunta-aineiden vaikutus maan mikrobiston funktionaaliseen diversiteettiin, aktiivisuuteen, biomassaan ja myrkyllisyyteen mikro- ja mesokosmoksissa

J.H. Ahtiainen[1], R. M. Niemi[1], I. Heiskanen[1], K. Mäntykoski[3], A. Rahkonen[4], P. Laitinen[5] ja P. Ruuttunen[5]

[1] Suomen ympäristökeskus, PL140, 00251 Helsinki
jukka.ahtiainen@ymparisto.fi
maarit.niemi@ymparisto.fi
[2] Jyväskylän Yliopisto, Ympäristöntutkimuslaitos, PL 35, 40351 Jyväskylä
[3] Perunantutkimuslaitos, Ruosuontie 156, 16900 Lammi
[4] MTT, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen

Abstrakti

Kahden herbisidin (metributsiini ja linuroni) ja fungisidin (fluatsinami) kohtaloa ja vaikutuksia maan mikrobistoon tutkittiin 18 litran perunaa kasvavissa mesokosmoksissa ja 50 grammaa maata sisältävissä pullokokeissa jäljitellen viljelyn torjunta-ainekäyttöä, sekä myös kymmenkertaisissa pitoisuuksissa. Mikrobiston funktionallinen diversiteetti tutkittiin entsyymiaktiivisuuskitillä (ZYM Profiler®), joka perustuu kymmeneen fluorogeeniseen substrattiin. Nämä substaraatit mittaavat maaperän ravinteidenkierrolle tärkeitä entsyymejä. Mikrobiston aktiivisuutta arvioitiin myös maahengitysmittauksin sekä maan ATP-pitoisuutena. Torjunta-ainevalmisteiden myrkyllisyys testattiin aluksi standardinmukaisella valobakteeritestillä niiden mahdollisten vaikutusten arvioimiseksi. Maan toksisuutta ja sen muutoksia seurattiin meso- ja mikrokosmoskokeiden aikana valobakteeritestin kiinteille näytteille sopivalla modifikaatiolla.

Torjunta-ainekäsittelyt etenkin herbisideillä näyttivät lisäävän entsyymiaktiivisuuksia mikrokosmoskokeissa, mutta kasvin omaavissa mesokosmoksissa havaittiin myös aktiivisuuksien vähentymistä. Maahengitysmittauksilla ei voitu havaita tilastollisesti merkittäviä torjunta-aineiden vaikutuksia. ATP-pitoisuusmittaukset indikoivat selvästi fungisidin aktiivista biomassaa alentavan vaikutuksen. Maan myrkyllisyysmittaus sekä pullokokeista että mesokosmoksista ilmaisi selvästi ja tilastollisesti merkittävästi fungisidin myrkyllisyyden läsnäolon ja biosaatavuuden koko kokeiden keston ajan aina sadonkorjuuseen asti.

avainsanat: mikrobivaikutukset, torjunta-aineet, perunanviljely

Savimaan eroosion ja fosforin huuhtoutuminen pintakalkittaessa ja kevennettäessä muokkausta

Erosion and phosphorus leaching of clay soil as affected by surface layer liming and conservation tillage

Laura Alakukku[1,2] ja Erkki Aura[1]

[1] MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen, erkki.aura@mtt.fi
[2] Helsingin yliopisto, Agroteknologian laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, laura.alakukku@helsinki.fi

Johdanto

Suomen sisä- ja rannikkovesissä fosfori on yleensä levien kasvua rajoittava ravinne. Maataloudesta peräisin olevan fosforin arvioidaan muodostavan n. 60 % ihmisen aiheuttamasta vesistöjen fosforikuormituksesta. Savimaan eroosio on merkittävä ongelma, sillä noin kolmannes Suomen pelloista luokitellaan savimaiksi. Suuri osa kokonaisfosforikuormituksesta kulkeutuu vesistöön eroosioainekseen sitoutuneena. Hapettomissa oloissa jopa 34 – 58 % eroosioainekseen sitoutuneesta fosforista (partikkelifosfori) voi muuttua leville käyttökelpoiseen muotoon [1]. Kasvipeite ja katteet suojaavat maan pintaa sadepisaroiden iskuilta. Maan rakenteen kestävyys puolestaan vähentää hiukkasten diffundoitumista huokosten pinnoilta maaveteen [2]. Eroosion vähentäminen on maan hoidollinen ja ympäristöteknologinen haaste. Kasvipeitteisyyden lisääminen vähentämällä muokkausta tai siirtymällä suorakylvöön on vähentänyt savimaiden eroosiota [3]. Savimaan murustumistapimusta voidaan parantaa mm. kalkitsemalla, jolloin kalsiumionien lisääminen maaveteen edesauttaa hiukkasten välisten sidosten muodostumista. Tässä hankkeessa tutkittiin pintakalkituksen vaikutusta maan eroosioalttiuteen ja valumaveden fosforipitoisuuteen erilaisesti muokatuissa savimaissa.

Aineisto ja menetelmät

Laboratoriossa tehtyyn sadesimulaatiokokeeseen otettiin häiriintymättömät maanäytteet (halkaisija 15 cm, pituus 40-50 cm) kahdesta savimaan (Typic Cryaquept) kenttäkokeesta, joissa osa ruuduista oli sänkimuokattu tai suorakylvetty viisi vuotta ennen näytteenottoa [4]. Kentiltä otettiin näytteet neljästä kynnetystä (muokkaussyvyys 20-25 cm), syyssänkimuokatusta (10-15 cm) ja suorakylvetystä ruudusta. Toisen kokeen näytteet kalkittiin kaksi päivää ennen sadetusta laboratoriossa (5 Mg ha^{-1} piippukalkkia, Koe1) ja toisessa paperiteollisuuden ns. nollakuitu (0 tai 20 Mg ha^{-1} kuiva-ainetta, Koe2) oli levitetty pellon pintaan viisi vuotta ennen näytteidenottoa [2].

Simuloidun sateen intensiteetti oli 5 mm h^{-1}. Kokeessa, jossa maa kalkittiin laboratoriossa, näytteitä sadetettiin kolmesti (15 mm sade) ennen kalkitusta ja kolmesti sen jälkeen. Tutkittaessa nollakuidun vaikutusta näytteitä sadetettiin kolme tuntia (15 mm). Sadetuksen aikana kerättiin näytteistä valunut vesi, josta määritettiin sen kokonaisfosfori- ja liuenneen fosforin pitoisuus [2]. Partikkelifosforin pitoisuus laskettiin vähentämällä kokonaisfosforipitoisuudesta liuenneen fosforin pitoisuus. Aiempien savimaan tutkimusten perusteella tiedetään, että valuntaveden partikkelifosforipitoisuuden ja kiintoaineksen määrän välillä on lineaarinen korrelaatio (mm. 3), joten partikkelifosforipitoisuuden perusteella tarkasteltiin koetekijöiden vaikutusta eroosioon.

Tulokset ja tarkastelu

Taulukossa 1 on esitetty molempien sadetuskokeiden keskimääräinen partikkeli- ja liuenneen fosforin pitoisuus erilaisesti muokatuista maista valuneessa vedessä. Tulosten mukaan

savimaan pinnan kalkitseminen hienojakoisella, pehmeällä kalkilla vähensi pintavaluntaveteen erodoituneen materiaalin pitoisuutta muokkaustavasta riippumatta. Tulos tuki Aurajoen savimaan kentältä [3] otetuilla näytteillä tehdyn sadesimulointikokeen tuloksia [2]. Kokeessa 1 pintakalkitus pienensi myös pintavalunnan liuenneen fosforin pitoisuutta (Taulukko 1). Tämä johtui todennäköisesti siitä, että epäorgaaninen fosfori adsorboitui entistä enemmän maan rauta- ja alumiinioksidien pinnoille kalkituksen lisätessä maaveden kalsiumpitoisuutta kuten Hartikainen [5] on raportoinut.

Taulukko 1. Savimaan valuntaveden partikkeli- ja liuenneen fosforin pitoisuus ennen (0) ja jälkeen piippukalkilla pintakalkitusta (5 Mg ha^{-1}, Koe 1) ja kenttäkokeesta, jossa maan pintaa oli levitetty viisi vuotta ennen näytteenottoa paperiteollisuuden ns. nollakuitua (0 tai 20 Mg ha^{-1} kuiva-ainetta, Koe 2). Kokeessa 1 kerättiin pintavalunta ja Kokeessa 2 näytteen läpi valunut vesi. Muokkaukset: AP, syyskyntö; ASC, syyssänkimuokkaus; ZT, suorakylvö.

Partikkelifosforin pitoisuus (mg l^{-1})						Liuenneen fosforin pitoisuus (mg l^{-1})					
Koe 1, näytteet kalkittiin laboratoriossa kaksi päivää ennen sadetusta											
AP0	AP5	ASC0	ASC5	ZT0	ZT5	AP0	AP5	ASC0	ASC5	ZT0	ZT5
3,2	0,3	2,6	0,2	2,9	0,4	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,2
Koe 2, maan pintaan levitetty nollakuitua viisi vuotta ennen näytteenottoa											
AP0		ASC0	ASC20	ZT0	ZT20	AP0		ASC0	ASC20	ZT0	ZT20
1,1		0,7	0,5	1,0	0,2	0,02		0,1	0,03	0,1	0,03

Tulosten mukaan nollakuitu (50 % massasta puukuitua ja 50 % hienojakoista kalkkipitoista ainetta (pääasiassa kalsiumkarbonaattia)) vähensi sänkimuokatun ja suorakylvetyn maan perkolaatioveden kokonaisfosforin ja liuenneen fosforin pitoisuutta vielä viisi vuotta levityksen jälkeen (Taulukko 1). Tulosten perusteella ei voitu päätellä syytä valuntaveden fosforipitoisuuksien pienentymiseen. Pellolle levitetyssä nollakuidussa oli hienojakoista kalsiumkarbonaattia, jolla oli kalkitusvaiktus. Toisaalta 50 % nollakuidun kuiva-aineesta oli puukuitua, jonka fosforipitoisuus oli pieni. Tämä maahan lisätty eloperäinen aines on voinut osaltaan vaikuttaa maan fosforin kiertoon.

Yhteenveto

Näiden ensimmäisten kokeiden perusteella maanparannusaineiden käytön yhdistäminen kevennettyyn muokkaukseen on lupaava keino vähentää savimaiden eroosiota ja niiden valuntaveden fosforipitoisuutta. Kevennetty muokkaus pienentää käytettävän aineen määrää, koska se sekoitetaan pienempään maatilavuuteen kuin kynnettäessä. Käytännön maaperäteknologisten ratkaisujen kehittäminen edellyttää kuitenkin lohkomittakaavan jatkotutkimusta aiheesta.

Kirjallisuus

[1] Uusitalo, R., Turtola, E., Puustinen, M., Paasonen-Kivekäs, M. & Uusi-Kämppä, J. 2003. Contribution of particulate phosphorus to runoff phosphorus bioavailability. *J. Environ. Quality* 32: 2007-2016.

[2] Aura, E., Saarela, K. & Räty, M. 2006. Savimaiden eroosio. *MTT:n selvityksiä* 118: 32 s. http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts118.pdf Verkkojulkaisu päivitetty 28.8.2006.

[3] Puustinen, M., Koskiaho J. & Peltonen, K. 2005. Influence of cultivation methods on suspended solids and phosphorus concentrations in surface runoff on clayey sloped fields in boreal climate. *Agric. Ecosystems Environment* 105: 565-579.

[4] Alakukku, L. & Aura, E. 2006. Zero tillage and surface layer liming promising technique to reduce clay soil erosion and phosphorus loading. ASABE 2006 Annual International Meeting, July 9-12, 2006 Portland, Oregon. Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineer, St. Joseph, Michigan. CE-ROM, Voice: 269-429-0300. Technical Papers n:o 062191. 8 p. www.asabe.org

[5] Hartikainen, H. 1985. Response of acid sulphate soils to different liming treatments I. Solubility of sulphate and phosphate. *J. Plant Nutrition Soil Sci.* 148: 511 – 518.

Onko metsitetty suonpohja hiilen nielu vai lähde?

Afforested cut-away peatland: sink or source of carbon?

Lasse Aro[1], Hannamaria Potila[1], Jukka Laine[1], Päivi Mäkiranta[2] & Kari Minkkinen[2]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Parkanon toimintayksikkö, 39700 Parkano
[2] Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Tiivistelmä

Kioton sopimuksessa puuttoman alueen metsitys lasketaan hiilinieluksi. Suomessa kyseeseen tulisivat lähinnä pellot ja turpeennostosta vapautuvat suonpohjat. Suonpohjia on tällä hetkellä yli 20000 ha ja niiden määrän odotetaan nousevan yli 40000 ha:n viiden vuoden kuluessa. Yksi Suomen vanhimmista turvetuotantoalueista sijaitsee Kihniön Aitonevalla, jonne perustettiin myös ensimmäiset metsityskokeet jo 1950- ja 1960-luvuilla. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri-ikäisten, männylle ja koivulle viljeltyjen metsiköiden hiilitase.

Metsiköiden maan kaasunvaihtoa tutkittiin ”Turpeen ja turvemaiden käytön kasvihuone-vaikutukset” tutkimusohjelmassa. Tässä tutkimuksessa laskettiin samojen koivikoiden ja männiköiden puuston kokonaisbiomassa ja arvioitiin siihen keskimäärin 18 – 43 vuodessa sitoutuneen hiilen määrä. Puuston kokonaisbiomassa vaihteli 22 ja 364 Mg ha^{-1} välillä, mistä arvioitu vuotuinen hiilen sidonta oli vastaavasti 63 – 520 g m^{-2} a^{-1}. Samoista kohteista on aiemmin mitattu vuotuiseksi heterotrofiseksi hiilidioksidiemissioksi 276 – 479 g m^{-2} a^{-1} hiilenä [1]. Metaanin osalta metsiköt olivat lieviä nieluja [1]. Tulosten mukaan suotuisissa kasvuoloissa metsiköiden nopean kasvun vaiheessa puuston vuotuinen keskimääräinen hiilen sidonta oli suurempi kuin vanhan turpeen hajoamisesta vapautuva hiilimäärä.

Kirjallisuus

[1] Mäkiranta, P., Hytönen, J., Aro, L., Maljanen, M., Pihlatie, M., Potila, H., Shurpali, N., Laine, J., Lohila, A., Martikainen, P.J. & Minkkinen, K. 2006. Soil greenhouse gas emissions from afforested organic soil croplands and cutaway peatlands. *Boreal Environment Research* 11 (in press).

Diffuusio eroosion mekanismina savimaassa

Erosion of Clay Soils by Diffusion Mechanism

Erkki Aura

MTT, 31600 Jokioinen
erkki.aura@mtt.fi

Suomessa tärkeimmät eroosion mekanismit savimaissa ovat sadepisaroitten iskut maan pintaan ja saveshiukkasten diffuusio (lämpöliike) kiinteästä maasta maan veteen. Kasvusto ja katteet vähentävät sadepisaroitten haitallista vaikutusta. Savimaan pinnan liettyminen ja kuorettuminen vähenee maan jäykkyyden kasvaessa. Sen sijaan diffuusioeroosio kasvaa savespitoisuuden kohotessa. Stabiili huokosrakenne estää diffuusioeroosiota, mutta muokkaus leikkaa maata aiheuttaen saveshiukkasten diffuusiota maan kiinteästä aineksesta maan veteen. Diffuusioeroosio voidaan hallita hyvin Einsteinin 1905 luomalla teorialla pienten hiukkasten lämpöliikkeestä nesteessä.

Lämpöliikkeessä hiukkasten keskimääräistä etenemisnopeutta tiettyyn suuntaan ilmaiseva diffuusiokerroin riippuu hiukkasten koosta ja saadaan lasketuksi Stokes – Einsteinin kaavalla [1]:

$$D = (k\,T)/(6\,\Pi\,\eta\,r), \qquad (1)$$

missä k = Boltzman vakio 1,3805 x 10^{-23} JK^{-1}, T = lämpötila ^{o}K, η = veden viskositeetti 1,005 x 10^{-3} kg $m^{-1}s^{-1}$, r = hiukkasen säde m. Hiukkasten keskimääräisesti kulkema matka s (m) diffuusiossa on [1]:

$$s = (2Dt)^{1/2}, \qquad (2)$$

missä t = aika sekunttia. Diffuusion merkitystä voidaan arvioida vertaamalla hiukkasten keskimääräistä liikkumista diffuusiossa painovoiman vaikutukseen hiukkasiin. Jos painovoiman merkitys tulee hallitsevaksi verrattuna lämpöliikkeeseen, voidaan olettaa, että vedellä kyllästetyssä maassa veteen joutuneet hiukkaset juuttuvat maan mutkitteleviin huokosiin. Painovoiman ansiosta hiukkasen kulkema matka

$$s = v\,t, \qquad (3)$$

missä v on nopeus (ms^{-1}) ja t on aika (s). Nopeus painovoiman g (ms^{-2}) johdosta taasen saadaan suspensioanalyysissä yleisesti käytetystä kaavasta:

$$v = 2/9\,(g\,r^2\,(\rho_1 - \rho_2))/\eta, \qquad (4)$$

missä ρ_1 = hiukkasen tiheys ja ρ_2 = veden tiheys kg m^{-3}. Kaavan (2) mukainen diffuusion matka asetetaan yhtä suureksi painovoiman ansiosta kulkeman matkan (3) kanssa ja sijoitetaan kaavat (1) ja (4). Tulokseksi saadaan, että diffuusion merkitys tulee painovoimaa tärkeämmäksi, kun hiukkasen säde suunnilleen alittaa 0,0002 mm eli nimenomaan hieno saves on altis diffuusiolle maan veteen, jos mikään mekanismi ei ole liimannut hienon saveksen hiukkasia yhteen.

Hieno saves on altista diffuusiolle maan veteen epästabiilista huokospinnasta. Teorian mukaan vähäinenkin flokkuloituminen eli yksittäisten hiukkasten yhteenliittymisen aikaansaama partikkelikoon kasvattaminen estää tehokkaasti diffuusioeroosiota. Tulokset ovat hyvin sopusoinnussa käytännön havaintojen kanssa. Jos sateet eivät ole voimakkaita, märästä

maasta valuvat ojavedet ovat karkeaa savesta ja hiesua sisältävillä mailla kirkkaampia kuin jäykemmillä mailla. Maanparannusaineilla voidaan lisätä hiukkasten flokkulaatiotaipumusta ja siten tehokkaasti vähentää eroosiota.

Kirjallisuus

[1] Einstein, A. 1905. Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. *Annalen der Physik* 17: 549 – 193.

Three approaches to estimate inorganic N loading from a headwater catchment in Finland

Ilona Bärlund[1], Katri Rankinen[1], Marko Järvinen[2], Eeva Huitu[3] and Lauri Arvola[3]

[1] Finnish Environment Institute, SYKE
[2] University of Helsinki, Dept. Ecological and Environmental Sciences
[3] University of Helsinki, Lammi Biological Station

Introduction

Long-term nutrient datasets indicate that leaching of nitrogen (N) from the catchments is strongly related to seasonal and annual climatic and hydrological variation. Recent climate scenarios suggest marked changes in air temperature and precipitation in Fennoscandia which are likely to change the seasonal dynamic patterns in hydrology, and thus also the nutrient loading. These projected changes increase the demand for reliable methods to evaluate nutrient loading. Thus, the aim of this work was to compare three different methods, used in three research projects, to calculate annual dissolved inorganic nitrogen (DIN) load. First we calculated annual N loading by the two models and compared it to the result estimated by the statistical method. In the next step we estimated how well the models described the seasonal dynamics in discharge and inorganic N concentrations.

Material and methods

The three calculation methods were applied in the same research area: the Mustajoki catchment, the largest sub-catchment draining to Lake Pääjärvi in Lammi. The main land use in the catchment is forest (67%), peatland (20%) and agricultural land (13%). In the basin, 48% of the soils are characterized by moraine, with some highly permeable sand and gravel deposits, and organic peat layers. There are no point pollution sources of nutrients in the catchment, and the area is sparsely populated. Samples for DIN concentrations have been taken weekly at the outlet since the year of 2000 by the Lammi Biological Station. Nitrate and nitrite N (NO_{2+3}-N) and NH_4-N have been analyzed using standard methods. Discharge has been measured daily since the early 1970's by SYKE. Daily meteorological data for rainfall and air temperature to drive the models are available from a station of the Finnish Meteorological Institute located close to Lake Pääjärvi at the Lammi Biological Station.

The GWLF (Generalized Watershed Loading Functions) model [1] is a non-point source loading model. Modelling of diffuse nutrient sources is a function of land use and runoff. Dissolved nutrient loads are derived by multiplying runoff by a land use-specific nutrient concentration. The dynamic, semi-distributed INCA-N (Integrated Nutrients from CAtchments – Nitrogen) model [2, 3] integrates hydrology and N processes. The key terrestrial N processes are nitrification, denitrification, mineralization, immobilisation, N fixation and plant uptake of inorganic N. The daily measured discharge and weekly sampled inorganic nitrogen concentration values were used to calculate the annual load by a statistical standard method [4]. In this method the annual load is calculated by summing up the loads of each sampling interval. For discharge, the average of the period between the midpoints of sampling occasions are used. The statistical reference method gives a long-term average value which is considered as the reference level of loading.

Results and discussion

The calculated annual loadings varied between 10 and 59 kg DIN a^{-1} between the methods during the study period. INCA-N gave systematically highest DIN load estimates. The difference to the reference method was highest in wet years 2000 and 2004, when autumn and

early winter discharge was high. GWLF estimated the DIN load to the same level as the reference method, except in years 2001 and 2003, when the model was not able to reproduce properly the spring discharge maximum.

The seasonal pattern of runoff shows that INCA-N repeats the seasonal pattern of runoff but overestimates the average level. The hydrological input derived from the Watershed Simulating and Forecasting System [5] which uses regionalized meteorological input data seems to overestimate simulated discharge in a relatively small catchment. This overestimation of discharge seems to lead to higher leaching losses of DIN. GWLF has the right level in runoff both in spring peak and low flow periods. INCA-N repeats the observed seasonal pattern of DIN concentrations, but seems to give both higher mean and broader confidence limits compared to observations. On the other hand, it is possible that weekly water quality sampling is not frequent enough to catch the concentration peaks. GWLF produces correctly the general concentration level but does not reproduce the seasonal pattern. This results from the loading function structure of the model. INCA-N gives almost twice as high load than the reference method in years 2000 and 2004, when discharge is high also in late summer and autumn. This might result from the higher DIN concentrations in that time, which INCA-N was able to reproduce as it calculates N processes dynamically.

Conclusions

The loading estimates differ in years when snowmelt was not the dominating hydrological pattern. The loading function model GWLF repeated the overall level of DIN load correctly. The process-based INCA-N model slightly overestimated the DIN load every year, as it overestimated discharge. INCA-N gave clearly higher estimates for DIN loading in years 2000 and 2004, when discharge was high in autumn and early winter, because it was able to reproduce the seasonality of the concentration levels. This result urges to pay attention not only to the calibration process but also to the correct validation process when a model is used to simulate future changes in nutrient loads under changing climate conditions.

Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the financial support from the Academy of Finland (NUTRIBA) and the European Commission's Environment and Sustainable Development Programme (CLIME) as well as the EU's 6th Research Framework Programme (EUROLIMPACS).

References

[1] Haith, D.A. and Tubbs, L.J. 1981. Watershed Loading Functions for non-point sources. *ASCE Journal of Environmental Engineering* 107(EE1): 121-137.
[2] Whitehead, P.G., Wilson, E.J. and Butterfield, D. 1998. A semi-distributed Integrated Nitrogen model for multiple source assessment in Catchments (INCA): Part I - model structure and process equations. *The Science of the Total Environment* 210/211, 547-558.
[3] Wade, A., Durand, P., Beaujoan, V., Wessels, W., Raat, K., Whitehead, P.G., Butterfield, D., Rankinen, K. and Lepistö, A. 2002. Towards a generic nitrogen model of European ecosystems: New model structure and equations. *Hydrology and Earth System Sciences* 6, 559-582.
[4] Rekolainen, S., Posch, M., Kämäri, J. and Ekholm, P. 1991. Evaluation of the accuracy and precision of annual phosphorus estimates from two agricultural basins in Finland. *Journal of Hydrology* 128, 237-255.
[5] Vehviläinen, B. 1994. The watershed simulation and forecasting system in the National Board of Water and the Environment. Publications of Water and Environment Research Institute 17, 3-16.

Agricultural nitrogen balances and nitrogen leaching at catchment scale – a case study with the INCA-N model

Typpitaseet ja typpihuuhtouma valuma-alueella – Mallinnustuloksia INCA-N mallilla

Kirsti Granlund[1], Jaana Marttila[2] and Irmeli Ahtela[3]

[1] Finnish Environment Institute, P.O.Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland: kirsti.granlund@ymparisto.fi
[2] Finnish Association for Nature Conservation, Kotkankatu 9, FIN-00510 Helsinki, Finland: jaana.marttila@sll.fi
[3] Uusimaa Regional Environment Centre, P.O.Box 36, FIN-00521 Helsinki, Finland: irmeli.ahtela@ymparisto.fi

Abstract

The Integrated Nitrogen Model for Catchments (INCA-N, [1]) model was applied in Lepsämänjoki, a medium-sized (210 km^2) agricultural catchment in southern Finland. INCA-N is a semi-distributed catchment scale model that simulates inorganic N leaching from terrestrial sources and transport and transformation processes in the river. INCA-N produces daily estimates of discharge, stream water NO_3-N and NH_4-N concentrations and fluxes. The aim was to test if data about N soil surface balances can be used as model input to calculate crop specific N uptake and leaching.

In Lepsämänjoki, most of the agricultural land (approximately 70%) is under cereal cultivation. Approximately half of the N export from Lepsämänjoki catchment originates from agricultural production. Water quality in the river Lepsämänjoki has been classified as passable. The INCA-N model was applied for the period 1995-2003, which represents the first years of the Finnish Agri-Environmental Programme (FAEP), a widely adapted policy measure for controlling environmental impacts of agricultural production. In Lepsämänjoki the impacts of the FAEP have been earlier studied e.g. by analyzing information about agricultural practices collected from farms [2, 3]. In this study the interview data was used to calculate crop specific N soil surface balances for years 1997-2002.

The average N fertilizer input to the fields and harvested N export were 112 kg ha^{-1} and 63 kg ha^{-1}, respectively. The average N soil surface balance was 49 kg ha^{-1}, varying from 35 to 76 kg ha^{-1}. This N surplus is rather high, totaling annually ca. 240 tons of N for the whole catchment. The annual variation of N utilization was remarkable, depending e.g. on climatic conditions and yield. Among other things, the FAEP requires that targeted crop-specific fertilizer levels must not be exceeded. In Lepsämänjoki, one of the most important reasons for N surplus was that the targeted yields were commonly higher than the actual ones, resulting in an overdose of N fertilizers [4].

INCA-N is a semi-distributed catchment scale model that simulates inorganic N leaching from terrestrial sources and transport and transformation processes in the river. The catchment can be divided into sub-catchments. Six land use classes can be described to take into account spatial variation in land use and management. INCA-N produces daily estimates of discharge, and stream water inorganic N concentrations and fluxes, at discrete points along a river's main channel. The input fluxes which the INCA-N takes into account are: atmospheric deposition of ammonium and nitrate; ammonium and nitrate fertiliser applications; mineralisation of organic matter and nitrification; and nitrogen fixation. From these are subtracted output fluxes (plant uptake, immobilisation and denitrification) to produce the amount of N leaching to streams.

INCA-N was applied to the present agricultural conditions in the Lepsämänjoki catchment and the results were compared with observed N concentrations in river water and annual N export from the catchment. Nitrogen uptake for five land-use classes representing arable crops (spring cereals (barley and oats), wheat, grass ley, green fallow, oilseed) was parametrised based on detailed information about yield, fertilizers and N balance. The modeled NH_4-N concentrations corresponded well to the observed ones. For NO_3-N some discrepancies were detected especially during mild autumns. The model performance can be improved by introducing a more detailed division of the catchment into sub-catchments. The calculated N leaching values from different land use classes where within the range reported for Finnish conditions.

Our study showed that surface N balances are extremely valuable for calibrating nutrient leaching models such as INCA-N, because they provide order-of-magnitude estimates of annual nutrient surplus in agricultural soils. Catchment or field scale data about fertilizer amounts are not usually available in Finland. Calculation of nutrient balances has been suggested as an environmental measure for the next period of FAEP (2007-2013). Such background material would provide significant opportunities for identifying risk areas for nutrient leaching and for analyzing nutrient transport and transformation with mathematical models.

References

[1] Wade, A.J., Durand, P., Beaujouan, V., Wessels, W., Raat, K., Whitehead, P.G., Butterfield, D., Rankinen, K. and Lepistö, A., 2002. A nitrogen model for European catchments: New model structure and equations. *Hydrol. Earth System Sci***.** 6: 559–582.
[2] Palva, R., Rankinen, K., Granlund, K., Grönroos, J., Nikander, A. and Rekolainen, S. 2001. Environmental Impacts of Agri-Environmental Support Scheme in 1995-1999. Final report of the MYTVAS-project. The Finnish Environment 478. Environmental protection. Helsinki 2001. In Finnish with English abstract. 92 pp.
[3] Pyykkönen, S., Grönroos, J., Rankinen, K., Laitinen, P., Karhu, E. and Granlund, K. 2004. Cultivation measures in 2000-2002 and their effects to the nutrient runofff to the waters in the farms committed to the Agri-Environmental Programme. The Finnish Environment 711. Environmental protection. Helsinki 2004. In Finnish with English abstract. 119 pp.
[4] Marttila, J., Vahtera, H., Granlund, K. and Lahti, K. 2005. Ravinnetaseet vesiensuojelun apuvälineenä (Nutrient balances as a tool for water protection). Uusimaa Regional Environment Centre. Mimeographs 155. In Finnish.104 pp.

Biotiitin fosforinsitomiskyky

Phosphorus retention capacity of biotite

Salla Hartikainen[1]

[1] Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto: salla.hartikainen@helsinki.fi

Johdanto

Biotiitti on mineraalien - pääasiassa flogopiitin (75 %) ja karbonaattimineraalien (16 %) - seos, jota saadaan Siilinjärven avolouhokselta apatiitin rikastamisen sivutuotteena tuhansia tonneja vuosittain. Osa biotiitista prosessoidaan edelleen kaupalliseksi tuotteeksi (Kemira Biotiitti), jota hyödynnetään mm. hidasliukoisena kaliumlannoitteena ja yhdessä apatiitin kanssa mekaanisena seoksena fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumlannoitteena. Loput rikastushiekasta läjitetään jätteenä erilliselle alueelle.

Viime vuosina kiinnostuksen kohteena on ollut biotiitin hyödyntämismahdollisuudet esim. pistekuormituskohteissa ja jätevesien pienpuhdistamoissa. Tässä tutkimuksessa selvitettiin biotiitin kykyä pidättää fosforia maa-aineksesta ja vesiliuoksesta ja mineraaliseoksen happo- ja emäskäsittelyn vaikutusta siihen. Fosforin pidättymismekanismien tutkimiseksi näytteiden fosfori fraktioitiin.

Materiaalit ja menetelmät

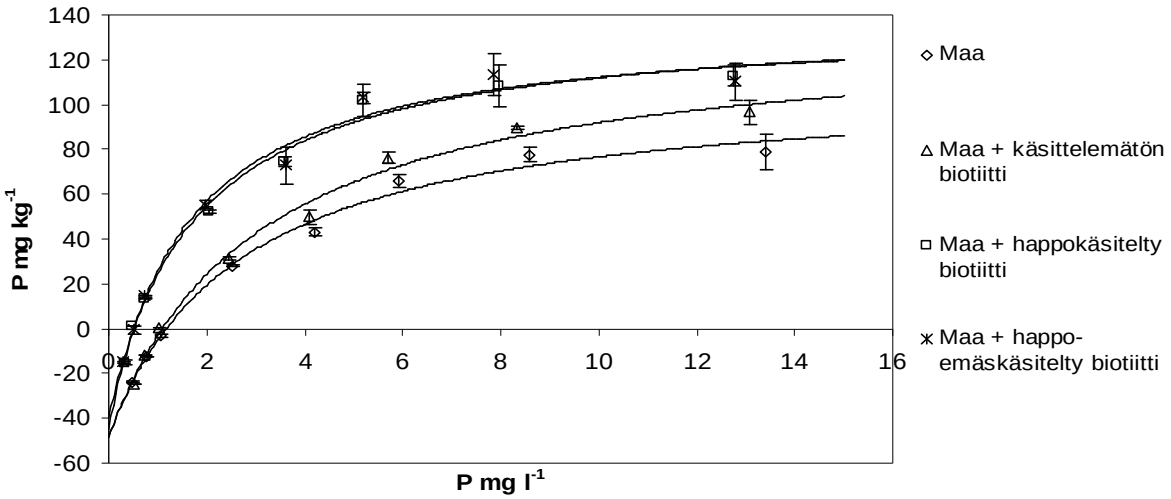
Laboratoriokokeissa inkuboitiin savimaata, johon oli lisätty tutkittavaa biotiittia. Inkuboidusta maasta määritettiin Hartikaisen [1] menetelmää modifioiden fosforin sorptio-desorptioisotermit, epäorgaanisen fosforin fraktiot Changin ja Jacksonin [2] menetelmällä sekä pH ja sähkönjohtokyky. Näin pyrittiin selvittämään biotiitin fosforinpidätyskyky systeemissä, jossa pidätyspaikoista kilpailevien ionien pitoisuus on korkea. Biotiitin happo- ja emäskäsittelyjen sekä partikkelikoon (ø > 2 mm ja ø > 2 mm) vaikutusta fosforin pidättymiseen tutkittiin kokeessa, jossa mineraalinäytteitä rikastettiin fosforilla ja epäorgaanisen fosforin fraktiot määritettiin fosforilla rikastetuista ja rikastamattomista näytteistä.

Tulokset

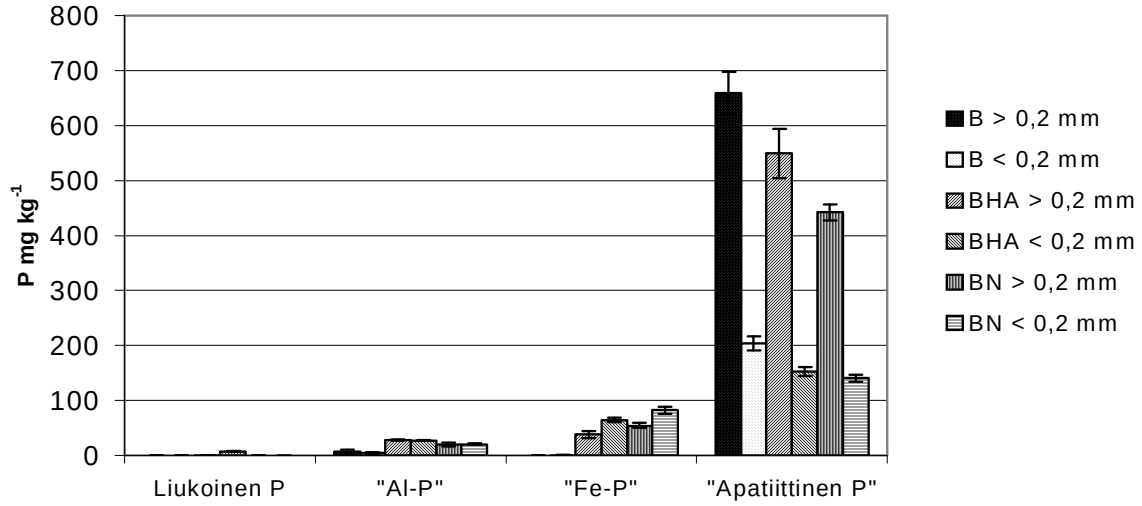
Kokeiden perusteella biotiitti pidätti tehokkaasti fosforia kemiallisesti monimuotoisesta maaympäristöstä (Kuva 1). Materiaalin happo- ja happo-emäskäsittelyt tehostivat P:n pidättymistä entisestään. Maan omien fosforivarojen jakautumiseen pidättävien komponenttien välillä biotiittilisäyksellä ei sitä vastoin näyttänyt olevan vaikutusta.

Mineraaliaineksesta, johon ei ollut lisätty fosforia (Kuva 2), löytyi hieman NaOH-uuttoista fosforia, joka katsotaan edustavan Fe-oksidien pidättämiä varoja sekä NH_4F-uuttoista, Al-oksidien pidättämäksi oletettua fosforia. Huomattavasti runsaimmin fosforia löytyi kuitenkin H_2SO_4-uuttoisesta, apatiittisesta fraktiosta, mistä pääteltiin tutkittavan biotiitin sisältävän rikastusprosessista peräisin olevia apatiittijäämiä.

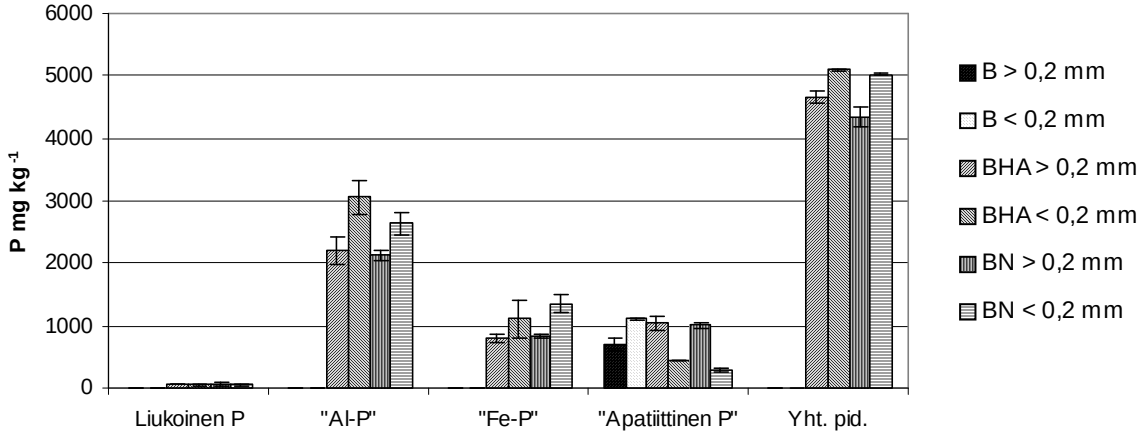
Lisättyä fosforia pidättyi eniten alumiinioksideihin, joihin happo- ja happo-emäskäsitellyissä biotiittinäytteissä keskimäärin puolet lisätystä fosforista sitoutui. Rautaoksidit pidättivät keskimäärin 20 % lisätystä fosforista. Loput lisätystä fosforista oli apatiittiseen muotoon pidättyneenä. Käytännössä kaikki käsittelemättömästä biotiitista uutetusta fosforista oli H_2SO_4-uuttoista, apatiittista P:a. Fraktiot on esitetty kuvassa 3.



Kuva 1. P-sorptio-desorptioisotermit biotiittilisäyksellä käsitellyssä maassa ja kontrollimaassa



Kuva 2. P:n epäorgaaniset fraktiot rikastamattomassa biotiitissa. Janat kuvaavat rinnakkaisten näytteiden välistä keskihajontaa. (B=käsittelemätön biotiitti, BHA=happokäsitelty biotiitti, BN=happo-emäskäsitelty biotiitti.)



Kuva 3. P:n epäorgaaniset fraktiot rikastetussa biotiitissa. Janat kuvaavat rinnakkaisten näytteiden välistä keskihajontaa. (B=käsittelemätön biotiitti, BHA=happokäsitelty biotiitti, BN=happo-emäskäsitelty biotiitti)

Kirjallisuus

[1] Hartikainen, H. 1982. Relationship between phosphorus intensity and capacity parameters in Finnish mineral soils, I Interpretation and application of phosphorus sorption-desorption isotherms. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 54:245-250.

[2] Chang, S. C. & Jackson, M. L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science* 84:133-144.

Remediation of heavy metal contaminated forest soil using recycled organic matter and native woody plants

H-S. Helmisaari[1], J. Derome[2], T. Nieminen[1], M. Salemaa[1], O. Kiikkilä[1] and C. Uhlig[3]
[1] Finnish Forest. Research Institute/Vantaa, P.O.Box 18, FI-01301 Vantaa
[2] Finnish Forest Research Institute/Rovaniemi, P.O.Box 16, FI-96301 Rovaniemi
[3] Holt Research Centre, Norwegian Crop Research Institute, N-9292 Tromsø

The Harjavalta area is one of the areas most seriously polluted by heavy metals in Finland. Although emissions of SO_2 and heavy metals from the smelters have been strongly reduced in recent years, the topsoil of neighbouring forested sites still contains 50 years' accumulation of a wide range of heavy metals. The understorey vegetation is almost completely degraded, enhancing the wind erosion of metal-contaminated particles and decreasing the water-holding capacity of the soil. Even though viable seeds have been found in forests close to the smelter, high concentrations of heavy metals inhibit seedling rooting. Also the thick undecomposed litter layer, shortage of nutrients, and extremely dry conditions make natural revegetation difficult.

For restoring heavy-metal polluted forest soils without removing the soil, two strategies are available: 1) the application of soil additives, and 2) the selection of plant species sufficiently tolerant to heavy metals, episodic drought and/or low nutrient availability. We used both of these in a remediation experiment that was established in summer 1996 in a Scots pine stand in the immediate vicinity of the Harjavalta smelter. A 5 cm-thick layer of mulch was added to half of the 36 plots in the experiment in order to provide a new, unpolluted organic layer. The mulch consisted of a mixture of municipal compost and woodchips. The mulch was spread directly over the layer of undecomposed plant litter on the forest floor. Native woody plants (*Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*, *Empetrum nigrum*, *Arctostaphylos uva-ursi*) were planted in mulch pockets on mulch-covered and uncovered plots in summer 1996.

Despite initial mortality, establishment was relatively successful during the following 10 years. Only 3.5 % of *Empetrum* cuttings died on the mulch-covered plots, and 48 % on the uncovered plots. Over half of the *Arctostaphylos* cuttings died in both treatments, but the survived plants have spread over a wide area. The mortality rate of *Pinus* was low, < 12 % in both treatments. The mortality of *Betula* on the mulch-covered plots (48%) was higher than on the uncovered plots (17%), probably due to browsing by hares. Natural recolonization of pioneer and tree seedlings was strongly enhanced on the mulched plots, whereas there was no natural vegetation on the untreated plots.

Our results indicate that a heavy-metal polluted site can be ecologically remediated without having to remove the soil. In a seriously heavy-metal polluted forest without a natural understorey, the addition of unpolluted organic material was essential for the establishment of vegetation. Spreading a mulch layer on the soil surface gave the best results for the recolonisation of natural vegetation, and also increased dwarf shrub survival, partly through protection against drought. The use of native woody species was successful for creating a continuous vegetation cover. Especially *Empetrum nigrum* and *Pinus sylvestris* proved to be suitable for revegetating heavy-metal polluted and degraded forests. Establishment of a natural understorey is essential for the long-term improvement of nutrient cycling, as well as for the reduction of soil erosion and dust circulation, which are potentially harmful also to human health. Native plants, and mulch consisting of household compost and woody chips, are low-cost and can thus be used for restoring even extensive heavy-metal polluted areas.

Helmisaari, H-S., Salemaa, M., Derome, J., Kiikkilä, O., Uhlig, C. & Nieminen, T. 2006. Remediation of heavy-metal contaminated forest soil using recycled organic matter and native woody plants (submitted).

Archaeal communities in a boreal mire in relation to temperature sensitivity of methane production

Boreaalisen suon arkkiyhteisöt suhteessa metaanintuoton lämpötilaherkkyyteen

Heli Juottonen[1], Sari Juutinen[2], Eeva-Stiina Tuittila[2], Hannu Fritze[3] and Kim Yrjälä[1,4]

[1] Department of Biological and Environmental Sciences, General Microbiology, P.O. Box 56, 00014 University of Helsinki, Finland: heli.juottonen@helsinki.fi
[2] Department of Forest Ecology, P.O. Box 27, 00014 University of Helsinki, Finland
[3] Finnish Forest Research Institute, Vantaa Research Center, P.O. Box 18, 01301 Vantaa, Finland
[4] Department of Applied Chemistry and Microbiology, P.O. Box 27, 00014 University of Helsinki, Finland

Introduction

Boreal mires store large amounts of carbon and emit it as greenhouse gases such as methane (CH_4). Methane is produced microbially in water-saturated, anoxic peat by methanogenic *Archaea* (methanogens). Methane emissions on mires typically show strong spatial and temporal fluctuations, including seasonal variation [1, 2]. In addition to methanogenic activity, the emissions are controlled by other factors such as the activity of CH_4-oxidizing bacteria in oxic surface peat.

Our aim was to determine the role of methanogens in the seasonal variation of CH_4 emissions and to find out whether community composition and activity of methanogens change with season. Our particular interests were methanogenic activity during winter and seasonal differences in temperature sensitivity of CH_4 production.

Materials and methods

We studied methanogens in an oligotrophic fen Siikaneva (near Orivesi, Finland), where CH_4 emissions have been followed throughout the year. Peat samples were taken in October, February and May from five depths between 10 cm and 280 cm. Potential CH_4 production was measured by gas chromatography in anoxic laboratory incubations at temperatures ranging from 5 to 35°C.

Methanogen communities were studied by molecular genetic methods using 16S ribosomal RNA (rRNA) gene as a marker gene. Both RNA and DNA were extracted from peat samples, and archaeal communities were amplified by polymerase chain reaction (PCR) with *Archaea*-specific 16S rRNA gene primers. The PCR products were analysed by terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP) fingerprinting. Archaeal PCR products were also cloned and sequenced for phylogenetic analysis.

Results and discussion

The observed optimum temperature for methanogenic activity stayed close to 30°C, and in preliminary analysis no considerable differences in the temperature response could be discerned between seasons. Methane production was highest at the depth of 20 cm at all sampling times, also in February when the top 10 cm layer of peat was frozen. Unexpectedly, largest CH_4 production potential was detected in February (Fig. 1). This high production potential and detection of RNA from methanogens indicated that methanogens were active in peat in midwinter.

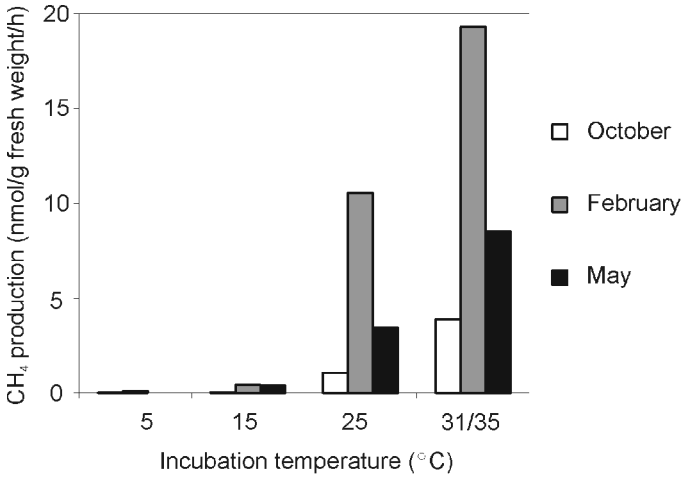


Fig. 1. Methane production potential of peat samples from different times of year (mean, *n*=3). The samples were collected from the depth of 20 cm. Highest incubation temperature was 35°C for October samples, otherwise 31°C.

Genetic fingerprints of archaeal communities revealed that the same main groups of *Archaea* were present all year round. The active communities detected by RNA analysis showed, however, some differences compared to those detected from DNA, which originates also from inactive cells. Methanogenic *Archaea* were mainly detected at the depths of highest methanogenic activity (10, 20 and 50 cm). Phylogenetic analysis of 16S rRNA sequences assigned the methanogens to only two groups: the recently cultured *Methanoregula*/Fen cluster [3], and the uncultured but putatively methanogenic group Rice cluster II. Archaeal communities of deeper peat layers (50 and 150 cm) were dominated by non-methanogenic *Crenarchaeaota*, which is in accordance with the extremely low rates of CH_4 production of these layers.

References

[1] Saarnio, S., Alm, J., Silvola, J., Lohila, A., Nykänen, H., Martikainen, P.J. 1997. Seasonal variation in CH_4 emissions and production and oxidation potentials at microsites on an oligotrophic pine fen. *Oecologia* 110:414-422.
[2] Bergman, I., Klarqvist, M., Nilsson, M. 2000. Seasonal variation in rates of methane production from peat of various botanical origins: effects of temperature and substrate quality. *FEMS Microbiology Ecology* 33:181-189.
[3] Bräuer, S., Cadillo-Quiroz, H., Yashiro, E., Yavitt, J.B., Zinder, S.H. 2006. Isolation of a novel acidiphilic methanogen from an acidic peat bog. *Nature* 442:192-194.

Equivalent electrical circuit model for system containing quartz sand and purified water

Mika Lampela[1] , Tapani Repo[1], Raimo Silvennoinen[2] ja Leena Finér[1]

[1] The Finnish Forest Research Institute, Joensuu Research Centre, P.O.Box 68, FI-80101 Joensuu
[2] University of Joensuu, Department of Physics, P.O.Box 111, FI-80101 Joensuu, Finland

Introduction

Woody root research demands non-destructive methods for studying root-soil interaction and root growth. The goal of our study is to develop electrical impedance spectroscopy (EIS) for that purpose. In this method is aimed to form an electrical model for soil-root system based on measurements of electrical impedance spectra (IS). When the role of soil substrate on the EIS parameters is known, the effects of roots on the EIS may be deduced. In the first phase was studied the EIS properties of a simplified system of soil, i.e. quartz sand, at different moisture contents before the studies of more complicated systems.

Material and methods

We studied the electrical properties of quartz sand by measuring impedance spectra as a function of soil moisture. Moisture was changed by additions of purified water (Milli-Q) to the sand. Impedance spectra were measured at each moisture by a custom-designed electrode configuration and using Agilent 4294A Precision impedance analyzer at frequencies from 60Hz to 1MHz (Fig. 1). To achieve confirmation that the electrical model is accurate for the sample in question we used CNLS (Complex Nonlinear Least Squares) fitting program LEVMW ver.8.0 to fit the proposed model into the measured IS data.

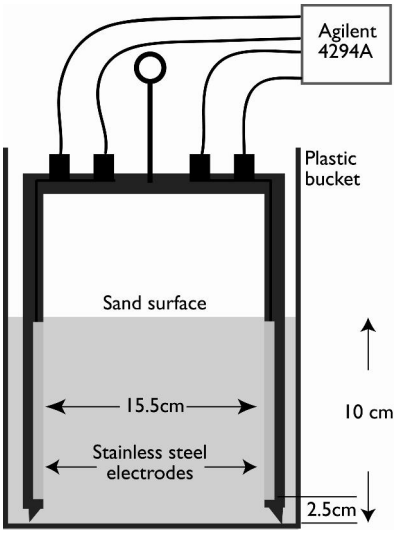


Fig.1 The electrode probe for measuring impedance spectra of soil. Electrode area is 20 x 60 mm.

Results and discussion

The impedance spectra consisted of two arcs. Accordingly, it was deduced that the equivalent electrical circuit should have two RC-circuits (Fig. 2).

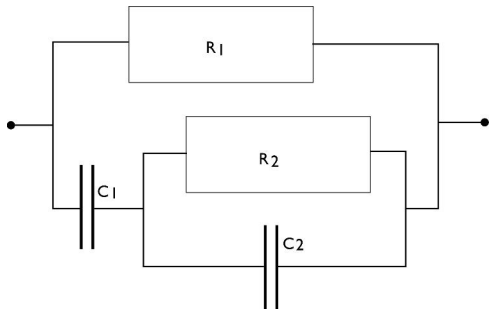


Fig 2. Proposed equivalent electrical circuit model for system containing quartz sand and purified water.

The model with two RC-circuits fit well with the measured IS data. Fitting errors for each component of the circuit was less than 2%. Usually sandy soil is represented by single RC-circuit. This proved to be too simplified model even for basic system consisting of quartz sand and purified water. The use of single RC-circuit will lead to errors in interpretation of root-soil system as the background of the root measurement is more complicated than what is supposed.

The resistive components had nearly linear behaviour at volumetric moisture contents between 10 – 20 %, the values dropping slightly towards higher moisture contents (Fig. 3 A, B). The resistance R_2 was fairly stable at high moisture contents. The values of the capacitive components raised slightly towards higher moisture contents but the change is quite modest (Fig. 3C, D).

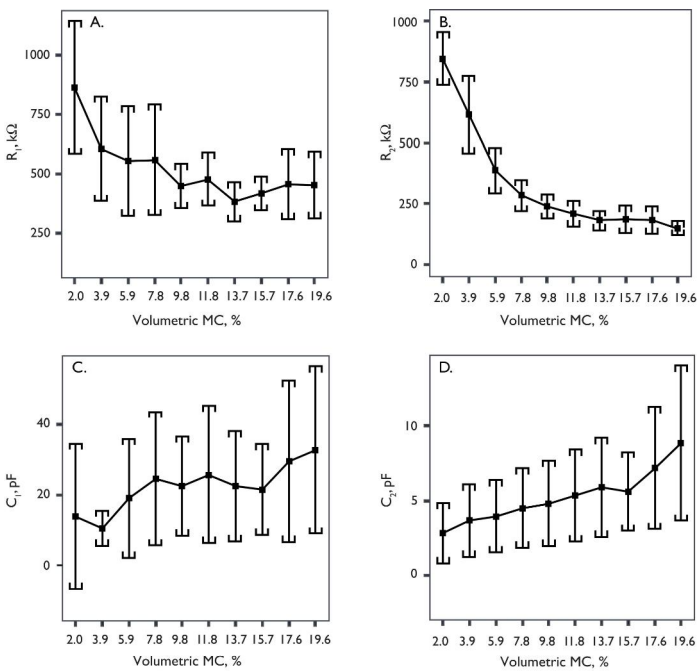


Fig 3. Fitted components of RC-circuit. Lines show means and vertical bars indicate 95% CI of mean (n=10).

Methanogen communities along a primary succession transect of mire ecosystems

Metaanintuottajayhteisöt suon primaarisukkessiotransektilla

Päivi Merilä[1], Pierre E. Galand[2*], Hannu Fritze[3], Eeva-Stiina Tuittila[4], Kari Kukko-oja[5], Jukka Laine[1] and Kim Yrjälä[2]

[1] Finnish Forest Research Institute (METLA), Parkano Research Unit
[2] Department of Biological and Environmental Sciences, General Microbiology, University of Helsinki
[3] METLA, Vantaa Research Unit, Vantaa, Finland
[4] Peatland Ecology Group, Department of Forest Ecology, University of Helsinki
[5] METLA, Muhos Research Unit, Muhos, Finland
[*]Current address: Département de Biologie, Université Laval, Canada

Abstract

Mires are important sources of natural methane emissions and the emission rates have been connected to the successional stage of mires. However, knowledge of the development of methane producing microbial communities during the formation of mires is lacking. We postulated that, as in mire vegetation, there is a successional gradient in methanogenic microbial communities from young fens to bogs. Accordingly, we investigated the development of potential methane production and methanogen *Archaea* communities along a chronosequence of mires (ca. 100 - 2500 yrs) consisting of five mire sites (sites 1 to 5) located on the land-uplift coast of the Gulf of Bothnia [1].

CH_4 production was measured in a laboratory incubation experiment. The methanogen communities were determined by amplification of a methyl coenzyme M-reductase (*mcr*) gene marker and further analysed by terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP).

The T-RFLP fingerprinting resulted in 15 terminal restriction fragments (T-RFs). The ordination configuration of T-RF data, using non-metric multidimensional scaling, showed a clear gradient in the methanogen community structures along the fen-bog succession. The fingerprint patterns of the samples from the water table level and 40 cm below were distinctively different from each other showing a depth-related distribution. Three T-RFs could be identified to belong to novel Fen-cluster methanogens earlier found in Finnish mires. The potential methane production showed the highest rates in the oligotrophic fen site (site 4) and clearly decreased towards the oldest site representing bog-fen transition stage (site 5). In the three youngest fen sites (sites 1 to 3) CH_4 production was negligible. However, the successful PCR amplification using *mcr* gene primers revealed the occurrence of methanogen community even in the young fen sites.

Methanogen community structure was shown to respond clearly to changing resource availability, which resulted from the development of a mire ecosystem. The methane production rate showed no clear relationship with the methanogen diversity described by the abundance and number of T-RF groups that we found.

References

[1] Merilä, P., Galand, P.E., Fritze, H., Tuittila, E.-S., Kukko-oja, K., Laine, J. and Yrjälä, K. 2006. Methanogen communities along a primary succession transect of mire ecosystems. *FEMS Microbiology Ecology* 55: 221-229.

Muokkaustavan vaikutus maa-aineksen ja fosforin huuhtoutumiseen häiriintymättömistä maaprofiilinäytteistä

Effect of the tillage method on the leaching of soil material and phosphorus from intact soil columns

Paula Muukkonen[1], Helinä Hartikainen[1], Taisto Sirén[2] ja Laura Alakukku[2, 3]

[1] Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Maaperä ja ympäristö, E-talo, 31600 Jokioinen
[3] Nykyinen osoite: Helsingin yliopisto, Agroteknologian laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

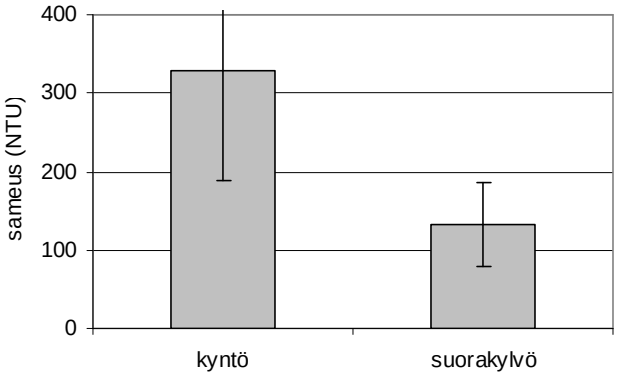
Viime vuosina Suomessa yleistyneet suorakylvö ja kevennetty muokkaus ovat viljelymenetelmiä, joissa maan muokkausta vähennetään olennaisesti kyntöviljelyyn verrattuna. Muokkaamattomuus muuttaa maan rakenteen lisäksi aineiden sekoittumista maahan ja vaikuttaa siten ravinteiden kiertoon ja huuhtoutumiseen. Useat tutkijat ovat havainneet, että muokkaamattomuuden vaikutuksia maahan tulisi tutkia ilmakuivattujen ja jauhettujen maanäytteiden sijasta häiriintymättömien maanäytteiden avulla [1, 2].

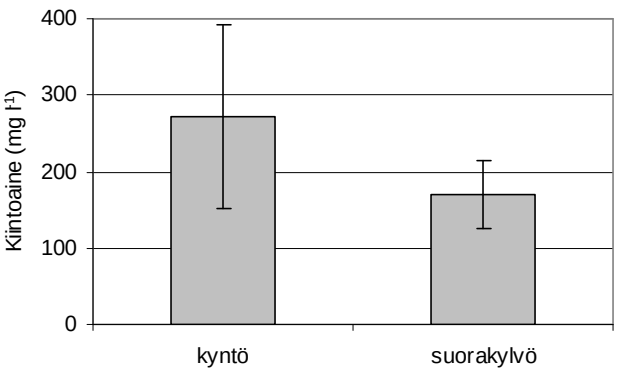
Aineisto ja menetelmät

Maanäytteet otettiin Jokioisilta kahdelta pellolta, joiden maalaji oli aitosavea 0-20 cm kerroksessa. Aiempien tutkimusten perusteella [3, 4] MTT:ssa kehitettiin valutuslaitteisto, jossa maanäyte otettiin pellolta PVC-lieriöön, jonka korkeus oli 20 cm ja halkaisija 15 cm. Nämä lieriömaanäytteet asetettiin alustan päälle ja kostutettiin deionisoidulla vedellä altapäin 1,5 h ajan. Tämän jälkeen näytteistä otettiin talteen 0,5 h aikana valunut vesi. Käsittely toistettiin kolme kertaa. Valumavesien analyysitulosten perusteella arvioitiin kynnön ja suorakylvön vaikutusta maan eroosioherkkyyteen ja fosforikuormitusriskiin.

Tulokset ja tarkastelu

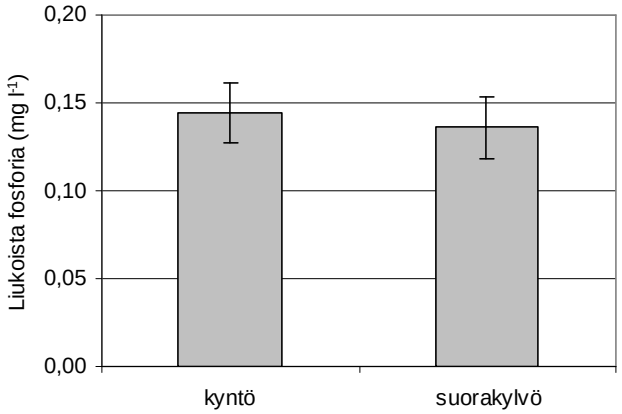
Suorakylvön todettiin olevan hyvä keino vähentää savimaan eroosioherkkyyttä, sillä suorakylvönäytteistä tulleiden valumavesien sameus ja kiintoainepitoisuus olivat alhaisempia kyntönäytteisiin verrattuna (kuva 1). Tähän syynä oli todennäköisesti mm. suorakylvetyn maan suurempi orgaanisen aineksen pitoisuus (tuloksia ei esitetä), joka stabiloi maan rakennetta [5].





Kuva 1. Häiriintymättömistä maaprofiilinäytteistä valuneen veden sameus ja kiintoainepitoisuus eri viljelymenetelmissä. Keskihajonta on merkitty kuviin palkeilla, n = 40.

Vaikka suorakylvöpellon pintakerrokseen tiedettiin kertyneen enemmän fosforia kyntöön verrattuna (tuloksia ei esitetä), profiilinäytteistä valuneen veden liukoisen fosforin pitoisuuksissa ei havaittu eroja viljelymenetelmien välillä (kuva 2). Tämän katsottiin johtuvan siitä, että vesi liikkui koko 20 cm maaprofiilin läpi, jolloin pintakerroksesta mahdollisesti liikkeelle lähtenyt fosfori saattoi adsorboitua syvempien maakerrosten pidätyspinnoille. Fosforin kertyminen suorakylvetyn tai kevennetysti muokatun pellon pintakerrokseen ei siis välttämättä lisää liukoisen fosforin huuhtoutumista pellolta, mikäli valumavedet saadaan imeytymään maahan sen sijaan että ne kulkisivat pellolta pintavaluntana.



Kuva 2. Häiriintymättömistä maaprofiilinäytteistä valuneen veden liukoisen fosforin pitoisuus eri viljelymenetelmissä. Keskihajonta on merkitty kuviin palkeilla, n = 40.

Rakennettu mittauslaitteisto osoittautui toimivaksi tutkittaessa ravinteiden uuttumista rakenteellisesta, uuttonesteellä kyllästetystä maasta. Häiriintymättömiä maanäytteitä tutkimalla saadaan hyödyllistä informaatiota maassa tapahtuvista prosesseista. Jatkossa on mahdollista suunnata kuormituksen vähentämisen toimenpiteitä entistä tehokkaammin yhdistämällä nämä tiedot jauhetusta maasta tehtyjen analyysien kanssa.

Kirjallisuus

[1] Horn, R. and Taubner, H. 1989. Effect of aggregation on potassium flux in a structured soil. *Zeitschrift Pflanzenernährung Bodenkunde* 152: 99-104.
[2] Jardine, P.M., Wilson, G.V. and Luxmoore, R.J. 1988. Modeling the transport of inorganic ions through undisturbed soil columns from two contrasting watersheds. *Soil Scence Society of America Journal* 52:1252-1259.
[3] Jensen, M.B., Hansen, H.C.B., Jørgensen, P.R. and Magid, J. 1999. Leaching of phosphate in structured soil – a two step process. *Nordic Hydrology* 30: 361-378.
[4] Jonge, H. de., Jonge, L.W. de and Jacobsen, O.H. 2000. [^{14}C]glyphosate transport in undisturbed topsoil columns. *Pest Management Science* 56: 909-915.
[5] Carter, M.R. 1992. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macroaggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. *Soil & Tillage Research* 23: 361–372.

Active *Archaea* and methane production in southern and northern boreal mire sediments

Aktiiviset arkit ja metaanin tuotto etelä- ja pohjoisboreaalisissa suosedimenteissä

Anuliina Putkinen[1,2], Heli Juottonen[2], Sari Juutinen[3], Eeva-Stiina Tuittila[3], Hannu Fritze[4] and Kim Yrjälä[1,2]

[1] Department of Applied Chemistry and Microbiology, University of Helsinki, PO Box 56, 00014 University of Helsinki, Helsinki, Finland: anuliina.putkinen@helsinki.fi
[2] Department of Biosciences, General Microbiology, PO Box 56, 00014 University of Helsinki, Finland
[3] Department of Forest Ecology, PO Box 27, 00014 University of Helsinki, Finland
[4] Finnish Forest Research Institute, Vantaa Research Center, PO Box 18, 01301 Vantaa, Finland

Introduction

Mires often contain deep layers of old, highly decomposed organic material that is microbiologically uncharacterized. In these sediments an extensive amount of carbon is stored, and due to their large volume even low rates of methane (CH_4) production could have a considerable environmental effect when the methane is released into the atmosphere. We compare the sediments of southern and northern boreal mires by characterizing microbial activity and community composition.

Study sites and sampling

Siikaneva is an oligotrophic fen located in Southern Finland. It was compared to a fen next to Lake Iso Kipojärvi in Finnish Lapland. Both sites have similar vascular plant species composition. Mire sediment samples were taken from depths of 50 and 150 cm, and from the bottom of the mires (137 to 280 cm). Samples were additionally taken from lake sediment.

Methods

Potential CH_4 production was measured by gas chromatography in anoxic laboratory incubations. Archaeal communities were studied by analysis of 16S ribosomal RNA (rRNA) marker genes: RNA was extracted from sediment samples and reverse-transcribed into DNA, and archaeal 16S rRNA gene fragments were amplified by polymerase chain reaction (PCR). As RNA is rapidly degraded in cells and in soil, RNA instead of DNA analysis reveals the community that was metabolically active at the time of sampling and excludes dormant and dead microbial cells as well as extracellular nucleic acids. PCR products were analysed by terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP) fingerprinting to obtain the archaeal community structure. *Archaea* were identified by cloning of PCR products, DNA sequencing and subsequent phylogenetic analysis.

Results and discussion

As expected, the sediment samples showed very low, but still detectable CH_4 production rates. Increasing the incubation temperature from *in situ* temperatures did not substantially raise the production rates. Methanogenic activity in the sediments was most likely limited by substrate availability or small methanogenic biomass. Analysis of the active fraction of archaeal communities showed, however, that there was activity, since archaeal RNA was easily detectable. Initial T-RFLP fingerprinting results revealed several groups of active *Archaea* in mire sediments (Fig. 1). Preliminary phylogenetic analysis of *Archaea* in

Siikaneva sediments indicates that the communities mainly consisted of non-methanogenic *Crenarchaeota*. Similar *Archaea* have previously been found in lakes, subsurface sediments and wetlands, but their function remains unknown [1,2].

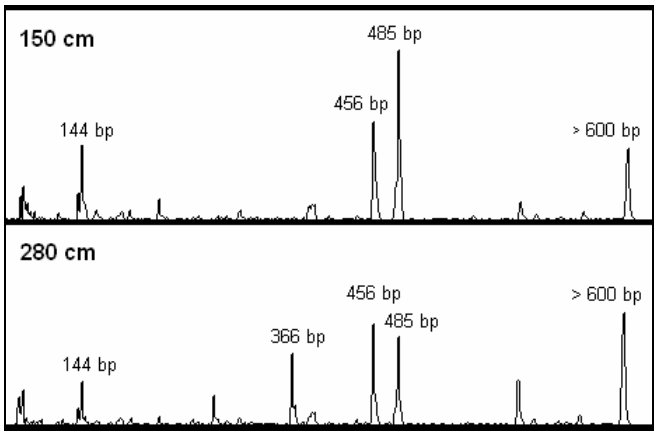


Figure 1. Examples of T-RFLP fingerprints of active archaeal communities from two depths of southern boreal mire sediments. Base pair sizes of major peaks are indicated. The electropherogram showed that the community structures were similar at depths of 150 cm and 280 cm.

References

[1] Galand, P.E., Fritze, H. and Yrjälä, K. 2003. Microsite-dependent changes in methanogenic populations in a boreal oligotrophic fen. *Environmental Microbiology* 5(11): 1133-1143.
[2] Jurgens, G., Glöckner, F.-O., Amann, R., Saano, A., Montonen, L., Likolammi, M. and Münster, U. 2000. Identification of novel Archaea in bacterioplankton of a boreal forest lake by phylogenetic analysis and fluorescent in situ hybridization. *FEMS Microbiology Ecology* 34(1): 45-56.

Simulated nitrogen leaching patterns in two Finnish river basins with contrasting land use and climatic conditions

Mallinnettu epäorgaanisen typen huuhtouma kahdelta suomalaiselta maakäytöltään ja ilmastoltaan erilaiselta valuma-alueelta

Katri Rankinen[1], Ilona Bärlund[1], Kaarle Kenttämies[1], Suvi Nenonen[2] and Pirkko Valpasvuo[3]

[1] Finnish Environment Institute
[2] Lapland Regional Environment Centre
[3] West Finland Regional Environment Centre

Abstract

Inorganic nitrogen loading was simulated from two large river basins (Fig. 1) with contrasting land use using the catchment scale model INCA-N (Integrated Nutrients from CAtchments – Nitrogen). INCA-N is a dynamic semi-distributed process based model which calculates inorganic N loading from the terrestrial environment and in rivers [1, 2]. Input data for the years 1995–1999 were used as these years covered the first programme period of the Finnish Agri-Environmental programme. The main aim of this study is to analyze timing and origin of inorganic N loading, and the effect of different land use on that. Emphasis is also on the protection of the Baltic Sea, as nitrogen from these river basins finally ends in the nitrogen limited Bothnian Sea where eutrophication is observed to take place throughout 1980's and 1990's.

The Simojoki river basin (3160 km^2) is located in northern Finland, in the boreal vegetation zone. Over the period 1961–1975, the mean annual precipitation in the area was 650–750 mm and mean annual runoff 350–450 mm. The mean annual temperature is +0.5 –+1.5 °C. Mean daily flow at the outlet was 40 m^3 s^{-1} during 1965–2002. The maximum discharge was 730 m^3 s^{-1} and the minimum discharge 3 m^3 s^{-1} during the same period. Much of the basin is covered by ground moraine, mainly sandy till. In the lower reaches there are also river deposits, and some areas of clay. Almost one third of the river basin is covered by peatlands which are mainly forested. The river Simojoki is an unregulated Atlantic salmon river without any major point pollution sources and the dominant human impacts in the area are forestry, peat harvesting, agriculture, scattered settlement and atmospheric deposition.

Agricultural areas cover 2.5% of the catchment area but according to simulation results its share of the inorganic N loading is about 15% [3]. About 40% of the inorganic load is from forested areas. The largest single anthropogenic source for inorganic N, 28% of the total load, is from scattered settlement.

The Loimijoki river basin (3138 km^2) is located in south western Finland, where agricultural land use has been traced back to the first centuries AD. The main soil type in the river basin is clay. Fields cover 35% of the catchment area, and main crops are cereals, grass ley and sugar beet. There are also small-scale industry in the catchment. Over the period 1961–1975, the mean annual precipitation in the area was 600 mm and mean annual runoff 200–250 mm. The mean annual temperature was +3.5 –+4.5 °C. Mean daily flow in the Loimijoki river was 24 m^3 s^{-1} during 1991–2000. The maximum discharge was 184 m^3 s^{-1} and the minimum discharge 2.3 m^3 s^{-1} during the same period.

In the Loimijoki river basin agriculture dominated inorganic N loading, so that 74% of the total simulated load was from spring cereals merely. The proportion of inorganic N load from forests or from point pollution sources and scattered settlement together was both about 5%.

The inorganic N loading from both of the river basins was concentrated around snow-melting in spring representing 30-50% of the total annual inorganic N load. The total inorganic N load from the Simojoki river basin was about 5% of that from the Loimijoki river basin. The proportion of inorganic N in total N load from the Simojoki river basin is about 20%, the rest being organic N. The proportion of NO_3-N in total N load from the Loimijoki river basin was over 90%.

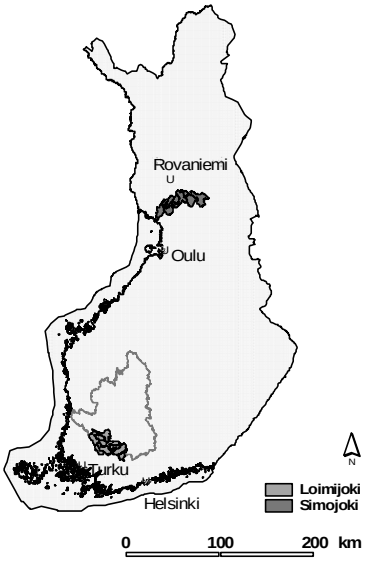


Figure 1. Location of the Loimijoki and the Simojoki river basins in Finland

Aknowledgements

The authors would like to thank the Academy of Finland, Baltic Sea research Programme (project NUTRIBA, contract 202421) for financing the study. The study was also supported by the Commission of the European Union, Simojoki-LIFE (LIFE02/NAT/FIN/8465).

References

[1] Whitehead P.G., Wilson E.J. & Butterfield D. 1998. A semi-distributed Integrated Nitrogen model for multiple source assessment in Catchments (INCA): Part I — model structure and process equations. *Sci. Total Envir*. 210/211: 547–558.

[2] Wade A., Durand P., Beaujoan V., Wessels W., Raat K., Whitehead P.G., Butterfield D., Rankinen K. & Lepistö A. 2002. Towards a generic nitrogen model of European ecosystems: New model structure and equations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 6(3): 559–582.

[3] Rankinen K., Kenttämies K., Lehtonen H and Nenonen S. 2006. Nitrogen load predictions under land management scenarios for a boreal river basin in northern Finland. *Boreal Environm. Res*. 11: 213-228.

Maan vedenhylkivyys savi-, hieta- ja saraturvemaalla

Soil water repellency in clay, sand and peat soils

Kimmo Rasa[1], Mari Räty[1], Olga Nikolenko[1], Markku Yli-Halla[1] ja Liisa Pietola[2]

[1] Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, Maaperä ja ympäristötiede, Helsingin yliopisto. Latokartanonkaari 11, 00014, Helsingin yliopisto. kimmo.rasa@helsinki.fi
[2] Kemira GrowHow Oyj. Research Centre. Luoteisrinne 2, P.O. Box 2, 02271 Espoo.

Maan orgaaninen aines yhdessä mikrobitoiminnan kanssa voi vaikuttaa huomattavasti maan hydrologisiin ominaisuuksiin lisäämällä maan vedenhylkivyyttä eli hydrofobisuutta. Vedenhylkivyys syntyy yksittäisten maapartikkelien tai aggregaattien peittyessä orgaanisilla vettähylkivillä pinnoitteilla, mikä heikentää veden infiltraatiota maamatriisiin. Ilmiö voidaan havaita maan pinnalle jäävinä vesipisaroina maata kasteltaessa. Vedenhylkivyys on saanut viime vuosina runsaasti huomiota kansainvälisessä kirjallisuudessa (esim. Debano [1]), ja vedenhylkivyyden kartoitusta on tehty viime aikoina kuivien ilmastoalueiden ohella myös mm. lauhkealla ilmastovyöhykkeellä [3]. Kuitenkin tutkimustieto boreaalisella ilmastoalueella olevien maiden vedenhylkivyysominaisuuksista on niukkaa.

Vedenhylkivyyden on todettu aiheuttavan maan epätasaista kostumista sekä oiko- ja pintavirtauksien lisääntymistä, mutta toisaalta se myös lisää aggregaattien stabiilisuutta. Vedenhylkivyyden intensiteetin muutokset ovat usein kytköksissä maan muokkaukseen, kasvillisuuden muutoksiin ja erityisesti kuivilla alueilla tulipaloihin. Ilmiölle on tyypillistä spatiaalinen ja ajallinen, maan kosteuden muutoksia seuraava, vaihtelu. Nämä seikat yhdessä hankaloittavat vedenhylkivyyden merkityksen kvantitatiivista selvittämistä mm. eroosiota lisäävänä tekijänä. Shakesby ym. [5] ovatkin esittäneet suuntaviivoja vedenhylkivyyden eroosiovaikutuksien tutkimuksen kehittämiseksi. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan vedenhylkivyyttä kolmella suomalaisella maalla.

Mittauksia tehtiin kolmella eri maalajilla: 1) Jokioinen, Lintupaju, savi (Vertic Cambisol), 2) Jokioinen, Kuuma, saraturve (Sapric Histosol) ja 3) Maaninka, hieta (Dystric Regosol). Yhteensä 12 koealan pintamaan vedenhylkivyysominaisuuksia mitattiin kenttäkosteudessa. Koealat edustivat keväällä muokattuja viljapeltoja ja erilaisia suojavyöhykkeitä, joiden ikä, kasvillisuus ja hoitotapa vaihtelivat (Taulukko 1). Vedenhylkivyys määritettiin Lintupajun ja Maaningan näytteille mini-infiltrometrillä [4]. Mittaus perustui veden (Sw) ja etanolin (Se) infiltraatioon maahan. Vedenhylkivyysindeksi R lasketaan 1.95*Se/Sw. Kaavassa oleva vakio 1.95 aiheutuu eroista nesteiden pintajännitys-viskositeetti eroista. R:n arvo $\leq$ 1.95 kuvaa vettä hylkimätöntä maata ja arvo 5 tilannetta, jossa veden infiltraatio on vähentynyt viidenteen osaan. Kuuman ja Lintupajun koealojen vedenhylkivyyden mittaamiseen käytettiin *Water drop penetration* -testiä [6] (WDPT), jossa mitattiin vesipisaran imeytymisaikaa maahan.

Tuloksista käy ilmi vedenhylkivyysominaisuuksien esiintyminen kolmella erityyppisellä suomalaisella maalla. Koska mittaukset tehtiin maan luontaisessa kosteudessa käyttäen pellolta otettuja näytteitä, tulokset edustavat aktuaalista, luonnonolosuhteissa havaittavaa, vedenhylkivyyttä. Lintupajun ja Maaningan tulokset ovat yhteneviä aiempien havaintojen kanssa, joiden mukaan hiljattain muokattujen peltomaiden vedenhylkivyyden on todettu olevan nurmipeitteisiä maita pienempi [3]. Kuuman tulosten tulkinta vaatii lisäanalyyseja. Vedenhylkivyyden intensiteettierot eri tavalla hoidetuilla koealueilla voivat aiheutua käsittelyjen aikaansaamista muutoksista pintamaan kosteusolosuhteissa, orgaanisen aineen laadussa tai ravinteiden määrässä ja mikrobiaktiivisuudessa [4].

Taulukko 1. Koealueiden ikä, hoitotapa, kasvillisuus ja vedenhylkivyys.

Alue	**Ikä, v**	**Hoito**	**Kasvillisuus**	**R-arvo**	**Vedenhylkivyys WDPT****
Li	15	Luonnontilainen	Nurmi, heinät, puuvartista kasvustoa	6.65	Strongly water repellent
Li	15	Niitto	Nurmi	8.22	Strongly water repellent
Li	3	Laidunnus	Nurmi	8.18	Strongly water repellent
Li	15	Laidunnus	Nurmi	10.27	Strongly water repellent
Li	3	Niitto	Nurmi	4.97	Strongly water repellent
Li	15	Luonnontila	Nurmi, heinät	3.76	Strongly water repellent
Li	-	Pelto	-	3.07	Non water repellent
Ma	10	Luonnontila	Nurmi, heinät	4.26	
Ma	3	Niitto	Nurmi	2.75	
Ma	-	Pelto	-	3.70	
Ku	5	Niitto	Nurmi		Slighty water repellent
Ku	-	Pelto	nurmi, ohra		Severely water repellent

* Li = Lintupaju, Ma = Maaninka, Ku = Kuuma
**Water Drop Penetration Test. Luokitus Dekkerin ja Jungeriuksen [2] mukaan.

Maan vedenhylkivyyden käytännön merkityksen selvittämistä hankaloittaa ilmiön eroosiota lisäävän vaikutuksen arvioimiseksi tarvittavien menetelmien puute. On kuitenkin selvää, että 1/5 – 1/10 – osaan hidastunut veden infiltraatio maamatriisiin vaikuttaa alueen hydrologisiin ominaisuuksiin. Vähentyneen pienen mittakaavan infiltraation voidaan olettaa lisäävän veden liike-energiaa laajemmassa mittakaavassa, mikä lisää eroosioalttiutta. Riippuu paljolti alueen topografiasta sekä jatkuvien makrohuokosten ja syvälle ulottuvien halkeamien määrästä, tapahtuuko lisääntynyt veden kulkeutuminen pinta- tai pintakerrosvaluntana vai vertikaalisina oikovirtauksina

Boreaalisella ilmastovyöhykkeellä sijaitsevien maiden vettähylkiviä ominaisuuksia ei tule jättää vaille huomiota tarkasteltaessa alueiden hydrologisia ominaisuuksia. Voimakas vedenhylkivyys voi olla merkittävä eroosiota lisäävä tekijä heikosti vettä läpäisevillä rinnealueilla. Muuttuva ilmasto saattaa lisätä vedenhylkivyyden merkitystä hydrologisessa kierrossa, mikäli vuoden 2006 kaltaiset kuivat ja kuumat kesät yleistyvät.

Kirjallisuus

[1] DeBano, L. F. 2000. Review. Water repellency: a historical overview. *Journal of Hydrology* 231-232, 4-32.
[2] Dekker, L.W. and Jungerius, P.D. 1990. Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands. *Catena Supplement* 18, 173-183.
[3] Doerr, S. H., Shakesby, R. A., Dekker, L. W. and Ritsema, C. J. 2006. Occurrence, prediction and hydrological effects of water repellency amongst major soil and land-use types in a humid temperate climate. *European Journal of Soil Science* 57, 741-754.
[4] Hallet, P. D. and Young, I. M. 1999. Changes to water repellency of soil aggregates caused by substrate-induced microbial activity. *European Journal of Soil Science* 50, 35-40.
[5] Shakesby, R. A., Doerr, S. H. and Walsh, R. P. D. 2000. The erosional impact of soil hydrophobisity: current problems and future research directions. *Journal of Hydrology* 231-232, 178-191.
[6] Watson, C. L. and Letey, J., 1970. Indices for characterizing soil-water repellency based upon contact angle-surface tension relationships. *Soil Science Society of America Proceedings* 34, 841-844.

Suojavyöhykekasvillisuuden merkitys fosforin kertymisessä pintamaahan

Mari Räty[1], Kimmo Rasa[1], Olga Nikolenko[1], Markku Yli-Halla[1] ja Liisa Pietola[2]

[1] Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Kemira GrowHow, Tutkimuskeskus, PL 2, 02271 Espoo

Johdanto

Suojavyöhykkeet vähentävät viljelymaalta tulevien valumavesien kokonaisfosforin ja kiintoaineksen kuormitusta, kun taas välittömästi käyttökelpoisen liukoisen fosforin (P) määrä voi jopa kasvaa [1]. Maa, jossa on paljon helppoliukoista P:a ja maan pinnalla oleva hajoava kasviaines voivat toimia P:n lähteenä. Kasvukauden lopussa osa sitoutuneesta P:sta siirtyy maan alla oleviin kasvinosiin ja varastoituu siellä talven yli osan jäädessä maan pinnalle kuolevaan kasviainekseen. On arvioitu, että kasvisolukon kuollessa kosteikkokasvillisuuteen sitoutuneesta P:sta voi vapautua 35−75 %, ellei kasvibiomassaa niitetä tai muutoin korjata pois [2]. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kasvillisuuteen sitoutuvia P-määriä, ja arvioitiin P:n mahdollista kertymistä pintamaahan eri tavoin hoidetuilla suojavyöhykkeillä.

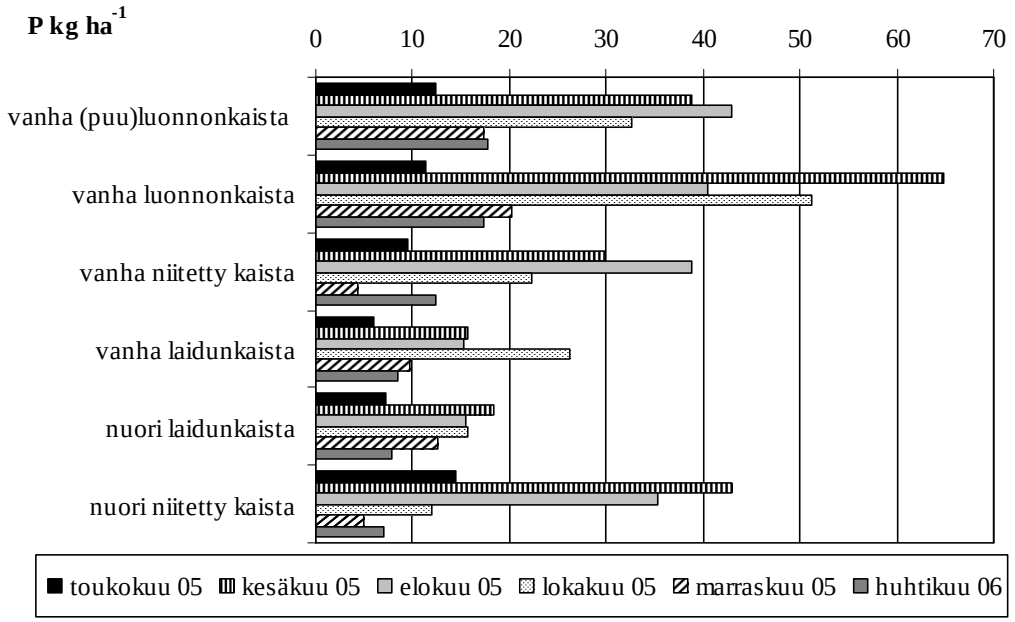
Aineisto ja menetelmät

Jokioisilla sijaitsevat Lintupajun kuusi tarkasteltavaa suojavyöhykettä olivat (1) vanha luonnonkasvikaista ja (2) luonnonvaraisia puukasveja kasvava vanha luonnonkasvikaista, (3) nuori ja (4) vanha nurmikaista, jotka niitetään vuosittain ja kasviaines korjataan pois sekä (5) nuori ja (6) vanha laidunnettava nurmikaista. Maan (Vertic Cambisol) savespitoisuus on yli 50 % ja pintamaan pH (H_2O) 5,4−5,9. Maanäytteet (0–2,5; 2,5−5,0 cm) otettiin 26.4.2006 ja niistä määritettiin happamaan ammoniumasetaattiin (pH 4,65) uuttuva P (P_{HAAc}) sekä epäorgaaninen P ja orgaaninen kokonais-P [3]. Maanpäällinen kasvibiomassa leikattiin 0,25 m^{-2}:n alueelta 2.5., 28.6., 9.8., 10.10., 23.11. 2005 ja 24.4. 2006. Kuivatusta kasviaineksesta määritettiin kokonais-C, ja -N sekä kokonais-P [4]. Kasviaineksesta määritettiin myös vesiuuttoisen molybdaattireaktiivisen P:n osuus. Kasvi- ja maauutteiden P-pitoisuudet määritettiin askorbiinihappomenetelmällä [5].

Tulokset ja tarkastelu

Kasvibiomassat olivat suurimmillaan elokuussa 2005. Biomassa oli suurin vanhalla luonnonkaistalla (6132 kg ha^{-1}) ja pienin nuorella laidunkaistalla (2125 kg ha^{-1}). Kasvibiomassaan suhteutettuna kokonais-P:a oli elokuussa 15–43 kg ha^{-1} (kuva 1), josta vesiuuttoisen P:n osuus oli keskimäärin 15 % (2,2–6,3 kg ha^{-1}). Kasvustosta poistui kokonais-P:a loka- ja marraskuun välisenä aikana jopa 31 kg ha^{-1}. Todennäköisesti P:a siirtyi talvehtiviin kasvinosiin ja osin huuhtoutui pakkasen vaurioittamasta kasvustosta syyssateiden aikana. Vaikka kasvibiomassaan sitoutuvat P-määrät voivat olla huomattavia, saattavat ne siten myös lisätä P-kuormitusta.

Maan P-pitoisuudet olivat suurempia aivan maan pintakerroksessa (0–2,5 cm) kuin hieman syvemmällä (2,5–5,0 cm). Kokonais-P:n pitoisuudet olivat kauttaaltaan varsin suuria (927–1389 mg kg^{-1}), mikä myös heijastui etenkin pintakerroksen P_{HAAc}-tuloksissa (7,5–22,1 mg l^{-1}) (taulukko 1). Tulokset viittavat kasvillisuusperäisen P:n kertymiseen maan pintakerrokseen, mikä todennäköisesti lisää P:n huuhtoutumista. Suojavyöhykkeiden hoitotoimenpiteinä kasvillisuuden niittäminen ja korjaaminen pois voivat vähentää tätä P:n kertymistä ja lykätä siitä mahdollisesti aiheutuvaa suojavyöhykkeiden uusimistarvetta.



Kuva 1. Kasvustoon sitoutunut kokonais-P (kg ha^{-1}) eri näytteenottoajankohtina.

Taulukko 1. Maan epäorgaaninen ja orgaaninen kokonais-P sekä asetaattiuuttoinen P (P_{HAAc}).

suojavyöhyke	syvyys (cm)	epäorg. P (mg kg^{-1})	org. P (mg kg^{-1})	P_{HAAc} (mg l^{-1})
Vanha luonnonkaista	0–2,5	779	545	22,1
(sis. puuvartisia kasveja)	2,5–5,0	757	427	8,8
Vanha luonnonkaista	0–2,5	872	517	20,1
	2,5–5,0	768	459	8,4
Vanha niitetty kaista	0–2,5	652	491	7,5
	2,5–5,0	629	412	4,0
Vanha laidunkaista	0–2,5	655	513	11,5
	2,5–5,0	594	394	5,9
Nuori laidunkaista	0–2,5	602	375	5,6
	2,5–5,0	577	350	4,2
Nuori niitetty kaista	0–2,5	708	395	11,0
	2,5–5,0	713	384	8,0

Kiitokset

Tätä tutkimusta ovat rahoittaneet Maa- ja metsätalousministeriö, Maj ja Tor Nesslingin Säätiö sekä Maa- ja vesitekniikan tuki ry.

Kirjallisuus

[1] Uusi-Kämppä, J., Braskerud, B., Jansson, H., Syversen, N. and Uusitalo, R. 2000. Buffer zones and constructed wetlands as filters for agricultural phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 29: 151−158.
[2] Richardson, C. J. 1985. Reports. Mechanisms controlling phosphorus retention capacity in freshwater wetlands. *Science* 228: 1424−1427.
[3] Kuo, S. 1996. Phosphorus. s. 896–919, teoksessa: Sparks, D. L. ym. (toim.). Methods of Soil Analysis. Part 3–Chemical Methods., Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. 1390 s.
[4] Jones, J. B., Jr. 2001. Laboratory quide for conducting soil test and plant analysis. CRC Press, USA. 363 s.
[5] Murphy, J. & Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27: 31−36.

Viljelymaiden ja peltovesien liukoisen fosforin pitoisuuden sekä satotason kehitys suhteessa pellon fosforitaseeseen

Changes of soluble phosphorus in cultivated soils and in runoff water and crop yields in relation to phosphorus balance

Into Saarela[1], Yrjö Salo[2] ja Martti Vuorinen[2]

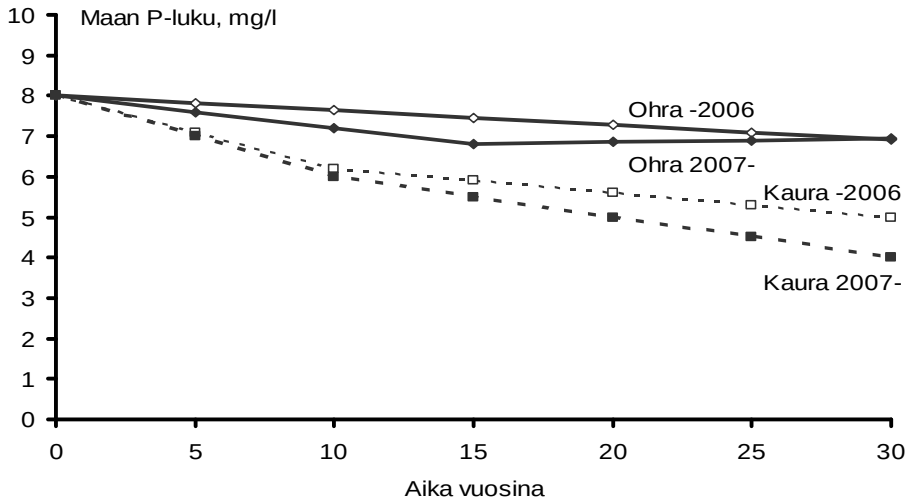
[1] MTT, Maaperä ja kasvinravitsemus, E-talo, 31600 Jokioinen
[2] MTT, Kasvintuotanto, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö

Fosforia poistuu maataloudesta myös muuhun käyttöön siirtyvissä pelloissa

Viljelymaiden fosforin (P) tase on ollut Suomessa ylijäämäinen 60 vuotta ja suurimmillaan yli 20 kg/ha, mutta pienentynyt tällä vuosikymmenellä alle kymmeneen kiloon. Eräissä suuremmissa arvioissa viljan P-pitoisuus on liian pieni ja eläinlannan fosforisisältö on laskettu väärin. Taseissa ei ole otettu huomioon lannoitetun pellon metsitystä eikä muuta käyttöä ja uuden pellon raivaamista poistuneen tilalle. Vuosina 1970−2004 Suomen pelloista on metsitetty 242 000 hehtaaria (MMM, Tietopalvelu). Niiden mukana maataloudesta poistui maahan kertynyttä lanta- ja lannoite-P:a arviolta noin 600 kg/ha eli 145 000 tonnia. Tämä määrä vastaa jokaista viljeltyä hehtaaria kohti noin 66 kiloa 35 vuodessa ja on suurempi kuin vesistöihin kulkeutuva P-määrä. Uuden pellon tekeminen on ollut vähäisempää, mutta 1980-luvun raivausbuumin vaikutus näkyi huonojen P-luokkien yleistymisenä.

Fosforitaseen vaikutus maan fosforilukuun

Eri puolille Suomea 24 koepaikalle 1970-luvulla perustetuissa kenttäkokeissa tutkittiin maan P-lukujen ja satojen kehitystä suhteessa pellon P-taseeseen (1, 2). Keskimäärin 12,5-vuotisissa kokeissa P-taseen piti olla viljavuuden ylläpitämiseksi ylijäämäinen. Viljan ja nurmen viljelyssä optimaalisen tyydyttävän tilan ylläpitoon P:a tarvittiin noin 6 kg/ha enemmän kuin sitä sadoissa poistui (2). P-luvun muutos suhteessa pellon P-taseen eroon oli sitä suurempi mitä suurempi P-luku oli kokeen alussa.



Kuva 1. Viljavuustutkimuksen fosforiluvun muutos suurimmalla ympäristötukeen oikeuttavalla lannoituksella vanhojen ja uusien ehtojen mukaan. Savimaa, tyydyttävä luokka 7−14 mg/l, välttävä luokka 3,5−7 mg/l. Ohran oljet palautettu maahan, kauran oljet korjattu.

Maan P-luvun tyypillinen kehitys, kun alkulukema on 8,0 mg/l ja viljavuusluokka tyydyttävä, nähdään kuvasta 1. Ohralla, jonka hehtaarisato on neljä tonnia ja oljet jätetään peltoon, tase on vanhojen tukiehtojen mukaan +4 kg/ha (18 miinus 14) ja uusien tukiehtojen mukaan tasan nolla. P-luvun laskiessa välttävään luokkaan taseen ylijäämä suurenee +11 tai +8 kiloon/ha. Kauralla, jonka oljet korjataan, P-tase on tyydyttävässä luokassa vanhojen tukiehtojen mukaan -9 kg/ha (10 miinus 14 miinus 5) ja uusien -11 kg/ha sekä välttävässä luokassa vanhojen tukiehtojen mukaan +1 ja uusien -3 kg/ha. Olkineen korjatun ohran ja oljet palauttaen viljellyn kauran taseet ovat edellisten puolivälillä, kuten myös muiden viljojen ja öljykasvien.

Kuvasta ilmenee viljavuusluokkien rajojen merkitys pitkän ajan kuluessa kehittyvän P-tilan kannalta. Ohralla välttävän luokan enimmäislannoitus pysäyttää P-luvun laskun, ja koska viiden vuoden tutkimusvälin aikainen muutos on pieni, vanha ja uusi enimmäislannoitus johtavat samankaltaiseen pysyvään tilaan. Olkineen korjatulla kauralla P:n pakkoryöstö loppuu vasta maan P-luokan muuttuessa huononlaiseksi. P-tilan kehityksestä on esitetty sellaisiakin koetuloksia (3) ja mallilaskelmia (4, 5), joiden mukaan maan viljavuuden ylläpito edellyttää noin 10 kg/ha suurempaa P-taseen ylijäämää, mikä vastaa viljalla P-määrää 30 kg/ha. Liukoisen P:n näennäinen pidättyminen voi johtua myös lannoitetun kerroksen syvenemisestä muokkauksen myötä.

Fosforitaseen vaikutus peltovesien fosforipitoisuuteen

P:n kertyminen maahan ei rehevöitä vesistöjä, mutta lisää potentiaalista liukoisen P:n huuhtoutumista ja vapautumista veteen kulkeutuneesta maa-aineksesta. Pintaa pitkin hitaasti virtaavaan veteen liuenneen P:n pitoisuus tasapainottuu maan P:n kanssa ja kasvaa jokseenkin suorassa suhteessa viljavuustutkimuksen P-luvun mukana, mutta sata kertaa pienempänä (6). Uusitalon (7) esittämät ja muut huuhtoutumiskenttien tulokset vastaavat samaa tai vähän suurempaa pitoisuutta. Hehtaarin taseen yhden P-kilon vaikutus valumaveteen liuenneen P:n pitoisuuteen on noin 1/10000 mg P/l, mikä vastaa alle puolta grammaa vuotuisessa valunnassa. Tiiviiltä savipelloilta tulleiden jokivesien P-pitoisuus on usein lähellä kemiallisen analyysin mukaan ennustettua, mutta hyvin vettä läpäiseviltä, salaojitetuilta pelloilta huuhtoutuu vähemmän. Peltovesiin liuenneen P:n ennustaminen kemiallisella maa-analyysilla onnistuu tyydyttävästi tiiviillä savimailla, mutta tuskin muilla maalajeilla. Ekholmin ym. (4, 5) käyttämät pitoisuus- ja valumakertoimet ennustavat todennäköisesti liian suuria liukoisen P:n huuhtoumia ja kaipaavat kaikilla maalajeilla testaamista ja tarkentamista huuhtoutumiskenttien tulosten ja muiden valuma-alueiden havaintojen perusteella.

Toistuvan fosforilannoituksen vaikutus satoon

P-lannoituksen vaikutus viljan, nurmen ja kevätrypsin satoon oli kokeen alkuvuosina vähäinen myös P-tilaltaan keskinkertaisilla pelloilla. Vuosittain toistettu lannoitus kasvatti kuitenkin satoeroja vähitellen, ja suhteellisen sadon pitämiseen 97 prosentissa riittävällä P-lannoituksella saadusta tarvittiin eräillä koepaikoilla P:a enemmän kuin tukiehdot sallivat. Riittävästi kalkituilla pelloilla P-tilan pitkän ajan optimi oli yleensä tyydyttävän viljavuusluokan alapäässä. Hyvärakenteisilla savi- ja hiuemailla sekä savisella multamaalla riittänyt P-luku, 5−7 mg/l (8), jää kuitenkin välttävän luokan puolelle, ja niillä riitti vanhoja tukiehtoja hiukan pienempi P-määrä. Hiesuisilla ja karkeilla kivennäismailla sekä hiekkaisilla multamailla ja löyhillä turpeilla optimaaliseen satoon tarvittava P-luku oli 10−12 mg/l. P-talouden kannalta ongelmallisilla Sisä-Suomen hiesuisilla ja karkeilla mailla ympäristötukeen oikeuttava viljahehtaarin P-lannoitus oli kymmenkunta kiloa tarvetta pienempi ja tuotti vain noin 90 prosenttia riittävällä P-määrällä saaduista sadoista.

Kirjallisuutta

[1] Saarela, I., Järvi, A., Hakkola, H. & Rinne, K. 1995. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977−1994. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote* 16/95. 95 p. + app.
[2] Saarela, I., Järvi, A., Hakkola, H. & Rinne, K. 2004. Phosphorus status of diverse soils in Finland as influenced by long-term P fertilisation 2. Changes of soil test values in relation to P balance with references to incorporation depth of residual and freshly applied P. *Agricultural and Food Science* 13: 276−294.
[3] Yli-Halla, M. 1989. Effect of different rates of P fertilization on the lyuield and P status of the soil in two long-term field experiments. *Journal of Agricultural Science in Finland* 61: 361−370.
[4] Ekholm, P., Turtola, E., Grönroos, J., Seuri, P. & Ylivainio, K. 2005 . Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 110: 266−278.
[5] Ekholm, P., Turtola, E., Grönroos, J., Seuri, P. & Ylivainio, K. 2006. Fosforitase huuhtoumien arvioinnissa. *Maa- ja Elintarviketalous* 82: 33−36.
[8] Saarela, I., Salo, Y. & Vuorinen, M. 2005. Effects of repeated phosphorus fertilisation on field crops in Finland I. Yield responses on clay and loam soils in relation to soil test P values. *Agricultural and Food Science* 15: 106−123.
[6] Sippola, J. & Saarela, I. 1992. Suomen maalajien fosforinpidätysominaisuudet ja niiden merkitys vesien kuormituksen kannalta. *Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja* 359: 27−36.
[7] Uusitalo, R. 2004. Potential bioavailability of particulate phosphorus in runoff from arable clayey soils. *Agrifood Research Reports* 53. 99 p.

Kasvijätteen hiilen ja typen mineralisaation toistettavuus laboratoriokokeessa

Reproducibility of carbon and nitrogen mineralisation measurements in soil incubation studies — an inter-laboratory comparison

Tapio Salo[1], Lars Stoumann Jensen[2], Fridrik Palmason[3], Tor Arvid Breland[4], Trond Henriksen[5], Bo Stenberg[6], Anders Pedersen[2], Christina Lundström[6] ja Martti Esala[1]

[1] MTT, Environmental Research, 31600 Jokioinen, Suomi
[2] The Royal Veterinary and Agricultural University, Dept. of Agricultural Sciences, Plant Nutrition and Soil Fertility Laboratory, 1871 Frederiksberg C, Tanska
[3] Agricultural Research Institute, Keldnaholt, 112 Reykjavik, Islanti
[4] Norwegian University of Life Sciences, Department of Plant and Environmental Sciences, 1432 Ås, Norja
[5] The Norwegian Crop Research Institute, Apelsvoll Research Centre, N-2849 Kapp, Norja
[6] Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Soil Science, Division of Precision Agriculture, SE-532 23 Skara, Ruotsi

Johdanto

Muhituskokeet laboratoriossa ovat yleinen menetelmä maan tai siihen lisätyn orgaanisen materiaalin hiilen ja typen mineralisaation mittaamiseksi. Tiedämme kuitenkin melko vähän näiden kokeiden toistettavuudesta laboratorioiden sisällä ja välillä. Esitämme viiden tutkimuslaboratorion tulokset maa- ja referenssinäytteen (timotei, Phleum pratense L.) inkubaatiosta samanlaisilla menetelmillä.

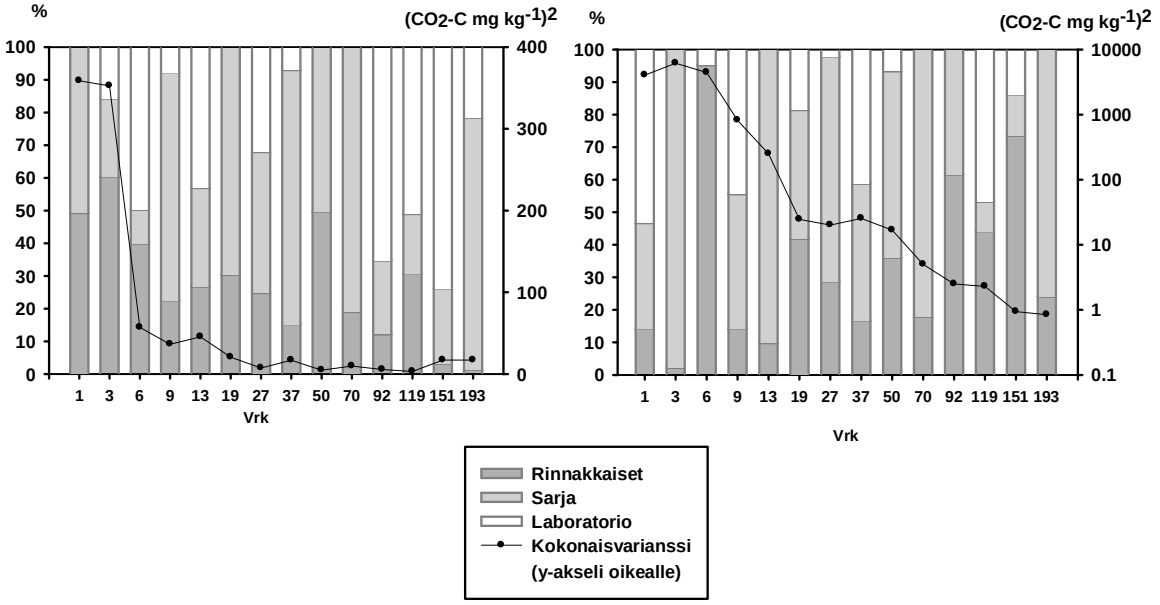
Aineisto ja menetelmät

Kussakin osallistuneessa viidessä laboratoriossa tehtiin kaksi sarjaa, jotka kestivät 217 vuorokautta [1]. Kokeen aikana mitattiin 13-14 kertaa hiilidioksidin tuotto ja 8-9 kertaa maan mineraalityppipitoisuus. Hiilidioksidin tuottoa ja maan mineraalityppipitoisuutta verrattiin kokeen toistettavuuden tutkimiseksi. SAS:n sekamallien avulla verrattiin laboratoriosta, sarjasta ja kolmesta rinnakkaisesta näytteestä peräisin olevien varianssikomponenttien suuruutta.

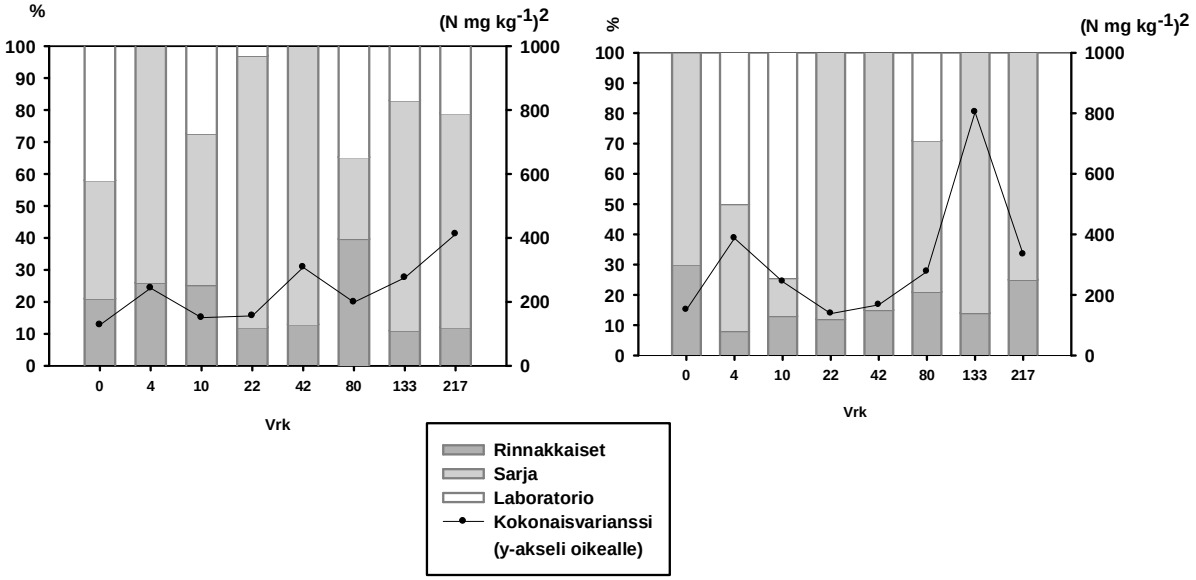
Tulokset ja tarkastelu

Kokeen aikana maan hiilidioksidituotto oli 2690 mg kg^{-1} kuivaa maata (SD = 420 mg, CV=16%, n=8) ja vastaavasti referenssimateriaalin 4680 mg kg^{-1}kuivaa maata (SD = 480 mg, CV=10%, n=10). Maan mineraalityppipitoisuus lisääntyi 130 mg kg^{-1} :sta (SD=11 mg, CV=8%, n=10) 173:een mg kg^{-1} (SD=19 mg, CV=11%, n=10). Referenssimateriaalin osalta maan mineraalityppipitoisuus (referenssi – kontrollimaa) väheni ensin 89 mg kg^{-1} (SD=14 mg, CV=16%, n=10) ja nousi sitten 27 mg kg^{-1} kontrollimaata korkeammalle (SD=15 mg, CV=55%, n=10) kokeen lopussa.

Tilastolliset analyysit osoittivat, että yksittäinen sarja ja kunkin mittaushetken toistot olivat yhtä suuria vaihtelun lähteitä hiilidioksidin tuotolle (Kuva 1). Maan mineraalityppipitoisuuksissa suurin vaihtelun lähde oli yksittäinen sarja (Kuva 2). Laboratorion vaikutus vaihteluun oli vähäinen sekä hiilidioksidin tuotossa että maan mineraalityppipitoisuuksissa.



Kuva 1. Rinnakkaisten, sarjojen ja laboratorioiden varianssikomponenttien estimaatit hiilidioksidin tuotossa eri näytteenottoajankohtina. Vasemmalla maanäyte ja oikealla kasvireferenssi.



Kuva 2. Rinnakkaisten, sarjojen ja laboratorioiden varianssikomponenttien estimaatit mineraalityppipitoisuuksissa eri näytteenottoajankohtina. Vasemmalla maanäyte ja oikealla kasvireferenssi.

Tämä tutkimus osoittaa, että maan ja siihen lisätyn orgaanisen aineksen hiilen ja typen vapautuminen voi vaihdella eri kokeissa huomattavasti enemmän kuin yhden kokeen toistot vaihtelevat. Täten muhituskokeisiin olisi suositeltavaa sisällyttää referenssinäyte, jotta eri sarjojen välinen vaihtelu havaittaisiin.

Kirjallisuus

[1] Jensen, L. S., Salo, T., Palmason, F., Breland, T. A., Henriksen, T., Stenberg, B., Pedersen, A., Lundström, C. & Esala, M. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralisation from a broad variety of plant materials in soil. *Plant and Soil* 273: 307–326.

Uuttotestien herkkyys laidunmaan potentiaalisen fosforikuormituksen arvioinnissa

The sensitivity of P-tests in predicting potential P-load from pasture soil

Helena Soinne[1], Minna Karppinen[1], Helinä Hartikainen[1] ja Kirsi Saarijärvi[2]

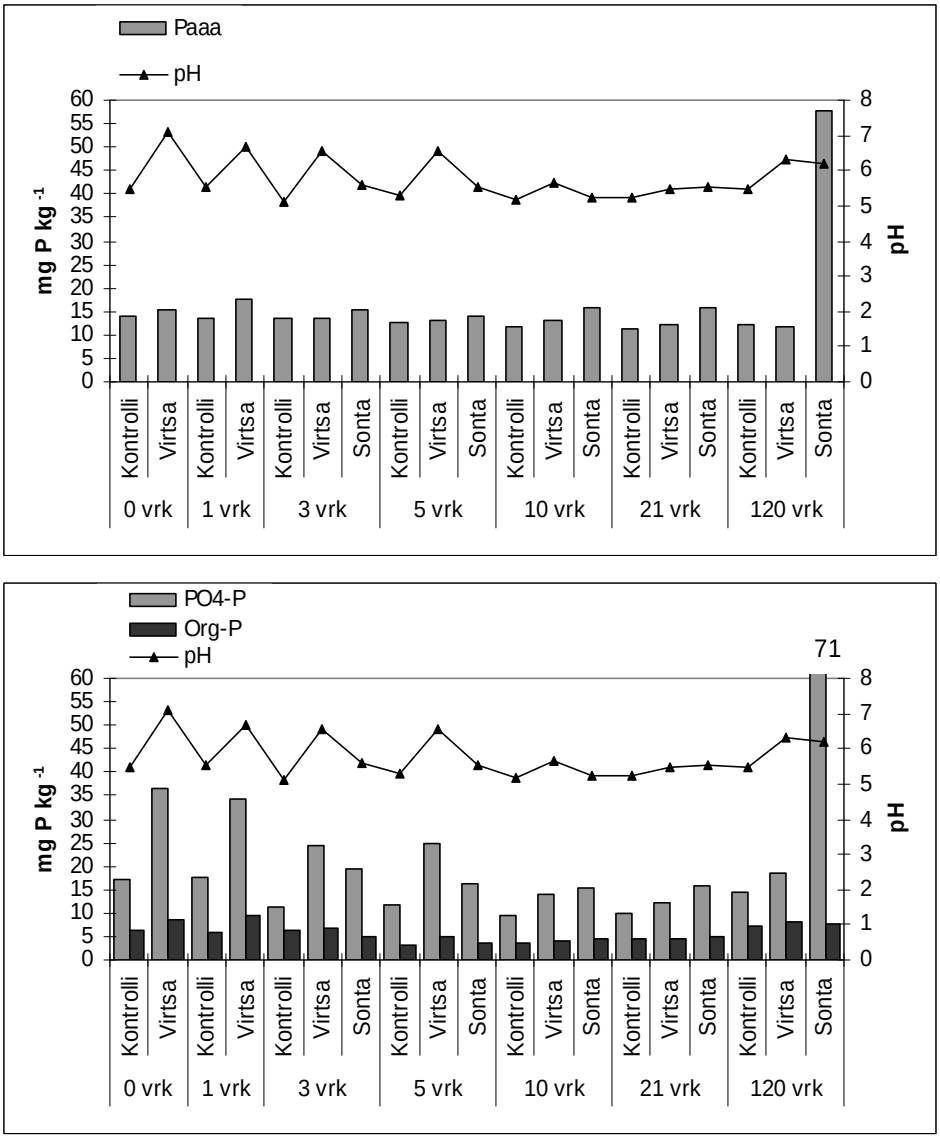
[1] HY, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos
[2] MTT, Kotieläintutkimus, Maaninka

Kemiallisia uuttomenetelmiä on käytetty kasveille käyttökelpoisen fosforin (P) arvioinnissa vuosikymmeniä, mutta saaduilla tuloksilla ei ole voitu suoraviivaisesti selittää vesistöihin huuhtoutuvan P:n määrää. Useissa tutkimuksissa on havaittu, että liukoisen P:n huuhtoutuminen pintavirtailuna riippuu pintamaan P-pitoisuudesta, mutta tulokseen vaikuttavat myös mm. maalaji sekä viljelytoimenpinteet [1]. Toistuvien lantalisäysten seurauksena P:a rikastuu maan pintakerrokseen (0-2 cm) etenkin laidunten pistekuormituspaikoilla [2], jolloin huuhtoutumisriski kasvaa [3]. Tutkimuksissa on myös havaittu, että urealisäys nostaa maan pH:ta ja lisää vesiliukoisen P:n vapautumista maanesteeseen [4]. Tässä työssä tarkasteltiin virtsa- ja sontalisäysten vaikutusta laidunmaalta vapautuvan P:n määrään, sekä vertailtiin uuttoliuosten herkkyyttä muutosten mittaamisessa.

Tutkimuksen aineisto kerättiin MTT:n Maaningan tutkimusasemalla sijainneesta kenttäkokeesta, jossa simuloitiin laiduntavan karjan eritteiden vaikutusta ravinteiden liikkumiseen ja kuormitusriskiin. Koekentän maalaji oli karkeaa hietaa. Sonnan mukana maahan joutuu fosforia sekä epäorgaanisena että orgaanisena, kun taas virtsa ei sisällä fosforia lainkaan. Sontaa ja virtsaa levitettiin koeruuduille keskimääräistä kertaeritystä vastaavat määrät. Tietyin aikavälein koeruuduista (virtsa, sonta ja kontrolli) otetuista maanäytteistä määritettiin kerroksittain $pH_{H2O,}$ vesiliukoinen fosfori, josta määritettiin epäorgaaninen ja orgaaninen fraktio (HY) sekä viljavuusanalyysin fosfori (MTT), jota Suomessa käytetään fosforilannoitustarpeen ennustamiseen.

Eri käsittelyjen vaikutukset olivat havaittavissa ainoastaan maan pintakerroksissa. Virtsalisäykset nostivat maan pH:ta heti lisäyksen jälkeen, mutta vaikutus hävisi 10 vrk:n kuluessa (kuva 1). Sonnan pH:ta nostava vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä, sillä sonta kuorettui alussa ja säilyi sitten pitkään kuivana kakkuna sekoittumatta paljoakaan maahan. Vesiliukoisen epäorgaanisen P:n pitoisuudet seurailivat kiinteästi pH:n muutoksia maassa. Virtsalisäyksen aikaansaaman pH:n nousun seurauksena fosforin uuttuminen maasta lisääntyi. Vastaavaa nousua ei juurikaan ollut havaittavissa viljavuusanalyysissä uuttuneen fosforin määrissä. Tämä johtuu viljavuusuuttoliuoksen (hapan ammoniumasetaatti) alhaisesta pH:sta (4,65), joka edistää fosforin pidättymistä maahan.

Tulosten mukaan vesiuutto on viljavuusanalyysin uuttoa herkempi menetelmä tarkasteltaessa lyhyen ajan muutoksia maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuksissa. Tutkimusten mukaan viljavuusuutolla saadaan hyvä käsitys kasveille käyttökelpoisen P:n määrästä maassa suomalaisissa viljelysmaissa [5]. Kuitenkin arvioitaessa laitumien lannoitustarvetta, tulee ottaa huomioon karjan juotto- ja syöttöpaikoilla virtsan aiheuttaman pH:n nousun fosforin liukoisuutta lisäävä vaikutus, joka ei tule esille viljavuusuuton helppoliukoisen P:n tuloksessa. Myös laitumilta huuhtoutuvan P:n määrää arvioitaessa viljavuusuutolla saatu helppoliukoisen P:n tulos antaa todellisuutta pienemmän kuvan karjan juotto- ja syöttöpaikoilta potentiaalisesti huuhtoutuvan P:n määrästä. Tulosten perusteella voidaan myös suhtautua kriittisesti suojakaistavyöhykkeiden intensiiviseen laiduntamiseen.



Kuva 1. Maan pH-muutosten vaikutus vesiliukoisen epäorgaanisen (PO_4-P) ja orgaanisen (Org-P) fosforin (ylempi kuva) sekä viljavuusanalyysin fosforin (P_{aaa}) pitoisuuksiin (alempi kuva) maan pintakerroksessa (0-2 cm).

Kirjallisuus

[1] Sharpley, A. N. 1995. Dependence of runoff phosphorus on extractable soil phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 24: 920-926.

[2] Jansson, H.& Tuhkanen, H-R. 2003. Laitumelta tulevan ravinnekuormituksen vähentäminen. Teoksessa: Uusi-Kämppä, J., Yli-Halla, M. & Grek, K. (toim.). Lypsykarjataloudesta tulevan ympäristökuormituksen vähentäminen. Maa- ja elintarviketalous 25. Jokioinen, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus s. 40-47.

[3] Sharpley, A.N. & Withers, P. J. A. 1994. The environmentally-sound management of agricultural phosphorus. *Fertilizer Research* 39: 133-146.

[4] Hartikainen, H. ja Yli-Halla, M. 1996. Solubility of soil phosphorus as influenced by urea. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 159: 327-332.

[5] Saarela, I. 2002. Phosphorus in Finnish soils in the 1900s with particular reference to the acid ammonium acetate soils test. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 257-271.

Lisäävätkö avohakkuut elohopean huuhtoutumista vesistöihin?

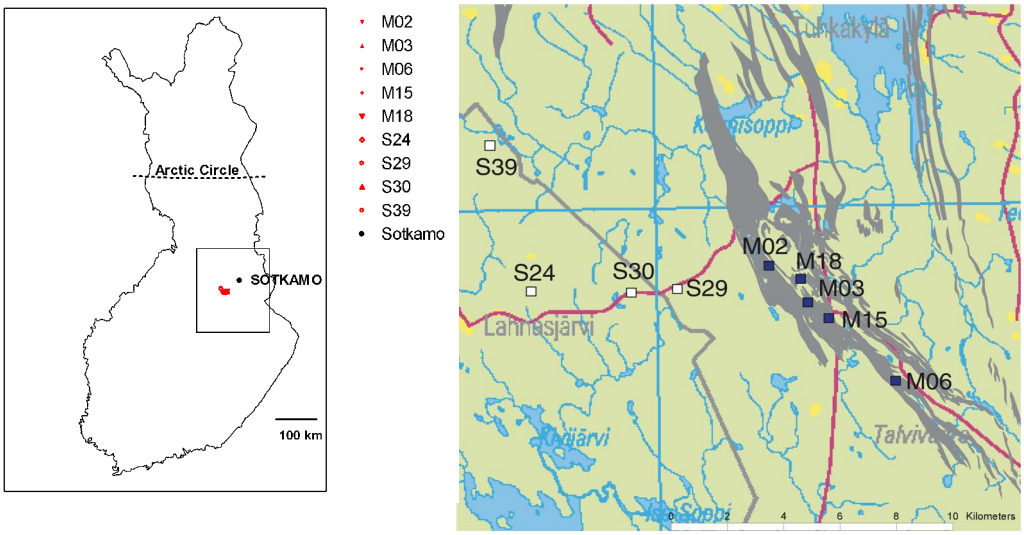
Will the clearcutting of drained peatland forests mobilize mercury?

Ukonmaanaho, L.[1], Nieminen, T.M.[1], Starr, M.[2], Ahti, E.[1], Kantola, M.[1], Nieminen, M.[1], Piispanen, J.[3], Einsalo, K.[4], Loukola-Ruskeeniemi, K.[4], Mäkilä, M.[5], Malila, T.[6], Perämäki, P.[6] & Verta, M.[7]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö, PL 18, 01301
[2] Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[3] Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen toimintayksikkö, Kirkkosaarentie 7, 91500 Muhos
[4] Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto, PL 6200, 02015 TKK,
[5] Geologian tutkimuskeskus PL 96, 02151 Espoo
[6] Oulun yliopisto, Luonnontieteellinen tiedekunta, PL 3000, 90014, Oulun yliopisto
[7] Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki

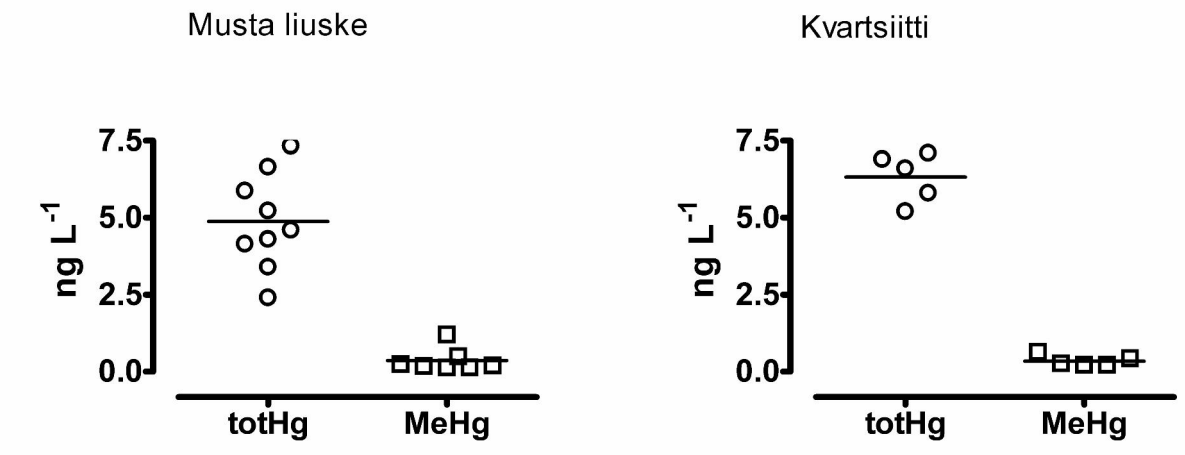
Vaikka elohopealaskeuma on vähentynyt Suomessa, kalojen Hg-pitoisuus on lisääntynyt. Elohopean lisääntynyt pitoisuus kaloissa on terveysriski ihmisille. Kalojen kohonneiden Hg-pitoisuuksien taustalla arvellaan olevan metsämaahan luontaisesti ja ilman epäpuhtauksien mukana varastoituneen elohopean vapautuminen metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä. Kohonneita valumavesien MeHg-pitoisuuksia on mitattu alueilta, joissa on tehty metsänkäsittelytoimenpiteitä kuten hakkuita[1,2]. Erityisen suuria huuhtoutumia on mitattu turvevaltaisilta valuma-alueilta, mikä johtunee elohopean tehokkaammasta metyloitumisesta turvemaissa. Suomessa päätehakkuun piiriin on tulossa 10-30 vuoden kuluttua noin 4,5 milj. ha turvemaita, jotka ojitettiin puuntuotantoa varten 1950-1970 luvuilla. Hankkeen tavoitteena on selvittää onko Hg:n ja MeHg:n lisääntyminen metsänkäsittelystä aiheutuvaa ja onko huuhtoutuminen valumavesissä erityisen voimakasta ojitetuilta turvemailta.

Koealat sijoittuvat mustaliuskealueelle (korkea Hg-pitoisuus kallioperässä) ja alueella, jossa elohopea on pääasiallisesti laskeumasta peräisin (kvartsiitti) (kuva 1). Tutkimus tehdään parittaisena kokeena pienehköillä valuma-alueilla. Sekä mustaliuske- että kvartsiittialoilla on 3 toimenpidealuetta (avohakkuut) ja 2 referenssialaa (ei toimenpiteitä). Molemmilla kallioperäalustoilla tehdään avohakkuiden lisäksi kantojen nosto ja hakkuutähteiden korjuu. Kalibrointiaika ennen päätehakkuuta on 1-2 vuotta, hakkuiden jälkeen tilannetta seurataan vähintään 2-3 vuoden ajan.



Kuva1. Koealat Suomessa ja tarkemmin Sotkamossa, S-alat = kvartsiittialat, M-alat mustaliuskealat.

Aloilta on tehty taustaselvityksiä, pilottihankkeessa on mitattu mm. puroveden ravinne- ja raskasmetallipitoisuuksia sekä turvekerroksen Hg-pitoisuuksia (Kuva 2, Taulukko1). Alustavat tulokset osoittivat eroja eri kallioperäalustalta otettujen vesinäytteiden raskasmetalli- ja ravinnepitoisuuksissa. Erityisesti Cd-, Cu-, Ni- ja SO_4-pitoisuudet olivat korkeammat mustaliuskealueen purovesissä.



Kuva 2. Puroveden kokonais- ja metyylielohopean pitoisuudet mustaliuske- ja kvartsiittialoilla.

Taulukko 1. Puroveden ainepitoisuuksien ja pHn keskiarvo ($\bar{x}$) sekä keskihajonta (sd) eri kallioperäalustoilla (n=1-4). Näytteet otettu vuosien 2005-2006 aikana.

Aine		M 02	M 03	M 06	M 15	M 18	S24	S 29	S30	S39
		Mustaliuske					Kvartsiitti			
µg L^{-1}										
Cd	$\bar{x}$	0,49	0,24	0,26	0,89	0,12	0,07	0,11	0,07	0,07
	sd	*0,163*	*0,050*	*0,059*	*0,416*	*0,063*	*0,000*	*0,073*	*0,000*	*0,000*
Cr	$\bar{x}$	2,18	2,18	1,65	2,19	1,89	2,18	2,00	2,68	2,59
	sd	*0,213*	*0,706*	*0,179*	*0,389*	*0,382*	*0,767*	*0,342*	*0,651*	*0,799*
Cu	$\bar{x}$	9,16	1,54	1,91	3,80	1,88	1,81	2,69	1,45	0,75
	sd	*2,042*	*0,386*	*0,766*	*0,879*	*0,673*	*0,343*	*1,016*	*0,198*	*0,217*
Ni	$\bar{x}$	16,89	3,86	5,24	19,18	2,77	0,44	15,60	0,59	0,63
	sd	*2,042*	*0,386*	*0,766*	*0,879*	*0,673*	*0,343*	*1,016*	*0,198*	*0,217*
Pb	$\bar{x}$	<3.3	<3.3	<3.3	<3.3	<3.3	<3.3	<3.3	<3.3	<3.3
	sd									
mg L^{-1}										
Ca	$\bar{x}$	1,90	2,25	2,76	2,72	1,35	1,3	5,19	1,82	0,91
	sd	*0,508*	*0,763*	*0,902*	*0,557*	*0,408*	*0,588*	*4,575*	*0,442*	*0,503*
SO4	$\bar{x}$	9,89	5,73	8,39	13,2	4,273	2,28	1,42	3,0	0,68
	sd		*1,089*	*0,27*	*0,424*	*0,619*		*1,098*		
DOC	$\bar{x}$	-	10,4	4,25	9,42	20,5	17,3	26,5	20,2	25,3
	sd									
pH	$\bar{x}$	4,4	5,4	5,8	4,3	4,1	4,9	4,3	4,9	4,5
	sd		*0,32*	*0,01*	*0,01*	*0,01*	*0,07*	*0,42*	*0,24*	*0,11*

Kirjallisuus

[1] Munthe, J. and Hultberg, H. 2004. Mercury and methylmercury in runoff from a forested catchment — concentrations, fluxes, and their response to manipulations. *Water Air and Soil Pollution: Focus* 4: 607-618.

[2] Porvari, P., Verta, M., Munthe, J. and Haapanen, M. 2003**.** Forestry practices increase mercury and methyl mercury output from boreal forest catchments. *Journal of Environmental Science and Technology* 37 (11): 2389-2393.

Metsämaiden C/N-suhteen ja maaveden nitraattipitoisuuksien ajallinen vaihtelu metsien intensiiviseurannan aloilla

Temporal variation in the C/N ratio of the organic layer of the forest soil and nitrate concentrations in soil water in intensively monitored forest stands

John Derome[1], Antti-Jussi Lindroos[2], Kirsti Derome[1], Maija Salemaa[2] ja Sari Hilli[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusyksikkö, PL 16, 96301 Rovaniemi
[2] Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimusyksikkö, PL 18, 01301 Vantaa

Johdanto

Suomalaisissa metsäekosysteemeissä typpi on usein kasvua rajoittava tekijä kangasmailla [1], ja NH_4- ja NO_3- pitoisuudet ovat maavedessä hyvin alhaisia [2]. Typpilaskeuman merkitystä maaperän typpitilanteen kannalta on tutkittu laajasti Suomessa ja muualla Euroopassa. On esitetty, että jatkuva typpilaskeuma voisi tietyissä oloissa johtaa maaperän "kyllästymiseen" typellä, jolloin metsäekosysteemin kyky vastaanottaa typpikuormaa on ylittynyt. Tämä merkitsee käytännössä aktiivisen nitrifikaation käynnistymistä maaperässä sekä happamoitumista ja nitraatin huuhtoutumista pohjaveteen. Orgaanisen kerroksen C/N-suhde on laajasti käytetty parametri arvioitaessa typellä kyllästymistä (raja-arvona on käytetty <20-25) [esim. 3]. Tämän työn tarkoituksena oli arvioida typpilaskeuman vaikutusta kangasmaiden orgaanisen kerroksen C/N-suhteeseen ja maaveden NO_3-pitoisuuksiin 12 havaintomänniköissä ja 9 havaintokuusikossa, jotka sijaitsivat eri puolilla Suomea. Havaintoalat kuuluvat yleiseurooppalaiseen metsien terveydentilan seurantaverkostoon (YK ECE/ICP Forests, EU/Forest Focus).

Aineisto ja menetelmät

Havaintoaloilta kerättiin maanäytteet metsämaan orgaanisesta kerroksesta, ja niistä määritettiin C/N-suhde. Typpilaskeumaa (NH_4-N, NO_3-N) seurattiin vuosien 1996-2003 aikana avoimella paikalla ja metsikön sisällä. Avoimen paikan laskeumaa kerättiin jokaisella havaintoalalla 3 sadevesi- ja 2 lumikeräimellä, ja metsikkösadantaa 20 sadevesi- ja 6-10 lumikeräimellä. Laskeumanäytteet kerättiin ympärivuotisesti 2-4 viikon välein. Maavettä kerättiin vuosina 1996-2003 vajovesilysimetreillä (syvyydet 5, 20 ja 40 cm maanpinnasta). Tässä tutkimuksessa tutkittiin maavesinäytteiden NO_3-N-pitoisuuksia.

Tulokset

Vuotuinen avoimen paikan typpilaskeuma oli Etelä-Suomen kohteilla noin 3-4 kg/ha ja Pohjois-Suomen kohteilla 1-2 kg/ha. Orgaanisen kerroksen C/N-suhde oli männiköissä 40,5 (29,1-53,4) ja kuusikoissa 32,8 (21,1-47,4). C/N-suhteessa ei ollut yleisesti havaittavissa merkitsevää alenevaa trendiä. Etelä-Suomen männikkö- ja kuusikkokohteilla C/N-suhde kuitenkin aleni tutkimusjakson aikana hieman. Männiköiden C/N-suhde oli kaikilla kohteilla yli 25, mutta kuusikoiden kahdella kohteella Etelä-Suomessa (Lapinjärvi ja Uusikaarlepyy) C/N-suhde oli lähellä arvoa 20. Maaveden nitraattipitoisuudet olivat erittäin alhaisia kaikilla tutkituilla kohteilla, paitsi Uusikaarlepyyn kohteella, johon vaikuttaa läheisen turkistarhan NH_3 -päästöt.

Johtopäätökset

Metsiin ja metsämaihin kohdistuva typpilaskeuma oli yleisesti varsin alhainen, eikä maaperän typpikyllästymisestä ollut selkeitä merkkejä havaintoaloilla. Maaveden nitraattipitoisuudet olivat hyvin alhaisia, eivätkä näin ollen aiheuta uhkaa pohjaveden laadulle tutkituilla

kangasmailla. Paikalliset typpipäästölähteet (esim. NH_3 turkistarhoilta tai maatiloilta) voivat kuitenkin selvästi muuttaa tavanomaista metsäekosysteemin typen kiertoa, mikä oli selvästi havaittavissa yhdellä havaintoalalla paikallisen typpipäästölähteen läheisyydessä. Paikallinen typpikuormitus heijastui kohonneina maaveden nitraattipitoisuuksina ja suhteellisen alhaisena humuskerroksen C/N-suhteena.

Kirjallisuus

[1] Kukkola, M. and Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. *Commun. Inst. For. Fenn.* 114: 1-55.
[2] Piirainen, S., Finer, L. and Starr, M. 1998. Canopy and soil retention of nitrogen deposition in a mixed boreal forest in eastern Finland. *Water, Air, and Soil Pollution* 105: 165-174.
[3] Gundersen, P., Callesen, I. and de Vries, W. 1998. Nitrate leaching in forest ecosystems is related to forest floor C/N ratios. In: van der Hoek, K.W., Erisman, J.W., Smeulders, S., Wisniewski, J.R. & Wisniewski, J. (eds.). Nitrogen, the Confer-N-s, First International Nitrogen Conference 1998, 23-27 March 1998, Noordwijkerhout, The Netherlands. Elsevier. pp. 403-407.

BioSoil-aineiston avulla tutkitaan maaperän hiili- ja ravinnevarastojen muutoksia sekä aluskasvillisuutta

Hannu Ilvesniemi, Leila Korpela, Pekka Tamminen ja Tiina Tonteri

Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimintayksikkö, PL 18, 01301 Vantaa

Metla aloitti kesäkuussa 2006 tutkimuksen, jossa selvitetään Suomen metsien puuston, aluskasvillisuuden ja maaperän hiili- ja ravinnevarastojen suuruutta sekä näissä varastoissa viimeisen kymmenen vuoden aikana tapahtuneita muutoksia. Samassa tutkimuksessa kartoitetaan myös luonnon monimuotoisuuden tilaa tutkimalla noin 640 koealalla esiintyvien putkilokasvien lajisto sekä lahopuun määrä.

BioSoil-hanke toteutetaan kaikissa Euroopan unionin maissa. Tavoitteena on maakohtaisten tulosten lisäksi saada kokonaiskuva Euroopan metsämaiden ravinne- ja hiilivarastoista sekä luonnon monimuotoisuuden tilasta. Kukin unioniin kuuluva maa vastaa hankkeen toteuttamisesta omassa maassaan. Suomessa hankkeen toteuttaa Metla vuosina 2006-2007.

Hankkeen maaperätutkimuksissa selvitetään, kuinka paljon metsämaassa on kasveille käyttökelpoisia ravinteita ja hiiliyhdisteitä. Kun BioSoil-tutkimuksen tuloksia verrataan vuonna 1995 tehtyyn vastaavaan maaperätutkimukseen, saadaan tietoa mahdollisista muutoksista ja niiden syistä koko Euroopan unionin alueella. Hiilivarastoista saatavia tietoja käytetään myös kasvihuonekaasujen raportointijärjestelmän kehittämiseen.

Luonnon monimuotoisuutta selvitetään käynnistyvässä tutkimuksessa ensimmäistä kertaa näin laajassa mittakaavassa koko Euroopan unionin alueella. Yhteneväisillä menetelmillä toteutettu tutkimus mahdollistaa luonnon monimuotoisuuden tilan arvioinnin eri maiden välillä. Luonnon monimuotoisuuden tutkiminen perustuu aluskasvillisuuden inventointiin sekä elävän ja kuolleen puuston mittauksiin. Aineisto tarjoaa myös mahdollisuuden tutkia puuston kasvun, maaperän ominaisuuksien ja kasvillisuuden lajirunsauden välisiä suhteita, koska kaikki nämä tunnukset mitataan samoilta koealoilta.

Lisäksi BioSoil-hankkeessa kehitetään koko Euroopan alueelle soveltuvia maaperän ja luonnon monimuotoisuuden seuranta- ja tutkimusmenetelmiä tulevaisuuden tarpeita silmällä pitäen. Hankkeessa kerättävää tutkimustietoa voidaan hyödyntää Suomessa myös muissa tutkimuksissa, kuten kasvupaikkaluokituksen, ilmastonmuutoksen ja laskeuman vaikutuksen tutkimisessa.

Euroopassa on toteutettu vuodesta 1985 alkaen metsien terveydentilan seurantaohjelmaa, jota on vuodesta 2003 alkaen kutsuttu Forest Focus -ohjelmaksi. Metsien terveydentilan seurantaohjelman perustamisen yhteydessä sovittiin myös erillistutkimuksista, joiden avulla tutkitaan luonnossa tapahtuvia muutoksia ja niiden syitä. Yksi näistä erillistutkimuksista on nyt toteutettava BioSoil-hanke. Suomessa seurannoista on huolehtinut Metsäntutkimuslaitos.

BioSoil-tutkimus toteutetaan valtakunnan metsien kahdeksannen inventoinnin yhteydessä (v. 1985-86) perustetuilla koealoilla. Kaikkiaan noin 3000:sta koealasta tutkitaan tässä tutkimuksessa 640 kooltaan 400 m 2:n suuruista koealaa. Koealoilta kerättiin maanäytteitä, tutkimusalueelle kaivetusta kuopasta määritettiin maannostyyppi, ja samalla maannos valokuvattiin. Aluskasvillisuuden lajien peittävyys arvioitiin neljältä kahden neliömetrin suuruiselta näytealalta, ja putkilokasvien lajimäärä koko koealan alueelta samoin menetelmin kuin yksitoista (v. 1995) ja kaksikymmentä vuotta (v. 1985-86) sitten.

Maaperänäytteet BioSoil-koealoilla sekä keskeisiä mitattuja ja arvioituja muuttujia

Maaperän yleistietoja

- Koealakohtainen esikartoitus: orgaanisen kerroksen paksuus, kivennäismaan paksuus, kivisyys/lohkareisuus, keskiraekoko kivennäismaakerroksessa (10-20cm).
- Koealan jako maaperäkuviohin.
- Maaperä- ja humusnäytteiden keruu yhdeltä maaperäkuviolta 10 näytteenottopisteeltä.

Orgaanisen kerroksen näytteet

- Jos orgaanisen kerroksen keskipaksuus 1-6 cm, osanäytteitä varsisylinterillä 20 kpl.
- Jos orgaanisen kerroksen keskipaksuus 7-19 cm, osanäytteitä 10 kpl.
- Jos orgaanisen kerroksen keskipaksuus yli 19 cm, turvelaatikolla 10 osanäytettä.
- Näytteistä on määritetty humuslaji.
- Näytteet erikseen karike- ja sammal/jäkäläkerroksesta (LM), kangashumus-mullas-kerroksesta (OF+OH) sekä syvemmistä turvekerroksista 10-20 ja 20-40cm.

Kivennäismaan näytteet

- Kerroksista 0-10, 10-20, 20-40, 40-80cm.
- Näytteenotin joko tilavuussylinteri, kourukaira tai lapio riippuen kivisyydestä.

Maannoksen kuvaus ja horisonttinäytteet maannoskuopasta

- Kuopan syvyys, kivennäismaan paksuus, pohjaveden ja hapettoman Cg-horisontin yläreuna kivennäismaan yläreunasta, juurien esiintymisen maksimisyvyys sekä WRB-luokituksen mukainen maannostyyppi.
- Maannoskuoppa on valokuvattu.
- Horisontit, niiden keskimääräinen paksuus, alarajan selvyys ja muoto, väri, täplät ja viirut, pelkistyneisyys, keskiraekoko, kovettumat ja hienojuurien osuus. Kustakin horisontista näytteet laboratoriossa tehtävää maannosluokituksen tarkistamista varten.

Metsikkökuvion tietoja

- Maaluokkaa, topografiaa ja kasvupaikkaa koskevat muuttujat.
- Ojitustilannetta, hakkuita ja metsänkäsittelyitä ja ihmistoimintaa koskevat muuttujat.
- Puujaksoja, kehitysluokkaa, puulajisuhteita, puuston ja pensaskerroksen peittävyyttä ja metsikön ikää koskevat muuttujat, lisäksi 9 latvuspeittävyysvalokuvaa.

Elävät puut

- Kaikilla mitatuilla puilla puulaji, rinnankorkeusläpimitta ja latvuskerros.
- Koepuilla lisäksi elävän latvuksen alaraja, pituus ja ikätiedot.

Lahopuut ja kannot

- Kaikilla lahopuilla puulaji, ulkoasu ja kuoren peittävyys.
- Pystypuilla lisäksi rinnankorkeusläpimitta, pituus ja lahon aste.
- Maapuilla lisäksi maapuun luokka, läpimitta- ja pituusmuuttujat.
- Kannoilla puulaji, läpimitta, korkeus ja lahon aste.

Aluskasvillisuus

- Putkilokasvilajien esiintyminen 400 m^2 ympyräkoealalla metsikkökuvioittain ja kasvupaikkatyypeittäin.
- Kenttä- ja pohjakerroksen lajisto ja niiden peittävyydet neljällä 2 m^2 näytealalla.
- Eräiden kenttä- ja pohjakerroksen lajiryhmien maanpäälliset ja/tai maanalaiset biomassat viidellä 30 x 30 cm näytealalla.

Birch and aspen endophytes from seedlings in polluted soils

Jenni Kiiskinen[1], Elisa Kallio[1], Timo Sipilä[1], Carola Fortelius[2], Marja-Leena Åkerman[2], Pertti Pulkkinen[3] and Kim Yrjälä[1,4]

[1] Department of Biological and Environmental Sciences, University of Helsinki, Finland
[2] Institute of Technology, EVTEK University of Applied Sciences, Finland
[3] Finnish Forest Research Institute, Haapastensyrjä Plant Breeding Station, Finland
[4] Department of Applied Chemistry and Microbiology, University of Helsinki, Finland

Introduction

Phytotechnologies are beginning to offer efficient tools and environmentally friendly solutions for the cleanup of contaminated soils and water, to the development of renewable energy sources, contributing to sustainable land use management**.** In the plant root zone a rich micro flora can, together with the plant, function in degradation of environmental pollutants. Endophytic bacteria living in plant tissue have recently gained importance in development of phyto technologies [1], when it was shown that endophytic bacteria inside the plant also may have biodegradation capacity [2, 3]. We have started the FYBENDO project bringing together research effort from University of Tartu, Finnish Forest Research Institute and EVTEK University of applied sciences to develop phyto technology. Woody plants and microbes living in close association are studied. The aim is especially to combine microbiology with plant performance and to investigate the role of functional microbial communities living in close relationship with woody plants.

Material

Petroleum hydrocarbons containing polyaromatic compounds (PAHs) are worldwide pollutants in soil, and the problem is pronounced in Northern countries where the biological activity is low due to lower temperatures. Birch, which is an important tree in the boreal vegetation zone, and aspen, was used in phytoremediation experiments with PAH-polluted soil. In these microcosm studies the performance of heavy metal resistant birch and aspen seedlings were compared in phytoremediation of a defined PAH mixture. Endophytes were isolated from aspen seedlings in microcosm, and as well from birch seedlings growing on a petroleum hydrocarbon natural attenuation study site in Trollberget, Hangö.

Methods

Leaves, shoots and roots were surface sterilised using a protocol including ethanol washes, NaOCl (sodium hypochlorite) treatment and flaming by ethanol. Surface sterility was tested plating preparates on TSA plates. Surface sterilised preparates were cut into to small pieces (0,3cm-0,6cm) and plated on 1/10 TSA for endophyte isolation. Isolates were genetically characterised by 16S rRNA analysis for classification. Catabolic properties were studied by growth tests with various aromatic compounds.
Catabolic strains were isolated from rhizosphere-associated soil obtained from Trollberget in Southern Finland using enrichment cultures with aromatics as substrates in L9 minimum media.

Results and Discussion

The aim in the FYBENDO project is to characterise the microbial communities associated with woody plants growing in pristine and polluted soils to discover their role and impact on plant fitness in different ecosystems. Endophytes were isolated from both birch and aspen seedlings from Trollberget in Hangö. From aspen the 16 bacterial isolated strains grouped by 16S RNA analysis into three phylotypes. From birch 14 strains were isolated, which all were of same phylotype. The cultivable portion of aspen endophytes was more diverse than that of birch.

In aspen phytoremediation experiment microbial strains were isolated and they were initially grouped according to colony morphology and studied microscopically by gram-staining. From rhizosphere 294 uncharacterised bacterial isolates were found. Isolation from leaves and shoots resulted in 87 uncharacterised epiphytic bacterial and yeast isolates. Endophytic bacteria from leaves, roots and shoots were also isolated. Genetic characterization was started on rhizosphere and epiphytic bacterial isolates using the 16S RNA marker gene.

Catabolic strains growing on naphthalene, biphenyl and phenanthrene were successfully isolated. They were grouped, using extradiol dioxygenase catabolic marker gene, into three catabolic phylotypes. Representatives of phylotypes showed also weak growth on BTEX compounds m-xylene and toluene.

The next step in the work is to describe the isolated endophytic, epiphytic and rhizosphere strains from birch and aspen in more detail. The characterization will help to better understand the bacteria/plant interactions in pristine and polluted ecosystems.

Acknowledgments

The work was funded by the Maj and Tor Nessling foundation and EVTEK University of Applied Sciences.

References

[1] Lodewyckx, C., Vangronsveld, J., Porteous, F., Moore, E.R.B., Taghavi, S., Mezgeay, M. and Lelie, D.V. 2002. Endophytic bacteria and their potential applications. *Critical Reviews in Plant Sciences* 21: 586–606.
[2] Siciliano S, Fortin N, Himoc A, et al. 2001. Selection of specific endophytic bacterial genotypes by plants in response to soil contamination. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 2469–2475.
[3] Barac, T. Taghavi, S., Borremans, B., Provoost, A., Oeyen, L., Colpaert, J., Vangronsveld, J. and van der Lelie, D. 2004. Engineered endophytic bacteria improve phytoremediation of water-soluble, volatile, organic pollutants. *Nature Biotechnology* 22: 583-588.

Klooratuilla fenoleilla pilantuneen maaperän toiminta entisellä saha-alueella ja sopivuus lahosienten kasvulle

Microbial activity of chlorophenols contaminated soil from a former sawmill area and suitability for the growth of wood-rotting fungi

Mika A. Kähkönen[1], Marja Tuomela[1], Hanna Oesch-Kuisma[1], Kari Steffen[1] ja Annele Hatakka[1]

[1] Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, PL 56, Helsingin yliopisto

Johdanto

Yli 800 nykyistä ja entistä saha-aluetta on pilaantunut kloorifenoleilla, dioksiineilla ja furaaneilla Suomessa. Kaupallista tuotetta, KY 5, on käytetty fungisidina ja sinistymisen estoaineena 1930-luvulta vuoteen 1988 saakkaSuomessa. KY 5 sisälsi aktiivisina yhdisteinä kloorifenoleita (mm. pentakloorifenolia, PCP) sekä epäpuhtauksina dioksiineja ja furaaneja. Kloorifenolit ovat pysyviä maaperässä estäen entisten saha-alueiden käytön muihin tarkoituksiin. Puuta lahottavat valkolahosienet ja karikkeenlahottajat kykenevät mineralisoimaan pentakloorifenoleja [1] ja jopa dioksiineja ja furaaneja. Sienet hajottavat kloorifenoleja erittämiensä epäspesifisten entsyymien avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli testata karikkeen lahottajien ja valkolahottajien kykyä hajottaa ja mineralisoida pentakloorifenoleja epästeriileissä olosuhteissa sekä testata maaperän toksisuutta.

Aineisto ja menetelmät

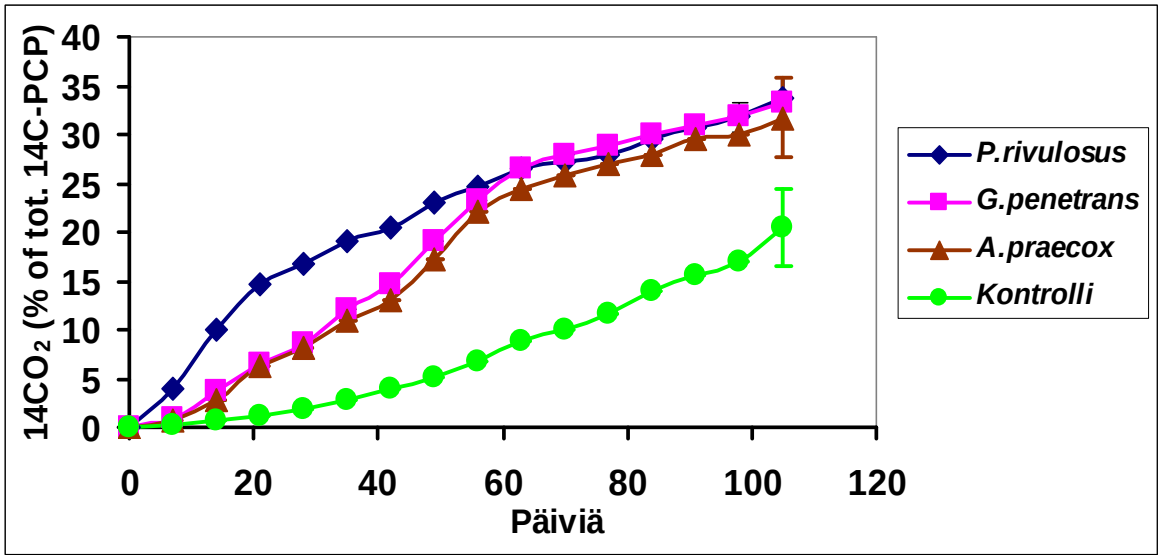
Tutkimus suoritettiin epästeriileissä olosuhteissa, koska sienten täytyy selvitä ja kilpailla maaperän oman mikrobipopulaation kanssa sekä sietää ja hajottaa kloorattuja vierasaineita. Näytteenottoalue sijaitsi entisellä saha-alueella Haminassa etelä-Suomessa. Maahengitys ja metaaninhapetuspotentiaali mitattiin kuten ne on kuvattu artikkelissa [2] ja entsyymiaktiivisuudet kuten kuvattu artikkelissa [3].

Tulokset ja tarkastelu

Tuloksemme osoittivat, että endogeenisen maahengityksen, metaanin hapetuspotentiaalin, butyraattiesteraasin, asetaattiesteraasin, sulfataasin ja aminopeptidaasin aktiivisuudet (Taulukko 1) olivat alentuneet tilastollisesti merkittävästi suurimman vanhojen kloorifenolien pitoisuuden omaavalla alueella (3.9 µg PCP g maa k.a.$^{-1}$) vähemmän pilaantuneisiin alueisiin verrattuna. Tuloksemme viittaavat siihen, että endogeenisen maahengityksen, metaanin hapetuspotentiaalin, butyraattiesteraasin, asetaattiesteraasin, sulfataasin ja aminopeptidaasin aktiivisuudet olivat herkkiä vanhoille kloorifenoleille pilaantuneessa maaperässä. Tuloksemme osoittivat, että α-glukosidaasin, β-glukosidaasin, β-ksylosidaasin, β-sellobiosidaasin, fosfomonoesteraasin, N-asetyyli-glukoosiaminidaasin aktiivisuudet ja fluoreseiinidiasetaatin (FDA) hydrolyysiaktiivisuudet eivät olleet alentuneet pilaantuneimmalla alueella vähemmän pilantuneisiin alueisiin verrattuna, mikä viittaa, etteivät nämä aktiivisuudet olleet herkkiä pilantuneen maan kloorifenoleille. Tulostemme mukaan näyttää siltä, että pilaantuneen maaperän toiminnassa entisellä saha-alueella on vain vähäisiä vaurioita.

Tähän tutkimukseen valittiin karikkeenlahottajat, *Agrocybe praecox* ja *Stropharia rugosoannulata* sekä puunlahottajat *Gymnopilus penetrans, Irpex lacteus, Phlebia gigantea, Phlebia tremellosa, Physisporinus rivulosus, Pleurotus ostreatus* ja *Trametes ochracea. G. penetrans* ja *T. oschracea* on eristetty tutkimusalueelta. Kasvatuskoe suoritettiin lisäämällä

entisen saha-alueen maata sisältäviin pulloihin radioleimattua PCP:tä ja sieniä kaarnan mukana. Kaarna oli tukimateriaali ja substraatti sienille. Kasvatuspulloja ilmastettiin jatkuvasti 105 päivän ajan laboratoriossa. Muodostunut $^{14}CO_2$ mitattiin viikoittain. *A. praecox, G. penetrans* ja *P. rivulosus* mineralisoivat yli 30 % ^{14}C-PCP:stä kasvatuskokeessa (Kuva 1). HPLC-MS-analyysin mukaan *P. tremellosa* ja *P. rivulosus* hajottivat eniten maaperässä ollutta vanhaa PCP:tä. *I. lacteus, P. tremellosa* and *P. gigantea* hajottivat eniten vanhoja tetrakloorifenoleja, TeCP, pilaantuneessa maaperässä. Tuloksemme osoittivat, että kaikki yhdeksän valitsemaamme sientä kykenivät selviytymään, mineralisoimaan lisättyä radioleimattua ^{14}C-PCP:tä ja hajottamaan PCP:tä sekä TeCP:tä entisen saha-alueen pilaantuneessa maaperässä.



Kuva 1. Kumulatiivinen ^{14}C-PCP mineralisaatio valituilla sienillä, *A. praecox, G. penetrans* ja *P. rivulosus*, ja ilman sieniä (kontrolli) kloorifenoleilla pilaantuneesa maaperässä entiseltä saha-alueelta 15 viikon (105 päivää) kasvatuskokeessa laboratoriossa. Rinnakkaisten määrä oli neljä.

Taulukko 1. Endogeenisen maahengityksen, metaaninhapetuspotentiaalin, asetaattiesteraasin, butyraattiesteraasin, sulfataasin ja aminopeptidaasin aktiivisuudet eniten kloorifenoleilla pilaantuneimmassa maaperässä entisellä saha-alueella.

Aktiivisuus	ka. ± kkv / nmol g maa k.a.$^{-1}$ h^{-1} (n = 4)
Endogeeninen maahengitys	6,9 ± 0,8
Metaanin hapetuspotentiaali	0,17 ± 0,09
Asetaattiesteraasi	4743 ± 407
Butyraattiesteraasi	1574 ± 164
Sulfataasi	11,9 ± 1,7
Aminopeptidaaasi	9,0 ± 2,1

Kirjallisuusviitteet

[1] Oesch-Kuisma H., Steffen K.T., Tuomela M., Hatakka A. 2005. 13th International Biodeterioration and Biodegradation Symposium (IBBS-13). Madrid, Spain, p. 175
[2] Kähkönen M. A., Wittmann C., Ilvesniemi H., Westman C.J., Salkinoja-Salonen M.S., 2002. *Soil Biol Biochem* 34, 1191-1200.
[3] Wittmann, C., Kähkönen, M.A., Ilvesniemi, H., Kurola, J., Salkinoja-Salonen, M.S., 2004. *Soil Biol Biochem* 36, 425-433.

Suomen maannostietokanta 1:250 000, esimerkkejä tietokannan käyttämisestä

Finnish Soil Database in scale 1:250 000, examples of usage

Harri Lilja

MTT (Maa- ja elitarviketalouden tutkimuskeskus), 31600 Jokioinen: Harri.Lilja@mtt.fi

Taustaa

Vuonna 2006 käynnistyneessä hankkeessa saatetaan loppuun valtakunnallinen, kansainvälisesti yhteensopiva maannostietokanta GTK:n budjettivaroin parhaillaan tuottaman maaperän yleiskartan perusteella. Vuoden 2009 alussa tietokannan/kartan on tarkoitus kattaa 100 % Suomen maapinta-alasta. Maannosnimen johtaminen perustuu pintamaan ja 1 metrin syvyydessä olevan maan maalajiin. Euroopan maaperätoimiston (European Soil Bureau) ohjeen mukaan tiettyä maannosta (Soil Body) esittävien kuvioiden minimiala on noin 6 ha, ja ne yhdistetään vähintään 150 ha:n suuruisiksi maalajimaisemiksi (varsinaiset karttakuviot, Soilscape). Kumpaankin kuvioon voidaan liittää lukuisia ominaisuustietoja. Tietokanta sisältää tyypillisten suomalaisten maannosten levinneisyydet ja niiden ominaisuuksia [1]. Tietokantaa/karttaa voi käyttää suomalaisen muuttuneen maalajin perusteella (pääasiallinen kotimainen käyttö) sekä kansainvälisen maannosnimen kautta (lähinnä ulkomainen yhteistyö) .

Aineisto ja menetelmät

Tässä esityksessä tarkasteltiin tietokannan Soil Body kuvion ja FAO/WRB luokituksen käyttämistä Säkylän Pyhäjärven valuma-alueen maaperän luonnehtimiseen (vesipuitedirektiivi). Sen lisäksi määritettiin kyseisen valuma-alueen suopeltojen prosenttiosuus TIKE:n peruslohkoaineiston avulla. Tämä liittyy maaperän orgaanisen aineksen määrän tarkasteluun (tuleva maaperänsuojelun puitedirektiivi).

Tulokset ja tarkastelu

EU:n vesipuitedirektiivissä edellytetään valuma-alueen maaperän luonnehdintaa. Ennen maannostietokantahanketta ei ole ollut olemassa valtakunnallista, kansainvälisesti ymmärrettävää aineistoa luonnehdinnan laatimiseksi [1, 3].

Maaperän orgaanisen aineksen määrän väheneminen on määritelty yhdeksi maaperää uhkaavaksi tekijäksi EU:n maaperänsuojelun teemastrategiassa, jonka osana on maaperän seurantajärjestelmään tähtäävä puitedirektiivi. Tietoa maan orgaanisesta aineksesta tarvitaan myös maaperän hiilivaraston ja kasvihuonekaasutaseen laskentaan. Suomen päästöinventaariossa v. 1999 on käytetty turvepeltojen pinta-alana 60 000 ha. Suopeltojen hiilivarastoja ei pystytty määrittämään, koska niiden turvekerrosten paksuuksia ja hiilitiheyksiä ei ole tunnettu [2].

Maannostietokantaa sekä muita paikkatietoaineistoja (TIKE:n peltolohkot, ympäristökeskusten valuma-alue rajaukset) käyttämällä voidaan tehdä ajantasainen, kansainvälisesti ymmärrettävä laskelma maannosten jakaumasta valuma-alueella sekä saada tietoa suopeltojen pinta-alasta ja paksuudesta miltä tahansa tietokannan kattamalta alueelta.

Taulukko 1. Maannokset Säkylän Pyhäjärven valuma-alueella. Suopeltojen osuus on lihavoitu. Fibric/Terric Histosol 1 tarkoittaa turvemaita, joissa turpeen paksuus on yli 60 cm. vastaavasti luokassa 2 turpeen paksuus on 30-60 cm ja luokassa 3 ovat soistuneet maat.

Maannos/Valuma-alue	**PINTA-ALA/Ha**	**% OSUUS**
Dystric Gleysol	23	0,2
Dystric Leptosol	1410	14,5
Eutric Regosol	756	7,8
Fibric/Terric Histosol 1	535	5,5
Fibric/Terric Histosol 2	19	0,2
Fibric/Terric Histosol 3	15	0,2
Gleyic Podzol 1	319	3,3
Gleyic Podzol 2	65	0,7
Haplic Podzol 1	4074	41,9
Haplic Podzol 2	991	10,2
Lithic Leptosol 1	1106	11,4
Umbric Gleysol 1	16	0,2
Umbric Gleysol 2	4	0,0
Vertic Cambisol	396	4,1
Yhteensä	9729	100,0

Maannos/Peruslohkot	**PINTA-ALA/Ha**	**% OSUUS**
Dystric Gleysol	19	1,7
Dystric Leptosol	86	7,8
Eutric Regosol	364	33,0
Fibric/Terric Histosol 1	**27**	**2,5**
Fibric/Terric Histosol 2	**3**	**0,3**
Fibric/Terric Histosol 3	**7**	**0,7**
Gleyic Podzol 1	2	0,2
Gleyic Podzol 2	1	0,1
Haplic Podzol 1	295	26,8
Haplic Podzol 2	104	9,4
Lithic Leptosol 1	20	1,8
Umbric Gleysol 1	4	0,3
Vertic Cambisol	170	15,4
Yhteensä	1102	100,0

Kirjallisuus

[1] Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T., Tamminen, P. 2006. Suomen maannostietokanta : Maannoskartta 1:250 000 ja maaperän ominaisuuksia. *MTT:n selvityksiä* 114: 70 s.

[2] Minkkinen, K. & Laine J. 2001. Turpeen käytön kasvihuonevaikutusten lisätutkimuskartoitus. Raportti, Kauppa- ja teollisuusministeriö, Helsinki. 56 s. (korjattu versio1.6.2001)

Rinta, S 2005 EU:n vesipuitedirektiivin soveltaminen Suomen oloissa : tapaustarkasteluna Säkylän Pyhäjärvi, [3] Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos , 2005

Edge effect and wear in urban forest fragments – impacts on soil microbial community structure

Minna Malmivaara-Lämsä[1], Leena Hamberg[1], D. Johan Kotze[2], Susanna Lehvävirta[2] and Hannu Fritze[1]

[1] Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 18, 01301 Vantaa, Finland
[2] Department of Biological and Environmental Sciences, P.O. Box 65, 00014 University of Helsinki, Finland

Introduction

Fragmentation increases the proportion of edge zone and is accompanied by a change in plant species composition in forest ecosystems around the world [1, 2]. In urban areas forests are actively used for recreation, which leads to decreased vegetation cover and the formation of paths [3].

Materials and methods

We analysed vegetation from 321 study plots and sampled the humus layer to study the effects of forest edge and wear on the soil microbial community structure (PLFA method), microbial activity (basal respiration) and humus chemistry in 33 mesic urban forest fragments. Humus samples from four different wear classes of paths (lightly, moderately, heavily and very heavily trampled) were collected on paths, next to and more than 1 m away from paths at approximately 0, 15, 30 and 60 m distances from the forest edge. Global Non-Metric Multi-Dimensional Scaling (GNMDS) and Generalized Additive Mixed Models (GAMM) were used to analyse the data.

Results and discussion

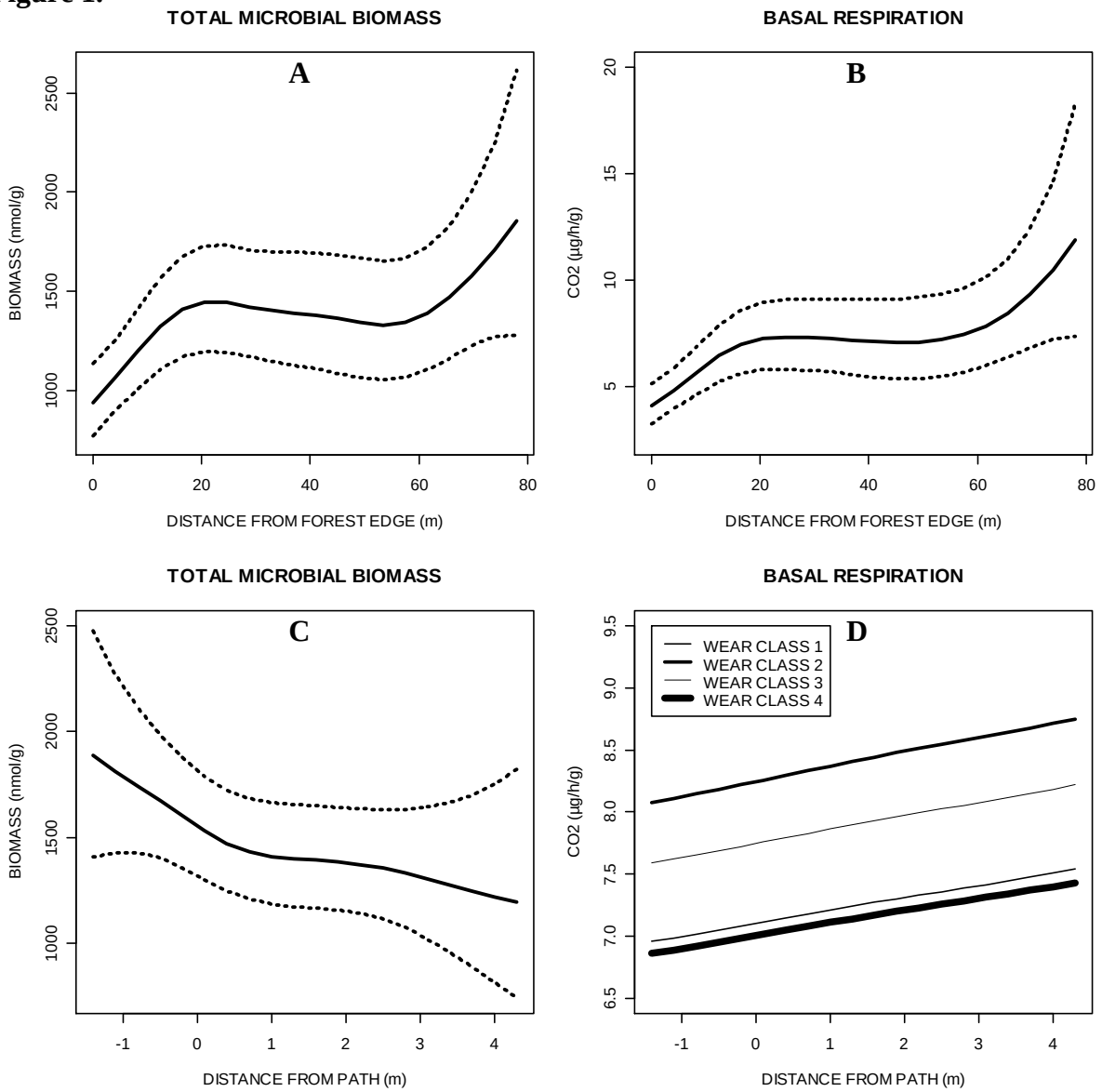
Microbial community structure was only slightly affected by forest edge and paths but differences were found in the PLFA (phospholipid fatty acid) pattern between distances of 0-10 m and over 50 m from the forest edge, as well as between paths and untrampled areas. Variation observed reflects differences in the vegetation and soil pH between the forest edge and interior as well as between paths and untrampled areas [3]. Furthermore, microbial biomasses and basal respiration rates were 30-45% lower at the first 20 m into the forest fragments (Fig. 1A, B), possibly because of low moisture content of humus near the edge. Soil water is of fundamental importance for biological activity as soil bacteria and protozoa require an aqueous environment [4].

Due to a higher pH [5, 6], paths supported approximately 25-30% higher microbial biomasses with a transition zone of at least 1 m (Fig. 1C). Basal respiration increased with distance from the path edge, but not statistically significantly so (Fig. 1D). It was highest at wear class 2 and lowest at classes 1 and 4. Thus, moderate levels of trampling increased microbial activity, which may be due to the fact that paths are usually warmer than the surroundings covered by vegetation [7]. This may increase microbial activity to a certain level, at least if soil moisture is sufficient. However, the humus layer on paths is reduced in thickness (by up to 20 cm). Thus, the volume of humus per area of forest floor is considerably lower on paths than in untrampled areas, and therefore, microbial communities on paths may contribute only minimally to the forest soil microbial activity.

In conclusion, increasing fragmentation and wear of urban forests threatens the functions of the microbial community. The existence of at least a 20 m wide forest edge zone and a 1-1.5

m wide zone of path influence (at both sides of a path) should be taken into consideration when the aim is to preserve well-functioning forest soil microbial community.

Figure 1.



Literature

[1] Ranney, J.W., Bruner, M.C. and Levenson, J.B. 1981. The importance of edge in the structure and dynamics of forest islands. Pages 67-95 in R. L. Burgess and D. M. Sharpe, editors. Forest island dynamics in man-dominated landscapes. Ecological studies 41. Springer-Verlag, New York.

[2] Murcia, C. 1995. Edge effect in fragmented forests: implication for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 10: 58-62.

[3] Malmivaara-Lämsä, M. and Fritze, H. 2003. Effects of wear and above ground forest site type characteristics on the soil microbial community structure in an urban setting. *Plant and Soil* 256: 187-203.

[4] Killham, K. 1994. Soil ecology. Cambridge University Press, Cambridge. 242 p.

[5] Frostegård, Å., Bååth, E. and Tunlid, A. 1993. Shifts in the structure of soil microbial communities in limed forest as revealed by phospholipid fatty acid analysis. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 723-730.

[6] Bååth, E., Frostegård, Å., Pennanen, T. and Fritze, H. 1995. Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood-ash fertilized, clear-cut or burned coniferous forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 27: 229-240.

[7] Liddle, M.J. 1997. Recreation ecology: the ecological impact of outdoor recreation and ecotourism. Chapman & Hall, London. 639 p.

Peltomaan laatutesti Agronetissä

On-farm soil quality test on the Agronet

Merja Myllys[1], Laura Alakukku[2], Sari Peltonen[3], Kaisa Tolonen[3], Meeri Komulainen[3] ja Ansa Palojärvi[1]

[1] MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 JOKIOINEN
[2] Helsingin yliopisto, Agroteknologian laitos, 00014 HELSINGIN YLIOPISTO
[3] ProAgria Maaseutukeskusten Liitto, 01300 VANTAA

Suomalaisen peltomaan laadun arvioimiseen on valmistunut testi. Se arvioi maan fysikaalisia, biologisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Testi koostuu pellolla tehtävistä havainnoista ja mittauksista sekä viljavuuslaboratorioissa teetetystä viljavuusanalyysistä. Testin avulla saadaan nyt ensimmäistä kertaa kokonaisvaltainen käsitys maan laadusta.

Hyvä maan laatu on viljelyn perusta. Maan laadulla tarkoitetaan maan kykyä ylläpitää omia monipuolisia toimintojaan. Hyvälaatuinen maa tuottaa hyviä satoja ja terveellistä ravintoa mahdollisimman pienin ympäristökuormituksin.

Peltomaan laatutesti keskittyy mittaamaan maan laatuun oleellisimmin vaikuttavia tekijöitä, jolloin saadaan mahdollisimman yksinkertaisesti ja luotettavasti selville maan tila. Testi on tarkoitettu peltoviljelyssä oleville kivennäis- ja multamaille.

Testi ohjeineen on saatavilla Agronetistä, www.agronet.fi > Kasvi > Peltomaan laatutesti. Testi koostuu kolmesta osasta.

1. Itsearviointiosassa viljelijä täyttää kyselylomakkeen, jossa hän arvioi testattavan lohkonsa viljely- ja maanparannustoimia ja kirjaa havaintoja maasta ja kasvustosta. Itsearviointi tarjoaa suuntaa antavan tuloksen maan ominaisuuksista.
2. Testin tärkein osa ovat kuoppahavainnot. Maahan kaivetusta noin 40 cm syvästä kuopasta tehdään ohjeiden mukaan silmä- ja sormivaraisia havaintoja maan rakenteesta, muruista, lohkeavuudesta, lierokäytävistä, juurikanavista, kasvustotähteiden hajoamisesta ja muista maan laatuun oleellisimmin vaikuttavista tekijöistä. Havainnot pisteytetään.
3. Kolmannen osan muodostavat vapaaehtoiset täydentävät mittaukset. Niissä mitataan maan vedenjohtavuus pinta- ja pohjamaasta, lierojen määrä ja maahengityksen voimakkuus.

Testin voi tehdä omatoimisesti tai ProAgrian neuvojien avulla, joilla on myös täydentävien mittausten tekoon tarvittavat erikoisvälineet.

Testissä tarkastellaan yhtä peltolohkoa kerrallaan. Sopivin ajankohta testin tekemiseen on syksyllä sadonkorjuun jälkeen ennen muokkaustoimia. Muutokset maan laadussa tapahtuvat vähitellen, joten testi kannattaa uusia samalla lohkolla aikaisintaan viiden vuoden kuluttua.

Havainnot ja mittaustulokset tallennetaan Excel-taulukkoon, jossa myös tulokset näkyvät. Testin tulokset esitetään havainnollisessa muodossa, josta yhdellä silmäyksellä käy ilmi, missä kunnossa maan laadun eri osatekijät ovat. Jos jossain on parantamisen varaa, testin toimenpidesuosituksista voi poimia omalle tilalle sopivat parannustoimet. Agronetistä löytyy myös runsaasti taustatietoja maan laadun osatekijöistä ja testin perusteista osoitteesta www.agronet.fi > Kasvi > Maan laatu ja kasvukunto.

Testi on tehty MTT:n ja ProAgrian yhteistyönä maa- ja metsätalousministeriön tuella. MTT vastaa testin sisällöstä, ja ProAgria tarjoaa koulutusta ja tukea sen tekemiseen. Testi on ehdolla uuden ympäristötukijärjestelmän lisätoimenpiteeksi.

Metsän pintamaan biologisen aktiivisuuden kehittyminen avomaalle siirron jälkeen

Maarit Niemi[1], Ilse Heiskanen[2] , Virva Uotinen[1] ja Kaisa Wallenius[3]

[1] Suomen ympäristökeskus, Luonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelma
[2] Suomen ympäristökeskus, Haitallisten aineiden ja riskinarvioinnin tutkimusohjelma
[3] Helsingin yliopisto, Soveltavan kemian ja mikrobiologian osasto

Johdanto

Metsän orgaaninen pintakerros on aktiivisen mikrobitoiminnan kohta, jossa kasviperäinen orgaaninen aines hajoaa synnyttäen maan orgaanisen aineen. Metsän ritsosfääri sisältää suuren määrän bakteereita ja sekä saprofyyttisiä että mykoritsasieniä. Mikrobien toimintaa pintamaassa, sen fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien lisäksi, säätelee lehti- ja juurikarikkeen määrä ja laatu sekä juurten eksudaatio. Vuosaaren täyttömäki päätettiin kattaa sataman ja asuinalueiden rakentamisen alta poistetulla metsän pintamaalla, jonka mukana täyttömäelle saatiin kasvien siemeniä ja juuria, maaperäeläimiä ja runsas ja monimuotoinen mikrobilajisto. Tämän eliöiden siirron avulla haluttiin nopeuttaa virkistysalueen kehittymistä monimuotoiseksi. Puuston puuttuminen ja aluksi niukka kasvillisuus muuttaa kuitenkin maan mikrobien ravinnonlähteitä. Tässä tutkimuksessa seurattiin kesän ajan kolmena perättäisenä vuonna mikrobien toimintaa ja sen muuttumista mittaamalla yhdeksän eri entsyymin aktiivisuutta samanaikaisesti.

Aineisto ja menetelmät

Havaintoalueet edustivat verrokkimetsiä (leppä ja kuusi), kahta kuusimetsän pintamaalla katettua aluetta (keski ja pohjo), leppälehdon pintamaalla katettua aluetta (lehto) ja kattamatonta lakea. Näytteet otettiin kolmelta rinnakkaisruudulta 20 osanäytteen kokoomana 5 cm pintakerroksesta. Entsyymiaktiivisuudet mitattiin Vepsäläinen ym. kuvaamalla tavalla (1 ja 2) ja laskettiin sekä tuorepainoa että maan orgaanista ainetta kohti.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Entsyymiaktiivisuudet olivat tuoreessa maassa aina suurempia verrokkimetsissä kuin katetulla mäellä, mutta selvästi näitäkin vähäisempiä kattamattomalla mäellä koko kokeen ajan (kuva 1). Muutokset kolmen vuoden kuluessa tuoretta maata kohti laskettuna olivat vähäisiä. Entsyymiaktiivisuuksien profiilit, jotka perustuivat maan orgaanista ainetta kohti laskettuihin aktiivisuuksiin, olivat kullekin havaintopaikalle ominaisia siten, että kunkin havaintopaikan eri kuukausien näytteet muodostivat oman ryhmän. Entsyymiaktiivisuuksien profiilit muuttuivat kokeen kuluessa siten, että ryhmittelyanalyysissä suurten ryhmien rakenne muuttui eli havaintopaikat ryhmittyivät keskenään eri tavoin. Entsyymiaktiivisuudet kasvoivat kokeen kuluessa lehdon pintamaalla katetun alueen orgaanisessa aineessa (kuva 2). Tälle alueelle kehittyi runsas kasvillisuus. Entsyymiaktiivisuudet kasvoivat toisella kuusimetsän pintamaalla katetulla alueella, mutta eivät toisella. Näiden paikkojen kasvillisuuden kehittymisessä havaittiin eroja, mikä selittää erot entsyymiaktiivisuuksissa. Keski-alueen pienemmät entsyymiaktiivisuudet voivat selittyä vähäisemmällä kasvipeitteellä tai sen sisältämällä suuremmalla määrällä kasviperäistä humukseksi muuttumatonta ainetta.

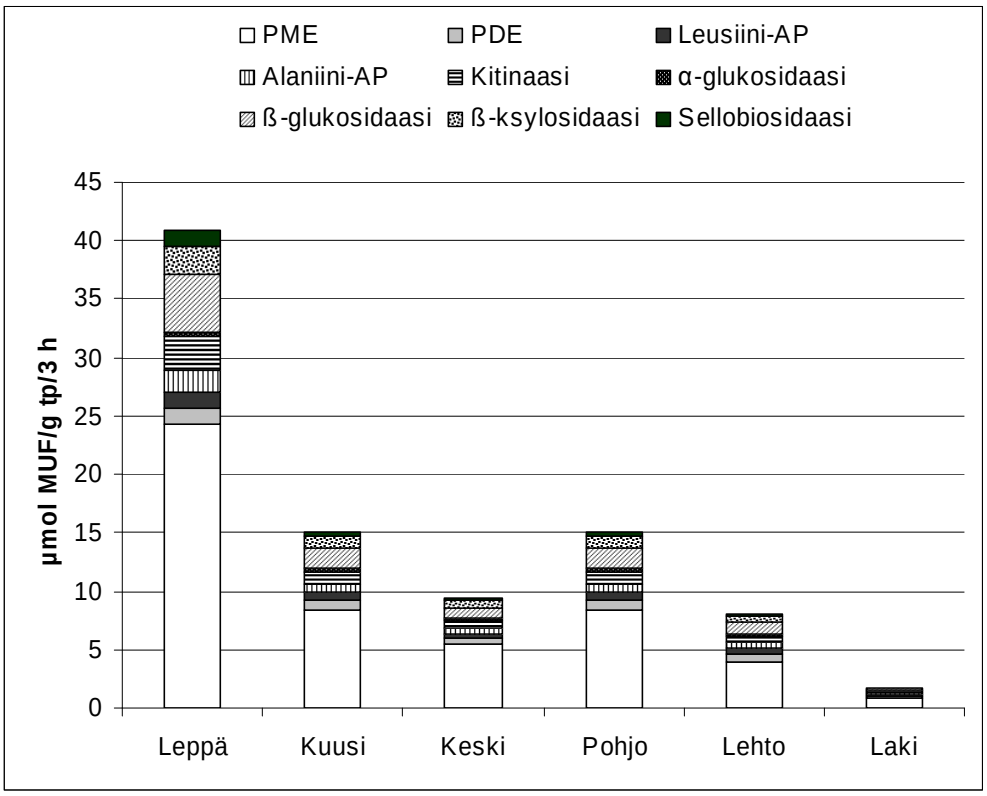
Johtopäätöksenä voidaan todeta, että maan orgaaninen jae oli tärkein entsyymiaktiivisuuksiin vaikuttava tekijä, mutta sen laatu vaikutti sekä entsyymiaktiivisuuksien tasoon että profiiliin. Siirretyssä maassa entsyymiaktiivisuudet muuttuivat vain vähän kolmen vuoden kuluessa. Kasvillisuuden suksessio voi kuitenkin myöhemmin muuttaa maan entsyymiaktiivisuuksia.

Kiitokset Tutkimus toteutettiin Helsingin kaupungin Rakennusviraston ja Satamalaitoksen tilaustutkimuksena Suomen ympäristökeskuksessa Hakuninmaalla. Tekijät kiittävät yhteistyökumppaneita näissä laitoksissa.

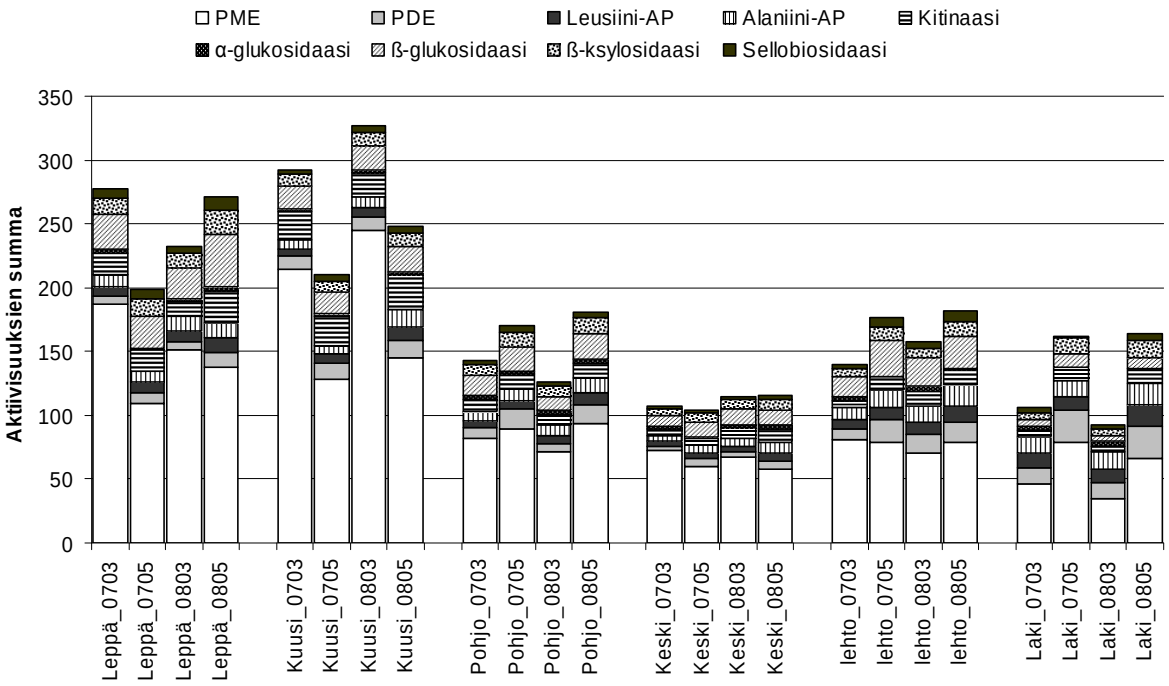
Kirjallisuus

Vepsäläinen, M., S. Kukkonen, M. Vestberg, H. Sirviö and *R. M. Niemi* 2001. Application of soil enzyme activity test kit in a field experiment. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 1665-1672.

M. Vepsäläinen, K. Wallenius, S. Simpanen, L. Pietola, L. Alakukku and R. M. Niemi. 2005. Temporal and soil-depth related variation in soil enzyme activities and in root growth of red clover (*Trifolium pratense*) and timothy (*Phleum pratense*) at different soil depths in the field. *Applied Soil Biology* 30: 113-125.



Kuva 1. Tuoretta maata kohti lasketut entsyymiaktiivisuuksien mediaanit huhti-lokakuun näytteissä vuosina 2003 -2005.



Kuva 2. Entsyymiaktiivisuudet maan orgaanisessa jakeessa eri havaintopaikoilla kesä- ja elokuussa 2003 ja 2005.

Peltomaiden tilan seuranta – nykytila ja kehitystarpeet

Arable soil monitoring in Finland – present state and development needs

Visa Nuutinen[1], Ritva Mäkelä-Kurtto[1], Anja Yli-Viikari[2], Sirpa Suonpää[3] ja Taina Lilja[2]

[1] MTT, Maaperä luonnonvarana, E-talo, 31600 Jokioinen
[2] MTT, Maaseutupolitiikka, L-talo, 31600 Jokioinen
[3] MTT, Tietopalvelut, M-talo, 31600 Jokioinen
etunimi.sukunimi@mtt.fi

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT) on seurannut peltomaiden tilaa vuodesta 1974 alkaen noin kymmenen vuoden välein tehdyllä näytteenotolla [1, 2, 3, 4]. Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa alueellisesti kattavaa tietoa viljelymaiden ominaisuuksien muutoksista peltojen kasvukunnon seuraamiseksi sekä ympäristö- ja terveysriskien hallitsemiseksi.

Seurannassa mukana olevasta runsaasta 700 näytepisteestä, jotka sijaitsevat viljelijöiden pelloilla koko maan viljelyalueen kattaen, on kerätty maanäytteet vuosina 1974, 1987 ja 1998. Maanäytteet on otettu muokkauskerroksesta neljänä osanäytteenä aarin alalta ja niistä on määritetty maalaji, tiettyjä maaperän yleisiä ominaisuuksia, uuttuvat pää- ja hivenravinteet sekä uuttuvat raskasmetallit. Kasvinäytteeksi on otettu timoteita, mikäli sitä on kasvanut kyseisellä pellolla ja näytteistä on analysoitu samat alkuaineet kuin maasta. Analyysimenetelmät ovat olleet samat kuin kansallisessa viljavuustutkimuksessa sekä maapallonlaajuisessa viljelymaiden tilaa koskevassa FAO:n selvityksessä. Analyysituloksille on näin ollen olemassa sekä maataloudellinen että ympäristöllinen tulkinta ja tulokset ovat kansainvälisesti vertailukelpoisia.

Tulosten perusteella arvioidaan peltojen viljavuuden ja puhtauden sekä peltokasvien laadun kehityssuuntia valtakunnallisesti, alueellisesti ja eri maalajeilla. Tuloksia hyödynnetään maataloudellisten ja ympäristöllisten toimenpiteiden vaikuttavuuden seurannassa esimerkiksi Maa- ja metsätalousministeriön uusiutuvien luonnonvarojen kestävän käytön mittaristossa. Tutkimuksen tuottama kronologinen maanäytepankki mahdollistaa uusien aineiden tai ominaisuuksien analysoimisen vanhoista näytteistä tai uusinta-analyysien suorittamisen mittausmenetelmien muuttuessa.

MTT:ssa on parhaillaan käynnissä kolmivuotinen (2004-2006) viljelymaan seurantaa koskeva kehityshanke. Siinä kartoitetaan viljelymaan tilan seurantaan kohdistuvia kansallisia ja kansainvälisiä kehitystarpeita, erityisesti silmällä pitäen EU:n odotettavissa olevan maaperänsuojelun puitedirektiivin seurannalle asettamia haasteita. Hankkeen tavoitteena on esitys kysyntälähtöisestä, eri tiedon tarvitsijoiden tarpeet mahdollisimman hyvin täyttävästä toimintamallista.

Kirjallisuus

[1] Sippola, J. and Tares, T. 1978. The soluble content of mineral elements in cultivated Finnish soils. In: Mineral elements in Finnish crops and cultivated soils. *Acta agriculturae Scandinavica. Supplementum* 20: 11-25.
[2] Erviö, R., Mäkelä-Kurtto, R. and Sippola, J. 1990. Chemical characteristics of Finnish agricultural soils in 1974 and in 1987. Teoksessa: Kauppi, P. ym. (toim.). *Acidification in Finland*. Berlin: Springer-Verlag. s. 217-234. ISBN 3-540-52213-1.
[3] Mäkelä-Kurtto, R. and Sippola, J. 2002. Monitoring of Finnish arable land: changes in soil quality between 1987 and 1998. *Agricultural and food science in Finland* 11 (4): 273-284.
[4] http://www.mtt.fi/tutkimus/kasvit/peltojentila/maa1.html

Raskasmetallit ja gammasäteilijät suomalaisissa viljelymaissa

Heavy metals and gamma-emitting nuclides in cultivated soils in Finland

Tommi Peltovuori[1] ja Kari Ylivainio[2]

[1] Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Maaperä ja kasvinravitsemus, E-talo, 31600 Jokioinen

Johdanto

Fosforilannoitteet sisältävät niiden raaka-aineista ja valmistusprosesseista riippuen vaihtelevan määrän ympäristölle haitallisia raskasmetalleja ja radioaktiivisia aineita. Yleisiä raskasmetalleja apatiittimineraaleissa ovat muun muassa kadmium, kromi, lyijy, vanadiini, elohopea, nikkeli (sekä strontium ja arseeni); radioaktiivisista aineista uraani, radium ja torium [2]. Näistä eniten huomiota on kiinnitetty kadmiumiin sen suuren toksisuuden ja liikkuvuuden vuoksi. Myös Suomessa kadmiumin kulkeutumista lannoitteista maataloustuotteisiin on tutkittu kattavasti [4] siitä huolimatta, että lannoitteidemme kadmiumpitoisuudet ovat nykyään kansainvälisesti ottaen huomattavan pieniä.

Lannoitteista viljelymaihimme tulevaa radioaktiivisuutta pidetään pienenä maan luontaiseen aktiivisuuteen verrattuna [3]. Viljelymaiden radioaktiivisuutta ei ole kovin paljoa tutkittu, mutta esimerkiksi Geologian tutkimuskeskuksen tekemissä geofysikaalisissa lentomittauskartoituksissa maan gammasäteilyssä esiintyy spatiaalista vaihtelua, jota maankäyttömuoto näyttäisi jonkin verran selittävän. Fosforilannoitteiden epäpuhtauksien lisäksi ilmiön taustalla voi olla esimerkiksi lannoituksen aiheuttama kalium-40-isotoopin pitoisuuksien kasvu pelloissa ympäröiviin metsämaihin verrattuna tai kaliumpitoisuuden luontainen vaihtelu maassa. Kalium-40 on pitkäikäinen luontaisesti ympäristössämme esiintyvä radioaktiivinen aine, joka aiheuttaa suuren osan kokonaissäteilyrasituksestamme.

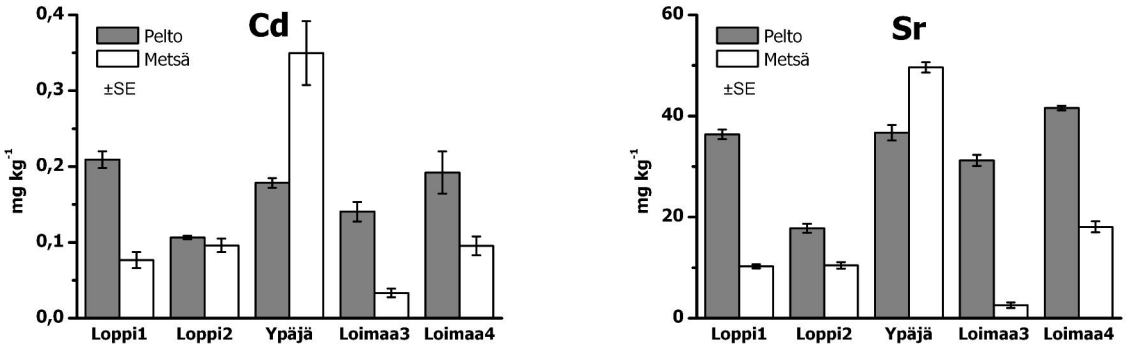
Aineisto ja menetelmät

Pyrimme selvittämään lannoitushistorian vaikutusta maan raskasmetallipitoisuuksiin ja radioaktiivisuuteen vertaamalla viljelymaiden muokkauskerroksesta otettuja maanäytteitä lähistöltä otettuihin viljelemättömien alueiden maanäytteisiin. Näytteenottopaikat valittiin kahden peruskarttalehden (Loppi 2042 09 ja Loimaa 2111 10) alueelta siten, että kussakin näytteenottoparissa (pelto ja metsä) maalaji on maaperäkartan tietojen mukaan samankaltainen, mutta vertailtavien kohteiden gammasäteilyssä on lentokartoitustietojen mukaan eroa. Kaikkiaan tutkittiin viisi kohdetta, joista kultakin kahdeksan maanäytettä. Maiden raskasmetallipitoisuudet määritettiin typpihappouutolla mikroaaltouunissa (EPA Method 3051 [1] ja gammaspektrit germanium-puolijohdeilmaisimella. Lisäksi maiden lannoitushistoriaa kuvattiin määrittämällä maista viljavuusfosfori.

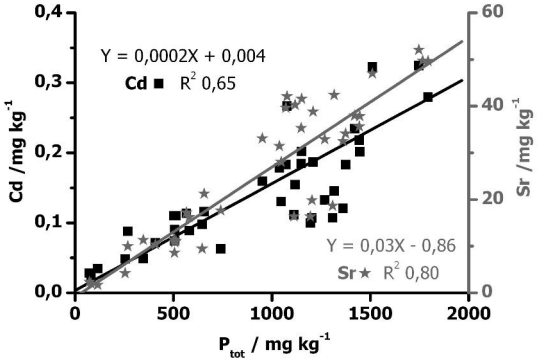
Tulokset

Gammaspektrimittauksissa maista tunnistettiin yhdeksän radioaktiivista isotooppia: kalium-40, cesium-137 sekä joukko luonnollisten hajoamissarjojen jäseniä. Maiden emittoimasta gammasäteilystä valtaosa on peräisin kalium-40-isotoopista, jonka aktiivisuus näytteissä vaihteli välillä 660–1450 Bq kg^{-1}. Maiden väliset erot kalium-40-aktiivisuudessa selittynevät luontaisilla eroilla lajite- ja mineraalikoostumuksessa. Myös näytteiden välillä havaitut pienet erot toriumin, aktiniumin ja uraanin luonnollisten hajoamissarjojen aiheuttamassa säteilyssä johtunevat pääasiassa luontaisesta vaihtelusta eikä lannoitushistoriasta.

Lannoituksen vaikutukset näkyivät viljelymaiden selvästi metsämaita suurempina fosforipitoisuuksina. Viljelymaiden kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat välillä 950-1790 mg kg^{-1}, kun pitoisuudet metsämaissa olivat alle 650 mg kg^{-1}. Viljavuusfosforituloksissa ero oli vieläkin selvempi. Tästä huolimatta maiden kromi-, lyijy-, vanadiini-, nikkeli- ja arseenimittauksissa ei havaittu merkkejä siitä, että lannoitus olisi merkittävästi kasvattanut aineiden pitoisuuksia viljellyissä maissa. Sen sijaan viljelymaiden kadmiumpitoisuudet olivat yhtä vertailuparia lukuun ottamatta ja strontiumpitoisuudet kaikissa vertailupareissa merkitsevästi suurempia kuin vertailukohtana olleissa metsämaissa (Kuva 1). Lisäksi happohajotuksella maista määritetyt kadmium- (r^2 0,65) ja strontiumpitoisuudet (r^2 0,80) korreloivat melko voimakkaasti maan kokonaisfosforipitoisuuksien kanssa (Kuva 2). Tulosten perusteella näyttää siltä, että tutkituilla mailla käytettyjen fosforilannoitteiden mahdollisesti sisältämistä epäpuhtauksista vain kadmium ja strontium ovat kerääntyneet maahan.



Kuva 1. Maiden kokonaiskadmium- ja strontiumpitoisuudet. Ypäjän ’Metsä’ on viljelty orgaaninen maa.



Kuva 2. Maiden kadmium- ja strontiumpitoisuuksien riippuvuus maan kokonaisfosforipitoisuudesta.

Kirjallisuus

[1] EPA Method 3051. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils (1994). Teoksessa: *SW-846, Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods*. U.S. Environmental Protections Agency’s Office of solid Waste. 1996.

[2] Mortvedt, J.J. & Beaton, J.D. 1995. Heavy metals and radionuclide contaminants in phosphate fertilizers. Teoksessa: Tiessen, H. (toim.) *Phosphorus in global environment*. John Wiley & Sons. s. 93-105.

[3] Mustonen, R. 1985. Radioactivity of fertilizers in Finland. *Science of the Total Environment* 45: 127-134.

[4] Mäkelä-Kurtto, R., Louekari, K., Nummivuori, S., Sippola, J., Kaasalainen, M., Kuusisto, E., Virtanen, V., Salminen, R., Tarvainen, T. & Malm, J. 2003. Kadmium Suomen peltoekosysteemeissä: pitoisuuksia, taseita ja riskejä. *Maa- ja elintarviketalous* 27. 51 s.

Preliminary Results on the Effects of Transgenic *RbcS* Silver Birch (*Betula pendula* Roth*)* lines on Soil Attributes: Nitrogen Mineralization, Nitrogen in Microbial Biomass and Dissolved Nitrogen

Alustavat tulokset transgeenisen RbcS rauduskoivun (Betula pendula Roth) vaikutuksista maaperän ominaisuuksiin: typen mineralisaatio, mikrobibiomassan typpi ja liukoinen typpi

Hannamaria Potila[1], Tytti Sarjala[1], Karoliina Niemi[2], Sari Kontunen-Soppela[3], Elina Vapaavuori[3] and Hely Häggman[4]

[1] FFRI, Parkano Research Unit, Kaironiementie 54, 39700 Parkano
[2] Department of Applied Biology, University of Helsinki, P.O. Box 27, 00014 University of Helsinki
[3] FFRI, Suonenjoki Research Unit, Juntintie 154, FIN-77600 Suonenjoki
[4] Department of Biology, University of Oulu, P.O. Box 3000, 90014 University of Oulu

Introduction

Silver birch is the most important deciduous tree in Finland and it has been proposed that climatic change will benefit the species. In this study, our general aim has been to study carbon metabolism and to test the hypothesis if the potentially higher N use efficiency of the transgenic birches would be counterbalanced by slower growth rate in the early stages of growth. The specific focus in the present work was to study the nitrogen related attributes in the soil of the field experiment established by transgenic *RbcS* silver birch lines.

Material and methods

Genetically modified silver birch lines with ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) small subunit gene (*RbcS*) in sense orientation and the selectable marker gene, neomycin phosphotransferase (*nptII*), both under the cauliflower mosaic virus (CAMV) 35S promoter, were produced by particle bombardment according to Valjakka et al. [1]. The produced independent transgenic lines E5, E12 and E25 represented the silver birch plus tree E5396 and the genetic lines R3.2 and R7.2 represented the clone R (a progeny from the cross between the plus trees V5402 and V5411). Field experiment with *RbcS* silver birch lines was established in the Punkaharju (61˚48´ N; 29˚17´ E) research area in 2000. The experimental area was 0.22 ha and it consisted of 24 experimental plots arranged in four blocks. In each plot the five transgenic lines R3.2, R7.2 and E5, E12 and E25 as well as their controls R and E5396, respectively, were represented by two individuals. Within each plot the design was random. The soil analyses were performed in June 2004 immediately after the field experiment had been destroyed by the activists.

Two soil cores from 0-5 cm soil layer were taken with an auger (5 x 5 cm) from 15 cm distance from each birch stem, and bulked to give one composite sample. Net N transformation was measured in the laboratory by inserting soil samples in plastic cylinders [2] and incubating at +15 °C for 28 days in darkness. Extractable NH_4^+ and NO_3^- and total dissolved nitrogen (TDN) were determined before and after the incubation period. Net ammonification and nitrification were calculated by subtracting the initial NH_4^+ and NO_3^- concentrations from the final NH_4^+ and NO_3^- concentrations after incubation period. Total dissolved N, NH_4^+ and NO_3^- in the extracts were analysed by flow injection analysis (FIA Star 5020, Tecator). Dissolved organic N (DON) in the extracts was obtained by deducting the

NH_4^+-N and NO_3^- -N concentration from TDN. Microbial N (Nmic) was determined from fresh soil samples with the fumigation-extraction method [3].

Results and Discussion

Comparison of the lines within the clones revealed no differences in soil NH_4^+, NO_3^-, DON, net N mineralisation or Nmic in R or E clones. The only significant difference was found in soil pH between R/control and R /3.2.

References

[1] Valjakka, M., Aronen, T., Kangasjärvi, J., Vapaavuori, E. and Häggman, H. 2000. Genetic transformation of silver birch (*Betula pendula* Roth) by particle bombardment. *Tree Physiology* 20: 607-613.

[2] Potila, H. and Sarjala, T. 2004. Seasonal fluctuation in microbial biomass and activity along a natural nitrogen gradient in a drained peatland. *Soil Biology and Biochemistry* 36:1047-1055.

[3] Brookes, P. C., Landman, A., Pruden, G. and Jenkinson, D. S. 1985. Chloroform fumigation and release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 17, 837-842.

ISSN 1457-263X
ISBN 952-10-3536-6 (nid.)
ISBN 952-10-3537-4 (PDF)

Helsinki 2006