

Pro Terra

No. 75 / 2019

IHMISKUNTA TARVITSEE MAAPERÄTIETEITÄ

X Maaperätieteiden päivien abstraktit

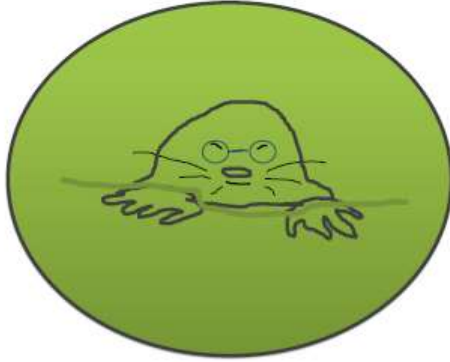
Noora Manninen
Taina Pennanen
Katri Rankinen
Tapio Salo
Jussi Heinonsalo
Helena Soinne
(toim.)

SUOMEN MAAPERÄTIETEIDEN SEURA

HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUSTIETEIDEN OSASTO

Pro Terra

No. 75 / 2019



X Maaperätieteiden päivien abstraktit

Toimittajat

Noora Manninen, Taina Pennanen, Katri Rankinen, Tapio Salo, Jussi Heinonsalo, ja Helena Soinne

SUOMEN MAAPERÄTIETEIDEN SEURA
HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUSTIETEIDEN OSASTO

Helsinki, 2019

SISÄLLYSLUETTELO

Esitelmät

sivu

Metsäpalojen pitkän aikavälin vaikutukset ikirouta-alueen arktisten ja sub-arktisten metsien hiili- ja typpivarastoihin sekä hiilen ja typen kiertoon (ARCTICFIRE)

Jukka Pumpanen, Egle Köster, Kajar Köster, Heidi Aaltonen, Xuan Zhou, Huizhong Zhang-Turpeinen, Jussi Heinonsalo, Marjo Palviainen, Hui Sun, Christina Biasi, Viktor Bruckman, Anatoly Prokushkin ja Frank Berninger 9

Peltojen kipsikäsittelyn vaikutus maahan ja kasvustoon

Petri Ekholm, Markku Yli-Halla, Eliisa Punttila, Markku Ollikainen ja Jouni Helske 10

Soils, livestock production and antimicrobial resistance

Johanna Muurinen, Marko Virta ja Timothy Johnson 12

Sessio I: Toimiva maa, kestävä kasvin- ja biomassantuotanto

Pajubiohiilen mikrometrikokoluokan huokosrakenne – vaikutus savimaan vedenpidätys-ominaisuuksiin

Kimmo Rasa, Jaakko Heikkinen, Sampo Kulju, Markus Hannula ja Jari Hyväluoma 14

Kestävä viljely ylläpitää peltomaan mikrobiologisia ja fysikaalisia laatuominaisuuksia

Ansa Palojärvi, Elise Ketoja ja Laura Alakukku 16

Maan kasvukunnon hoitoa viljelijöiden ja tutkimuksen yhteistyöllä

Tuomas J. Mattila ja Jukka Rajala 17

Conservation agriculture can increase carbon stock in Finnish soils: Model results

Elena Valkama, Ansa Palojärvi, Laura Alakukku ja Marco Acutis 19

The origin of soil organic matter controls its composition and bioreactivity across a mesic boreal forest latitudinal gradient.

Lukas Kohl, Michael Philben, Kate A. Edwards, Frances A. Podrebarac, Jamie Warren ja Susan E. Ziegler 21

Energiapuun korjuun vaikutukset lahoavan puuaineksen sieniyhteisöihin

Oili Tarvainen, Karita Saravesi, Taina Pennanen, Anna-Mari Markkola ja Hannu Fritze 22

Sessio II: Maaperän ja vesistöjen sekä maaperän ja ilmakehän vuorovaikutukset

Mistä maahan jäävä lannoitefosfori löytyy? Markku Yli-Halla, Ignacio González Rodríguez, Risto Uusitalo ja Antti Jaakkola	24
Turvepeltojen säätösalaajitus Merja Mylly, Kristiina Regina ja Jaakko Heikkinen	26
Kuusen, männyn ja koivun hakkuutähteen korjuun vaikutus typen häviöihin avohakkuun jälkeen Tiina Törmänen, Veikko Kitunen, Antti-Jussi Lindroos, Juha Heikkinen ja Aino Smolander	27
Maanmuokkauksen vaikutus vesitalouteen ja ravinteiden huuhtoumiseen Raimo Sutinen ja Pekka Hänninen	28
Ilmaston ja maankäytön muutosten vaikutukset jokivesien laatuun Suomessa Katri Rankinen, José Enrique Cano Bernal ja Pirkko Kortelainen	30
Boreaalisen rahkasuon vesi- ja ruoppapinnoilta kuplimalla vapautuvat metaanipäästöt Elisa Männistö, Aino Korrensalo, Pavel Alekseychik, Ivan Mammarella, Olli Peltola, Timo Vesala ja Eeva-Stiina Tuittila	31
Nitrous acid (HONO) emission from Northern agricultural soil Hem Raj Bhattarai, Perttu Virkajärvi, Pasi Yli-Pirilä ja Marja Maljanen	33

Sessio III: Maaperän uhat, saastuminen ja indikaattorit

Hiili ja ravinteet järvestä metsämaahan – tekopohjaveden muodostamisen biogeokemialliset hyödyt ja haitat? Heljä-Sisko Helmisaari, Lilli Kaarakka, Leila Korpela, Antti-Jussi Lindroos, Tiina Nieminen, Pekka Nöjd ja Aino Smolander	35
Biohiilen, kompostin ja kuitusaven käyttäminen osana kaivannaisjätteiden peittoratkaisuja Juha Heiskanen ja Marleena Hagner	37
Mikromuovit maaperässä – synteettisten kuitujen kulkeutuminen ja vaikutukset maaperäeläimiin Salla Selonen, Lidia Parramon Dolcet, Anita Jemec Kokalj, Andraž Dolar, Raisa Turja ja Cornelis A.M. van Gestel	39
GlyFos II -hankkeen esittely Jaana Uusi-Kämpä	41

Maanäytteet GlyFos II -hankkeeseen Heikki Jalli ja Ari Eskola	43
Glyfosaatin ja AMPAn pitoisuuksia viljelijöiden peltomaassa Jaana Uusi-Kämppä, Sari Rämö ja Heikki Jalli	45
Glyfosaatin simuloitu käyttäytyminen suomalaisilla pelloilla Katri Siimes, Sari Rämö, Jaana Uusi-Kämppä ja Heikki Jalli	47
Glyfosaatti metsätaimitarhamaassa Marja Poteri, Katri Siimes, Sari Rämö ja Jaana Uusi-Kämppä	48
Glyfosaatin vaikutus lieroihin korjuunjälkeistä viljapeltoa jäljittelevässä kasvihuonekokeessa Marleena Hagner, Visa Nuutinen, Heikki Jalli, Lauri Jauhiainen, Sari Rämö, Ilkka Sarikka ja Jaana Uusi-Kämppä	50
Glyfosaatti pintavesissä Katri Siimes, Pia Högmander, Anri Aallonen, Ville Junttila, Emmi Vähä ja Heidi Ahkola	51

Salamapuheet

sivu

Soil organic matter and productivity of agricultural soils Helena Soinne, Riikka Keskinen, Mari Rätty, Sanna Kanerva, Visa Nuutinen, Eila Turtola ja Tapio Salo	53
Optimizing crop rotation cycles that support natural mycorrhization of onion Sannakajsa Velmala, Hannu Fritze, Aku Pakarinen, Pirjo Kivijärvi, Terhi Suojala-Ahlfors, Taina Pennanen, Tuija Hytönen ja Juha-Matti Pitkänen	54
Ilmentävätkö isäntäkasvien lehtien d 15 N arvot typpilaskeuman aiheuttamia sienijuurisienten runsauden ja toiminnan muutoksia? Tuula Larmola, Heikki Kiheri, Jill L. Bubier, Netty van Dijk, Nancy Dise, Erik A. Hobbie, Tim R. Moore, Taina Pennanen ja Sari Timonen	55
Toistuvan kasvukauden aikaisen tulvan vaikutuksia männyn taimien kasvuun ja kuntoon turvemaalla Timo Domisch, Jian Qi, Tarja Lehto, Sirpa Piirainen, Leena Finér ja Tapani Repo	56
Podsol-maannokset ja niiden kehittyminen suhteessa maannostumistekijöihin Tiina Törmänen, Antti-Jussi Lindroos, Hannu Ilvesniemi ja Mike Starr	57
Hieskoivikoista hiilinieluja suonpohjille? Lasse Aro, Jyrki Hytönen ja Paula Jylhä	59
Lämmityksen vaikutus boreaalisen sarasuon CO₂ vaihtoon märissä ja kuivissa olosuhteissa A.M. Laine, P. Mäkiranta, R. Laiho, L. Mehtätalo, T. Penttilä, A. Korrensalo, K. Minkkinen, H. Fritze, E.-S. Tuittila	61

Toiselle sadolle annetun ammoniumsulfaattilannoitteen vaikutus nurmikasvuston ravinteiden ottoon ja sadon ravinnepitoisuuksiin Petri Kapuinen ja Oiva Niemeläinen	63
Broilerinlanta orgaanisten lannoitevalmisteiden raaka-aineena Minna Sarvi, Riikka Keskinen, Marleena Hagner, Tapio Salo, Kari Ylivainio, Risto Uusitalo, Terhi Suojala-Ahlfors, Hannamaija Fontell, Tuomas Pelto-Huikko ja Kimmo Rasa	65
Jätelietteestä ja puutuhkasta uutta puhtia metsänkasvuun – RAKIKY hankkeen esittely Sirpa Piirainen	67
Biotestit puhdistamolietteen lannoitekäytön turvallisuuden arviointiin Katri Senilä, Salla Selonen, Markus Sillanpää, Matti Leppänen ja Jarkko Akkanen	68
Happaman sulfaattimaan tunnistaminen inkubaatiomenetelmällä metsäkohteilla Tiina Maileena Nieminen ja Marita Turunen	69
Biohiilen hyödyntäminen kaivannaisjätteiden peittomateriaaleissa ja viherrakentamisessa – Biopeitto Kari Mäkitalo, Marleena Hagner, Anna Tornivaara ja Raija Pietilä	71
Legionellabakteerin esiintyminen kiertotaloustuotteissa Liisa Maunuksela, Titta Berlin, Jaana Kusnetsov, Pia Räsänen ja Piia Airaksinen	73

Posterit

sivu

- 1. Orgaanisten maanparannusaineiden pysyvyys maaperässä**
Jaakko Heikkinen, Leena Seppänen, Sari Luostarinen, Elise Ketoja, Kristiina Regina 74
- 2. Orgaanisten maanparannusaineiden vaikutus kauran juuristoon ja maan mikrobiologiaan**
Karoliina Huusko, Anna-Reetta Salonen, Outi-Maaria Sietiö, Kenneth Peltokangas, Subin Kalu, Kristiina Karhu, Jari Liski, ja Jussi Heinonsalo 75
- 3. Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi syksystä seuraavalle kasvukaudelle: PELTOKUITU-hankkeen esittely**
Petri Kapuinen, Risto Korpinen, Oiva Niemeläinen ja Ansa Palojärvi 77
- 4. Temperature affected the formation of arbuscular mycorrhizas and ectomycorrhizas in Populus angustifolia more than a mild drought**
Jouni Kilpeläinen, Pedro J. Aphalo & Tarja Lehto 78
- 5. Kihokin viljely – kestävää ojitettujen heikkotuottoisten turvemaiden kosteikkoviljelyä**
Leila Korpela, Niko Silvan, Jenni Tienaho, Emmi Poikulainen, Tytti Sarjala 79

6. **Muutokset metsämaan hiilen määrässä ajanjaksolla 1995 – 2016 metsien intensiivisen seurannan aloilla eri puolilla Suomea**
Antti-Jussi Lindroos ja Päivi Merilä 81
7. **Fosforin käyttökelpoisuuden parantaminen ja päästöjen vähentäminen maan kasvukuntoa kehittämällä?**
Tuomas J. Mattila ja Jukka Rajala 82
8. **Vertailumittaus maanparannusaineiden laadun arvioinnista**
Liisa Maunuksela, Aija Pelkonen, Katarina Björklöf, Mirja Kartio ja Mirja Leivuori 84
9. **Biohiilen ja kompostin käyttömahdollisuudet kaivosjätealueiden peittoratkaisujen kasvukerroksessa**
Kari Mäkitalo, Hanna Ruhanen, Kari Tiilikkala, Rainer Peltola, Marja Uusitalo, Juha Heiskanen, Kimmo Rasa, Aarno Niva, Kuisma Ranta, Jari Hietanen ja Marleena Hagner 85
10. **Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA)**
Sami Ovaska, Eero Liski, Helena Äijö Olle Häggblom, Maija Paasonen-Kivekäs 87
11. **Pitkäaikaisen typpi- ja rikkilannoituksen ja lämmityksen vaikutus kanervakasvien sienijuurisiin**
Anne Palomäki, Heikki Kiheri, Sari Timonen, Mats Nilsson, Tuula Larmola 89
12. **Metsäluonnon monimuotoisuuden suojeleminen ja hiilen sitominen muuttuvassa ympäristössä (IBC-CARBON)**
Martin Forsius, Irina Bergström, Annikki Mäkelä, Risto Heikkinen, Katri Rankinen, Maria Holmberg, Timo Kumpula, Anna-Kaisa Kosenius, Atte Moilanen, Saija Kuusela 90
13. **Mikrobien aiheuttama solunulkoisen Fentonin reaktio liuenneen orgaanisen aineen hajottajana metsämaassa?**
Anssi V. Vähätalo, YiHua Xiao ja Marja-Terttu Näsi 91
14. ***In situ* distribution coefficients, K_d values in lake sediments from selected lakes in southwestern Finland**
Anne-Maj Lahdenperä 93
15. **Production of nitrous acid (HONO) and emission sources in soil**
Maarit Liimatainen, Hem Raj Bhattarai, Hannu Nykänen, Jussi Ronkainen, Pertti J. Martikainen ja Marja Maljanen 95
16. **Challenges in measuring GHG emissions from a horse paddock**
Marja Maljanen ja Emilia Marttila 97
17. **Viljelykäytössä olevan savimaan dityppioksidipäästöjen estimoiminen Boundary line-mallin avulla**
Minna Mäkelä ja Asko Simojoki 99
18. **Tuotantosuunnan muutoksen vaikutus savipelloilta tulevaan kuormitukseen**
Jyrki Nurminen, Maija Paasonen-Kivekäs ja Helena Äijö 101

19. **Maanparannusaineiden vaikutus maan vedenpidätysominaisuuksiin ja kasvihuonekaasupäästöjen kosteusvasteeseen**
Kenneth Peltokangas, Jimi Havisalmi, Liisa Kulmala, Jussi Heinonsalo, Kristiina Karhu, Jari Liski ja Mari Pihlatie 103
20. **The effect of soil amendments on the greenhouse gas emissions and soil microbial community composition in cultivated peatlands**
Jussi Ronkainen, Maarit Liimatainen, Henri Siljanen, Marja Maljanen 105
21. **How do softwood biochars affect the microbial communities and greenhouse gas emissions from agricultural soils in southern Finland?**
Jure Zrim, Asko Simojoki, Petri Penttinen, Kristiina Karhu, Priit Tammeorg 107
22. **Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa (VesiHave)**
Helena Äijö, Merja Myllys, Harri Koivusalo, Maija Paasonen-Kivekäs, Markus Sikkilä, Heidi Salo, Jyrki Nurminen, Olle Häggblom 109
23. **Nano-sinkin, nano-erbiumin ja nano-dysprosiumin vaikutus kantasienten haitallisten aromaattisten yhdisteiden biohajotukseen**
Mika Kähkönen ja Kristiina Hilden 111
24. **Strontiumin biogeokemiallinen kierto Olkiluodon saarella – meri- ja rapautumisvaikutuksen arviointi**
Antti-Jussi Lindroos ja Lasse Aro 113
25. **Legionellabakteerin esiintyminen kiertotaloustuotteissa**
Liisa Maunuksela, Titta Berlin, Jaana Kusnetsov, Pia Räsänen, Piia Airaksinen 115
26. **Nanofibrilloitu selluloosa resurssiviisaassa kaivosvesien käsittelyssä**
Salla Venäläinen ja Helinä Hartikainen 116

Metsäpalojen pitkän aikavälin vaikutukset ikirouta-alueen arktisten ja sub-arktisten metsien hiili- ja typpivarastoihin sekä hiilen ja typen kiertoon (ARCTICFIRE)

Jukka Pumpanen¹, Egle Köster², Kajar Köster², Heidi Aaltonen²Xuan Zhou², Huizhong Zhang-Turpeinen¹, Jussi Heinonsalo², Marjo Palviainen², Hui Sun³, Christina Biasi¹, Viktor Bruckman⁴, Anatoly Prokushkin⁵ ja Frank Berninger²

¹ Itä-Suomen yliopisto

² Helsingin yliopisto

³ Nanjing Forestry University

⁴ Austrian Academy of Sciences (ÖAW)

⁵ V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences

Abstrakti

Borealiset metsät, jotka sijaitsevat suurelta osin ikirouta-alueilla ovat tärkeä osa maapallon ilmastojärjestelmää ikiroudan maaperän sisältämän suuren hiilimäärän vuoksi. Jo pieni muutos tässä hiilivarastossa saattaa muuttaa nämä alueet hiilinieluista hiilen lähteiksi, mikä voi nostaa ilmakehän hiilidioksidin- ja metaanipitoisuutta. Noin 1% borealisista metsistä palaa vuosittain, mikä vaikuttaa ikiroudan sulamiseen. Ikiroudan sulaminen lisää sen päällä olevan biologisesti aktiivisen kerroksen syvyyttä, mikä altistaa maaperään sitoutuneen orgaanisen aineksen mikrobien hajotukselle.

Lämpötilan lisäksi maaperän orgaanisen aineksen hajoaminen riippuu sen kemiallisesta koostumuksesta, johon metsäpalot myös vaikuttavat. Osa maaperän orgaanisesta aineesta muuttuu tulipalon seurauksena pyrogeeniseksi yhdisteiksi, jotka ovat heikosti hajoavia. Tutkimme ARCTICFIRE-projektissa metsäpalojen vaikutusta maaperän kasviuonekaasuvirtoihin (CO₂, CH₄ ja N₂O) Pohjois-Kanadassa ja Siperiassa eri ikäisillä metsäpaloalueilla kannettavien kammioiden avulla. Maaperän orgaanisen aineen helposti hajoavien ja hajoamattomien fraktioiden määrä määritettiin uuttamalla maata vedellä, etanolilla ja rikkihapolla. Tutkimme näiden fraktioiden sekä orgaanisen aineksen sisältämien ¹³C- ja ¹⁵N-isotooppien määrällisiä muutoksia ja kemiallisen laadun muutoksia FTIR-tekniikalla eri ikäisistä metsistä kerätyistä maanäytteistä. Tutkimme myös mikrobiyhteisössä metsäpalon jälkeen tapahtuvia muutoksia pyrosekvensoinnin avulla.

Ikiroudan päällä sijaitsevien metsien maaperä toimii hiilidioksidin lähteenä ja metaanin nieluna, ja tärkein kasviuonekaasuvirtoihin vaikuttava tekijä oli metsäpalosta kulunut aika. Hiilidioksidipäästöt olivat pienimmät nuorimmassa metsässä ja lisääntyivät metsän iän kasvaessa. Metaanin sidonta maaperään oli suurinta vasta palaneessa metsässä. Tuloksemme osoittavat, että metsäpalot vaikuttavat maaperän ja ilmakehän välisiin kaasuvirtoihin pitkän ajan, ja vaikutukset olivat havaittavissa vielä yli 50 vuoden ajan palon jälkeen. Metsäpalon vaikutus maan orgaanisen aineksen laatuun ulottui pääasiassa maan pintakerrokseen. Tuli heikensi orgaanisen aineksen mikrobiologista hajotettavuutta, ja helposti hajoavan fraktion määrä pieneni palossa. Metsän sukkession edetessä fraktioiden suhteelliset osuudet palaavat paloa edeltävälle tasolle.

Peltojen kipsikäsitteilyn vaikutus maahan ja kasvustoon

Soil and vegetation effects of gypsum treatment of agricultural fields

Petri Ekholm¹, Markku Yli-Halla², Eliisa Punttila², Markku Ollikainen², Jouni Helske³

¹ Suomen ympäristökeskus, Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki

² Helsingin yliopisto, Pl 27,00014 Helsingin yliopisto

³ Linköping University, 58183 Linköping

Tausta

Peltojen kipsikäsitteily on osoittautunut toimivaksi vesiensuojelumenetelmäksi [1, 2], sillä se on nopeavaikutteinen ja kustannustehokas. Menetelmä soveltuu laajoille peltoalueille, ja se on mahdollista toteuttaa muiden maanviljelystoimien lomassa. Toistaiseksi tehdyissä piloteissa kipsiä ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) on levitetty 4000 kiloa hehtaarille. Kipsi liukenee märässä maassa nopeasti kalsium- ja sulfaatti-ioneiksi, mikä nostaa maanesteen ionivahvuutta. Kipsin kalsium voi sitoutua maan kationinvaihtopaikoille syrjäyttäen niiltä etenkin magnesiumia. Suurin osa sulfaateista sen sijaan jää liuenneeseen muotoon. Ajan kuluessa sekä kalsium että sulfaatti huuhtoutuvat joko valumavesien mukana vesistöihin tai kulkeutuvat syvemmälle maassa.

Savijoen keskijuoksulla levitettiin kipsiä 1500 pellohehtaarille syksyllä 2016. Savijoen yläjuoksu jätettiin vertailualueeksi, jossa kipsiä ei käytetty. SAVE-hanke seurasi levityksen vaikutuksia ravinteiden huuhtoutumiseen, pohjavesiin ja jokielistöön sekä peltojen maaperään ja kasvillisuuteen. Maa- ja kasvustonäytteiden avulla oli tarkoitus selvittää kipsin vaikutusta maan viljavuuteen ja arvioida kipsivaikutuksen kestoa.

Aineisto

Maanäytteitä otettiin kipsillä käsitellyiltä ja käsittelemättömiltä lohkoilta, eri puolilta valuma-aluetta, yhteensä 28 GPS-määritetyltä havaintopaikalta. Näytteet otettiin kerran ennen kipsin levitystä (elokuu 2016) ja kahdesti sen jälkeen (toukokuussa 2017 ja 2018), siis yhden ja kahden talvikauden valumavesien huuhdeltua maata. Näytteitä (kaksi rinnakkaista) otettiin pintakerroksesta (0–20 cm) ja muutamalta lohkolta myös kerroksista 20–40 cm ja 40–60 cm. Näytepaikat oli valittu systemaattisella otannalla.

Näytteistä määritettiin tavanomaiset viljavuusanalyysin mukaiset muuttujat: johtoluku, pH, maalaji ja multavuus sekä asetaattiuuttainen kalsium, kalium, magnesium, fosfori ja rikki. Lisäksi määritettiin hehkutushäviö ja vesiututtainen fosfori ja vuonna 2017 myös maan biologinen aktiivisuus. Samoilta havaintopaikoilta kerättiin kasvustonäytteet kesäkuussa 2016–2018, joiden määritykset kattoivat boorin, fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, natriumin, kuparin, mangaanin, raudan, rikin, seleenin ja sinkin. Kipsin mahdollista kulkeutumista pohjavesiin selvitettiin ottamalla vesinäytteitä seitsemästä kaivosta kerran ennen ja neljä kertaa jälkeen kipsikäsitteilyn. Näytteistä määritettiin kalsiumin, sulfaatin, fluoridin, nitraatin, fosforin, hapen, raudan, mangaanin ja liuenneen orgaanisen aineksen pitoisuudet sekä pH, sähkönjohtavuus ja sameus.

Tilastollisessa mallinnuksessa maaperää kuvaavien muuttujien (logaritminmuunnos pH:ta lukuun ottamatta) selittäjinä olivat alue (vertailualue, ylempi kipsialue, alempi kipsialue), maalaji (savi, muu kivennäismaa), kipsi (kyllä/ei) ja vuosi (2016, 2017, 2018) sekä näiden yhteisvaikutus. Mallissa oli mukana lohko-kohtainen satunnaisefekti, joka mahdollisti perustason vaihtelun lohkojen välillä. Lisäksi otettiin huomioon, että eri maaperämuuttujien satunnaisefektit ja virhetermit voivat korreloida keskenään, ts. eri muuttujien pitoisuudet ja niiden muutokset saattoivat riippua toisistaan.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Tilastollisesti merkitseviä eroja kipsillä käsiteltyjen ja käsittelemättömien lohkojen välillä havaittiin vain maaperän rikkipitoisuudessa ja johtoluvussa. Jos kipsin oletetaan sekoittuvan tasaisesti 22 cm paksuun muokkauserrokseen, maan rikkipitoisuuden pitäisi nousta noin 280 mg maalitraa kohti. Rikkipitoisuus kipsikäsitellyillä lohkoilla oli yhden talvikauden jälkeen kuitenkin vain alle puolet tästä laskennallisesta arvosta ja enää vain lievästi koholla kahden talvikauden jälkeen (taulukko 1).

Vedenlaadun seuranta osoitti, että kipsistä oli huuhtoutunut kahden talvikauden jälkeen vain noin neljännes, joten kipsin sulfaattia lienee kulkeutunut syvemmälle maassa. Kipsikäsitellyillä lohkoilla maakerroksen 20–40 cm rikkipitoisuus oli noussut, mutta melko vähän. Oletettavasti kaikki mahdollisesti vielä liukenemattoman kipsin sulfaatti ei liukene viljavuustutkimuksessa käytettävässä asetaattiuutossa.

Vastaava kipsin aiheuttama laskennallinen maan kalsiumpitoisuuden lisäys on noin 350 mg/l. Tämä määrä on vain runsas 10 % maassa jo olevasta kalsiumista ja liian pieni suhteessa tulosten vaihteluun tullakseen esille tilastollisessa analyysissä. Yksi vuosi kipsin levityksen jälkeen tehdyissä maan biologisen aktiivisuuden määrittämisessä ei myöskään havaittu kipsikäsitteystä johtuvia eroja.

Taulukko 1. Maanäytteiden ($n = 28$) keskimääräinen johtoluku ja rikin pitoisuus.

	Kipsiä	Johtoluku ($10 \cdot \text{mS/cm}$)			S (mg/l)		
		Ennen	1 talvi jälkeen	2 talvea jälkeen	Ennen	1 talvi jälkeen	2 talvea jälkeen
Vertailualue	Ei	0,6	0,9	0,7	8,2	11,3	7,3
Kipsialue	Ei	0,9	1,6	1,2	7,4	19,6	8,5
Kipsialue	Kyllä	0,9	3,4	1,4	9,0	129	24,8

Kasvustossa ei havaittu muita muutoksia kuin rikkipitoisuuden nousu kipsikäsitellyillä lohkoilla. Kipsin sulfaatti voi aiemman tutkimuksen mukaan heikentää kasvuston seleeninottoa, mutta Savijoella kasvien seleenipitoisuuksissa ei havaittu kipsikäsitteelyyn liittyviä eroja; tosin pitoisuudet olivat alle määrittämissärajalla monella lohkoilla.

Kaivovesianalyysissä ei yleisesti havaittu sulfaatin tai kalsiumin kohonneita pitoisuuksia, ts. kipsiä ei ole kulkeutunut pohjavesiin asti. Poikkeuksen muodosti yksi kaivo, jossa näiden lisäksi myös nitraatti oli noussut. Tähän kaivoon on luultavasti päässyt pintavesiä. Suositus onkin, että pelloilla sijaitsevien kaivojen ympärille jätetään suojavyöhyke.

Tulosten perusteella kipsin vaikutus näyttää olevan melko vähäinen sekä maaperään että varsinkin kasvustoon. Vesinäytteet osoittivat, että kipsi kuitenkin lisäsi magnesiumin huuhtoutumista. Kipsikäsitteelyn yhteydessä on hyvä seurata maan kemiaa varsinkin, jos käsittelyä toistetaan kipsin vaikutuksen hiivuttua, nykykäsitteelyn mukaisen noin 5 vuoden jälkeen. Mahdollinen nurmirehun seleenipitoisuus kannattaa ottaa huomioon lannoituksessa ja eläinten ruokinnassa.

Kirjallisuus

- [1] Ekholm, P., Valkama, P., Jaakkola, E., Kiirikki, M., Lahti, K. and Pietola, L. 2012. Gypsum amendment of soils reduces phosphorus losses in an agricultural catchment. *Agricultural and Food Science* 21: 279–291.
- [2] Yli-Halla, M., Hämäläinen, J.-M., Ekholm, P., Punttila, E., Pietola, L. & Ollikainen, M. 2018. Gypsum as a soil amendment to combat land-based phosphorus load. *Geophysical Research Abstracts* 20, EGU2018-3629 EGU General Assembly 2018.

Soils, livestock production and antimicrobial resistance

Maaperä, kotieläintuotanto ja mikrobilääkeresistenssi

Johanna Muurinen^{1,2}, Marko Virta² and Timothy Johnson¹

¹ Purdue University, Department of Animal Sciences, 270 S. Russell St., West Lafayette, IN 47970, USA

² University of Helsinki, Department of Microbiology, Viikinkaari 9, 00014 Helsinki, Finland

Background

The emergence of antimicrobial drug resistant bacterial pathogens challenges the health and wellbeing of people and animals around the world [e.g. 1]. However, the problem might have an ancient origin that arises from co-evolution of pathogenic bacteria and antibiotic-producing bacteria and their corresponding resistance genes [2]. Soils are enormous reservoirs of antibiotic resistance genes (ARGs), and the natural habitat of most known antibiotic producing bacteria that often carry self-protecting genes conferring resistance against the molecules they synthesize [2]. Certain ARGs have shown to be transferred from antibiotic producers (*Actinomyces* spp.) to human and animal associated *Proteobacteria* with the help of mobile genetic elements (MGEs) [3,4]. There are also similarities between proteins encoded by resistance genes of ancient environmental bacteria and clinical strains [2] and clinically emerging resistance genes have been found from soil samples that were taken long before the "antibiotic era" [5]. These findings have led to the theory that many ARGs have transferred from environmental bacteria to pathogens [2].

Livestock production has shown to increase ARG abundances, richness and mobility potential in the farm environment [5–8]. Agroecosystems are unique settings, where bacteria originating from production animals and the environment are constantly mixed due to land application of manure, ingestion of the harvested forage by production animals and by the influence of pest animals (Figure 1). Resistant bacteria are selected in the animal gut during antibiotic treatment and excreted in manure. Manure containing resistant bacteria is applied to crop fields during the growing season. At crop harvest, soil particles possibly sheltering resistant bacteria may be transported to the animals in the forage. From the soil, the resistance determinants may also disseminate to receiving water with the runoff or leachate. In countries with insufficient rainfall during cropping season, the croplands are irrigated, and such practices might cause the transfer

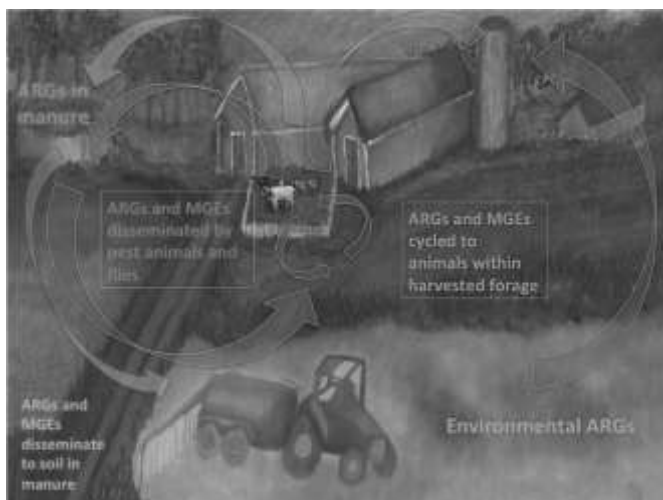


Figure 1. The circulation of ARGs and MGEs in agroecosystems

of resistant bacteria from irrigation water to the forage crops. If bacteria carrying resistance genes are present in the harvested forage and animals are treated with antibiotics while consuming the forage, the resistant bacteria originating from the environment may be selected in the animal gut. In animal intestine the ARGs may be integrated into MGEs, which are easily transferred and disseminated horizontally among bacteria species [9]. With the cycle described above, the alterations of the farm soil ecosystems may have the potential for transferring resistance genes from environmental bacteria to pathogenic species.

Findings and future considerations

We have studied production animal manure and agroecosystems in China and in Finland. In China, high quantities of antimicrobials are used non-therapeutically in animal agriculture but in Finland growth promotion has not been allowed since 1990's, even therapeutic use of antibiotics is very low on global scale and majority of the used antimicrobials consists of narrow-spectrum benzyl-penicillin. The influence of different scale of antimicrobial use and manure application rates can also be seen in ARG diversity in the studied farms: 13 ARGs from Chinese pig manure samples [6] were detected only from environmental samples and not in manure in Finland [8]. Moreover, one of the 13 genes, *cmlA1*, was found in an *intI1*-IS6100 cluster [10], an MGE that has been linked to anthropogenic contamination [11]. This resistance cluster was not detected in unfertilized soil samples in the Finnish farms [8]. These findings suggest that the high use of antimicrobials in Chinese farms has selected environmental ARGs to the swine gut microbiome and in Finnish farms the environmental ARGs might not be selected due to restricted antimicrobial use.

The evidence is clear that antimicrobial use selects resistance. However, understanding the role of circulation of ARGs in production animal farms in the emergence of antimicrobial resistance would require further studies. Although the increase in the mobility potential of soil ARGs as a result of manure and biosolid treatment is observed in several studies, the precise mechanism is not yet pointed out. Also, the possible arising risks should be assessed.

References

- [1] Jasovský, D., J. Littmann, A. Zorzet and O. Cars. 2016. Antimicrobial resistance—a threat to the world's sustainable development. *Upsala Journal of Medical Sciences* 121: 159-164.
- [2] Surette, M.D. and G.D. Wright. 2017. Lessons from the Environmental Antibiotic Resistome. *Annual review of microbiology* 71: 309-329.
- [3] Jiang, X., M.M.H. Ellabaan, P. Charusanti, C. Munck, K. Blin, Y. Tong, et al. 2017. Dissemination of antibiotic resistance genes from antibiotic producers to pathogens. *Nature Communications* 8: 15784.
- [4] Tamminen, M., M. Virta, R. Fani and M. Fondi. 2012. Large-Scale Analysis of Plasmid Relationships through Gene-Sharing Networks. *Molecular Biology and Evolution* 29: 1225-1240.
- [5] Knapp, C.W., J. Dolfing, P.A.I. Ehlert and D.W. Graham. 2010. Evidence of Increasing Antibiotic Resistance Gene Abundances in Archived Soils since 1940. *Environmental Science & Technology* 44: 580-587.
- [6] Zhu Y-G, Johnson TA, Su J-Q, Qiao M, Guo G-X, Stedtfeld R, et al. (2013) Diverse and abundant antibiotic resistance genes in Chinese swine farms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110: 3435-3440.
- [7] Ruuskanen M, Muurinen J, Meierjohan A, Pärnänen K, Tamminen M, Lyra C et al. (2016) Fertilizing with Animal Manure Disseminates Antibiotic Resistance Genes to the Farm Environment. *Journal of environmental quality* 45: 488-493.
- [8] Muurinen J, Stedtfeld R, Karkman A, Pärnänen K, Tiedje J, Virta M (2017) Influence of Manure Application on the Environmental Resistome under Finnish Agricultural Practice with Restricted Antibiotic Use. *Environmental Science & Technology* 51: 5989–5999.
- [9] Witte, W. 2000. Ecological impact of antibiotic use in animals on different complex microflora: environment. *International Journal of Antimicrobial Agents* 14: 321-325.
- [10] Johnson, T.A., R.D. Stedtfeld, Q. Wang, J.R. Cole, S.A. Hashsham, T. Looft, et al. 2016. Clusters of Antibiotic Resistance Genes Enriched Together Stay Together in Swine Agriculture. *mBio* 7.
- [11] Wellington, E.M.H., A.B.A. Boxall, P. Cross, E.J. Feil, W.H. Gaze, P.M. Hawkey, et al. 2013. The role of the natural environment in the emergence of antibiotic resistance in Gram-negative bacteria. *The Lancet Infectious Diseases* 13: 155-165.

Pajubiohiilen mikrometrikokoluokan huokosrakenne – vaikutus savimaan vedenpidätysominaisuuksiin

Micrometer-scale porosity of a willow biochar – the effect on clay soil water retention properties

Kimmo Rasa¹, Jaakko Heikkinen¹, Sampo Kulju¹, Markus Hannula², Jari Hyväluoma³

¹ Natural Resources Institute Finland, Luke, Jokioinen, Finland.

² Tampere University of Technology, Tampere, Finland.

³ Häme University of Applied Sciences (HAMK), Hämeenlinna, Finland

Abstrakti

Pyrolyysiteknologian hyödyntämistä erilaisten biomassojen prosessoinnissa on tutkittu viimeaikoina laajasti. Erityisesti runsasta tutkimusaktiiviteettia liittyy pyrolyysissä syntyvän kiinteän hiilipitoisen jakeen käyttöön maataloudessa, jossa mielenkiinto kohdistuu esimerkiksi biohiilen kykyyn parantaa maan rakennetta ja vedenpidätyskykyä. Biohiilen laadun ja maaperävaikutusten tiedetään kuitenkin vaihtelevan merkittävästi riippuen käytetystä valmistusteknologiasta, prosessointiolosuhteista ja raaka-aineesta. Erityisen vajavaisesti tunnetaan erilaisten biohiilien mikrometrikokoluokan huokosrakenne ja sen muutokset edellä mainittujen muuttujien vaihdella [1,2].

Biohiili voi vaikuttaa maan vedenpidätysominaisuuksiin välillisesti muuttamalla maan partikkelikokojakaamaa ja rakennetta. Tämän lisäksi vettä pidätty biohiilen sisäisiin huokosiin. Tässä tutkimuksessa keskityimme jälkimmäiseen, niin kutsuttuun suoraan vaikutusmekanismiin, eli miten biohiilen sisäiset mikrometrikokoluokan huokokset vaikuttavat savimaan vedenpidätysominaisuuksiin. Pajusta valmistetun biohiilen (320 °C) huokosrakenne kuvannettiin käyttäen röntgentomografiaa. Kuva-analyysin avulla määritettiin kvantitatiivisesti biohiilen mikrometrikokoluokan huokoisuus ja huokoskokojakauma. Pajubiohiilen vaikutusta savimaan vedenpidätysominaisuuksiin tarkasteltiin määrittämällä perinteinen vedenpidätyskäyrä.

Kuva-analyysin tulokset osoittivat, että pajubiohiilen huokoisuus oli 0,6 ja huokoskokojakauma oli kaksihuippuinen (huippujen ekvivalenttiset huokoskoot noin 10 ja 50 µm) [3]. Vedenpidätyskäyrässä havaitut muutokset osoittivat, että biohiilikäsittely lisäsi maan huokoisuutta erityisesti huokoskokoalueilla lähellä 25 ja 5 µm, mikä vastaa karkeasti biohiilen huokoskokohuippujen halkaisijaa kerrottuna 0,5:llä. Yleisesti ottaen pajubiohiili muokkasi maan huokoskokojakaamaa ja vedenpidätyskykyä kasvien vedenoton kannalta mielenkiintoisella alueella.

Tulokset osoittavat, että maahan lisätyn biohiilen sisäinen huokosrakenne vaikuttaa suoraan sen vedenpidätysominaisuuksiin. On oletettavaa, että tämä suora vaikutusmekanismi on maalajiriippumaton. Tutkimuksessa esitetty lähestymistapa vaikuttaa lupaavalta, kun pyritään ymmärtämään ja yleistämään eri biohiilten vaikutuksia erilaisten maalajien vedenpidätysominaisuuksiin. Valikoimalla tuotantoon sopivan huokosrakenteen omaava biohiili, voitaneen kehittää optimoituja materiaaleja maatalousmaiden vedenkäyttötehokkuuden lisäämiseksi.

Kiitokset

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 637020–MOBILE FLIP.

Kirjallisuus

- [1] Hyväluoma, J., Kulju, S., Hannula, M., Wikberg, H., Källi, A. and Rasa, K. 2018. Quantitative characterization of pore structure of several biochars with 3D imaging. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 25648-25658.
- [2] Hyväluoma, J., Hannula, M., Arstila, K., Wang, H., Kulju, S. and Rasa, K. 2018. Effects of pyrolysis temperature on the hydrologically relevant porosity of willow biochar. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 134: 446-453.
- [3] Rasa, K., Heikkinen, J., Hannula, M., Arstila, K., Kulju, S. and Hyväluoma, J. 2018. How and why does willow biochar increase a clay soil water retention? *Biomass and Bioenergy* 119: 346-353.

Kestävä viljely ylläpitää peltomaan mikrobiologisia ja fysikaalisia laatuominaisuuksia

Sustainable farming maintains soil microbiological and physical qualities

Ansa Palojärvi¹, Elise Ketoja² ja Laura Alakukku³

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Itäinen Pitkäkatu 4A, 20520 Turku,

² Luke, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

³ Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden osasto, Koetilantie 5, 00014 Helsingin yliopisto

Maan biologinen aktiivisuus, hyvä rakenne ja toimiva vesitalous ovat avainasemassa kestävässä kasvintuotannossa. Kasvinvuorotus ja palkokasvien käyttö viljelykierrossa sekä ravinteiden kierrätys ovat keinoja lisätä viljelyn riippumattomuutta fossiilisesta energiasta ja edistää viljelyn monipuolistumista. Kasvinvuorotuksen oletetaan olevan hyödyllistä maan laadun kannalta, mutta asiasta on vain vähän tutkimustietoa pohjoisissa oloissa. Erityisen vähän tietoa on sen maaperävaikutuksista intensiteetiltään erilaisissa tuotantosuunnissa. Keskeisiä kysymyksiä viljelyn kestävässä kehittämisessä ja hyvän sadontuottokyvyn säilyttämisessä ovat, miten kasvinvuorotus, muokkausintensiteetti ja karjanlannan käyttö vaikuttavat maan laatuun; sen rakenteeseen, eliöstön toimintaan sekä eloperäisen aineksen määrään.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää peltoviljelyn intensiteetin vaikutusta maaperän mikrobiologisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Mittaukset tehtiin tavanomaisen viljelyn peltolohkoilta, jotka olivat olleet yli 10 vuotta i) kasvintuotantotilan tuotannossa ilman nurmia tai karjanlantaa tai ii) karjataloustilan kasvintuotannossa. Vertailulohkoina tarkasteltiin vieressä sijaitsevia peltolohkoja, joissa kotieläintilojen luomuviljely oli jatkunut yli 10 vuotta. Analyysituloksia oli kymmeneltä luomu- ja tavanomaisen viljelyn lohkoparilta eteläisestä Suomesta.

Tulosten perusteella viljelyjärjestelmä (luomuviljely, tavanomainen viljely) ja tuotantosuunta (kasvintuotanto, kotieläin) vaikuttavat pitkällä aikavälillä pintamaan rakenteeseen ja biologisiin ominaisuuksiin. Nurmea sisältävä viljelykierto ja karjanlannan käyttö kerryttivät eloperäistä ainesta maahan molemmassa viljelyjärjestelmissä. Nämä viljelytoimenpiteet myös pitivät yllä peltomaan hyvää rakennetta. Selvimmät muutokset havaittiin maan mikrobiologisissa ominaisuuksissa. Kotieläintilojen nurmea sisältävät kierrot ylläpitivät maaperämikrobiston määrää kasvintuotantotilojen kiertoja tehokkaammin. Mikrobiologiset ominaisuudet todettiin herkiksi maan laadun indikaattoreiksi, ja tulosten perusteella monipuolisella viljelykierrolla ja lannan käytöllä voidaan parantaa maan laatua. Muutokset maan laadussa tapahtuvat hitaasti, joten toimenpiteiden vaikutusten tutkimiseen tarvitaan pitkäaikaiskokeita.

Maan kasvukunnon hoitoa viljelijöiden ja tutkimuksen yhteistyöllä

Managing soil health with farmer-research collaboration

Tuomas J. Mattila^{1,2}, Jukka Rajala¹

¹ Helsingin yliopisto, Ruralia Instituutti, Lönnrotinkatu 7, 50100 Mikkeli

² Suomen ympäristökeskus, Kulutuksen ja tuotannon keskus, Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki

Maaperä on mielenkiintoinen tutkimuskohde ja arvokas tuotantoresurssi. Tutkijoiden ja viljelijöiden näkökulmat maaperään ovat kuitenkin olleet hyvin erilaisia. Tutkimus keskittyy tyypillisesti yksittäisiin muuttujiin useilla kohteilla (esim. irtotiheys, ravinnepitoisuus, mikrobimassa) ja viljelijä keskittyy yhteen kohteeseen pyrkien tunnistamaan kaikki päätöksenteon kannalta oleelliset muuttujat (esim. muokkautuvuus, sadon vaihtelu, tiivistymät). Viljelijän näkökulmasta myös mitattavien asioiden välinen vuorovaikutus ja maan toiminnallisuus ("maan kasvukunto", *soil health*) on oleellisempaa kuin yksittäisten muuttujien taso ("maan laatu", *soil quality*). Näkökulmia voitaisiin tuoda lähemmäs toisiaan, mikäli tutkimuksen avulla voitaisiin tunnistaa kullekin pellolle oleellimmat mitattavat asiat ja tehokkaimmat keinot parantaa pellon toimintakykyä. Parhaassa tapauksessa tutkimus auttaa viljelijöitä vastaamaan myös soveltavampiin ja poikkeusteollisempiin kysymyksiin, kuten "mihin rajalliset aika- ja rahapanokset kannattaisi kohdentaa tilan peltojen kehityksen kannalta?" Tämän tyyppisiin käytännön kysymyksiin vastaamiseen tarvitaan tiivistä yhteistyötä tutkimuksen ja käytännön välillä.

Lähestyimme ongelmaa kolmivuotisessa OSMO-hankkeessa systemaattisen kehityskehän avulla. Ensin lohkoilta mitattiin erilaisia muuttujia laajalla otannalla, mittaustuloksia verrattiin kirjallisuudesta löytyviin normiarvoihin ja kultakin lohkolta tunnistettiin mahdollisia ongelmakohtia. Kirjallisuuden ja viljelijöiden kokemuksen perusteella pohdittiin vaihtoehtoja lohkojen kehittämiseen ja lupaavimpia vaihtoehtoja lähdettiin toteuttamaan. Kasvukauden päätteeksi havainnoitiin ja mitattiin muuttujat uudelleen, arvioitiin menetelmien vaikutukset ja aloitettiin suunnittelukehä uudelleen. Kehitysprosessia testattiin 8 tutkimuspaikalla kolmen vuoden ajan (2016-2018, ensimmäiset näytteet 2015). Jokaisessa paikassa tutkittiin hyvä- ja huonokasvuista peltoa ja huonokasvuinen pelto jaettiin käsittelyyn ja verrokkiin. Tutkittavana oli siis 24 koelohkoa. Tämän lisäksi maan kasvukunnon hoitoa harjoitettiin 5 alueellisen viljelijäryhmän kanssa, sekä eri aihepiireihin keskittyvien syventävien koulutuspäivien kautta.

Jokaiselta koelohkolta mitattiin useita muuttujia, jotka kuvasivat maan kasvukunnon kolmea ulottuvuutta: maan biologista, fysikaalista ja kemiallista viljavuutta [1]. Mittausmenetelmät valittiin siten, että ne olivat myös viljelijöiden ja neuvojien saavutettavissa (ts. yksinkertaisesti ohjeistettavissa tai kaupallisesti saatavilla). Maan kemiallista kasvukuntoa kartoitettiin viiden eri analyysimenetelmän avulla (ammoniumasetaatti + hivenet, Mehlich-3, varastoravinne, laktaattiuutto, H3A-uuttomenetelmä). Maaperästä määritettiin pää- ja sivuravinteiden lisäksi hivenravinteet ja jotkin kasvua hyödyttävät alkuaineet (pH, P, Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, S, Cu, Zn, Mn, B, Se, Si, Mo and Co). Fysikaalista kasvukuntoa arvioitiin veden imeytymisnopeuden, irtotiheyden, penetrometrivastuksen ja maan visuaalisen tarkastelun avulla (VESS). Biologista kasvukuntoa seurattiin lierojen ja pintamaan niveljalkaisten määrien, murukestävyuden, multavuuden, hiilidioksidintuoton (Solvita CO₂ burst), vesiliukoisien hiilen ja typen sekä entsyymiaktiivisuuksien avulla (Biolog ecoplate).

Lohkoilla testattiin vuosien aikana 17 eri maan kasvukunnon kehitysmenetelmää [2]. Osa menetelmistä oli yleisesti käytettyjä (kalkitus ja salaojitus), mutta suurin osa oli vasta kehitystasella (biohiili, kipsi, hivenlannoitus, monilajiset välikasvit). Lohkoille ei tehty

etukäteen koesuunnitelmaa, vaan lohkoilla testattiin vuosittain menetelmiä, joiden ajateltiin kehittävän lohkon kasvukuntoa parhaiten. Menetelmien valinta tehtiin yhdessä viljelijöiden ja alueellisten neuvojien kanssa ja viljelijät toteuttivat toimenpiteet vapaaehtoisesti ja omalla kustannuksellaan.

Tulosten perusteella maan kasvukuntoa voidaan kehittää, mutta kaikilla tutkituilla lohkoilla havaittiin useampia ongelmia. Useimmissa hyvä- ja heikkokasvuisten lohkojen pareissa ei löydetty yhtä merkittävää tekijää, vaan heikkokasvuisella lohkoilla useampi muuttuja oli heikommassa tilassa. Usean ongelman yhteisvaikutus johtaa kasvin kannalta heikompaan kasvuun, mikä osiltaan heikentää maan rakennetta ja toimintakykyä. Kehittämisessä lohkokohtaiset räätälöidyt menetelmäyhdistelmät (esimerkiksi kipsi+välikasvi+syväkuohkeutus+kananlanta) olivat tehokkaampia kuin yksittäiset menetelmät. Lohkokohtaisten hoitosuunnitelmien teossa tarvitaan kuitenkin sekä laajaa tutkimuskirjallisuuden tuntemusta että käytännön kokemusta, joten hoitosuunnitelmien teko soveltuu parhaiten monipuolisen ryhmän yhteistyöhön. Ryhmätyön edut havaittiin sekä koetiloilla että alueellisissa viljelijäryhmissä. Viljelijäryhmät kuitenkin tarvitsevat tukea sekä alueelliselta neuvonnalta että tutkimuksen jalkauttamiselta käytäntöön.

[1] Mattila T.J. ja Rajala, J., 2017. Mistä ja miten tunnistaa maan hyvän kasvukunnon? Havaintoja kahdeksalta tilalta Varsinais-Suomesta, Satakunnasta ja Etelä-Pohjanmaalta. Helsingin yliopisto, Ruralia instituutti, Raportteja 171. 36 s.

[2] Mattila, T.J., Manka, V., Rajala, J., 2018. Kuinka maan kasvukuntoa kehitetään? Havaintoja kahdeksalta tilalta Varsinais-Suomesta, Satakunnasta ja Etelä-Pohjanmaalta. Helsingin yliopisto, Ruralia Instituutti. Raportteja (painossa).

Conservation agriculture can increase carbon stock in Finnish soils: Model results

Elena Valkama¹, Ansa Palojärvi¹, Laura Alakukku², Marco Acutis³

¹ Natural Resources Institute Finland (Luke), Itäinen Pitkätatu 4 A, 20520 Turku

² Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki PL 27, 00014

³ Department of Agricultural and Environmental Sciences, Production, Landscape, Agroenergy, University of Milan, Via Celoria 2, 20133 Milan, Italy

Introduction

Conservation Agriculture (CA) is a farming system that promotes maintenance of (1) minimum soil disturbance avoiding soil inversion (i.e. no tillage or vertical minimum tillage), (2) a permanent soil cover with crop residues and/or cover crops, and (3) diversification of plant species through varied crop sequences and associations involving at least three different crops [1]. Conservation agriculture may enhance biodiversity and natural biological processes above and below the soil surface, which may contribute to increased water and nutrient use efficiency and to improved and sustained crop production. Conservation Agriculture occupies only 5% of total agricultural area in Europe, and about 10% in Finland [2].

In particular, the efficacy of no-till for increasing C in soils has been questioned in recent studies. This is a serious issue after many publications and reports during the last two decades have recommended no-till as a practice to mitigate greenhouse gas emissions through soil C sequestration [3]. Only about half the 100+ studies comparing soil carbon sequestration with no-till and conventional tillage indicated increased sequestration with no till; this is despite continued claims that conservation agriculture sequesters soil carbon [4]. These doubts stem from the facts that previous literature on soil C stocks has often discussed effects of tillage, rotations, and residue management separately. According to Palm et al., it is important to recognize that these CA components interact [4].

Since changes in SOC are a very slow process, long-term experiments (at least 10 years) are required to obtain reliable data and to assess the carbon sequestration of plant production systems. There is a need to evaluate the performance of alternative cropping systems in different pedo-climatic conditions, and to assess their potential in terms of the SOC increase. The objective of this study is to assess the potential of CA for clay soil C sequestration in southern Finland.

Materials and methods

We performed a comparative assessment of SOC changes over 20 years under CA and traditional cropping systems in the Jokioinen site by using the dynamic simulation model ARMOSA that simulates the cropping systems at a daily time-step at field scale [5]. The model simulates agrometeorological variables, the water balance, the carbon and nitrogen balance, and the crop development and growth. We simulated the carbon dynamics in 0-30 cm soil layer, using a set of daily data of T_{max} , T_{min} , rain and global solar radiation from 1998 to 2017. The soil used for the simulation was Vertic Luvisol, with silty clay texture and a 2.3% of organic carbon in the 0-30 cm surface layer.

For model validation, we used soil and yield data from the long-term experiment (2000-2017) located in Jokioinen involving no-tillage and conventional tillage treatments for spring barley (*Hordeum vulgare*) monoculture. Dry bulk density and SOC content were measured with 4-years intervals at 0-10, 10-20 and 20-30 cm depths, and barley yields were measured annually.

Results

The model simulated well organic carbon dynamics (RMSE, 7.9%; bias, 2.8%; modelling efficiency EF, 0.543), as well as barley yield, indicating sound prediction for the amount of residues. Simulations of SOC changes showed that both conventional systems, with either residue removed or retained lost SOC during 20 years (Table 1).

Table 1. Simulated annual SOC changes in 0-30 cm soil depth for the different cropping systems.

Cropping system	Tillage	Crops*	Residues	Cover crops**	kg/ha	%
Conventional 1	+	monoculture	-	-	-1058	-1.18
Conventional 2	+	monoculture	+	-	-802	-0.87
CA 1	-	rotation	-	+	226	0.30
CA 2	-	monoculture	+	-	434	0.48
CA 3	-	rotation	+	-	528	0.58
CA 4	-	rotation	+	+	917	1.02

*Monoculture: spring barley (*H.vulgare*); Rotation: spring wheat (*Triticum aestivum*) - spring barley - oilseed rape (*Brassica napus*) – oat (*Avena sativa*)

**Cover crop: Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*)

Bold values indicate the objective of 4 per 1000 initiative achieved

In contrast, any combination of simulated CA practices resulted in SOC gain; however, the contribution of each component differed. The largest effect was gained under “true” CA, when all three components were introduced to the system (CA4). The smallest effect was achieved when residues were removed (CA1). In case of residues retained, the difference between monoculture and rotation (CA2 vs CA3) was minor. It seems that the contribution of each CA element into SOC stock decreased in the following order: residues > cover crops > rotation, according to the amount of organic matter remaining by the system. In facts, residues are the main source of biomass in conservative system, followed by cover crops. It should be noticed that any CA systems with residues retained allows achieving the objective of 4 per 1000 initiative. The initiative claims that an annual growth rate of 0.4% in the soil carbon stocks, or 4‰ per year, would halt the increase in the CO₂ concentration in the atmosphere related to human activities.

References

- [1] FAO (2017) Conservation Agriculture. FAO, 2p.
<http://www.fao.org/documents/card/en/c/981ab2a0-f3c6-4de3-a058-f0df6658e69f/>
- [2] ECAF - European Conservation Agriculture Federation <http://www.ecaf.org/ca-in-europe/uptake-of-ca-in-europe>
- [3] Ogle, S.M., Swan, A., Paustian, K. 2012. No-till management impacts on crop productivity, carbon input and soil carbon sequestration. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 149: 37-49.
- [4] Palm, C., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F., Gatere, L., Grace, P. 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 187: 87-105.
- [5] Perego, A., Giussani, A., Sanna, M., Fumagalli, M., Carozzi, M., Alfieri, L., Brenna, S., Acutis, M. 2013. The ARMOSA simulation crop model: Overall features, calibration and validation results. *Italian Journal of Agrometeorology* 3: 23–38.

The origin of soil organic matter controls its composition and bioreactivity across a mesic boreal forest latitudinal gradient

Lukas Kohl¹, Michael Philben¹, Kate A. Edwards², Frances A. Podrebarac¹, Jamie Warren¹, Susan E. Ziegler¹

¹ Department of Earth Sciences, Memorial University, 300 Prince Philip Dr., St. John's, A1B 3X5, NL, Canada

² Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, 26 University Drive, Corner Brook A2H 6J3, NL, Canada

Abstract

Warmer climates have been associated with reduced bioreactivity of soil organic matter (SOM) typically attributed to increased diagenesis; the combined biological and physiochemical transformation of SOM. In addition, cross-site studies have indicated that ecosystem regime shifts, associated with long-term climate warming, can affect SOM properties through changes in vegetation and plant litter production thereby altering the composition of soil inputs. The relative importance of these two controls, diagenesis and inputs, on SOM properties as ecosystems experience climate warming, however, remains poorly understood.

To address this issue we characterized the elemental, chemical (nuclear magnetic resonance spectroscopy and total hydrolysable amino acids analysis), and isotopic composition of plant litter and SOM across a well-constrained mesic boreal forest latitudinal transect in Atlantic Canada. Results across forest sites within each of three climate regions indicated that (1) climate history and diagenesis affect distinct parameters of SOM chemistry, (2) increases in SOM bioreactivity with latitude were associated with elevated proportions of carbohydrates relative to plant waxes and lignin, and (3) despite the common forest type across regions, differences in SOM chemistry by climate region were associated with chemically distinct litter inputs and not different degrees of diagenesis.

The observed climate effects on vascular plant litter chemistry, however, explained only part of the regional differences in SOM chemistry, most notably the higher protein content of SOM from warmer regions. Greater proportions of lignin and aliphatic compounds and smaller proportions of carbohydrates in warmer sites' soils were explained by the higher proportion of vascular plant relative to moss litter in the warmer relative to cooler forests. These results indicate that climate change induced decreases in the proportion of moss inputs not only impacts SOM chemistry but also increases the resistance of SOM to decomposition, thus significantly altering SOM cycling in these boreal forest soils.

Energiapuun korjuun vaikutukset lahoavan puuaineksen sieniyhteisöihin

Fungal communities in decomposing wood along energy wood harvest gradient

Oili Tarvainen¹, Karita Saravesi², Taina Pennanen³, Anna-Mari Markkola² ja Hannu Fritze³

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), PL 413, FI-90014 Oulun yliopisto, Oili.Tarvainen@luke.fi

² Ekologian ja genetiikan tutkimusyksikkö, PL 3000, FI-90014 Oulun yliopisto

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki

EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteena on nostaa vuoteen 2020 mennessä uusiutuvan energian osuus keskimäärin 20 %:iin energian kokonaiskulutuksesta. Suomen vastaavaksi tavoitteeksi asetettiin 38 %. Parhaat mahdollisuudet uusiutuvan energian käytön lisäämiseen Suomessa tarjoaa metsähake. Hakkuutähteiden ja harvennuspuun ohella kannot nähdään merkittävänä energiaraaka-aineena, ja niiden nosto on alkanut nopeasti yleistyä. Metsäenergiaa tullaan hyödyntämään todennäköisesti yhä suuremmalla intensiteetillä, joten tarve saada tutkimustietoa varsinkin kantojen noston pitkäaikaisista ympäristövaikutuksista on suuri.

Luonnonvarakeskus (Luke) on tutkinut kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun pitkäaikaisia ympäristövaikutuksia kolmella maantieteellisesti erilaisella alueella Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomessa. Intensiivikoealat on perustettu yhteistyössä Metsätutkimuslaitoksen (nyk. Luke), UPM Kymmene Oyj:n ja Yara Suomi Oy:n kanssa vuonna 2007 [1]. Intensiivialoilla on tutkittu mm. eri tavoin häiriintyneen maan osuutta suhteessa koskemattomaan maahan ja häiriön vaikutusta kasvillisuuteen [2] sekä istutettujen kuusen taimien juurten sieniyhteisöä [3]. Näissä tutkimuksissa on havaittu, että vaikka kantojen nosto lisää merkittävästi häiriintyneen maan pinta-alaa, niin sillä on vähäisiä vaikutuksia kasvilajistoon ja kasvipeitteen palautumiseen sekä kuusen taimien juuriston sieniyhteisöön verrattuna laikkumätästykseen uudistamismenetelmänä ja hakkuutähteiden keruuseen energiapuukorjuumenetelmänä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kokeellisesti, vaikuttaako energiapuun korjuun intensiteetti lahoavan puuaineksen sieniyhteisöihin. Tutkimus toteutettiin kaikilla kolmella alueella. Koejäseniksi valitut käsittelyt muodostavat intensiteettigradientin: 1) Avohakkuu, ei energiapuukorjuuta, ei muokkausta, ei istutusta; 2) Avohakkuu, ei energiapuukorjuuta, laikkumätästys, kuusen istutus; 3) Avohakkuu, hakkuutähteen keruu 70 %, laikkumätästys, kuusen istutus; 4) Avohakkuu, hakkuutähteen keruu 100 %, kantojen nosto 100 %, laikkumätästys, kuusen istutus. Vuonna 2010 kullekin koealalle asetettiin viisi samasta puuyksilöstä sahattua, satunnaistaen valittua kuusikiekkoa. Kiekot asetettiin häiriintymättömälle pinnalle koealan kulmiin ja keskelle. Neljän vuoden inkuboinnin jälkeen syksyllä 2014 korjattiin kiekot sekä otettiin kunkin kiekon alta maanäyte sieniyhteisöjen määrittystä varten. Hakkaamattomasta kontrollimetsästä otetut maanäytteet olivat verrokina. Kiekkojen hajoamisnopeus määritettiin punnitsemalla ne ennen ja jälkeen inkuboinnin. Sekä kiekko- että maanäytteistä eristettiin DNA, josta syväsekvenomalla määritettiin sieniyhteisöjen rakenne.

Tämän tutkimuksen mukaan energiapuukorjuumenetelmällä ei ollut merkitsevää vaikutusta puukiekkojen hajoamisnopeuteen tai sieniyhteisöihin, mutta Pohjois-Suomessa inkuboidut näytteet hajasivat hitaammin kuin Keski- ja Etelä-Suomessa inkuboidut. Alueiden välillä oli vain vähäisiä eroja maa- ja kiekkonäytteiden sieniyhteisöissä, kun taas maa- ja kiekkonäytteiden sieniyhteisöt erosivat merkittävästi toisistaan. Tämä viittaa siihen, että paikalliset ympäristötekijät vaikuttavat lahoppuulla elävään sieniyhteisöön enemmän kuin energiapuukorjuun intensiteetti. Tulosten valossa on syytä pohtia lahoppuun merkitystä metsän sieniyhteisöjen monimuotoisuuden näkökulmasta.

Kirjallisuus

- [1] Kubin, E., Hartman, M., Ilvesniemi, H., Lindgren, M., Kokko, A., Murto, T., Pasanen, J., Piispanen, J., Pohjola, S., Seppänen, R., Tarvainen, O., Tillman-Sutela, E. ja Tolvanen, A. 2013. Kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset (3475) Koekenttien perustaminen ja tuloksia. *Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute* 252. 45 s. ISBN 978-951-40-2406-1 (PDF). (<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp252.htm>.)
- [2] Tarvainen, O., Hekkala, A.-M., Kubin, E., Tamminen, P., Murto, T. and Tolvanen, A. (2015) Soil disturbance and early vegetation response to varying intensity of energy wood harvest. *Forest Ecology and Management* 348:153-163. doi:10.1016/j.foreco.2015.04.001
- [3] Huusko, K., Tarvainen, O., Saravesi, K., Pennanen, T., Fritze, H., Kubin, E. and Markkola, A., 2015. Short-term impacts of energy wood harvesting on ectomycorrhizal fungal communities of Norway spruce saplings. *The ISME Journal* 9, 581–591. DOI 10.1038/ismej.2014.154

Mistä maahan jäävä lannoitefosfori löytyy?

Recovery of fertilizer phosphorus

Markku Yli-Halla¹, Ignacio González Rodríguez¹, Risto Uusitalo² ja Antti Jaakkola¹

¹ Maaperä- ja ympäristötiede, PL 56, 00014 Helsingin yliopisto

² Luonnonvarakeskus, 31600 Jokioinen

Lannoiteena maahan lisätty fosfori (P) sitoutuu happamassa maassa pääasiassa alumiini- ja rauta(hydr)oksidiin. Inkubointikokeissa maahan lisätty P löytyy melkein kokonaisuudessaan näistä muodoista [1]. Kenttäkokeissakin oksideihin sitoutuneen P:n määrä kasvaa [2], mutta saanto jää paljon pienemmäksi kuin lisätyt määrät. Esimerkiksi 9-15-vuotuisissa kokeissa P-lannoitustasolla 45 kg ha⁻¹ taseen ylijäämästä löytyi kokonais-P:n määrityksen perusteella vain 34-62 % [3]. Pientä saantoa selitetään usein maa-aineksen ja siihen sitoutuneen P:n siirtymisellä kenttäkokeessa ruudulta toiselle [4], ja P:ia voi myös liikkua maassa syvempiin kerroksiin ja kulkeutua pois valumavesien mukana. Maatalousmaalta arvioitiin v. 1981-2010 poistuneen vuotuisena P-kuormituksen keskimäärin vain 1,1 kg ha⁻¹ [5]. Kenttäkokeissa löytymättä jäävän P:n määrä on niin huomattava, että jonkin komponentin määrää todennäköisesti aliarvioidaan. Taselaskelmien ja kemiallisten määritysten erotuksen perusteella maasta siis puuttuu suuri määrä P:ia. – Tässä esityksessä kerrotaan 37 vuotta jatkuneen P-lannoituskokeen tuloksista [6] ja erityisesti siitä, missä määrin taseen perusteella maahan jäänyt P pystyttiin jäljittämään.

Hausjärvellä multavalla hieumaalla tehty kenttäkoe on perustettu v. 1978. Pellolla on kasvatettu pääasiassa kevätiljoja. Maan pH oli korkea (7,5-7,7). N-lannoitus oli 100 kg ha⁻¹. Vuotuiset P-lannoitustasot (kg P ha⁻¹) olivat 0 (P₀, ruutukoko 15 x 20 m) sekä 32 ja 67 (P₁ ja P₂K; 5 x 15 m). Alussa asetaattiuuttoisen P:n pitoisuus (24,4-27,0 mg l⁻¹) oli hyvä tai korkea; lopussa pitoisuus oli 11,9-47,0 mg l⁻¹. Keskimääräinen jyväsato P₀-ruuduilla oli kuiva-aineena 2600 kg ha⁻¹, P₁-ruuduilla noin 500 kg ha⁻¹ ja P₂K-ruuduilla vielä 600 kg ha⁻¹ suurempi. Kasvien maanpäällisten osien P-pitoisuus määritettiin. Vuosina 1978, 1995, 2005 ja 2015 otettujen muokkauskerroksen ja jankon maanäytteiden P fraktioitiin Changin ja Jacksonin menetelmällä [7], jossa helppoliukoisin P uutetaan NH₄Cl:lla, Al-(hydr)oksidiin sitoutunut P NH₄F:lla, Fe-(hydr)oksidiin sitoutunut NaOH:lla ja kalsiumiin sitoutunut apatiittinen P H₂SO₄:lla. Alun ja lopun maanäytteistä määritettiin kokonais-P käyttäen H₂SO₄-H₂O₂-HF -hajotusta. Maan irtotiheys määritettiin lieriömenetelmällä. Lisäksi määritettiin P:n sorptio-desorptioisotermi, jotta nähdään, ovatko lannoituskäsittelyt vaikuttaneet maan P-sidontaominaisuuksiin.

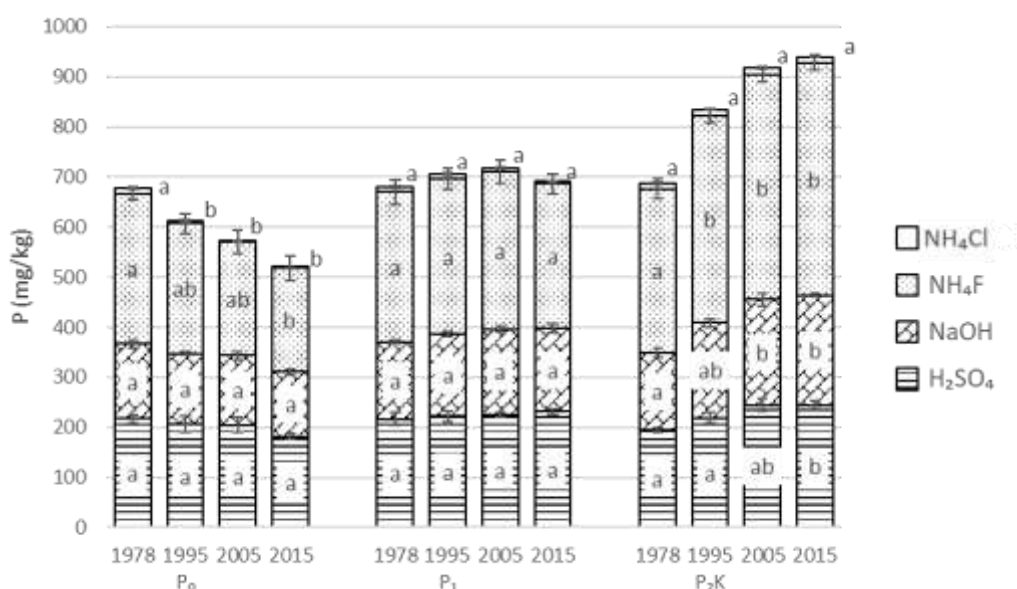
Fraktiointitulosten (Kuva 1) mukaan P₂K- ja P₁-käsittelyissä pintamaan epäorgaaninen P oli lisääntynyt 37 vuodessa 732 ja 32 kg P ha⁻¹, ja P₀-ruuduilla vähennys oli -459 kg P ha⁻¹. P₂K-käsittely kasvatti varsinkin Al- ja Fe-(hydr)oksidiin sitoutuneen P:n määrää, kun taas P₀-käsittely ehdytti etenkin Al-(hydr)oksidien P-varoja, kuten 17 ensimmäisen koevuoden tulokset olivat osoittaneet [2]. P₁-käsittelyssä kaikki P-fraktiot pysyivät ennallaan. Fraktiomuutokset vastasivat niitä eroja, jotka todettiin näytteiden kokonais-P:n määrissä. Orgaanisessa tai hyvin niukkaliukoisessa P:ssa ei siis ollut tapahtunut nettomuutosta. P₀-käsittelyn maasta löytyi taseen ennustama määrä P:ia. Verrattuna P₀-koejäsenen P-pitoisuuteen kokeen lopussa P₁- ja P₂K-ruuduilta löytyi 61 % ja 53 % siitä P-määrästä, joka niihin taseen perusteella on jäänyt. Tämä viittaa huomattavaan P:n poistumaan P-lannoitettujen ruutujen muokkauskerroksesta (P₁: 16 kg ha⁻¹; P₂K: 34 kg ha⁻¹ vuodessa). Puuttuvaa P:a ei löytynyt jankosta.

Maan P-varojen muutos näkyi maan P-sitomisominaisuuksissa (Kuva 2). Fosforinvaihdon nollapiste (EPC₀) on P-pitoisuus, jossa kiinteän faasin ja liuosfaasin välillä ei tapahdu P:n nettositoutumista tai -vapautumista. P₁-käsittelyssä EPC₀ (0,33 mg l⁻¹) oli sama kokeen alussa ja lopussa, mutta P-varojen ehdytys (P₀) oli alentanut EPC₀:n kolmanteen osaan (0,12 mg l⁻¹). P₂K-käsittelyssä EPC₀ oli kohonnut huomattavasti, arvoon 1,30 mg l⁻¹, jolloin valumavesien

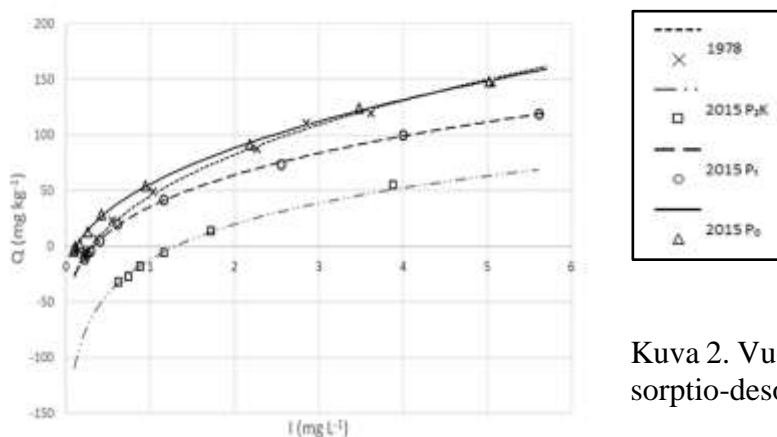
liuenneen P:n pitoisuuden voi olettaa olevan moninkertainen P₀- ja P₁-käsittelyyn verrattuna. Lannoituksella pystytään siis aikaa myöden vaikuttamaan maan P-sitomisoimaisuuksiin.

Taulukko 1. Koko koejakson (1978-2015) P-tase ja maan P-pitoisuuden muutos eri koekäsittelyissä. Yksikkönä kg ha⁻¹. Suluissa keskiarvon keskivirhe.

Käsittely	P-otto	P-lannoitus	P-tase	Maan P:n muutos		Mittaustulosten ja taseen erotus	
				Totaali-P	P-fraktiot	Totaali-P	P-fraktiot
P ₀	456 (33)	0	-456 (33)	-446 (82)	-459 (76)	-10 (104)	3 (103)
P ₁	552 (20)	1167	615 (20)	46 (123)	32 (162)	569 (125)	584 (166)
P ₂ K	670 (20)	2474	1804 (20)	620 (98)	731 (75)	1172 (78)	1074 (77)



Kuva 1. Maan epäorgaanisen fosforin fraktiot eri vuosina.



Kuva 2. Vuoden 1978 ja 2015 maanäytteiden sorptio-desorptioisotermi

Kirjallisuus

- [1] Kaila, A. 1965. J. Scient. Agric. Soc. Finl. 37: 104-115.
- [2] Jaakkola, A., Hartikainen, H., Lemola, R. 1997. Agric. Food Sci. Finl. 6: 313-322.
- [3] Saarela, I., Järvi, A., Hakkola, H., Rinne, K. 2004. Agric. Food Sci. 13: 276-294.
- [4] Tattari S. et al. 2017. Environ. Monit. Assess. 189: 95.
- [5] Sibbesen, E. Skjøth, F., Rubæk, G.H. 2000. Soil Till. Res. 54: 91-100.
- [6] González Rodríguez, I., Yli-Halla, M., Jaakkola, A. 2018. J. Plant Nutr. Soil Sci. 181 (painossa). <https://doi.org/10.1002/jpln.201800038>.
- [7] Hartikainen, H. 1979. J. Sci. Agric. Soc. Finl. 51: 537-634.

Turvepeltojen säätösaloitus

Controlled drainage on cultivated peat soils

Merja Myllys¹, Kristiina Regina¹ ja Jaakko Heikkinen¹

¹ Luonnonvarakeskus, Jokioinen

Johdanto

Turvemaiden viljelyn ympäristöhaitat ovat suuremmat kuin kivennäismaiden. Ravinnehuhtoumien tehokkain vähentämiskeino on valunnan vähentäminen. Kasvihuonekaasupäästöjen tehokkain vähentämiskeino on pohjaveden pitäminen mahdollisimman lähellä maan pintaa. Kumpaankin voidaan pyrkiä säätösaloituksen avulla. Tässä tutkimuksessa selvitettiin säätösaloituksen toimivuutta turvemaalla käytännön viljelyoloissa.

Aineisto ja menetelmät

Säätösaloituksen toimivuutta tutkittiin Mouhijärvellä sijaitsevalla yksityisellä pellolla. Maa oli saraturvetta, jossa turvekerroksen paksuus oli 45–120 cm. Topografisesti pelto sijaitsi lievässä notkossa. Pellolla oli neljä eri ojustoihin kuuluvaa aluetta, joista yksi oli luontaisesti märkä ja yksi kuiva. Kahdella alueella oli säätökaivo, jossa pohjaveden korkeutta voitiin säätää sulkujen korkeutta muuttamalla. Jokaisella alueella seurattiin pohjaveden korkeutta kahdesta pohjavesiputkesta, jotta voitiin verrata alueiden vedenpintojen muutoksia samoissa sääoloissa. Lisäksi pohjaveden korkeutta seurattiin säätökaivojen vaikutusalueella ojan vieressä ja eri etäisyyksillä ojista, jotta pystyttiin tekemään tarkempia havaintoja säädön toimivuudesta. Pohjavesimittauksia tehtiin kahden viikon välein (talvella neljän viikon välein), ja lukemat kytkettiin samaan korkotasoon vaaittamalla. Jokaisella alueella määritettiin myös sadon määrä ja tehtiin kantavuusmittauksia penetrometrillä.

Tulokset ja tarkastelu

Kun säätökaivojen sulut suljettiin syksyllä, pohjavesi nousi säätöjen ansiosta 20 cm korkeammalle kuin ilman säätöä. Kun sulut suljettiin keväällä, jolloin pohjavesi on luonnostaan laskussa, sulkujen sulkeminen hidastutti vedenpinnan laskua. Vaikka pohjavesi saatiin nousemaan märkinä aikoina sulkutasolle, sulut eivät pystyneet pitämään vettä kuivina aikoina sulkutasossa vaan vedenpinta laski. Näin tapahtui kesällä haihdunnan ollessa suurta ja talvella roudan alla. Pohjavesi ei kuitenkaan koskaan laskenut salaojasyvyyden alapuolelle, sillä notkossa sijainnin takia pellolle kulkeutui vettä ympäristöstä. Kun säätökaivojen sulut avattiin, pohjavesi laski kaivojen vaikutusalueella 5-10 cm enemmän kuin tavanomaisesti ojitetuilla alueilla johtuen todennäköisesti siitä, että säätöalueilla vesi oli ollut korkeammalla.

Maan märkyys vaikutti satoon niin, että kosteina kesinä märkyys heikensi satoa mutta kuivina paransi. Maan kantavuus oli kaikkein märimpiä ajankohtia lukuun ottamatta riittävä viljelytoimille.

Johtopäätökset

Notkossa sijaitsevilla turvepelloilla säätösaloituksella on helpompi nostaa pohjavettä kuin laskea. Kuivina aikoina sulut eivät pysty tällaisessa paikassa pitämään pohjavettä sulkujen tasolla. Säätösaloituksen toimivuutta kohosoista raivatuilla pelloilla on tutkittava eri hankkeessa.

Kuusen, männyn ja koivun hakkuutähteen vaikutus typen häviöihin avohakkuun jälkeen

The effects of logging residues of spruce, pine and birch on soil nitrogen losses after clear cut

Tiina Törmänen¹, Veikko Kitunen¹, Antti-Jussi Lindroos¹, Juha Heikkinen¹ ja Aino Smolander¹

¹ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Suomen tavoitteena on lisätä metsästä saatavan bioenergian osuutta energiantuotannossa. Yhtenä ratkaisuna tavoitteeseen pääsemiseksi on esitetty hakkuutähteistä valmistettavan metsähakkeen käytön lisäämistä, jolloin pystytään korvaamaan fossiilisia polttoaineita. Metsähakkeen raaka-aineena käytetään hakkuutähteitä (oksat, neulaset/lehvästö), jotka korjataan pääasiassa avohakkuualoilta. Nykyisen hakkuutähteen korjuun seurauksena metsänpohjalle syntyy hakkuutähdekasoja eli hakkuutähde ei levity tasaisesti metsään. Metsänpohjalla olevien hakkuutähdekasojen on todettu toimivan typen kierron ”hot spotteina” eli nopeuttavan metsämaan typen kierron prosesseja, ennen kaikkea typen mineralisaatiota ja nitrifikaatiota avohakkuun jälkeen [1]. Tämän stimuloinnin seurauksena typpi muuttuu liikkuvampaan muotoon ja riski typen häviöihin metsämaasta voi kasvaa mm. huuhtoutumalla [2] ja kaasupäästönä. Hakkuutähteet ovat kuitenkin tärkeitä myös metsämaan ravinteisuuden kannalta.

Tämän työn tavoitteena oli vertailla Suomen kolmen kaupallisesti tärkeimmän puulajin (kuusi, mänty, koivu) hakkuutähdekasojen ja hakkuutähteen korjuun vaikutusta metsämaan typen häviöihin avohakkuun jälkeen. Lapinjärvellä sijaitseva kuusivaltainen mustikkatyyppin sekametsä avohakattiin syyskuussa 2014. Tässä yhteydessä metsikköön perustettiin kuusen, männyn ja koivun hakkuutähdekoealat (tuoretta hakkuutähdettä 40 kg/m²) ja hakkuutähteettömät kontrollikoealat (0 kg/m²) neljänä toistona. Typen häviöiden tutkimus aloitettiin v. 2016 kaksi vuotta avohakkuun jälkeen, jolloin nitrifikaatio oli selvästi alkanut hakkuutähdekasojen alla. Kokeella tutkittiin typpihäviöitä typen huuhtoutumisena vajovesilysimetreillä (soil column lysimeter), että dityppioksidin (N₂O) kaasumaisina päästöinä ilmakehään kammiomittauksilla (closed chamber technic). Lisäksi selvitettiin nitrifikaation ja denitrifikaation osuutta N₂O tuottajana sekä hakkuutähteessä mahdollisesti tapahtuvaa biologista typen sidontaa (ARA, acetylene reduction assay). Lisäksi maan lämpötilaa mitattiin jatkuvalla mittauksella maahan asennetuilla loggereilla.

Alustavien tulosten perusteella hakkuutähde isoina kasoina lisää riskiä typen häviöihin avohakkuun jälkeen. Varsinkin typen huuhtoutuminen ammonium- ja nitraattityyppinä kasvoi avohakkuun jälkeen hakkuutähteen vaikutuksesta. Nitraatin muodostuminen alkoi ammoniumtyyppiä myöhemmin, mikä tukee aikaisempien tutkimusten tuloksia samalta koealalta. Hakkuutähde lisäsi N₂O päästöjä, mutta typen kaasumaiset häviöt ilmakehään olivat yleisesti melko pieniä ja lyhytkestoisia. Tulokset viittasivat puulajikohtaisiin eroihin, mutta suurimmat trendit olivat kuitenkin samanlaisia. Tällä hetkellä tutkimme suurien hakkuutähteen varastokasojen vaikutusta typen kiertoon ja häviöihin.

Kirjallisuus:

[1] Törmänen, T., Kitunen, V., Lindroos, A.-J., Heikkinen, J. and Smolander, A. 2018. How do logging residues of different tree species affect soil N cycling after final felling? For. Ecol. Manage. 427, 182- 189.

[2] Lindroos AJ, Tamminen P, Heikkinen J, Ilvesniemi H (2016) Effect of clearcutting and the amount of logging residue on chemical composition of percolation water in spruce stands on glaciofluvial sandy soils in Southern Finland. Bor. Environ. Res. 21, 134–148

Maanmuokkauksen vaikutus vesitalouteen ja ravinteiden huuhtoutumiseen

Raimo Sutinen¹ ja Pekka Hänninen²

¹ Geologian tutkimuskeskus, Lähteentie 2, 96400 Rovaniemi, raimo.sutinen@gtk.fi

² Geologian tutkimuskeskus, Betonimiehenkuja 4, 02150 Espoo, pekka.hanninen@elisanet.fi

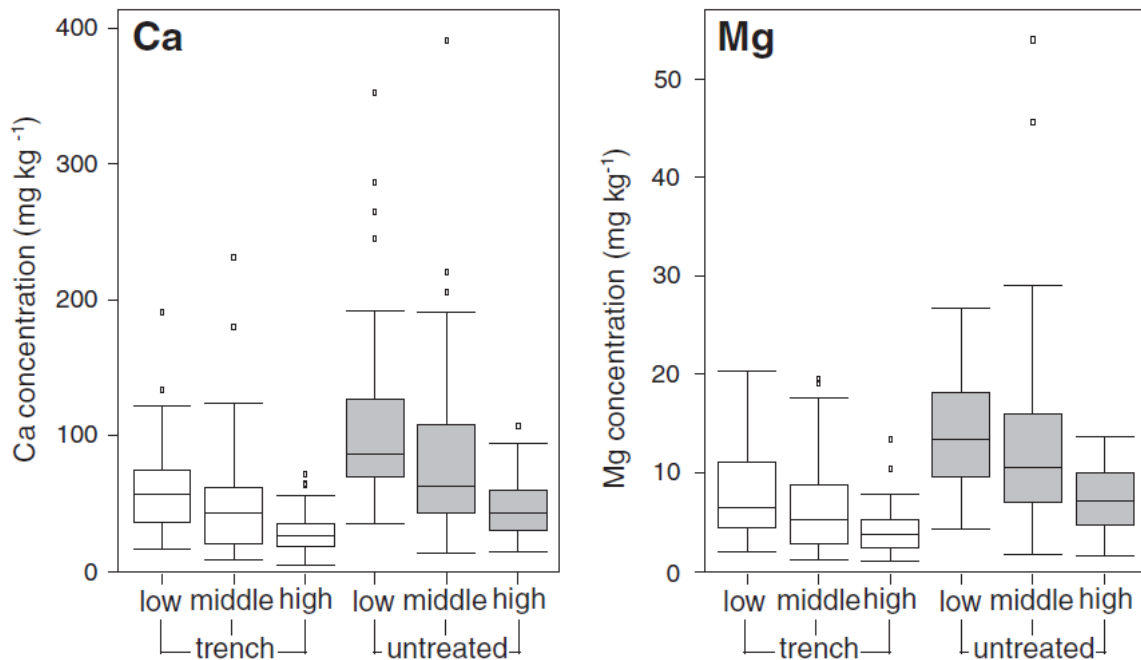
Hakkuun jälkeisiä maanmuokkauksia on perusteltu sillä, että ne luovat istutettaville taimille otolliset ravinne-, vesi- ja lämpöolot. Kuitenkaan, näitä ei ole tarkasteltu puulajien kasvupaikkavaatimusten suhteen eikä maan fysikaalisten ja/tai kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Tässä työssä selvitettiin eri aurausten – palle- (Outaperttunen, Kittilä [1]), piennar- (Äältövittikko, Sodankylä [1]) ja lautasauraus (Tuntsa, Salla [2]) sekä laikutuksen (Järvijoki, Sodankylä [3]) ja ojitusmätästyksen (Moskuvaara, Sodankylä [3]) vaikutus maaperään. Kohteet olivat entisiin HMT-kuusikoihin tehtyjä moreenimaiden muokkauksia.

Automaattisen seurantamittausten (asemaparit metsässä sekä avohakatussa ja muokatussa kuviossa 2008-2014 [3]) perusteella Järvijoella Bräcke-laikutetulla alalla vesipitoisuus nousi hakkuun jälkeisenä jaksona (2012-2014, 200 l/m³) verrattuna hakkuuta (2011, 206 l/m³) edeltäneeseen tilanteeseen (2008-2010 196 l/m³). Kontrolliasemalla vesipitoisuus ei muuttunut koko seuranta-aikana (2008-2014). Kasvukauden pituus (maan lämpötila >3.2°C) lyheni sekä laikutetulla alalla (23-25 viikosta 21-23 viikkoon) että hakkaamattomalla alalla (25-26 viikosta 23-25 viikkoon).

Moskuvaarassa ojitusmätästyksellä (2011-2014, 245 l/m³) ei saatu muutosta vesipitoisuuteen hakkuuta (2010, 241 l/m³) edeltäneeseen (2008-2009 242 l/m³) tilanteeseen. Sen sijaan maa kuivui hakkaamattomalla kuviolla (2011-2014, 321 l/m³), (2010, 308 l/m³) ja (2011-2014, 308 l/m³). Kasvukauden pituudet (maan lämpötila >3.2°C) lyhenivät molemmissa tapauksissa: hakkaamaton 24-26 viikosta 23-24 viikkoon ja hakattu/ojitusmätästetty 22-25 viikosta 22-24 viikkoon.

Sallan Tuntsalla vuoden 1960 palo sekä sen jälkeinen nokisavotta ja rinteensuuntainen lautasauraus muuttivat talvisia tuulioloja ja saivat aikaan ravinteiden huuhtoutumisen [2,4]. Kaikilla korkeustasoilla (358, 400 ja 420 m mpy) lautasaurauksessa maan sähkönjohtavuus EC, Ca:Al, Ca ja Mg olivat pienemmät kuin auraamattomalla rinteellä siten, että 46:n vuoden jälkeen muutos oli merkittävä: Ca (-40 %), Mg (-51 %), Ca:Al suhde (-57 %) ja EC (-53 %) [2; Kuva 1]. Vaikka Tuntsalle jäi kuusikko-palorefugioita, kuusen luontainen uudistuminen ei ole onnistunut auratuille tunturirinteille. Iso Rakitsainen Tuntsalla ennen 1960 paloa oli lakiosiaan myöten kuusen peittämä, nyt alue on tundraantunut. Vastaavasti Venäjän puoleisella paloalueelle ei aurattu – siellä kasvaa metsä.

Sekä Kittilän Outaperttusessa (palleauraus) että Sodankylän Äältövittikossa (piennarauraus) ravinnehuuhtouma oli merkittävä [1]. CART-analyysi erotteli maakemian 74.7% oikein ja merkittävimmät elementit olivat C, Mg, Na, Mn, Ca, Ba, Al, Fe ja N. Palleaurauksessa muutokset olivat: Al (-49%), Ca (-46%), S (-51%), C (-67%) ja N (-57%). Piennaraurauksessa vastaavat luvut olivat Al (-31%), Ca (-34%), K (-30%), Mg (-56%), Na (-32%), P (-22%), S (-32%) ja N (-37%).



Kuva 1. Ca:n ja Mg:n konsentraation Tuntsalla Iso Rakitsaisen eri korkeustasoilla (358, 400 ja 420 m mpy) lautasaurauksessa ja koskemattomassa moreenissa [2].

Kirjallisuus

- [1] Sutinen, R., Gustavsson, N., Hänninen, P., Middleton, M., Räisänen, M.L. 2018. Impact of mechanical site preparation on soil properties at clear-cut Norway spruce sites on mafic rocks of the Lapland Greenstone Belt. *Soil & Tillage Research*
<https://doi.org/10.1016/j.still.2018.10.013>.
- [2] Närhi, P., Gustavsson, N., Sutinen, M-L., Mikkola, K., Sutinen, R. 2013. Long-term effect of site preparation on soil quality in Tuntsa, Finnish Lapland. *Geoderma* 192, 1-6.
- [3] Liwata, P., Hänninen, P., Okkonen, J., Sutinen, R., 2014. Time-stability of soil water through boreal (60-68°N) gradient. *Journal of Hydrology* 519, 1584-1593.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.009>
- [4] Vajda, A., Venäläinen, A., Hänninen, P., Sutinen, R., 2006. Effect of vegetation on snow cover at the northern timbeline: a case study in Finnish Lapland. *Silva Fennica* 40(2), 195-207.

Ilmaston ja maankäytön muutosten vaikutukset jokivesien laatuun Suomessa

Effects of climate and land use change on water quality in Finnish rivers

Katri Rankinen¹, José Enrique Cano Bernal¹ ja Pirkko Kortelainen¹

¹Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki

Abstrakti

In Finland rivers and coastal waters need attention in improving their ecological state. Browning of surface is also observed in Boreal region. We estimated long-term trends in total nitrogen, total phosphorus and total organic carbon concentrations in 18 Finnish rivers. In addition we calculated fluxes to the Baltic Sea. We found decrease in total phosphorus concentration and clear increase in total organic carbon concentration since 1985. Also total nitrogen concentration showed rather increasing than decreasing trend. Air temperature has increased by 2 °C, but we did not find any clear change in precipitation. Increase in carbon concentration was best explained by increase in temperature and changes in land use on organic soil types (forest ditching, field on organic soils). Agricultural mitigation measures and agricultural land use had more influence on nutrient concentration than on total organic carbon concentration.

Boreaalisen rahkasuon vesi- ja ruoppapinnoilta kuplimalla vapautuvat metaanipäästöt

Multiyear ebullition measurements from water and bare peat surfaces of a patterned boreal bog

Elisa Männistö¹, Aino Korrensalo¹, Pavel Alekseychik², Ivan Mammarella², Olli Peltola², Timo Vesala^{2,3} ja Eeva-Stiina Tuittila¹

¹ Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu

² Ilmakehätieteiden keskus INAR/Fysiikan osasto, Helsingin yliopisto, PL 68, 00014 Helsinki

³ Ilmakehätieteiden keskus INAR/Metsätieteiden osasto, Helsingin yliopisto, PL 27, 00014 Helsinki

Abstrakti

Tutkimme soilta kuplimalla vapautuvan metaanin määrän ajallista ja paikallista vaihtelua Etelä-Suomessa sijaitsevalla Siikanevalla (61°50'N, 24°12'E) kolmena peräkkäisenä kasvukautena 2014–2016. Tavoitteenamme oli määrittää, kuinka paljon metaania vapautuu kuplimalla suon märiltä pinnoilta kasvukauden aikana, ja mitkä ympäristötekijät säätelevät kuplintaa. Oletuksena oli, että kuplia vapautuu enemmän ilmanpaineen ja vedenpinnan laskiessa sekä lämpötilan noustessa. Tavoitteena oli myös arvioida, kuinka suuri osuus kuplimalla vapautuvalla metaanilla on koko suoekosysteemin metaanipäästöstä.

Mittasimme rahkasuon avovesi- (W) ja ruoppapinnoilta (BP) vapautuvia metaanikuplia kelluvilla ja paljaaseen turpeeseen asetetuilla kaasunkeräyssuppiloilla, joihin kertyneen kaasun tilavuus mitattiin kerran viikossa. Suolta vapautuvien kaasukuplien metaani- ja hiilidioksidipitoisuudet määritettiin erikseen kunkin kasvukauden aikana kerätyistä tuoreista kuplanäytteistä. Lisäksi tutkimusalueen metaanivuota mitattiin eddy covariance (EC) – menetelmällä läpi koko tutkimusjakson, sekä kammiomenetelmällä vuonna 2014 [1].

Metaanikuplia vapautui enemmän vesi- kuin ruoppapinnoilta, minkä lisäksi kuplia vapautui enemmän suolampien keskeltä (OW) kuin niiden reunasta (EW). Keskimäärin enemmän kuplia mitattiin tutkimusjakson märimpänä vuotena 2016 (Taulukko 1).

Taulukko 1. Viikoittain mitattu kuplimalla vapautuvan metaanin määrä ($\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$). Mittausten keskiarvo (ka), pienin arvo (min) ja suurin arvo (max) on annettu erikseen ruoppapinnoilta (BP), suolampien reunoilta (EW) ja suolampien keskeltä (OW) vapautuneille kuplille.

	BP			WE			WO			Kaikki		
	ka	min	max	ka	min	max	ka	min	max	ka	min	max
2014	3	0	74	19	0	242	30	0	253	18	0	253
2015	6	0	85	21	0	111	21	0	147	16	0	147
2016	24	0	99	37	0	137	47	0	186	34	0	186

Vapautuvien kuplien määrä kasvoi turpeen lämpötilan noustessa ja vedenpinnan laskiessa. Kuplia vapautui myös sitä enemmän, mitä enemmän ilmanpaine kasvoi kuplien mittaussuorituksen aikana ja mitä suurempi oli mittaussuorituksen lämpösusma. Vesipinnoilta vapautuvien kuplien metaanipitoisuus oli 15 – 20-kertainen ja ruoppapinnoilta vapautuvien kuplien metaanipitoisuus noin kymmenkertainen hiilidioksidipitoisuuteen nähden.

Kuplimalla vapautuvat metaanivuot skaalattiin koko ekosysteemin tasolle kasvukauden huipun aikaan kesäkuusta elokuulle, ja niitä verrattiin vastaaviin EC-menetelmällä sekä

ekosysteemitasolle skaalattuihin kammiomenetelmällä mitattuihin metaanivoihin [1]. Kullakin menetelmällä mitatuissa metaanivoissa oli nähtävissä sama kasvukauden aikainen kehitys metaanivuon kasvaessa kesän alusta kasvukauden huippuun asti ja lasiessa syksyllä. Kuplimalla vapautuva metaanivuo osoittautui muodostavan vain pienen osan suon kokonaisvuosta: se kattoi vain 2–8 % EC-menetelmällä mitatuista arvoista ja 2–5 % kuplien ja kammiomenetelmällä mitattujen metaanivoiden yhteenlasketuista arvoista.

Kirjallisuus

[1] Korrensalo, A., Männistö, E., Alekseychik, P., Mammarella, I., Vesala, T. and Tuittila, E.-S. 2018. Small spatial variability in methane emission measured from a wet patterned boreal bog. *Biogeosciences* 15: 1749–1761.

Nitrous acid (HONO) emission from Northern agricultural soil

Hem Raj Bhattarai^{1*}, Perttu Virkajärvi², Pasi Yli-Pirilä¹, Marja Maljanen¹

¹ University of Eastern Finland, Department of Environmental and Biological Sciences, P.O. Box 1627, 70211 Kuopio, Finland

² LUKE Natural Resource Institute Finland, Halontie 31 A, FI- 71750 Maaninka, Finland

*corresponding author, Email: hemb@uef.fi

Introduction

Agricultural soils are important sources of nitrogen (N) gases; nitrous oxide (N₂O) and nitric oxide (NO). Apart from these N gases, soils also can be an important source of reactive nitrous acid (HONO) gas. It has been found only recently that the presence of soil nitrite (NO₂⁻) is closely linked to HONO formation in soils [1] regardless of its origin; via nitrification or denitrification. HONO is an important source of hydroxyl radical (OH) to the atmosphere contributing up to ~ 55 % daytime production [2] and thereby increasing the oxidative potential of the atmosphere where it lowers the lifetime of organic compounds (VOCs) and also atmospheric methane (CH₄) concentration [3]. In our experiment, we hypothesize that agricultural soil receiving N fertilizer will increase HONO emission because the availability of soil NO₂⁻ will also increase with increasing N source.

Methods

Our experiment was conducted on agricultural soil growing grass (*Phleum pratense L.*) with C:N ratio of 9.0 and organic matter content 2.7 %. Three annual fertilization (NH₄NO₃) levels; 0, 250 and 450 kg N ha⁻¹ y⁻¹ were established and intact soil cores for the gas flux measurements were collected four times during the growing season of 2016. The gas concentrations of HONO and NO were measured with long path absorption photometer (LOPAP) (a commercial HONO analyzer, QUMA Elektronik & Analytik GmbH, Germany) and NO_x analyzer (42i NO-NO₂-NO_x chemiluminescent) respectively with dynamic chamber system. The N₂O flux was measured with a static chamber system and gas concentration was analyzed with a gas chromatograph (Agilent 7890B, Agilent Technologies, USA) equipped with an autosampler. The fluxes of all gases (HONO, NO, and N₂O) were measured in the laboratory immediately after sampling and soil physical properties were analyzed from the respective cores after the gas flux measurement.

Result and discussions

Our results show that N₂O and NO emissions rates increased with the increasing N level. Also, the HONO emissions were detected from all treatments and the emission rate was significantly increased during one sampling day with the highest measured concentration of NO₂⁻ in plots receiving 450 kg N ha⁻¹ y⁻¹. Thus, our study suggests that northern N-fertilized agricultural soils have the potential to release HONO to the atmosphere and thus can influence the atmospheric chemistry. Moreover, our finding also suggests that more measurement frequency is needed to estimate the precise loss of added fertilizer as HONO from the agricultural field.

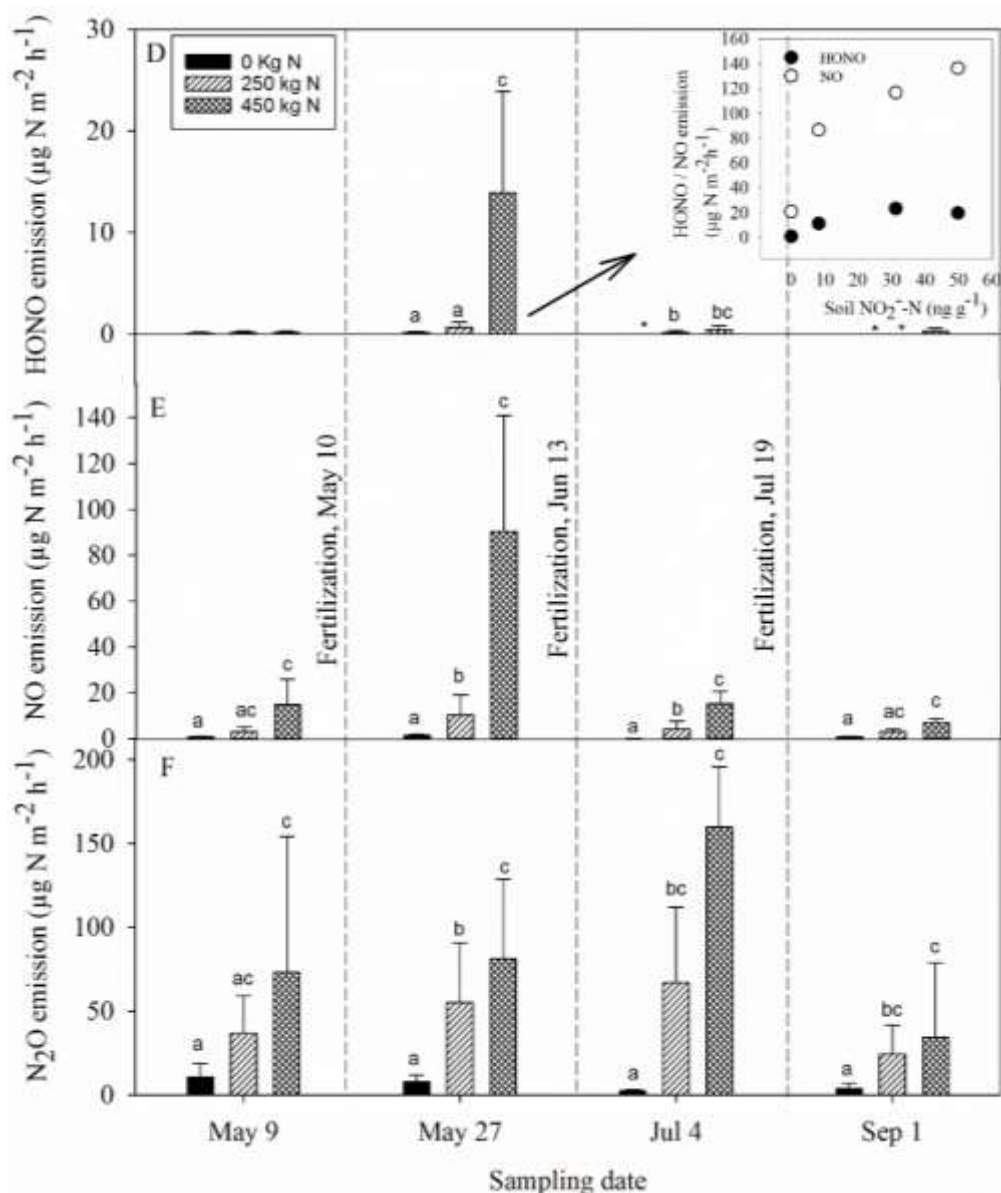


Figure 1. Gaseous emission rates of HONO (D), NO (E) and N₂O (F) from plots receiving 0, 250 and 450 kg N ha⁻¹y⁻¹. The correlation between soil NO₂⁻-N concentration with HONO ($R^2 = 0.72$) and NO ($R^2 = 0.82$) from four replicates in 450N plots on May 27 is shown in the inserted figure pointed with arrow. The error bar (S.D, n = 4) with different letter are statistically significant between the treatments for N₂O and NO (Mixed Model AOVA, $P < 0.05$) and HONO (Kruskal-Wallis Test, $P < 0.05$). Absence of letter indicates the difference is not significant. *Emissions rates below the detection limit of LOPAP ($< 0.01 \mu\text{g N m}^{-2} \text{h}^{-1}$).

References

- [2] Elshorbany, Y.F., Kurtenbach, R., Wiesen, P., Lissi, E., Rubio, M., Villena, G., Gramsch, E., Rickard, A.R., Pilling, M.J., Kleffmann, J., 2009. Oxidation capacity of the city air of Santiago, Chile. *Atmospheric Chemistry and Physics* 9, 2257–2273.
- [3] Lelieveld, J., Dentener, F.J., Peters, W., Krol, M.C., 2004. On the role of hydroxyl radicals in the self-cleansing capacity of the troposphere. *Atmospheric Chemistry and Physics* 4, 2337–2344.
- [1] Su, H., Cheng, Y., Oswald, R., Behrendt, T., Trebs, I., Meixner, F.X., Andreae, M.O., Cheng, P., Zhang, Y., Poschl, U., 2011. Soil Nitrite as a Source of Atmospheric HONO and OH Radicals. *Science* 333, 1616–1618.

Hiili ja ravinteet järvestä metsämaahan – tekopohjaveden muodostamisen biogeokemialliset hyödyt ja haitat?

Carbon and nutrients from lake to forest soil – biogeochemical benefits and costs of artificial groundwater recharge?

Heljä-Sisko Helmisaari¹, Lilli Kaarakka¹, Leila Korpela², Antti-Jussi Lindroos², Tiina Nieminen², Pekka Nöjd² ja Aino Smolander²

¹ Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto, PL 27, 00014 Helsinki

² Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Tekopohjaveden muodostamisen tavoitteena on tuottaa luonnollisen kaltaista pohjavettä imeyttämällä vesistöistä pumpattua pintavettä maaperään allas- tai kaivoimeytyksen tai maanpinnalle tehtävän sadetuksen avulla. Tekopohjavettä on muodostettu Suomessa jo kymmeniä vuosia pääasiassa perinteisellä allasimeytyksellä. Sadetusimeytystä käyttävät muutamat vesilaitokset (esim. Hämeenlinna ja Jyväskylä), ja Tampereen seudun lupaprosessi on kesken.

Maamme pintavedet ovat yleensä humuspitoisia. Humus aiheuttaa veteen hajua ja makua ja lisää mikrobien kasvua vesijohtoverkostossa. Lisäksi klooridesinfioinnin yhteydessä orgaanisesta aineesta voi muodostua karsinogeenisiä ja mutageenisia yhdisteitä. Pintavesilaitoksilla orgaaninen aine poistetaan yleensä saostamalla kemikaalien avulla ja sen jälkeen suodattamalla. Tekopohjavettä muodostettaessa harjumaaperä toimii orgaanisen aineen suodattimena. Tekopohjaveden tärkeimpänä etuna pintavedeen verrattuna onkin vähäisempi kemikaalien käytön tarve.

Sadetus- ja allasimeytyksen biogeokemiaa tutkittiin laajassa hankkeessa vuosina 1998-2003 [1]. Luontainen pohjavesi muodostuu sadevedestä, tekopohjavesi taas järvi- tai jokivedestä. Sadevesi ja imeytettävä järvivesi ovat ainekoostumukseltaan ja määrältään täysin erilaisia, ja siksi niiden vaikutukset maaperään, kasvillisuuteen ja luontaiseen pohjaveteen ovat myös hyvin erilaisia. Järvivedessä on korkeampi pH ja paljon enemmän orgaanista hiiltä (humusaineita) ja ravinteita kuin sadevedessä. Imeytysmäärät samalle alueelle ovat jopa tuhatkertaisia luontaiseen sadantaan verrattuna.

Humusaineet ovat järvivedessä orgaanisena hiilenä, josta valtaosa on liukoista orgaanista hiiltä. pääosin heikosti hajoavia humusyhdisteitä. Järviveden liukoinen orgaaninen hiili ei juurikaan pidä pystysuorassa virtauksessa vaan kulkeutuu imeytyksessä pohjavesikerrokseen, jossa sen pitoisuus vähitellen vähenee veden virratessa imeytysalueelta kaivoille. Niinpä imeytysalueiden alla tekopohjavesi sisältää vielä ne humusaineet, joita imeytetyssä pintavedessä on [2,3]. Esimerkiksi Ahveniston harjulla imeytetystä järvivedestä jäi pohjavesivyöhykkeen maaperään yli 10 tonnia humusaineita (orgaanista hiiltä) vuodessa [2]. Adsorptio eli pidättyminen maapartikkeleihin pohjavesivyöhykkeessä vähitellen virtausmatkan aikana on tärkein tapa, jolla tekopohjaveden orgaanisen hiilen määrä vähenee. Suomessa erilaisilla tekopohjavesilaitoksilla orgaanisen hiilen pitoisuuden riittävä väheneminen (alle 2 mg:aan litrassa vettä) vaati 160-1300 metrin virtausmatkan - ja tarvittava matka ja siihen kuluva aika riippuu pohjavesivyöhykkeen maaperän rakenteesta [3].

Sadetusimeytyksessä vältytään allasrakenteiden vaatimilta maansiirtotöiltä kun imeytys tehdään metsässä, jossa puusto, aluskasvillisuus, pintamaan orgaaninen kerros ja koko maannosvyöhyke ovat jäljellä. Toisaalta sadetus muuttaa maaperää kemiallisesti vähentämällä metsämaan happamuusarvoa ja kohottamalla ravinteisuutta [4] sekä muuttamalla kasvillisuuden lajistoltaan [5,6]. Sadetusimeytysalueiden runsastuva yksivuotinen heinä- ja

ruohokasvillisuus tuottaa runsaasti myös uutta orgaanista ainetta maaperän pintakerrokseen millä voi pitemmällä ajalla olla tukkeuttava vaikutus imeytystauoista huolimatta.

Sadetuksen pitkäaikaisvaikutuksista (yli 10 vuotta imeytyksestä) on nyt uutta tutkimustietoa. Helsingin yliopisto yhdessä Luonnonvarakeskuksen kanssa tutki vuosina 2013-2017 Vuonteenharjun tekopohjavesilaitoksen kasvillisuuden ja maaperän toipumista järvivedellä tapahtuneesta imeytyksestä, jota tehtiin tutkituilla alueilla vuosina 1999-2001. Tutkimusten tieteellinen raportti on lähetetty julkaistavaksi [6].

Tulosten perusteella imeytysalueiden maaperä ja kasvillisuus ei toipunut järviveden imeytyksestä yli 12 vuoden aikana. Tämä aika ei ole riittänyt entisten sadetusimeytysalueiden palautumiseen sadetusta edeltäneeseen tilaan, vaan alueiden maaperä ja kasvillisuus on edelleen biogeokemialtaan ja lajikoostumukseltaan vahvasti muuttunut. Maaperän orgaanisen kerroksen pH oli yli 12 vuotta imeytyksen päättymisen jälkeen vielä huomattavasti korkeampi imeytysaloilla imeyttämättömiin vertailualoihin verrattuna ja typen mineralisaatio oli yli kymmenkertaista sadettamattomaan alueeseen nähden. Maaperän muuttuneen kemiallisen tilan takia myöskään aluskasvillisuus ei ollut palautunut imeytystä edeltäneeseen tilaan tai imeyttämättömien alueiden kaltaiseksi. Herkät lajit, kuten jäkälät puuttuivat alueelta kokonaan. Näiden muutosten vuoksi menetelmä ei sovellu suojelluille tai mieluiten luonnontilaisina säilytettäville alueille.

Tekopohjavesilaitos on yhteiskunnalta suuri investointi, minkä vuoksi se suunnitellaan pitkäaikaista käyttöä varten. Toimivien laitosten pitkän ajan tutkimustietoa tulisikin hyödyntää uusien laitosten suunnittelussa ja ongelmien ennakoinnissa sekä itse lupapäätöksissä.

Kirjallisuus

- [1] Helmisaari, H-S., Illmer, K., Hatva, T., Lindroos, A-J., Miettinen, I., Pääkkönen, J. & Reijonen, R. (toim.). 2003. Tekopohjaveden muodostaminen: imeytystekniikka, maaperä-prosessit ja veden laatu. TEMU-tutkimushankkeen loppuraportti. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 902. 219 s.
- [2] Lindroos, A-J., Kitunen, V., Derome, J. and Helmisaari, H-S. 2002. Changes in dissolved organic carbon during artificial recharge of groundwater in a forested esker in Southern Finland. *Water Research* 36: 4951-4958.
- [3] Helmisaari, H.-S., Illmer, K., Derome, J., Hatva, T., Kitunen, V., Lindroos, A.-J., Miettinen, I., Pääkkönen, J. & Reijonen R. 2006. Artificial recharge in Finland through basin and sprinkling infiltration: soil processes, retention time and water quality. *Unesco IHP-VI, Series on Groundwater* 13: 280-285.
- [4] Derome, J., Lindroos, A-J. & Helmisaari, H-S. 2006. Effect of sprinkling infiltration on soil acidity and fertility properties on a forested esker in Central Finland. *Unesco IHP-VI, Series on Groundwater* 13: 264-268.
- [5] Nöjd, P., Lindroos, A-J., Smolander, A., Derome, J., Lumme, I. & Helmisaari, H-S. 2009. Artificial recharge of groundwater through sprinkling infiltration: impacts on forest soil and the nutrient status and growth of Scots pine. *Science of the Total Environment* (407)(10): 3365-3371.
- [6] Kaarakka, L., Smolander, A., Lindroos, A-J., Nöjd, P., Korpela, L., Nieminen, T.M. and Helmisaari, H-S. 2018. Sprinkling infiltration as an artificial groundwater recharge method – long-term effects on boreal forest soil, tree growth and understory vegetation. Submitted.

Biohiilen, kompostin ja kuitusaven käyttäminen osana kaivannaisjätteiden peittoratkaisuja

Potential of biochar, compost and fiber clay as a growth medium layer for the cover system of mine tailings

Juha Heiskanen¹ ja Marleena Hagner²

¹ Luonnonvarakeskus, Neulaniementie 5, 70200 Kuopio

² Luonnonvarakeskus, Tietotie 2, 31600 Jokioinen

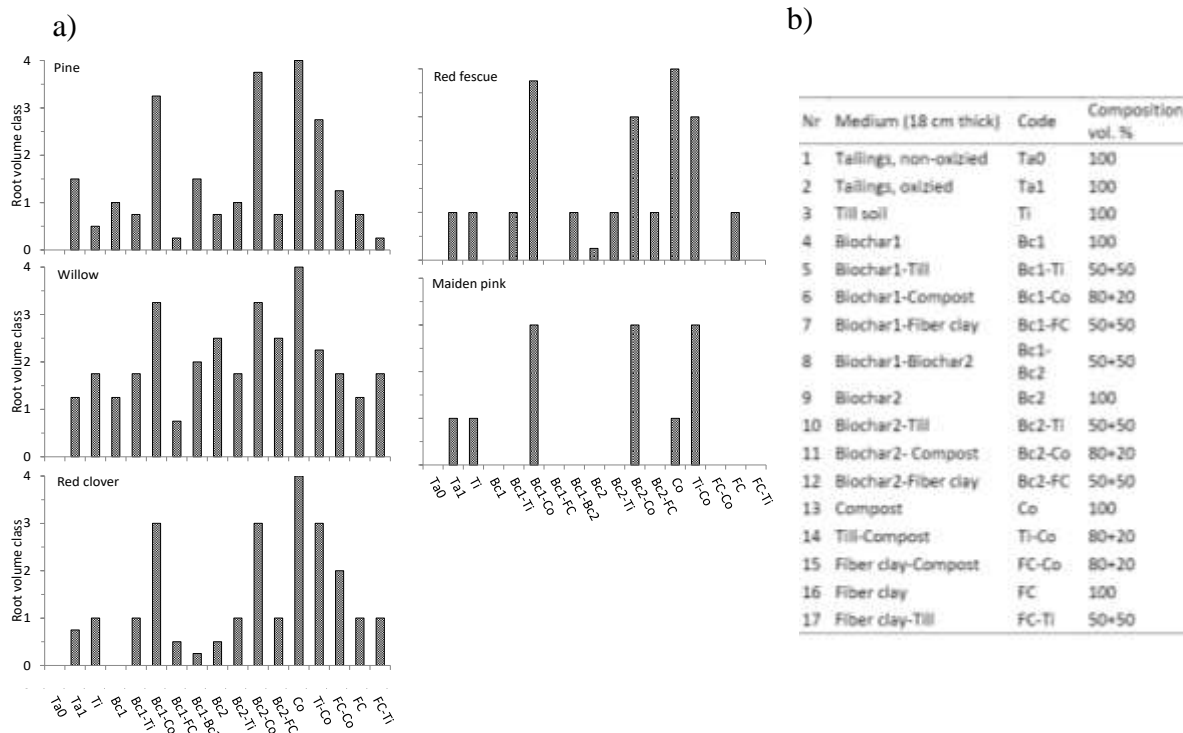
Abstrakti

Kotitalouksien, energiatuotannon ja muun teollisuuden jatkuvasti kasvavan sivutuotevirran kierrättäminen on tulevaisuudessa yhä tärkeämpää. Monia kierrätykseen sopivia orgaanisia ylijäämämateriaaleja käytetään enenevässä määrin maanrakennustöissä ja maanparannuksessa. Kaivostoiminnan merkittävimmät ja pitkäkestoisimmat ympäristövaikutukset liittyvät kaivannaisjätteiden, erityisesti sulfidipitoisten rikastushiekkojen ja sivukivien läjitykseen ja niistä syntyviin happamiin ja metallipitoisiin suotovesiin. Kaivannaisjätteiden tehokkaiden peitto- tai maisemointiratkaisujen löytäminen pohjoisia olosuhteita varten vaatii kehittämistä. Erityisesti soveltuvien peittomateriaalien löytäminen ja hyödyntäminen, sekä viherrytysratkaisut vaativat taustaksi uusia testattuja ja toimivia käytäntöjä ennen toteuttamista. Biopeitto -projektin yhtenä tavoitteena on testata puupohjaista biohiiltä ja selluteollisuuden sivuvirtana syntyvää kuitusavea osana kaivannaisjätealueiden eri peittoratkaisuja. Tähtäimessä on parantaa kuivapeiton pitkäaikaista kestävyyttä, stabiilisuutta ja viherryttämistä sekä estää eroosiota ja parantaa peiton vesitaloutta, hiili- ja ravinnetasapainoa. Tutkimusta biohiilen ja kuitusaven toimivuudesta kaivosalueiden sulkuratkaisuissa erityisesti pohjoisissa olosuhteissa on niukasti.

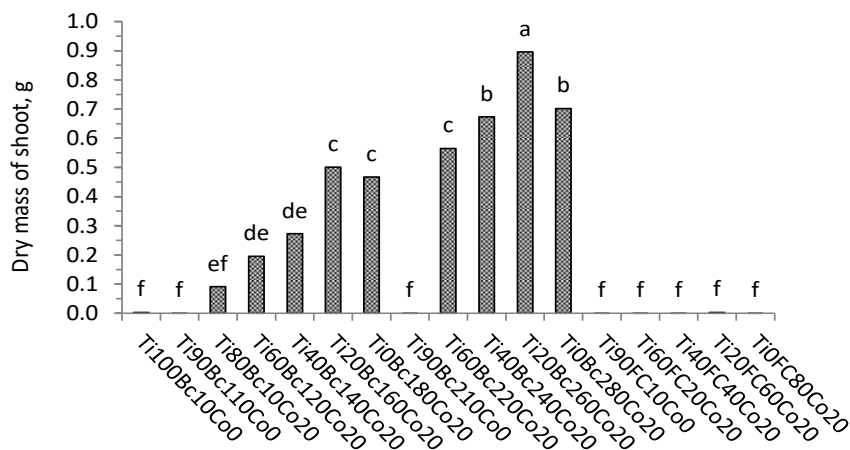
Selvitimme yhden kasvukauden ajan kestäneessä kasvihuonekokeessa kahden erilaisen biohiilen (kuusi ja koivu), kuitusaven, kompostin, moreenin ja Rautuvaaran kaivosalueen rikastushiekan (hapettunut ja hapettumaton) fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia sekä niistä eri suhteissa sekoitettujen kasvualustojen käyttökelpoisuutta kaivosalueen viherryttämisen sulkuratkaisuissa. Samalla etsittiin alueiden viherryttämiseen sopivia kasvilajeja. Testattavina koekasveina olivat kuusi, paju, puna-apila, punanata ja ketoneilikka. Ensimmäisen kokeen tulosten perusteella tehtiin toinen kasvihuonekoe, jossa selvitettiin sopivaa biohiiliä ja kompostilisäysmäärää kasvien kannalta toimivimman peittorakenteen löytämiseksi.

Testattavien kasvualustojen fysikaalisen ja kemialliset ominaisuudet vaihtelivat suuresti. Rikastushiekka sisälsi suuria määriä alkuaineita kuten Ca, Mg, Fe, S, Cr ja Ni. Hapettuneessa rikastushiekassa myös Cd ja As pitoisuudet olivat korkeita. Hapettumattoman rikastushiekan metalli- ja suolapitoisuudet, sähkönjohtokyky sekä tiivis rakenne estivät kasvien kasvun lähes kokonaan. Kasvien kasvu oli heikkoa myös kuitusavessa, joka oli rakenteeltaan karkeaa ja kuivaa. Parhaiten kasvit kasvoivat puhtaassa kompostissa. Kasvien kasvu oli kaikissa ilman kompostia toteutetuissa kasvualustoissa heikkoa johtuen typenpuutteesta. Kasvu erosi merkittävästi myös biohiiltä sisältävissä kasvualustoissa. Koivubiohiiltä sisältävässä kasvualustassa kasvu oli heikompaa kuin kuusipohjaista biohiiltä sisältävässä kasvualustassa; todennäköisesti ero johtui testatun koivuhiilen karkeammasta rakenteesta ja siitä johtuen heikommasta vedenpidätyskyvystä. Kasvilajeista kuusen taimet kasvoivat parhaiten kaikissa kasvualustoissa, muiden kasvien menestys laski järjestyksessä: paju > punanata > puna-apila > ketoneilikka. Moreeni, johon on lisätty partikkelikooltaan pientä biohiiltä sekä kompostia tai muuta typen lähdettä sopii hyvin kasvualustaksi kaivosalueita viherrytettäessä. Testattavista kasveista taimista istutetut kuuset, pajun pistokkaat sekä puna-apila soveltuivat parhaiten

peittoratkaisuun käytettäväksi. Punanadan kasvu parani biohiilimäärän lisääntyessä välillä 10 – 60 %.



Kuva 1. a) Erilaisissa kasvualustoissa kasvukauden ajan kasvaneiden kasvien juurten määrä (luokat 0-4, 0=ei kasvua) ja b) kasvualustojen koostumus. Ta0 = hapettumaton rikastushiekka (harmaa rikastushiekka yli 30 cm syvyydeltä), Ta1 = hapettunut rikastushiekka (ruskea pintakerros), Ti = moreeni, Bc1 = koivubiohiili, Bc2 = kuusibiohiili, Co = komposti ja FC = kuitusavi.



Kuva 2. Punanadan maanpäällinen biomassa (keskiarvo) erilaisissa kasvualustoissa kasvihuonekokeessa 2. Ti = moreeni, Bc1 = koivubiohiili, Bc2 = kuusibiohiili, Co = komposti, FC = kuitusavi. Esimerkiksi kasvualusta, joka merkitty Ti40Bc140Co20 sisältää moreenia 40 %, koivubiohiiltä 40 % ja kompostia 20 %. Sama kirjain pylvään päällä = ei merkitsevää tilastollista eroa (LSD testi, $p < 0.05$).

Mikromuovit maaperässä – synteettisten kuitujen kulkeutuminen ja vaikutukset maaperäeläimiin

Microplastics in soil – the accumulation and effects of synthetic fibers in soil fauna

Salla Selonen^{1,2}, Lidia Parramon Dolcet², Anita Jemec Kokalj³, Andraž Dolar³, Raisa Turja¹, Cornelis A.M. van Gestel²

¹ Suomen ympäristökeskus (SYKE), Ultramariinikuja 4, 00430 Helsinki, Finland

² Department of Ecological Science, Faculty of Science, Vrije Universiteit, De Boelelaan 1085, 1081 HV Amsterdam, The Netherlands

³ Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Večna pot 111, 1000 Ljubljana, Slovenia

Johdanto

Muovin tuotanto on kasvanut viime vuosikymmeninä räjähdysmäisesti, ylittäen vuotuisesti yli 300 miljoonaa tonnia [1]. Tämä valtava määrä keinotekoista, huonosti hajoavaa materiaalia tuottaa ympäristöongelmia, jotka suurelta osin ovat vielä tuntemattomia. Viime aikoina huomio on kiinnittynyt erityisesti pieniin muovihiukkasiin, mikromuoveihin, joita katsotaan olevan kaikki halkaisijaltaan alle 5 mm kokoiset muovihiukkaset [2]. Pienen kokonsa vuoksi mikromuovit voivat päätyä eläinten nielemiksi, ja meriympäristössä niiden on todettu siirtyvän ravintoverkossa ylemmille tasoille [3]. Mikromuovien on jo maailmanlaajuisesti arvioitu olevan uhka meriympäristölle, kun taas niiden mahdollisiin vaikutuksiin maaperässä on vasta äskettäin havahduttu [4,5].

Jätevesilietteen on arvioitu olevan yksi merkittävimmistä maaperän mikromuovilähteistä [6]. Suomalaisessa jätevedenpuhdistamossa 99 % mikromuoveista havaittiin poistuvan jätevedestä puhdistusprosessissa. Näistä hiukkasista 80 % päätyi jätevesilietteeseen ja loput palautui takaisin prosessiin [7]. Valtaosa jäteveden mikroroskasta oli erilaisia kuituja, ja synteettisistä kuiduista yleisin oli polyesteri (33 % kaikista kuiduista). Suomen jätevedenpuhdistamoilla syntyy vuosittain noin 150 000 kuiva-ainetonnin puhdistamolietettä, josta noin 90 % päätyy maanparannusaineeksi viherrakentamiseen ja maatalouteen [8]. On arvioitu, että Euroopassa 63 000 – 430 000 tonnia mikromuoveja joutuu vuosittain jätevesilietteen kautta maatalousmaahan [6]. Vaikka maaperään päätyy jätevesilietteen kautta valtava määrä synteettisiä kuituja, niiden vaikutuksia maaperäeläimiin ei vielä tiedetä. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin polyesterikuitujen (polyeteenitereftalaatti, PET) kulkeutumista ja vaikutuksia maaperäeläimiin.

Menetelmät

Lieroja (*Eisenia andrei*), änkyrimatoja (*Enchytraeus crypticus*), hyppyhäntäisiä (*Folsomia candida*) ja siiroja (*Porcellio scaber*) altistettiin polyesterikuiduille 20 °C lämpötilassa 16:8 valo:pimeä –valosyklissä kolmen (änkyrimadot) tai neljän (liero, hyppyhäntäinen, siira) viikon ajan. Lierotesti jatkui aikuisten lierojen altistuksesta poistamisen jälkeen vielä neljä viikkoa, jonka jälkeen laskettiin poikastuotto. Testimaana käytettiin Lufa 2.2 (LUFAspeyer) – standarditestimaata. Testimaihin sekoitettiin polyesterikuituja 0 % (kontrolli), 0,02 %, 0,06 %, 0,17 %, 0,5 % ja 1,5 % pitoisuuksina kuivamassaa kohti neljänä (liero) tai viitenä (muut lajit) rinnakkaisena käsittelynä. Änkyrimato-, hyppyhäntäis- ja siiratestit toteutettiin kahdella eri testimateriaalilla: pitkällä kuiduilla sekä lyhyillä kuiduilla, jotka molemmat oli valmistettu samasta materiaalista. Pitkien kuitujen pituus vaihteli välillä 730 – 11 450 µm ja lyhyiden kuitujen välillä 15 – 1 290 µm (alustava arvio). Lyhyillä kuiduilla tehtiin lisäksi testit, joissa kuidut sekoitettiin maan sijasta ravintoon. Lieroja altistettiin kuiduille ainoastaan ravinnon kautta. Näiden kuitujen pituus vaihteli välillä 400 – 10 580 µm. Tutkittavina vasteina olivat selviytyminen (kaikki testit), lisääntyminen (liero, änkyrimato, hyppyhäntäinen), kasvu (liero, siira), ravinnonkäyttöaktiivisuus (siira) sekä biokemialliset vasteet eli biomarkerit (liero).

Tulokset ja tulostentarkastelu

Osa tutkimusaineistosta on vielä analysoimatta, mutta tähän mennessä saatujen tulosten perusteella polyesterikuitujen vaikutukset maaperäeläimiin ovat vähäisiä. Tilastollisesti merkitseviä eroja kontrolliin verrattuna havaittiin ainoastaan änkyrimadon selviytymisessä ja lisääntymisessä, jotka heikkenivät pitkille kuiduille altistamisen seurauksena. Näissäkin tapauksissa vaikutukset olivat lieviä. Testin päättyessä vain muutaman änkyrimatoyksilön sisältä löytyi kuituja, joten todennäköisesti lievästi heikentynyt selviytyminen ja lisääntyminen johtuivat elinympäristön muutoksesta tai fyysisestä haitasta eliön ulkopuolella, eikä kuitujen nielemisestä aiheutuneesta haitasta. Lyhyitä kuituja änkyrimadot olivat nielleet selvästi enemmän, mutta haittavaikutuksia niiden osalta ei havaittu.

Myös lierot nielivät kuituja, ja osa kuiduista jäi eläimeen 24 tunnin suolentyhjennyksen jälkeen. Sekä lierossa että ulosteessa havaittujen kuitujen määrä kasvoi lineaarisesti altistuspitoisuuden kasvaessa. Koska lierot ovat useiden lintujen ja nisäkkäiden ravintoa, ne voivat toimia maaperässä olevien kuitujen reittinä maanpäälliseen ravintoverkkoon. Lieroista ja niiden ulosteista löytyi myös kuituja, jotka olivat lyhyempiä kuin altistuksessa käytetyt kuidut. Näin ollen lierot pystyvät pilkkomaan kuituja pienemmiksi, jolloin ne ovat paremmin pienempien eläimien saatavilla ja saattavat huuhtoutua helpommin veden mukana.

Tutkimustulosten perusteella polyesterikuitujen vaikutukset maaperäeläimiin ovat lieviä. Maaperäeläimet voivat kuitenkin vaikuttaa näiden mikromuovien ympäristökohtaloon toimimalla niiden reittinä ravintoverkkoon sekä pilkkomalla niitä pienemmiksi ja siten todennäköisesti helpommin eliöille saataviksi ja kulkeutuvammiksi.

Kiitokset

Tutkimus on osa kansainvälistä hanketta IMPASSE, Impacts of Microplastics on AgroSystems and Stream Environments (ERA-NET, Water JPI) sekä Maj ja Tor Nesslingin Säätiön rahoittamaa hanketta.

Kirjallisuus

- [1] Plastics Europe. 2017. Plastics – the Facts 2017. An analysis of European plastics production, demand and waste data.
https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf
- [2] NOAA Marine Debris Program. 2009. Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris.
- [3] Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., Lehtiniemi, M. 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution* 185:77-83.
- [4] Rillig, M.C., Ingraffia, R., & De Souza Machado, A. A. 2017 Microplastic incorporation into soil in agroecosystems. *Frontiers in Plant Science*. 8: 8–11.
- [5] De Souza Machado, A.A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., & Rillig, M.C. 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems.” *Global Change Biology*. 24(4): 1405–1416.
- [6] Nizzetto, L., Futter, M., Langaas, S. 2016. Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? *Environmental Science and Technology* 50:10777-10779.
- [7] Talvitie, J., Mikola, A., Setälä, O., Heinonen, M. and Koistinen, A. 2017. How well is microlitter purified from waste water? – A detailed study on the stepwise removal of microlitter in a tertiary level wastewater treatment plant. *Water Research* 109:164-172.
- [8] Vilpanen, M. & Toivikko, S. 2017. Yhdyskuntalietteen käsittelyn ja hyödyntämisen nykytilannekatsaus. *Vesilaitosyhdistyksen monistesarja*: 46.

GlyFos II -hankkeen esittely

Glyfos II project

Jaana Uusi-Kämpä

Luke, Luonnonvarat, Tietotie 4, 31600 Jokioinen (jaana.uusi-kamppa@luke.fi)

Useissa kasvinsuojeluaineissa tehoaineena käytetyn glyfosaatin eli N-fosfonometyyliglysiinin ($C_3H_8NO_5P$) ja sen hajoamistuotteen 3-aminometyylifosfonihapon (AMPA, CH_6NO_3P) pitoisuuksia ja käyttäytymistä maassa tutkittiin Glyfosaatin ympäristövaikutukset ja niiden vähentäminen (GlyFos II) -hankkeessa (2016–2018). Hanketta rahoittivat Makena sekä mukana olleet laitokset eli Luonnonvarakeskus (Luke), Suomen ympäristökeskus (Syke) ja Turun yliopisto. Esittelemme hankkeen tuloksia Maaperätieteiden Päivillä 2019 ja tässä julkaisussa.

Glyfosaatti on totaaliherbisidi, jota käytetään kaikkien vihreiden kasvien, etenkin juolavehnän sekä heinämaiden ja syysitoisten rikkakasvien torjunnassa. Suomessa glyfosaattivalmisteita on käytetty vuodesta 1976, ja glyfosaatista on tullut eniten myyty kasvinsuojelussa käytettävä tehoaine. Sen käyttö on lisääntynyt ja jatkunut yli 40 vuotta. Vuonna 2016 myynti oli 848 tonnia tehoaineeksi laskettuna [1]. Peltoviljelyn lisäksi sitä käytetään mm. metsätaimiharjoilla, kaupunkiympäristöissä, puutarhoissa ja viljelemättömillä alueilla. Pitkään jatkuneen käytön takia halusimme muun muassa tutkia glyfosaatin ja AMPAn pitoisuuksia viljelymaissa sekä metsätaimiharjojen ympäristössä. Hanke koostui kolmesta työpaketista.

Työpaketti 1. Glyfosaatin hajoaminen maassa ja kulkeutuminen veden mukana (Luke ja Syke). Glyfosaatin ja AMPAn pitoisuuksia tutkittiin varsinaissuomalaisen ja hämäläisten viljelijöiden pelloilla [2, 3] sekä Suonenjoen metsätaimiharjoilla [4]. Sykeessä tehtiin skenaariosimulointeja glyfosaatin sekä AMPAn pitoisuuksista ja huuhtoutumisesta maassa [5].

Työpaketti 2. Glyfosaatin epäsuorat vaikutukset ei-kohdekasveissa ja ympäristössä (Turun yliopisto ja Luke). Turun yliopiston Ruissalon puutarhassa tutkittiin maaperässä olevan glyfosaatin epäsuoria vaikutuksia perunaan, härkäpapuun, kauraan ja rypsiin. Hankkeessa seurattiin viljelykasvien kasvua ja kukintaa sekä kasvituholaisia ja kasvitauteja [6]. Lukussa tutkittiin glyfosaatin vaikutuksia lieröihin [7]. Laboratoriossa testattiin glyfosaattikäsittelyn vaikutuksia kastelierojen kasvuun, tuotettujen munakoteloiden määrään ja laatuun sekä oljen hautaamiseen.

Työpaketti 3. Tulosten käytäntöön saattaminen (Luke, Syke ja Turun yliopisto). Hankkeen tavoitteena oli tuoda tuloksia yleisön tietoisuuteen. Hanketta ja tuloksia esiteltiin hankkeen ohjausryhmän kokousten lisäksi Kasvinsuojelu-, Maataloustieteen ja Maaperätieteiden päivillä, eduskunnan ympäristövaliokunnalle sekä maa- ja metsätalousvaliokunnalle, MMM:n kasvinsuojeluneuvottelukunnalle, OKRA Maatalousnäyttelyn yleisölle sekä Ylen ja muiden tiedotusvälineiden edustajille. Lisää tietoa hankkeesta löytyy nettisivuiltamme [8].

Kirjallisuus

[1] Tukes. Kasvinsuojeluaineiden myyntimäärät.

<https://tukes.fi/kemikaalit/kasvinsuojeluaineet/myyntitilastot>

[2] Jalli, H. ja Eskola, A. 2019. Maanäytteet GlyFos II -hankkeeseen. *Maaperätieteiden päivät 2019*. (Tämä julkaisu.)

[3] Uusi-Kämpä, J., Rämö, S. ja Jalli, H. 2019. Glyfosaatin ja AMPAn pitoisuuksia viljelijöiden peltomaassa. *Maaperätieteiden päivät 2019*. (Tämä julkaisu.)

[4] Poteri, M., Siimes, K., Rämö, S. ja Uusi-Kämpä, J. 2019. Glyfosaatti metsätaimiharjoissa. *Maaperätieteiden päivät 2019*. (Tämä julkaisu.)

- [5] Siimes, K., Rämö, S., Uusi-Kämpä, J. ja Jalli, H. 2019. Glyfosaatin simuloitu käyttäytyminen suomalaisilla pelloilla. *Maaperätieteiden päivät 2019*. (Tämä julkaisu.)
- [6] Pauna, A. 2017. *Glyfosaatin epäsuorat vaikutukset viljelykasveihin*. Pro gradu -tutkielma. Biologian laitos, Turun yliopisto. (<http://www.utupub.fi/handle/10024/144540>)
- [7] Hagner, M.-L., Nuutinen, V., Jalli, H., Jauhiainen, L., Rämö, S., Sarikka, I. ja Uusi-Kämpä, J. 2019. Glyfosaatin vaikutus lieroihin korjuunjälkeistä viljapeltoa jäljittelevässä kasvihuonekokeessa. *Maaperätieteiden päivät 2019*. (Tämä julkaisu.)
- [8] Luke. Luonnonvarakeskus. Glyfosaatin ympäristökuormituksen vähentäminen. <https://www.luke.fi/projektit/glyfos-ii/>

Maanäytteet GlyFos II -hankkeeseen

Soil samples in Glyfos II project

Heikki Jalli¹ ja Ari Eskola²

¹ Luke, Luonnonvarat, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

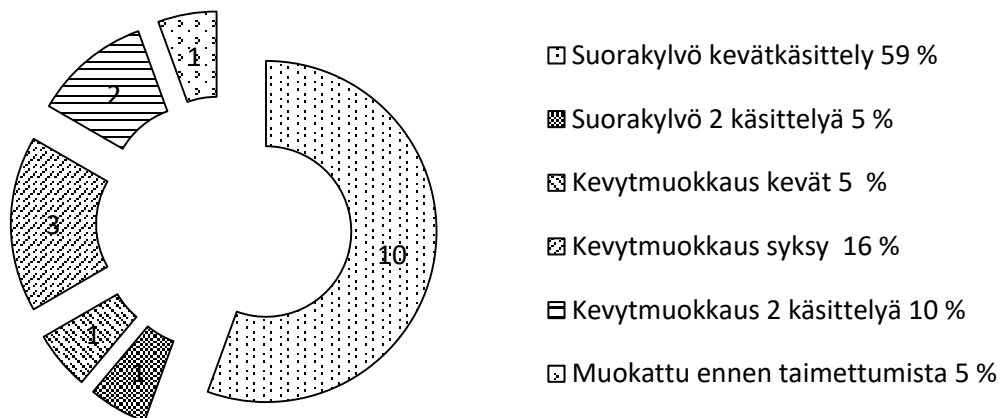
² Luke, Tutkimusinfrastruktuuripalvelut, Satotie 2, 31600 Jokioinen

Tutkimusaineistoksi haettiin maanäytteitä suorakylvetyiltä pelloilta, joilla on käytetty glyfosaattia. Mukaan otettiin myös muokattuja peltoja. Tutkimus aloitettiin ottamalla yhteyttä viljelijöihin, joiden tiedettiin suorakylvävän. Heiltä kysyttiin mahdollisuutta ottaa näyte pelloilta ennen keväällä tehtävää glyfosaattikäsittelyä. Näytteenotto ajoitettiin tehtäväksi juuri ennen käsittelyä ja vuorokausi sen jälkeen.

Näytteenotto aloitettiin toukokuun alussa 2016 ja lopetettiin marraskuun lopussa maan jäätyessä. Ennen ensimmäistä näytteenottoa oltiin yhteydessä viljelijään, sovittiin glyfosaattikäsittelystä ja näytteenotoista sekä todettiin pellolla olevat maalajirajat. Näytteet otettiin pelloilta saman maalajin alueelta. Ensin otettiin maan pinnasta 2,5 cm paksu näyte kairalla, jonka halkaisija oli 4,7 cm. Maahan syntyneestä reiästä jatkettiin 22,5 cm:iin pienemmällä kairalla (halkaisija 4,5 cm). Näyte koostui kymmenestä kairanpistosta. Maan tilavuuspainonäyte otettiin Kopec-kairalla (halkaisija 5 cm), ja se koostui kolmesta pistosta. Kaikilla kerroilla näytettä ei otettu tarkalleen samoista pisteistä. Pellon paikkakoodi tallennettiin.

Yhteensä näytteitä kerättiin 18 pelloilta (kuva 1). Pohjavesialueella sijaitsi yksi lohko, jonka alareunassa olevasta kaivosta otettiin syksyllä vesinäyte glyfosaattianalyysiin. Kaksi lohkoa oli Savijoen valuma-alueelta, jonne on levitty kipsiä. Tutkitut hämäläiset ja varsinaissuomalaiset pellot olivat maalajeiltaan hiue-, hiesu- ja hietasavia, hietamoreeneja ja karkeita hietoja tai multamaita. Maanäytteitä otettiin vuonna 2016 kolme kertaa: 1. ennen ruiskutusta keväällä tai syksyllä, 2. vuorokausi käsittelyn jälkeen sekä 3. loka-marraskuussa ennen talven tuloa.

Viljelijöiltä pyydettiin tutkimuslohkojen viljelytiedot vuosilta 2013–2016. Niissä kysyttiin muokkausmenetelmää ja -syvyyttä, muokkaus- ja kylvöpäiviä, (puintipäivää, satoarviota), maalajia, viljavuustietoja sekä kasvinsuojeluaineiden käyttöä (kuva 2).



Kuva 1. Tutkimuslohkojen muokkaustavat ja glyfosaattikäsittelyt.

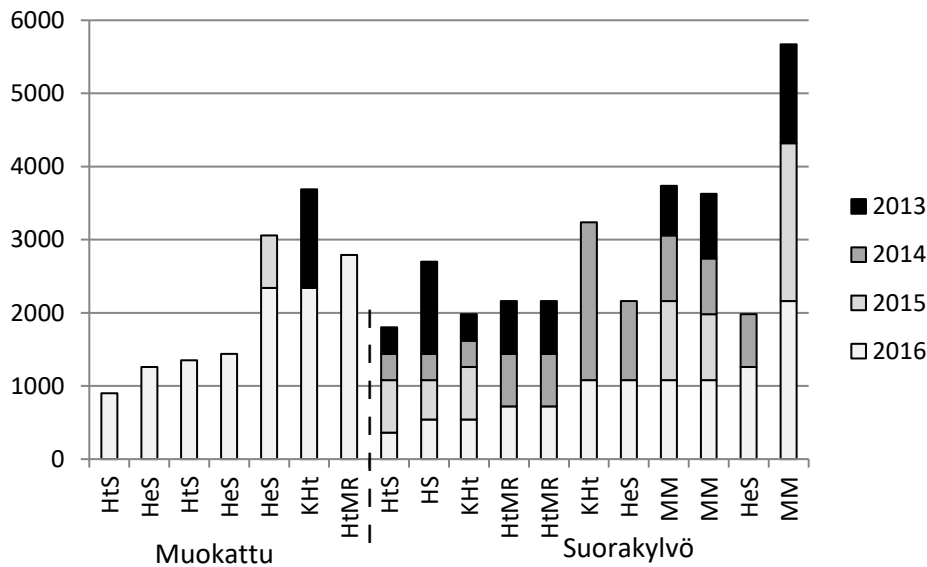
Lohkotiedot

Valituista lohkoista 11 oli suorakylvöpeltoja (kuva 1). Kymmenelle tehtiin keväällä glyfosaattikäsittely, ja yksi lohko käsiteltiin sekä keväällä että syksyllä.

Eri tavoin muokattuja lohkoja oli seitsemän. Kolme lohkoa kevytmuokattiin syksyllä tehdyn glyfosaattikäsittelyn jälkeen, ja yhdelle niistä kylvettiin syysvehnä. Kaksi lohkoa käsiteltiin kahdesti (keväällä ja syksyllä), ja toiselle niistä kylvettiin syysvehnä 8 vrk kuluttua. Yksi kevytmuokattu pelto käsiteltiin glyfosaatilla kylvön jälkeen ennen viljelykasvin taimettumista, ja yksi sänkipelto kylvömuokattiin keväällä tehdyn glyfosaattikäsittelyn jälkeen.

Viljelytietojen saannin vaikeus

Näytteenoton jälkeen työllisti vielä viljelyn taustatietojen kerääminen. Viljelijöiden kiireistä huolimatta oleelliset taustatiedot saatiin kokoon. Kiitos vielä viljelijöille, jotka antoivat peltonsa ja niiden viljelytiedot tutkimuksen käyttöön.



Kuva 2. Glyfosaatin (g/ha) käyttö tutkimuslohkoilla muokkaustavan ja vuoden 2016 käyttömäärän mukaisessa järjestyksessä.

Glyfosaatin ja AMPAn pitoisuuksia viljelijöiden peltomaassa

Concentrations of glyphosate and AMPA in soil of farmer's fields

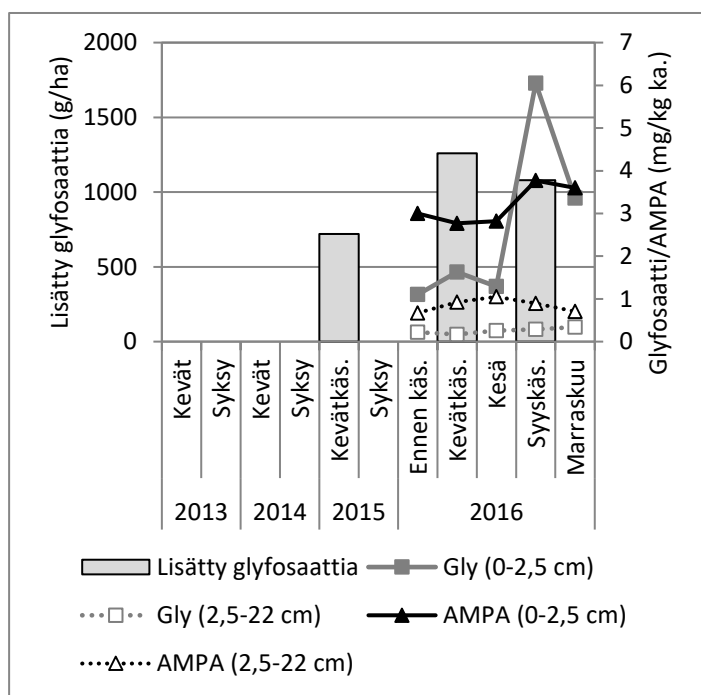
Jaana Uusi-Kämpä, Sari Rämö ja Heikki Jalli

Luke, Luonnonvarat, Tietotie 4, 31600 Jokioinen (etunimi.sukunimi@luke.fi)

Glyfosaatin ja hajoamistuote AMPAn (3-aminometyylifosfonihappo) pitoisuuksia maassa tutkittiin yhteensä 18 Varsinais-Suomessa ja Hämeessä sijaitsevalta peltolohkolta vuonna 2016 [1]. Maanäytteistä selvitettiin glyfosaatin ja AMPAn kertymistä maan pintaan (0–2,5 cm) sekä muokkauskerrokseen (2,5–22,5 cm). Tuloksia verrattiin Kotkanojan huuhtoutumiskentältä vuonna 2012 saatuihin tuloksiin.

Tuloksia

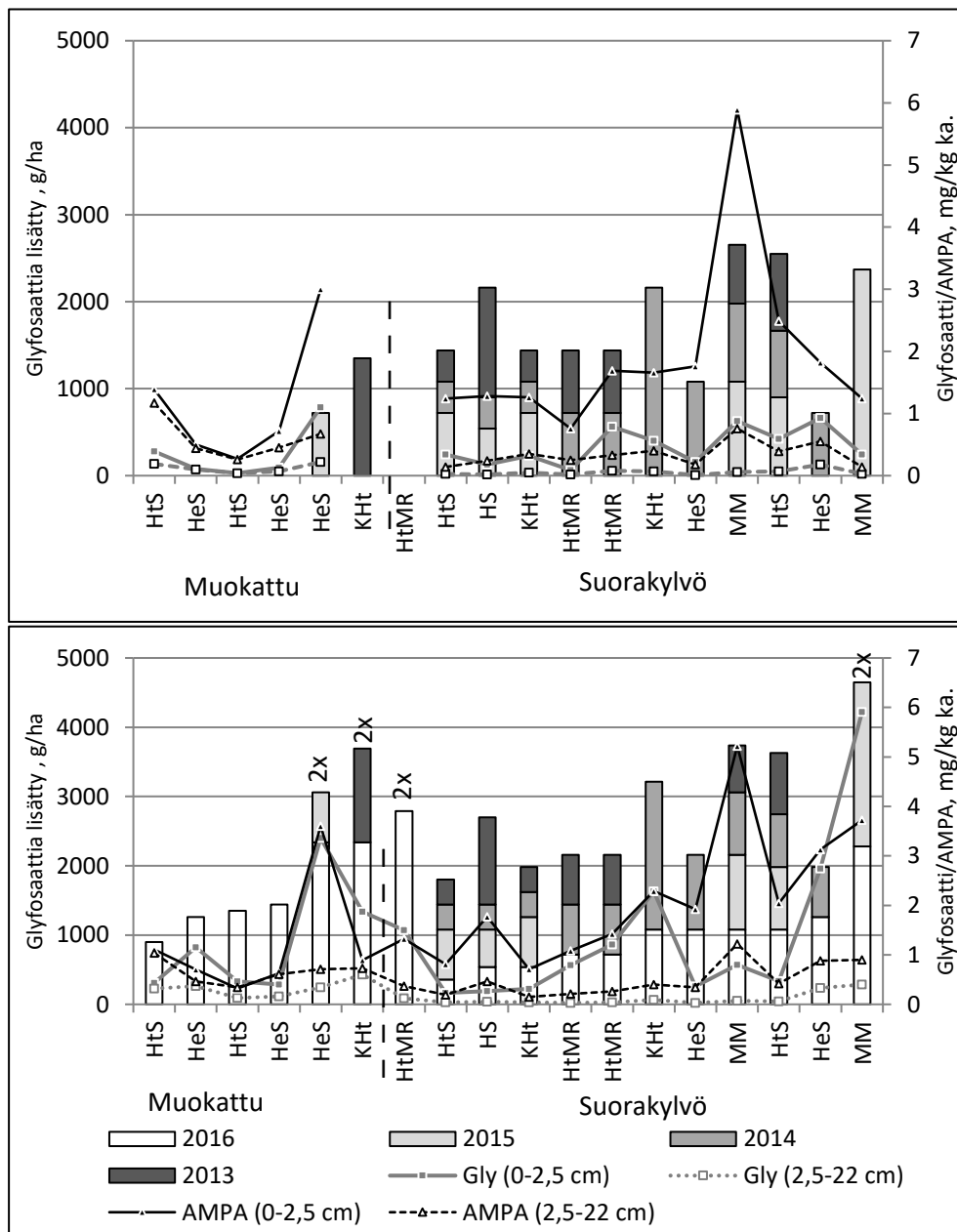
Pintamaassa (0–2,5 cm) glyfosaatin pitoisuus oli suurimmillaan heti ruiskutuksen jälkeen. Kahden käsittelyn jälkeen pitoisuus (mediaani 4,03 mg/kg ka, vaihteluväli 2,13–6,05 mg/kg ka, n = 4) oli suurempi kuin yhden käsittelyn saaneilla lohkoilla (mediaani 1,28 mg/kg ka, vaihteluväli 0,16–3,78 mg/kg ka, n = 14). Kuvista 1 ja 2 näkee, että pintamaassa (0–2,5 cm) pitoisuus oli suurempi kuin sen alapuolella olevassa maakerroksessa (2,5–22 cm). Maan muokkaaminen sekoittaa glyfosaattia ja AMPAa muokkauskerrokseen



Kuva 1. Maan glyfosaatti- ja AMPA-pitoisuudet suorakylvössä. Pylväät kuvaavat glyfosaatti-tehoaineen käyttömäärää keväällä 2015 ja 2016 sekä syksyllä 2016. Näytteet otettiin keväällä ennen käsittelyä, vuorokausi kummankin käsittelyn jälkeen sekä kasvukaudella ja marraskuussa. Näytteet ovat pintamaasta (0–2,5 cm) ja sen alapuolisesta muokkaus-kerroksesta (2,5–22 cm). Kuvassa esitetään yhden lohkon tulokset.

Kuvassa 2 on esitetty glyfosaatin ja AMPAn pitoisuudet maassa ennen vuoden 2016 glyfosaattikäsittelyjä sekä käsittelyjen jälkeen ennen maan jäätymistä marraskuussa. Maakerroksessa 2,5–22 cm glyfosaatin pitoisuus oli pienempi kuin AMPAn pitoisuus. Pintamaassa (0–2,5 cm) niiden välillä oli enemmän vaihtelua kuin alemmassa kerroksessa. AMPA-pitoisuudet (mediaani 1,9 mg/kg ka, vaihteluväli 0,71–5,22 mg/kg ka, n = 13) olivat suuria, kun lohkoilla oli käytetty glyfosaattivalmisteita useampana vuotena. Suurimmat pintamaan glyfosaattipitoisuudet (1,5–5,9 mg/kg ka.) mitattiin lohkoilta, jotka olivat saaneet kaksi käsittelyä kasvukauden aikana. Suuria pitoisuuksia (2,28 ja 2,74 mg/kg ka.) mitattiin myös kahdelta keväällä käsitellyltä suorakylvölohkolta.

Glyfosaatin ja AMPAn pitoisuudet viljelijöiden lohkoilta otetuissa maanäytteissä olivat samaa suuruusluokkaa kuin Kotkanojan huuhtoutumiskentän näytteissä vuonna 2012.



Kuva 2. Glyfosaatti- ja AMPA-pitoisuudet ennen vuoden 2016 käsittelyä (yläkuva) ja marraskuussa 2016 (alakuva). Pylväät kuvaavat glyfosaatti-tehoaineen käyttömäärää ennen näytteenottoa. (2x = käsittely keväällä ja syksyllä 2016)

Glyfosaattivalmisteiden käyttömääriä, käsittelyajankohtia, käsittelykertoja sekä käytön tarpeellisuutta on harkittava, jotta käsittelyistä saataisiin mahdollisimman suuri hyöty kasvinviljelyssä aiheuttamatta turhaa haittaa ympäristölle.

Kirjallisuus

[1] Jalli, H. ja Eskola, A. 2019. Maanäytteet GlyFos II -hankkeeseen. *Maaperätieteiden päivät 2019*. (Tämä julkaisu)

Glyfosaatin simuloitu käyttäytyminen suomalaisilla pelloilla

Simulated glyphosate fate in Finnish agricultural fields

Katri Siimes¹, Sari Rämö², Jaana Uusi-Kämpä² ja Heikki Jalli²

¹ Suomen Ympäristökeskus (SYKE), Mechelininkatu 34a, PL 140, 00251 Helsinki

² Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

Glyfosaattia käytetään monivuotisten juuririkkakasvien tuhoamiseen joko sadonkorjuun jälkeen tai keväällä kylvön aikoihin. Tässä esityksessä keskitytään glyfosaatin ympäristökäyttäytymiseen vaikuttaviin tekijöihin ja pyritään arvioimaan eri tekijöiden keskinäistä merkitystä. Vaikka yksittäisten ympäristökohtaloon vaikuttavien tekijöiden arvioiminen onkin mahdollista päättelemällä, on useiden, osin vastakkaisiin suuntiin vaikuttavien tekijöiden huomioiminen helpompaa mallintamalla.

Työssä luotiin ja simuloitiin skenaarioita, joissa tiettyjä asioita testattiin systemaattisesti ja muut olosuhteet vakioitiin (esim. vuosikymmenten ohran viljely ilman välikasvia). Simuloinnit toteutettiin MACRO5.2 mallilla ja lähtötietona käytettiin Jokioisten observatorion pitkän ajan sääaineistoa.

Skenaariot

- Ruiskutusohjelmat (ajoittuminen, käyttömäärä, kuinka usein ruiskutus)
- Maan muokkaustavat (kyntö / suorakylvön / kevytmuokkauksen) ja niiden vaikutukset pellon vesitalouteen
- Maaperän ominaisuuksien vaikutukset glyfosaatin sitoutumiseen ja hajoamiseen

Eri skenaarioissa simuloituja pinta- ja salaojavalunnan glyfosaattipitoisuuksien tunnuslukuja, pohjaveteen kulkeutuneen glyfosaattimäärän sekä pintamaan glyfosaattipitoisuuksien keskiarvoja verrattiin keskenään. Lisäksi simuloituja maan glyfosaattipitoisuuksia verrattiin myös glyfosaattihankkeen peltomittauksiin ja huuhtoumien pitoisuuksia pintavesien seurantaloksiin.

Simuloinnit osoittivat, että ruiskutusohjelman tuloksiin vaikutti se, miten sateet sattuivat suhteessa ruiskutuksiin. Siksi ruiskutuksia modifioitiin niin, että sadepäivinä ei ruiskutettu. Vuosikymmenten simuloinneissa yksittäisten ruiskutusten vaikutus kuitenkin väheni.

Muokkauksen vaikutukset vesitalouteen arvioitiin huuhtoutumiskentiltä saatujen mittausten ja kirjallisuuden perusteella. Parametrisoinnissa hyödynnettiin mallin omaa pedon transfer – yhtälöihin perustuvaa parametrikirjastoa. Tehokas vesistökuormituksen vähennys saadaan pintavalunnan vähentämisellä, mikä tarkoittaa maan rakenteen ja salaojituksen toimivuutta. Muokkausmenetelmien kytkeminen maan ominaisuuksiin oli kuitenkin näissä simuloinneissa melko epävarmalla pohjalla. On mahdollista, että esimerkiksi suorakylvössä huuhtoutumiskentillä havaitut pintavalunnan kasvut ovat vain välivaihetta ennen uuden rakenteen muodostumista, mistä monilla viljelijöillä on kokemustietoa. Simulointien luotettavuus tältä osin ei ole kovin hyvä.

Glyfosaatin sitoutuminen arvioitiin maan fosforitilan perusteella ja hajoaminen sitoutumisen perusteella. Tällä menetelmällä saatiin vähennettyä merkittävästi tarvittavien simulointien lukumäärää ja yhdistetyksi tieto siitä, että hajoaminen on hitaampaa sellaisessa maassa, jossa biosaatavan glyfosaatin osuus on pieni.

Simulointiharjoitus auttoi yhdistelemään olemassa olevaa tietoa, mutta toisti samalla myös mahdolliset virheelliset käsitykset, joihin skenaarioiden parametrisointi perustui. Alustavien tulosten perusteella pelloilta mitatut pitoisuudet asettuivat simuloitujen glyfosaattipitoisuuksien vaihteluväliin, mikä osaltaan lisää tulosten luotettavuutta.

Glyfosaatti metsätaimitarhamaassa

Fate of glyphosate in a boreal forest nursery soil

Marja Poteri¹, Katri Siimes², Sari Rämö³ ja Jaana Uusi-Kämpä³

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Juntintie 154, 77600 Suonenjoki

² Suomen Ympäristökeskus (SYKE), Mechelininkatu 34a, PL 140, 00251 Helsinki

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

Johdanto

Suomessa metsätaimitarhat on pääsääntöisesti perustettu metsämaalle, koska rikkakasvien aiheuttama haitta arveltiin pieneksi metsäpohjalla. Ajan kuluessa rikkakasvien torjunta tuli kuitenkin tarpeelliseksi ja torjunnassa on käytetty mm. glyfosaattia paljasjuurituotannon aikana 1970–1990 -luvulla [1]. Eri maissa glyfosaattia on käytetty myös metsänuudistusaloilla pintakasvillisuuden torjunnassa [2].

Glyfosaatin hajoamisesta ja kulkeutumisesta karkeilla metsämailla on vähän seuranta-aineistoa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää glyfosaatin hajoamista metsätaimitarhamaassa.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuskohteena oli Luken Suonenjoen tutkimustaimitarhan lajittunut hiekkamaa, jonka ylimmässä 20–25 cm maakerroksessa oli humusainesta. Taimitarhalla ruiskutettiin glyfosaatilla (Roundup Bioactive, 540 g glyfosaattia/ha) 6.6.2016 koeala, josta otettiin aikasarjanäytteet eri syvyyksistä (taulukko 1). Lisäksi samana vuonna toukokuussa otettiin näytteet vastaavilta syvyyksiltä kohteelta, jossa oli vuonna 2011 pesäkekäsitelty glyfosaatilla kasteluputkiston reuna-alueita. Toukokuussa otettiin myös eri syvyyksiltä taimitarhan reunametsästä maanäyte, joka edusti verrannenäytettä ilman glyfosaatin käyttöhistoriaa.

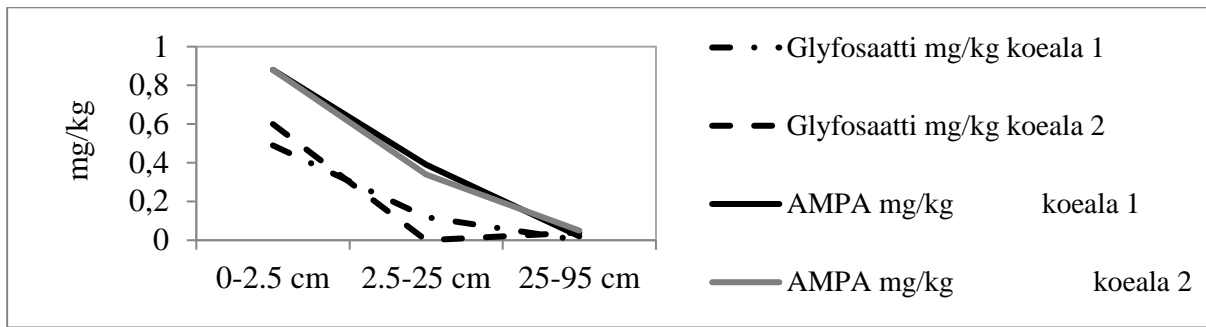
Taulukko 1. Päivämäärät ja näytesyvytydet maanäytteille glyfosaatin ja AMPAn määrittämiseksi 6.6.2016 glyfosaatilla käsitellyltä koealalta.

	Ensimmäinen näyte käsittelyn jälkeen		1 vrk glyf. käsittelyn jälkeen		1 viikko glyf. käsittelyn jälkeen		1 kk glyf. käsittelyn jälkeen		Viimeinen näyte	
	Pvm	Näyte-syvyys, cm	Pvm	Näyte-syvyys, cm	Pvm	Näyte-syvyys, cm	Pvm	Näyte-syvyys, cm	Pvm	Näyte-syvyys, cm
Glyfosaatilla käsitelty koeala	9.-10.5.2016	0-2.5 2.5-25 25-95	7.6.2016	0-2.5 2.5-25	13.6.2016	0-2.5 2.5-25	4.7.2016	0-2.5 2.5-25	7.9.2016	0-2.5 2.5-25 25-95

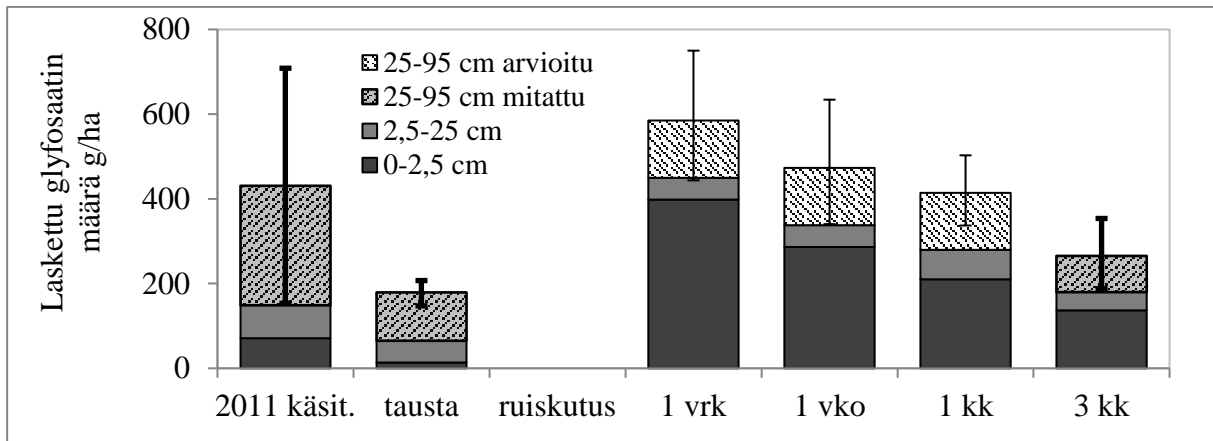
Tuloksista laskettiin mm. aineiden hajoamiskertoimet olettaen ensimmäisen asteen kinetiikan mukaista hajoamista ja maan lämpötilalla korjatut hajoamiskertoimet käyttäen astepäivämallia.

Tulokset

Vuonna 2011 tehdyiltä pesäkekäsittelyalalta maanäyte otettiin kahdesta paikasta ja molemmissa näytteissä havaittiin sekä glyfosaatin että AMPAn pitoisuuksia. Määrät laskivat jyrkästi syvemmissä kerroksissa, mutta 25 cm:n alapuolella olevassa hiekkakerroksessa oli kuitenkin vielä mitattavia pitoisuuksia (kuva 1). Kesäkuussa 2016 ruiskutetun koealan taustapitoisuudet olivat pienempiä kuin vuonna 2011 käsittelyllä alalla. Pitoisuuksista lasketut glyfosaatin määrät on esitetty kuvassa 2.



Kuva 1. Glyfosaatin ja hajoamistuote AMPAn pitoisuudet (mg/kg) taimitarhamaassa kolmella eri syvyydellä. Alue pesäkekäsitelty vuonna 2011 ja näytteet otettu toukokuussa 2016.



Kuva 2. Glyfosaatin määrät (g/ha) taimitarhamaassa kolmella eri syvyydellä. Vasemmalla vuonna 2011 pesäkekäsitellyn maan glyfosaattimäärät noin 5 vuotta myöhemmin (27.5.2016). Vuoden 2016 käsittelyalueen tausta (10.5.2016) ja pesäkekäsittelyn jälkeiset pitoisuudet.

Ensimmäisen asteen hajoamisyhtälö sopi hyvin aineistoon. Pintakerroksessa glyfosaatin puoliintumisajaksi saatiin kesäaikaan 29 vrk ja laskennalliseksi puoliintumisajaksi vertailulämpötilassa (20 °C) saatiin 20 vrk. Syvemmällä maassa hajoaminen oli hitaampaa.

Tulosten tarkastelu

Osa metsätaimitarhoista sijaitsee pohjavesialueilla, koska niitä on perustettu hiekkakankaille. Glyfosaatin käyttö pohjavesialueilla on rajattu pesäkekäsittelyä tehtäväksi. Myös Luken Suonenjoen tutkimusasema kuuluu pohjavesialueeseen ja viranomaisten pohjaveden laadun seurannan piiriin. Marraskuussa 2017 tehdyssä pohjavesien yhteistarkkailussa ei havaittu taimitarhan pohjavesinäytteistä glyfosaatti- ja AMPA –pitoisuuksia.

Lähteet

- [1] Juntunen, M.-L. 2001. Use of pesticides in Finnish forest nurseries in 1996. *Silva Fennica* 35(2): 147-157.
- [2] Man, R., Rice, J.A., Freeman, L. & Stuart, S. 2011. Effects of pre- and post-harvest spray with glyphosate and partial cutting on growth and quality of aspen regeneration in a boreal mixedwood forest. *Forest Ecology and Management* 262: 1298-1304.

Glyfosaatin vaikutus lieroihin korjuunjälkeistä viljapeltoa jäljittelevässä kasvihuonekokeessa

Effects of glyphosate on earthworms in a glasshouse experiment simulating cereal post-harvest

Marleena Hagner^{1,2}, Visa Nuutinen¹, Heikki Jalli¹, Lauri Jauhiainen¹, Sari Rämö¹, Ilkka Sarikka¹, Jaana Uusi-Kämpä¹

¹ Luonnonvarakeskus, Tietotie 2, 31600 Jokioinen

² Ekosysteemit ja ympäristö tutkimusohjelma, Helsingin yliopisto, 15340 Lahti

Abstrakti

Tutkimme kasvihuonekokeessa, miten glyfosaattiruiskutus vaikuttaa kastelierojen (*Lumbricus terrestris* L.) kasvuun, lisääntymiseen ja viljan korjuutähteiden hautaamisaktiivisuuteen. Tutkimuksen lähtökohtana oli tutkimustulos, jonka mukaan glyfosaatin käytöllä on välitön ja voimakas kastelierojen aktiivisuutta alentava vaikutus [1]. Kokeemme jäljitteli korjuunjälkeistä tilannetta muokkaamatta viljelyllä pellolla.

Luonnosta kerättyjä kastelieroja pidettiin pareittain (yhteenlaskettu tuoremassa keskimäärin 11,2 g) hienolla hiedalla täytetyissä sylintereissä ($\varnothing = 0,15$ m, $h=0,4$ m) viiden viikon asettumisjakson ajan, jolloin lieroja ruokittiin hevosenlannalla. Tämän jälkeen ravinto vaihdettiin maan pinnalle levitettyyn pilkottuun vehnän olkeen (10 g k.p. sylinteri⁻¹). Glyfosaattiruiskutus toteutettiin tavalla, joka vastaa laadultaan ja määrältään suomalaisessa viljanviljelyssä yleistä käytäntöä (Rodeo® XL: 3,0 l ha⁻¹ ja Contact-kiinnite: 0,5 l ha⁻¹). Kontrollisylinterit ruiskutettiin vedellä (n=12). Sylinterit pidettiin kaksi kuukautta +15 °C lämpötilassa, keskimäärin 60 % ilmankosteudessa ja 12 h:12 h valojaksossa.

Kaikki kastelierot selvisivät hengissä kokeen ajan. Glyfosaattikäsittely ei vaikuttanut kastelierojen massan muutokseen: keskimäärin massa muuttui +0,96 % glyfosaatilla käsitellyissä ja -0,93 % kontrollissa (p=0,66). Käsittely ja kontrolli eivät myöskään poikenneet munakoteloiden tuoton (31 vs. 28 munakotelo sylinteri-1; p=0,30) tai munakoteloiden elossasäilymisen (89,5 % vs 90,4 %; p=0,76) suhteen. Korjuutähteen hautaamisnopeus oli hieman, mutta ei tilastollisesti merkitsevästi matalampi glyfosaatilla käsitellyissä sylintereissä (pintaoljen massan vähenemä 27,5 % vs. 30,5 %; p=0,07). Yhteenvetona voidaan todeta, ettei glyfosaattiruiskutuksen havaittu aiheuttavan haittaa kastelieroille. Eroavat tulokset glyfosaatin vaikutuksesta lieroihin – erityisesti kastelieroihin – voivat osittain johtua tutkimuksissa käytetyistä erilaisista glyfosaattivalmisteista ja -määristä.

Kirjallisuus

[1] Gaupp-Berghausen, M., Hofer, M., Rewald, B. and Zaller, J.G, 2015. Glyphosate-based herbicides reduce the activity and reproduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations. *Scientific Reports* 5: 12886.

Glyfosaatti pintavesissä

Glyphosate in surface water

Katri Siimes¹, Pia Högmander², Anri Aallonen³, Ville Junttila¹, Emmi Vähä¹, Heidi Ahkola²

¹ Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki

² Suomen ympäristökeskus, Survontie 9 A, 40500 Jyväskylä

³ Eurofins Environment Testing Finland Oy, Niemenkatu 73, 15140 Lahti

Johdanto

Glyfosaatti on Suomen ja koko maailman eniten käytetty rikkakasvien torjunta-aine. Vuonna 2014 maailmassa myytyä glyfosaattia olisi riittänyt 530 g jokaiselle maapallon peltohehtaarille [1]. Suomessa sitä myytiin Turvallisuus- ja kemikaaliviraston tilastojen mukaan 847 tonnia vuonna 2016. Glyfosaattia ruiskutetaan pelloille yleensä syksyllä puinnin jälkeen, mutta sitä voidaan käyttää myös keväällä ennen viljelykasvin taimettumista. Glyfosaattia käytetään myös mm. metsätaloudessa sekä teiden ja ratojen varsilla. Glyfosaatti sitoutuu vahvasti maahiukkasiin, eikä oletettavasti huuhtoudu helposti vesistöihin. Sen sitoutumista suomalaisen maaperään on selvitetty laboratorio-olosuhteissa [2] ja kulkeutumista pelloilta huuhtoutumiskenttäkokein [3, 4, 5]. Glyfosaatin pitoisuuksista suomalaisissa pintavesissä on kuitenkin vain vähän tutkittua tietoa [6]. Glyfosaattipitoisuuksia vesistöissä ei ole juurikaan seurattu sillä a) sen ei ole ajateltu aiheuttavan ympäristöriskiä, b) mikään säädös ei suoraan velvoita sen seurantaan, c) sen määrittäminen vaatii kalliita erillisanalyysijä. Suurten käyttömäärien vuoksi glyfosaattipitoisuuksien selvittäminen vesistä olisi kuitenkin mielekästä. Lisäksi tuoreet tutkimukset osoittavat, että vaikka glyfosaatti ei ole kovin myrkyllinen eliöille, voi sillä olla epäsuoria vaikutuksia jo huomattavasti ehdotettuja ympäristölaatuunormeja [7] alhaisempina pitoisuuksina [8]. Esityksessä vedetään yhteen vesistä havaittujen pitoisuuksien merkitys nykytietämyksen valossa sekä esitellään Savijoen valuma-alueen aineistoista lasketut glyfosaatin päästökertoimet.

Aineisto ja menetelmät

Glyfosaatin ja sen hajoamistuotteen AMPAn pitoisuuksia virtavesissä on määritetty Maa- ja metsätalouden kuormituksen seuranta –hankkeessa. Vuosina 2007–2012 glyfosaattiseuranta oli 1–2 vuosittain vaihtuneella jokipaikalla (yht. n=98) [6]. Näytteenottoajat olivat samat kuin muillekin kasvinsuojeluaineille. Näytteitä otettiin eniten kesäisin ja vähemmän oletettujen suurimpien pitoisuuksien aikaan syysruiskutusten jälkeen. Vuonna 2016 alkaneessa Savijoen seurannassa on näytteitä otettu kahdelta näytepaikalta kerran tai kahdesti kuussa (n>60). Lisäksi vuonna 2018 glyfosaattia seurataan Aurajoesta. Savijoen Brännikkäläntien näytepisteen yläpuolinen valuma-alue noin 82 km², josta mittapadon yläpuolinen 15 km² osavaluma-alue toimii vertailualueena kipsin levityksen vaikutuksia selvittävässä hankkeessa. Molemmat valuma-alueet ovat varsinaissuomalaisia savimaita ja peltoa on noin 40 % osuus maankäytöstä. Savijoen vesinäytteiden pitoisuuksista ja valuntamittauksista laskettiin glyfosaatin ja AMPAn vuotuiset kuormitukset, jotka suhteutettiin glyfosaatin arvioituihin käyttömääriin näytepisteiden yläpuolisilla valuma-alueilla. Käyttömäärät arvioitiin SAVE-hankkeen viljelijäkyselyyn lisätyn kasvinsuojeluaineosion vastausten pohjalta. Glyfosaatin käytön oletettiin olleen samanlaista kyselyyn vastanneilla ja vastaamattomilla tiloilla.

Tulokset ja niiden pohdinta

Suomalaisissa pintavesinäytteissä glyfosaattipitoisuudet ovat pääosin olleet 0,05–0,20 µg/l. AMPAn pitoisuudet ovat olleet samalla tasolla, mutta AMPAa on havaittu jokivesistä useammin kuin glyfosaattia sen alemmasta määritysrajasta johtuen. Savijoen ympärivuotisessa seurannassa ei havaittu kasvukauden ulkopuolellakaan otetuissa näytteissä merkittävästi suurempia pitoisuuksia kuin jokivesissä. Suomen kaikissa analysoiduissa

luonnonvesinäytteissä glyfosaatin pitoisuudet ovat olleet pienempiä kuin 1,0 µg/l eli yli sata kertaa pienempiä kuin glyfosaatille ehdotettu pitoisuuden vuosikeskiarvon ympäristölaatu normi [7]. Normiehdotus perustuu laboratoriossa tehtyihin kroonisiin ekotoksisuustesteihin ja turvakertoimeen, eikä sen määrittämisessä ole huomioitu epäsuoria vaikutuksia. Kanadalaisessa tutkimuksessa havaittiin merkkejä levälajien runsaussuhteissa muutoksia jo ehdotettua laatu normia pienemmissä pitoisuuksissa; joitain merkkejä 1–5 µg/l pitoisuustasolla [8]. Vaikka vesien todelliset pitoisuudet ovat todennäköisesti ajoittain suurempia kuin analysoiduissa näytteissä, on epätodennäköistä, että pitoisuudet suomalaisissa vesissä olisivat pitkiä aikoja edes lähellä tuota 5 µg/l tasoa. Monilla alueilla maailmassa ne kuitenkin ylittyvät yleisesti. Vaikka glyfosaatin pitoisuudet Suomessa ovat alhaisia, lisäävät ne osaltaan ympäristön kemikalisoitumista. Eri aineiden yhteisvaikutuksia ei juuri tunneta.

Vuosina 2016 ja 2017 tyypillinen glyfosaatin käyttömäärä Savijoen valuma-alueella oli 1,2 kg/ha tehoainetta käsitellylle pellolle. Valuma-alueen peltoalasta käsiteltiin 39 % vuonna 2016 ja alle 30 % vuonna 2017. (Vuoden 2018 viljelijäkyselyn tiedot valmistuvat myöhemmin). Glyfosaattipäästö oli toukokuussa 2016 alkaneen seurantavuoden aikana molemmilla näytepaikoilla noin 0,4 % yläpuolisen valuma-alueen vuoden 2016 glyfosaatin käyttömääristä. Sateisen vuoden 2017 päästö oli kolme kertaa suurempi kuin vuoden 2016, vaikka valuma-alueella käytettiin glyfosaattia vähemmän 2017. Savijoella kahden näytepisteen välisten päästöprosentin vertailun avulla oli tarkoitus selvittää, onko kipsin levityksellä (ei kipsiä ylemmän näytepisteen yläpuolella) vaikutusta glyfosaatin huuhtoumiin. Tätä arviota ei kuitenkaan toistaiseksi ole voitu luotettavasti tehdä, sillä yläjuoksun vertailualueen käyttömääräarvio on vähäisten vastausten johdosta hyvin epävarma. Nykyiselläänkin saatu tieto on kuitenkin hyödyllistä, sillä Suomessa ei aiemmin ole ollut valuma-aluemittakaavan aineistoa, jonka avulla olisi voinut laskea glyfosaatin päästöprosentteja laisinkaan.

Kiitokset

Maa- ja metsätalousministeriö on rahoittanut Maa- ja metsätalouden seuranta –hanketta (MaaMet). Lisäksi kiitämme Saaristomeren vedenlaadun parantaminen peltojen kipsikäsitelyllä –hanketta (SAVE) käyttötietokyselystä sekä kaikkia kasvinsuojeluainosiioon vastanneita viljelijöitä. Kiitos myös näytteenottajille, erityisesti Jarkko Ylijoelle.

Kirjallisuus

- [1] Benbrook, C.M. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe* 28:3.
- [2] Laitinen, P., Siimes, K., Rämö, S., Jauhiainen, L., Eronen, L., Oinonen, S. ja Hartikainen, H. 2008. Effects of Soil Phosphorus Status on Environmental Risk Assessment of Glyphosate and Glufosinate-Ammonium. *Journal of Environmental Quality* 37: 830-838.
- [3] Laitinen, P., Rämö, S., Nikunen, U., Jauhiainen, L., Siimes, K. ja Turtola, E. 2009. Glyphosate and phosphorus leaching and residues in boreal sandy soil. *Plant and soil* 323:267-283.
- [4] Uusi-Kämpä, J., Rämö, S., Uusitalo, R., Petruneva, E., Lemola, R. ja Turtola E. 2015. Glyfosaatin kulkeutuminen muokatulla ja muokkaamattomalla savimaalla. *Pro Terra* 67: 27–28.
- [5] Ulen, B., Gunborg, A., Kreuger, J., Svanbäck, A. ja Etana, A. 2012. Particulate-facilitated leaching of glyphosate and phosphorus from a marine clay soil via tile drains. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 62: Supplement 2, 241–251.
- [6] Karjalainen, A., Siimes, K., Leppänen M. ja Mannio, J. (toim.) 2014. Maa- ja metsätalouden kuormittamien pintavesien haitta-aineseuranta Suomessa. Seurannan tulokset 2007–2012. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja* 38/2014.
- [7] Kontiokari, V. ja Mattsoff, L. 2011. Proposal of Environmental Quality Standards for Plant Protection Products. *The Finnish Environment* 7/2011.
- [8] Smedbol, E., Gomes, M.P., Paquet, S., Labrecque, M., Lepage, L., Lucotte, M. ja Juneau, P. 2017. Effects of low concentrations of glyphosate-based herbicide factor 540[®] on an agricultural stream freshwater phytoplankton community. *Chemosphere* 192:133-141.

Soil organic matter and productivity of agricultural soils

Maan orgaaninen aines ja peltomaiden kasvukunto

Helena Soinne¹, Riikka Keskinen¹, Mari Rätty¹, Sanna Kanerva², Visa Nuutinen¹,
Eila Turtola¹, Tapio Salo¹

¹ Luonnonvarakeskus, Luke

² Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden osasto, Helsinki

Introduction

Soil organic matter plays a key role in soil functions by maintaining biological activity, increasing water holding capacity and enhancing formation of stable structure. Further, increasing the soil organic carbon (OC) content is promoted as means to reduce the concentration of atmospheric carbon dioxide and to slow down the climate change. In this study, we aimed at finding out whether higher OC has beneficial effects on soil productivity in boreal conditions that would further motivate farmers to adopt practices that increase the amount of OC in soil.

Material and methods

Soil samples were collected in the autumn 2016 and 2017 from 35 fields that had been divided into two plots: unfertilized plot and plot receiving fertilization. From each plot, yield (reported as dry mass of ears per ha) and surface soil samples were collected from four sampling points (distance c.10 m). Soil samples were analyzed for texture, organic carbon (C%), bulk density (BD), aggregate stability (wet aggregate stability, WSA%) and colloid detachment during wet sieving (turbidity, NTU), referring to lower risk for erosion and loss of particulate P. To study the net nitrogen (N) mineralization and respiration, 14 plots of which 6 had received N fertilization and 8 were unfertilized, were further sampled (four sampling points from each plot) in the autumn 2016 for an incubation experiment.

Results

In the incubation experiment, the respiration and net nitrogen mineralization correlated positively with C%, and for the clay soils, the clay%/C% -ratio and net nitrogen mineralization showed clear negative relationship. There was no difference in the respiration between the fertilized and unfertilized soils. Fields with high C% had lower BD and higher WSA%. The colloid detachment during the wet-sieving was lower for soils with lower clay%/C%. For the whole set of soils, there was no clear relationship between the C% and yield. However, for the unfertilized clay soils, the lower clay%/C% -ratio appeared to predict higher yields.

Conclusions

Our results suggest that for clay soils in cool and humid climate, the higher the clay content the more OC is needed for producing higher yields and enabling the production in an environmentally sustainable way.

Optimizing crop rotation cycles that support natural mycorrhization of onion

Sannakajsa Velmala, Hannu Fritze, Aku Pakarinen, Pirjo Kivijärvi, Terhi Suojala-Ahlfors, Taina Pennanen, Tuija Hytönen, Juha-Matti Pitkänen

Luonnonvarakeskus, Latokartananonkaari 7, 00790 Helsinki

Abstrakti

Arbuscular mycorrhizal (AM) fungi can be used as a tool to re-establish natural sustainable agriculture, as natural biofertilizers they enhance the whole ecosystem functioning. The promotion of AM fungi will enable to reduce the use of easy soluble fertilization and agrochemicals without compromising the yields. Although the host specificity of AM fungi is low, it seems that the best gain is achieved when the rotating plants share their fungal communities. We have identified the shared AM fungal species of the best preceding crops in rotation of our most valuable vegetables on farmlands to further optimize our cropping recommendations. We have studied the mycorrhizal communities by molecular (high-throughput amplicon sequencing), neural lipid fatty acids and microscopy techniques. Here I will present the first results from season 2018.

Ilmentävätkö isäntäkasvien lehtien $\delta^{15}\text{N}$ arvot typpilaskeuman aiheuttamia sienijuurisienten runsauden ja toiminnan muutoksia?

Do foliar $\delta^{15}\text{N}$ patterns indicate shifts in the mycorrhizal abundance and function under nitrogen load?

Tuula Larmola¹, Heikki Kiheri¹, Jill L. Bubier², Netty van Dijk³, Nancy Dise³, Erik A. Hobbie⁴, Tim R. Moore⁵, Taina Pennanen¹, Sari Timonen⁶

¹ Luonnonvarakeskus, Helsinki, tuula.larmola@luke.fi

² Environmental Studies Department, Mount Holyoke College, United States

³ Centre for Ecology and Hydrology, Penicuik, Edinburgh, United Kingdom

⁴ Earth Systems Research Center, University of New Hampshire, United States

⁵ Department of Geography, McGill University, Canada

⁶ Mikrobiologian osasto, Helsingin yliopisto, Helsinki

Tutkimme, miten typpilaskeuma vaikuttaa suokasvien ravinteiden ottoon ja sienijuuriin. Karujen soiden valtalajit, kanervakasveihin kuuluvat varvut tehostavat orgaanisten ravinteiden, kuten typen ja fosforin ottoa ryhmälleen tyypillisten kanervasienijuurisienten avulla. Oletamme, että isäntäkasvien ja niiden sienikumppaneiden suhde muuttuu saatavilla olevan mineraaliravinnelisen vaikutuksesta siten, että kasvi luovuttaisi vähemmän hiiliyhdisteitä sienijuurten kasvuun orgaanisen typen saamiseksi. Tämä typen lähteen muutos näkyisi edelleen varpujen lehtien $\delta^{15}\text{N}$ arvojen rikastumisena. Tämä oletus perustuu siihen, että sieni siirtää kasville ensisijaisesti kevyttä ^{14}N -tyyppiä, mutta kasvin ottaessa typen suoraan maasta vastaavaa valintaa ei tapahtuisi. Tutkimme, ilmentävätkö lehtien $\delta^{15}\text{N}$ arvot sienijuurisienten kolonisaation runsautta. Koeasetelmana olivat kaksi pitkäaikaisinta karujen soiden typpilannoituskoetta, Whim Skotlannissa ja Mer Bleue Kanadassa. Soita on lannoitettu 12-16 vuotta mineraalityypellä siten, että lannoittamattomat verrokki- ja kokeelliset typpilisät yhdessä vastaavat ilmakehän typpilaskeumaa 6-64 kg N/ha/v. Keräsimme koelaitteita lehtinäytteitä valtavaruista ja sienijuurettomista tupasvilloista ja analysoimme niiden typen määrän ja isotooppisuhteet. Valtavarpujen juurista analysoimme sienijuurisienten kolonisaation runsauden [1] mukaan. Kokeellinen lannoitus lisäsi lehtien $\delta^{15}\text{N}$ arvoja ja lannoituksen lisääntyessä varpujen ja tupasvillan $\delta^{15}\text{N}$ arvot olivat yhä samankaltaisempia. Tämä viittaa typen lähteen muutokseen ja sienijuurisienten vähenevään merkitykseen typen otossa. Yllättäen käsittelyt eivät vaikuttaneet varpujen sienijuurikolonisaation suhteelliseen runsauteen. Tutkimme nyt juurten ja niiden sienten toimintaa, mm. ravinteiden ottoon sekä karikkeeseen ja turpeen hajotukseen liittyvien entsyymien aktiivisuutta, jotta voimme edelleen selvittää lehtien $\delta^{15}\text{N}$ arvojen käyttökelpoisuutta suokasvien ravinteiden oton ja sienijuurisienten merkityksen arvioinnissa.

[1] Kiheri H., Heinonsalo J., Timonen S. 2017. Staining and microscopy of mycorrhizal fungal colonization in preserved ericoid plant roots. *Journal of Berry Research* 7:4:231-237. doi:10.3233/JBR-170160

Toistuvan kasvukauden aikaisen tulvan vaikutuksia männyn taimien kasvuun ja kuntoon turvemailla

Effects of repeated hydroperiods on Scots pine seedlings growing in peat soil

Timo Domisch¹, Jian Qi², Tarja Lehto³, Sirpa Piirainen¹, Leena Finér¹, Tapani Repo¹

¹ Luonnonvarakeskus, Luonnonvarat, Joensuu

² Agricultural University of Hebei, Boading, Kiina

³ Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto, Joensuu

Merkittävä osuus Suomen metsistä kasvaa turvemailla, jotka ojitettuina ovat usein veden vaivaamia kasvupaikkoja. Maaperän liiallisella vesipitoisuudella tiedetään olevan haitallisia vaikutuksia kasveihin ja maaperän ominaisuuksiin. Ilmastomuutoksen seurauksena boreaalisen vyöhykkeen sääolot muuttuvat erityisesti talvella lämpimämmiksi ja kosteammiksi. Sadannan lisääntyessä myös tulvien todennäköisyys kasvaa. Liikaveden seurauksena maaperän happipitoisuus laskee ja vastaavasti muiden kaasujen pitoisuudet (esim. CO₂, CH₄, N₂O ja C₂H₄) nousevat. Varsinkin hapen puute vahingoittaa juurten elintoimintoja sekä vähentää kasvua, ja pahimmassa tapauksessa se voi johtaa kasvin kuolemaan.

Tässä laboratoriokokeessa tutkimme eripituisten tulvajaksojen vaikutuksia kasvukauden aikana 4-vuotiaiden männyn taimien kasvuun ja kuntoon sekä maaperän kaasuoloihin. Taimet kasvatettiin turpeessa kolme kasvukautta ja kaksi erilaista tulvakäsittelyä tehtiin toisena kasvukautena. Toinen tulvajakso kesti yhtenäisesti 2.5 viikkoa ja toinen käsittely kesti viisi viikkoa jonka aikana yhden viikon tulva ja kuivatus vuorottelivat. Kokeen aikana mitattiin maaperän kaasupitoisuuksia (O₂, CH₄, N₂O ja C₂H₄) ja juurten (lyhyt- ja pitkäjuuret) syntymistä, kasvua ja kuolemista sekä lisäksi määritimme juurten kasvun ja biomassan kokeen lopussa. Kokeen aikana mittasimme myös maanpäällisten osien kasvua ja fotosynteesiä sekä kokeen lopussa eri ositteiden biomassan.

Maaperän kaasupitoisuudet reagoivat nopeasti tulvakäsittelyyn. Tulvan alettua maaperässä vallitsivat välittömästi hapettomat olosuhteet ja muiden kaasujen pitoisuudet nousivat. Tulvan loputtua kaasupitoisuudet palautuivat nopeasti entisille tasoille. Fotosynteesissä ei näkynyt merkitseviä muutoksia tulvan aikana, mutta tulva pienensi taimien pituuskasvun, varsinkin seuraavana kasvukautena. Tulvakäsittely ei vaikuttanut juurten biomassaan, mutta lyhensi sekä lyhyt- ja pitkäjuurien elinaikaa. Tulokset osoittavat, että myös lyhytaikaisella ja toistuvalla tulvalla voi olla haitallisia vaikutuksia taimien kasvuun. Vaikutukset voivat esiintyä viiveellä ja ne saattavat kumuloitua ajan kanssa.

Podsol-maannokset ja niiden kehittyminen suhteessa maannostumistekijöihin

Podzols and their development in relation to soil formation factors

Tiina Törmänen¹, Antti-Jussi Lindroos¹, Hannu Ilvesniemi¹ ja Mike Starr²

¹ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

² Helsingin Yliopisto, Metsätieteiden laitos, Latokartanonkaari 7, 00790 Helsinki

Maannosten luokittelujärjestelmät antavat yksityiskohtaista tietoa maannoksistamme ja niiden ominaisuuksista. Nämä ominaisuudet taas ovat maannoksen kehitymisasteen indikaattoreita. Maannoksen kehitymisaste määrittää maannoksen nimen ja antaa samalla arvokasta tietoa maaperässä tapahtuvista muutoksista, vallitsevista prosesseista sekä maaperän ominaisuuksista. Tätä tietoa voidaan hyödyntää mm. ympäristötutkimuksissa, maaperän hiili- ja ravinnevarastojen tutkimisessa sekä metsänkasvuun ja -käsittelyyn liittyvissä sovelluksissa [1]. Podsolit, jotka ovat sekä maailman tutkituimpia maannoksia, että yleisimpiä metsämaannoksia Suomessa, ovat kehittyneet viiden maannostumistekijän vaikutuksesta. Nämä tekijät ovat ilmasto, lähtöaines, topografia, bioottiset tekijät ja aika [2]. Ne määrittävät, mitkä maannosprosessit ovat vallitsevia, mitkä ominaisuudet maannokseen syntyvät ja mikä maannostyyppi lopulta kehittyy. Suomessa on tehty vain muutama tutkimus, joissa on tutkittu maannostumistekijöiden vaikutusta podsoloituneiden maannosten kehitymisasteeseen.

Tämän työn tarkoitus oli määrittää maannosprofiilien podsoloitumisaste neljän indeksin (E-horisontin paksuusindeksi, Rubifikaatio indeksi, Al+Fe indeksi ja Podsolisaation kehitymisindeksi) [3] avulla ja arvioida eri maannostumistekijöiden (ilmasto, topografia, lähtöaines, bioottiset tekijät, aika) vaikutusta maannoksen kehitymisasteeseen. Työssä käytettävä aineisto on peräisin koko Suomen kattavasta Luonnonvarakeskuksen Biosoil-tietokannasta. BioSoil projekti on toteutettu v. 2007 osana ICP Forests (International Cooperative Programme on the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests; icp-forests.net/) ja EU Forest Focus ohjelmia [4]. Työhön valittiin 86 profiilia, jotka oli nimetty Podsoleiksi World Reference Base for Soil Resources (WRB) maannosluokittelujärjestelmän mukaan. Maannosprofiilidata sisältää tiedon mm. kasvupaikoista, topografiasta sekä morfologisiin (horisontin paksuus ja Munsell kuiva/märkä väri) ja kemiallisiin (pH, orgaanisen hiilen määrä, oksalaattiin uuttuvan Al ja Fe pitoisuus) ominaisuuksiin liittyvistä määreistä. Maannosten ikä eli aika, jolloin maannosprosessit ovat päässeet vaikuttamaan maannoksen kehittymiseen, määritettiin erikseen käyttäen apuna GTK:n Hakku-tietokantaa sekä muuta kirjallisuutta.

Tutkimuksessa todettiin, että yksittäinen maannostumistekijä pystyy selittämään podsoloitumisilmiötä melko heikosti, koska maannostumisprosessit tapahtuvat samanaikaisesti ja niiden välillä on monimutkaisia yhteyksiä. Joissain tapauksissa morfologisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin perustuvat indeksit käyttäytyvät toisiaan vastaan. Moninaisista yhteyksistä huolimatta aika ja maaperän tekstuuri (lähtöaines) olivat tärkeimmät maannostumistekijät Suomessa. Topografialla oli vain pieni vaikutus podsoloitumiseen.

Kirjallisuus

[1] Törmänen, T. 2016. Verification of field-based classification of Podzols and their development in relation to soil formation factors. Pro gradu tutkielma, Metsätieteiden laitos, Helsingin Yliopisto.

[2] Jenny, H. 1994. Factors of soil formation : a system of quantitative pedology. Dover Publications, Inc, New York. ISBN 0-486-68128-9.

- [3] Starr, M. 1991. Soil formation and fertility along a 5000 year chronosequence. In Pulkkinen, E. 1991. Environmental geochemistry in northern Europe. Geological Survey of Finland, Special Paper 9: 99–104.
- [4] Tamminen, P. & Ilvesniemi, H. 2013. Extensive forest soil monitoring. In Merilä, P. & Jortikka, S. (eds.). Forest Condition Monitoring in Finland – National Report. The Finnish Forest Research Institute. (Online report).

Hieskoivikoista hiilinieluja suonpohjille?

Downy birch thickets as carbon sinks on cutaway peatlands?

Lasse Aro¹, Jyrki Hytönen² & Paula Jylhä²

¹ Luonnonvarakeskus, Itäinen Pitkätie 4A, 20520 Turku, lasse.aro@luke.fi

² Luonnonvarakeskus, Teknologiakatu 7, 67100 Kokkola

Johdanto

Suomessa on turvetuotannosta vapautuneita suonpohjia noin 45 000 ha, ja lähivuosina niitä vapautuu suunnilleen saman verran. Ilman aktiivisia toimenpiteitä ne voivat säilyä hyvinkin pitkään jopa kasvipeitteettöminä kenttinä. Metsätalous on suonpohjien yleisin jälkikäyttömuoto. Metsittämisellä voidaan pienentää vesistöjen kiintoainekuormitusta, ja kasvava puusto sitoo jäännösturpeesta vapautuvaa hiilidioksidia.

Jäännösturve on yleensä hyvin maaton ja siten runsastyyppistä, mikä mahdollistaa korkean puuntuotoksen. Toisaalta siinä on yleensä liian vähän kaliumia ja fosforia suhteessa typpivarantoon [1]. Puiden juuret eivät aina yllä kivennäismaahan liian paksun jäännösturvekerroksen vuoksi, eikä puusto siksi pysty hyödyntämään pohjamaan ravinnevaroja. Ravinnetaloutta voidaan kummassakin tapauksessa parantaa maanmuokkauksella tai lannoittamalla.

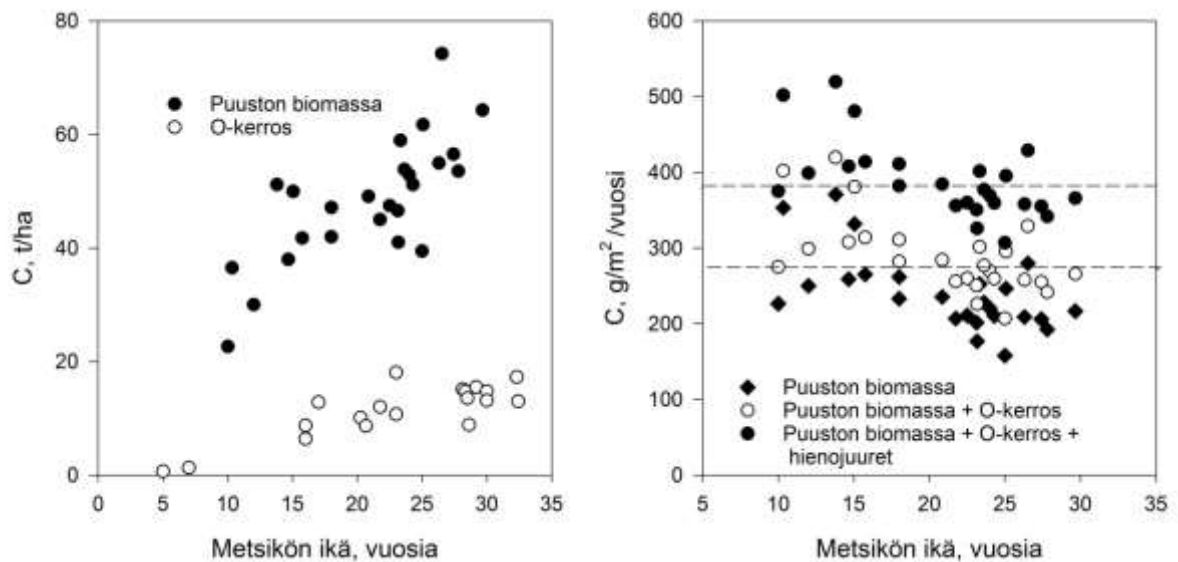
Suonpohja metsittyy luontaisesti hieskoivulla tuhkalannoituksen jälkeen [2]. Hieskoivu muodostaa suotuisissa olosuhteissa tiheikköjä, joiden kasvattaminen bioenergiaksi yli 15 vuoden kiertoajalla ilman harvennuksia voi olla taloudellisesti kannattavaa [3]. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää suonpohjalle luontaisesti syntyneiden, eri-ikäisten hieskoivikoiden biomassatuotos ja niihin sitoutuneen hiilen määrä.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen valittiin 25 luontaisesti syntynyttä ja harventamatonta hieskoivikkoa Limingan Hirvinevalta ja Kihniön Aitonevalta. Koivikoiden ikä oli 10–30 vuotta, jäännösturpeen paksuus 15–137 cm ja sen pintakerroksen (0–10 cm) tuhkapitoisuus 5–81 %. Typeä, fosforia ja kaliumia oli hehtaarilla keskimäärin 4478, 246 ja 114 kg. Puustojen mittauksessa, biomassa- ja hiilimäärityksissä sekä maa-analyyseissä käytetyt menetelmät on kuvattu Hytösen ym. [4] julkaisussa.

Tulokset

Koivikoiden runkoluku pieneni voimakkaasti itseharvenemisen seurauksena. Kymmenvuotiaiden koivikoiden runkoluku oli keskimäärin 122 000 kpl/ha, kun se 25–30 vuoden iässä oli enää 10 000 kpl/ha. Vastaavana aikana maanpäällinen biomassa lisääntyi 17 tonnista 79–116 tonniin hehtaarilla. Kun mukaan laskettiin myös kantojen ja juurten biomassa, oli kymmenvuotiaissa koivikoissa keskimäärin 46 t/ha ja 25–30-vuotiaissa 151 t/ha kuivamassaa (kuva 1). Yli 15-vuotiaiden hieskoivikoiden keskimääräinen maanpäällinen biomassatuotos (MAI) oli 3,2 t/ha vuodessa ja kokonaistuotos 4,7 t/ha. Edellä esitetyt biomassat ovat lehdettämiä. Suonpohjaturpeen päälle kertyneen uuden orgaanisen aineksen määrä lisääntyi lineaarisesti koivikoiden vanhetessa, ja sen sisältämä hiilimäärä oli enimmillään 18 t/ha (kuva 1). Tulosten perusteella suonpohjille luontaisesti syntyneistä hieskoivikoista voi tulla hiilinieluja (kuva 1).



Kuva 1. Biomassaan (rungot, oksat, kannot, karkeat juuret) ja karike- ja humuskerrokseen (O-kerros) sitoutuneen hiilen määrä ja vuotuinen hiilen sitoutuminen. Vuotuinen hiilivuo hienojuurista maahan hieskoivikoissa pohjautuu Uri ym. [5] tutkimukseen. Katkoviiivat kuvaavat lannoitetun ja metsitetyn suonpohjaturpeen hiilidioksidipäästöjen keskiarvoja (heterotrofinen respiraatio) tutkimusten mukaan [6,7].

Kirjallisuus

- [1] Aro, L., Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1997. Suopohjien metsitys. Hankeraportti 1986-1995. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 634. 51 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1558-4>
- [2] Huotari, N., Tillman-Sutela, E., Pasanen, J. & Kubin, E. 2008. Ash-fertilization improves germination and early establishment of birch (*Betula pubescens* Ehrh.) seedlings on a cut-away peatland. *Forest Ecology and Management* 255: 2870-2875. doi:10.1016/j.foreco.2008.01.062.
- [3] Jylhä, P., Hytönen, J. & Ahtikoski, A. 2015. Profitability of short-rotation biomass production on downy birch stands on cut-away peatlands in northern Finland. *Biomass and Bioenergy* 75: 272-281. doi:10.1016/j.biombioe.2015.02.027
- [4] Hytönen, J., Aro, L. & Jylhä, P. 2018. Biomass production and carbon sequestration of dense downy birch stands on cutaway peatlands. *Scandinavian Journal of Forest Research*. DOI: 10.1080/02827581.2018.1500636. 8 s.
- [5] Uri, V., Kukumägi, M., Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Morozov, G. & Karoles, K. 2017. Ecosystems carbon budgets of differently aged downy birch stands growing on well-drained peatlands. *Forest Ecology and Management* 399: 82–93.
- [6] Mäkiranta, P., Hytönen, J., Aro, L., Maljanen, M., Pihlatie, M., Potila, H., Shurpali, N., Laine, J., Lohila, A-L., Martikainen, P.J. & Minkkinen, K. 2007. Soil greenhouse gas emissions from afforested organic soil croplands and cutaway peatlands. *Boreal Environmental Research* 12: 159-175.
- [7] Silvan, N. & Hytönen, J. 2016. Impact of ash-fertilization and soil preparation on soil respiration and vegetation colonization on cutaway peatlands. *American Journal of Climate Change* 5: 178-192. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2016.52017>

Lämmityksen vaikutus boreaalisen sarasuon CO₂ vaihtoon märissä ja kuivissa olosuhteissa

Warming impacts on boreal fen CO₂ exchange under wet and dry conditions

Laine, A.M.¹, Mäkiranta, P.², Laiho, R.², Mehtätalo, L.³, Penttilä, T.², Korrensalo, A.¹, Minkkinen, K.⁴, Fritze H.², Tuittila E-S.¹

¹ Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu

² Luonnonvarakeskus (Luke) PL 2, 00791 Helsinki

³ Tietojenkäsittelytieteen laitos, Itä-Suomen yliopisto, PL 111, 80110 Joensuu

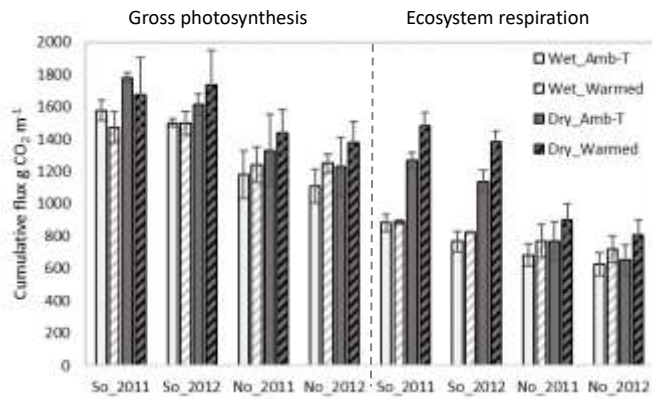
⁴ Metsätieteidenlaitos, Helsingin Yliopisto, PL 27, 00014 Helsinki

Abstract

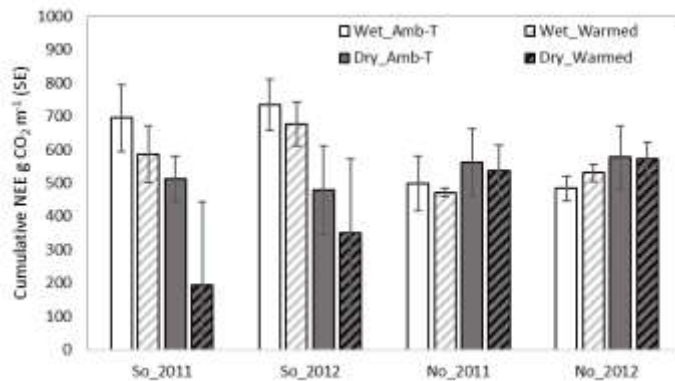
Pohjoiset suot ovat varastoineet turpeeseen jopa 500 ± 100 Gt hiiltä [1]. Koska soiden toiminta hiilinieluna on herkkä sääolojen vaihteluille, on tärkeää kvantitatiivisesti ymmärtää niiden ilmastovasteet. Pohjois-Euraasian, jossa soita on runsaasti, oletetaan vähitellen muuttuvan ilmastoltaan lämpimämmäksi ja märemmäksi [2, 3]. Ennusteiden mukaan kesäsateiden esiintymisessä voi olla suurta paikallista vaihtelua, jolloin sekä kuivuus- että tulvakausien taajuus voi lisääntyä [4, 5]. Tämän lisäksi lämpenemisen ajatellaan lisäävän haihduntaa, siksi ainakin osa pohjoisista soista todennäköisesti kuivuu ja kärsii vähintäänkin hetkellisistä kuivuuskausista. Koska juuri märkydestä johtuva hapen niukkuus on soiden toimintoja säätelevä erityispiirre, pohjoisten soiden hiilitaseen vastetta ilmaston lämpenemiselle on mielekästä tutkia sekä kuivissa että märissä kasvuolosuhteissa.

Tutkimuksemme tavoite oli selvittää lämmityksen vaikutus boreaalisen sarasuon hiilidioksidin (CO₂) vaihtoon kahdella eri keskivedenpinnan tasolla: vallitsevalla märällä ja sitä vähän kuivemmalla. Oletimme lämmityksen lisäävän fotosynteesiä ja respiraatiota, niin että kuivemmissa oloissa lämmityksen vaikutus etenkin respiraation määrään olisi suurempi. Oletimme yhdistetyn kuivuuden ja lämmityksen muuttavan suon hiilidioksidin nielusta hiilidioksidin lähteeksi. Tutkimus toteutettiin kahdella sarasuolla, joista eteläisempi sijaitsi Orivedellä (Lakkasuo, 61°48' N 24°19' E) ja pohjoisempi Kittilässä (Lompolojänkkä, 67°60' N 24°12' E). Kummallekin suolle perustettiin vuonna 2008 koe, jossa osa suosta kuivattiin navero-ojituksella. Sekä kuivatulle että ojitetulle alueelle perustettiin kuusi näytealaa, joista kolmen lämpötilaa nostettiin ns. lämmityskammioilla (open top chamber). Kasvukausien 2011 ja 2012 aikana näiden näytealojen CO₂ vaihto mitattiin noin viikon välein kammio menetelmällä. Käsittelyjen vertailu ja kasvukauden aikaisen kumulatiivisen kaasuvuon arviointi toteutettiin epälineaarisilla sekamalleilla, jotka rakennettiin erikseen fotosynteesille ja respiraatiolle.

Tutkimuksemme vahvisti sarasuon CO₂ vaihdon olevan herkempi kuivumiselle kuin lämmitykselle (Kuva 1). Vallitsevaa vedenpintaa noin 6 – 3 cm syvämpi taso merkittävästi lisäsi fotosynteesiä ja ekosysteemin respiraatiota. Vallitsevaa keskilämpötilaa noin 1.5 °C lämpimämpi ilma kasvillisuuden korkeudella ei vaikuttanut CO₂ vaihtoon, mutta yhdistettynä kuivatukseen lämmitys entisestään voimisti respiraatiota. Eteläisempi suo, jolla kuivatus oli voimakkaampi, reagoi käsittelyihin voimakkaammin kuin pohjoisempi suo. Kuivuminen muutti eteläisemmän suon hiilen lähteeksi, kun taas pohjoisen suon hiilitase pysyi melko muuttumattomana (Kuva 2).



Kuva 1. Kasvukauden aikainen kumulatiivinen bruttofotosynteesi ja ekosysteemi-respiraatio lämmitys ja vedenpinta käsittelyissä Eteläisellä (So) ja pohjoisella (No) sarasuolla vuosina 2011 and 2012.



Kuva 2. Kasvukauden aikainen kumulatiivinen nettofotosynteesi (NEE) lämmitys ja vedenpinta käsittelyissä Eteläisellä (So) ja pohjoisella (No) sarasuolla vuosina 2011 and 2012.

Tutkimuksemme osoittaa, etteivät lievä kuivuminen ja lämpeneminen muuttaneet sarasuon kasvillisuutta voimakkaasti, mutta aiheuttivat osittain merkittäviä muutoksia CO₂ vaihtoon. Vedenpinnan vaikutus on selvästi lämmitystä merkittävämpi ja toisaalta pienetkin erot kuivumisen määrässä voivat olla merkittäviä hiilitaseen kannalta.

Kirjallisuus

- [1] Yu, Z. C. (2012). Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review. *Biogeosciences*, 9(10), 4071-4085.
- [2] Arzhanov, M. M., Eliseev, A. V., & Mokhov, I. I. (2012). A global climate model based, Bayesian climate projection for northern extra-tropical land areas. *Global and Planetary Change*, 86, 57-65.
- [3] Monier, E., Sokolov, A., Schlosser, A., Scott, J., & Gao, X. (2013). Probabilistic projections of 21st century climate change over Northern Eurasia. *Environmental Research Letters*, 8(4), 045008.
- [4] Pal, J.S., Giorgi, F., & Bi, X. (2004). Consistency of recent European summer precipitation trends and extremes with future regional climate projections. *Geophysical Research Letters* 31(13), <https://doi.org/10.1029/2004GL019836>
- [5] Lehtonen, I., Ruosteenoja, K. and Jylhä, K., (2014). Projected changes in European extreme precipitation indices on the basis of global and regional climate model ensembles. *International Journal of Climatology*, 34(4), pp.1208-1222.

Toiselle sadolle annetun ammoniumsulfaattilannoitteen vaikutus nurmikasvuston ravinteiden ottoon ja sadon ravinnepitoisuuksiin

Effect of for the second harvest given ammoniumsulphate on sward's nutrient uptake and nutrient concentration in yield

Petri Kapuinen¹ ja Oiva Niemeläinen²

¹ Luonnonvarakeskus, Tuotantojärjestelmät, petri.kapuinen@luke.fi

² Luonnonvarakeskus, Luonnonvarat, oiva.niemelainen@luke.fi

Johdanto

Kasvavalla nurmella lietelannan käyttö on suositeltavinta 1. niiton jälkeen. Lietelantaa ei useinkaan ehditä levittämään heti niiton jälkeen. Mineraalilannoitteiden levittämiseen menee huomattavasti vähemmän aikaa. Tarkastelemme tässä heti 1. niiton jälkeen kasvinsuojeluruiskulla ammoniumsulfaattiliuoksella (AMS) tehdyn starttilannoituksen ja kiteisenä AMS:ina annetun lannoituksen vaikutusta nurmen satoon ja sen pää- ja sivuravinteiden pitoisuuksiin ravinteiden ottoon seuraavassa sadossa verrattuna pelkällä sijoitetulla lietelannan tai tavanomaisen rakeisen ammoniumnitraattilannoitteen (AN) vastaaviin vaikutuksiin.

Lietelanta sijoitettiin, kun kasvustossa oli jo merkittävää jälkikasvua. Teollisuuden päästöjen vähennettyä ja rikkilaskeuman pienennettyä muutamaa kiloon hehtaarille vuodessa on rikin lannoitustarve alkanut lisääntyä [1]. Ammoniumsulfaatti sisältää 1,15 kertaa typpeä vastaavan määrän rikkiä. Sillä voidaan typpilannoituksen sivussa kustannustehokkaasti lisätä rikkilannoitusta [2].

Aineisto ja menetelmät

Jokioisilla vuonna 2017 toteutetun kenttäkokeen järjestelyt ja toteutus on kuvattu tarkemmin julkaisussa [3]. 1. niiton (19.6.2017) jälkeen tehtiin lietelantakäsittelyissä AMS-lannoitukset 22.6.2017 kasvinsuojeluruiskulla 0, 15, 30 ja 45 kg N/ha. Rakeinen AN ja kiteinen AS (100 kg N/ha) annettiin samoin 22.6.2017. Liete sijoitettiin 13-14.7.2017 eli varsin myöhään. Tavoite oli antaa lietteessä 100 kg liukoista typpeä hehtaarille, mutta lietelantamäärä oli asetusvirheen vuoksi selvästi tavoiteltua suurempi ja lietteessä annettiin kokonaistyppeä 384 kg/ha, josta 193 kg/ha oli liukoista typpeä. Sen mukana tuli 81,8 kg/ha fosforia, 447,1 kg/ha kaliumia ja 55,9 kg/ha rikkiä. Toinen sato korjattiin 15.8.2017. Sadon kivennäysanalyysit tehtiin Luonnonvarakeskuksen laboratoriossa Jokioisissa. Sadon typpipitoisuus määritettiin Valion rehulaboratoriossa NIRS laitteistolla. Esitetyt tulokset ovat neljän kerranteen keskiarvoja.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Taulukossa 1 esitetään kuiva-ainesato sekä pää- ja sivuravinteiden pitoisuuksia kasvukauden 2. nurmisadossa ja taulukossa 2 esitetään kasvuston sadossa ottamia pää- ja sivuravinteiden määriä. Lietelantakäsittelyistä saatiin merkittävästi pienemmät ka-sadot kuin mineraalilannoitteilla lannoitetuista koejäsenistä huolimatta suuremmasta annetusta N-määrästä (Taulukko 2). 2. sadossa otetun typen määrä oli sekä AN- että AMS-lannoituksella hyvin lähellä lannoitteessa 1. niiton jälkeen annetun typen määrä 100 kg/ha (Taulukko 2). Lietekäsittelyissä kasvuston ottama typen määrä oli selkeästi pienempi kuin lietelantana ja AMS:na annetun liukoisen typen yhteismäärä (Taulukko 2), vaikka lietelannan mukana sitä tuli yllin kyllin. 2. sadolle kiteisenä AMS:na annettu suuri rikkimäärä (115 kg S/ha) suhteessa AN:na annettuun rikkimäärään nähden (5,5 kg S/ha) ei merkitsevästi lisännyt kasvuston rikin ottoa (Taulukko 2) vaikka sadon rikkipitoisuus olikin korkeampi (Taulukko 1). Suuri rikkilannoitus kuitenkin potentiaalisesti alentaa rehun seleenipitoisuutta. Pelkkää AN-lannoitetta saaneiden käsittelyiden sadon rikkipitoisuus oli kuitenkin selvästi pienin. Sen

paremmin kuin fosfori- ja kaliumpitoisuudet – ja niitä sadon ottamat määrät eivät olleet AMS-lannoituksella pienemmät kuin AN-lannoituksella, vaikka siinä ei ollut kumpaakaan. Sen sijaan lannan mukana tullut runsas fosfori- ja kaliummäärä nosti näiden pitoisuutta selvästi. Kolmas sato jäi hyvin pieneksi (alle 1000 kg ka/ha) vuonna 2017 kaikissa koejäsenissä.

Taulukko 1. Nurmen 2. niiton kuiva-ainesato sekä pää- ja sivuravinteiden pitoisuudet sadossa

	Kuiva- aine- sato, kg/ha	N, g/kg ka	P, g/kg ka	K, g/kg ka	S, g/kg ka	Ca, g/kg ka	Mg, g/kg ka
100 kg NH ₄ -NO ₃ -N/ha ¹⁾	6166 ^a	16,4 ^b	2,81 ^c	23,4 ^b	1,33 ^c	2,30 ^a	1,46 ^{ab}
100 (NH ₄) ₂ SO ₄ -N kg ha ²⁾	6033 ^a	15,9 ^b	2,72 ^c	21,9 ^b	1,69 ^b	2,12 ^a	1,34 ^b
Lietelanta (193 kg liuk. N/ha)	2888 ^b	26,2 ^a	4,19 ^{ab}	37,1 ^a	1,89 ^{ab}	2,99 ^a	1,80 ^a
Lietelanta+15 AMS-N kg/ha	3108 ^b	28,7 ^a	4,72 ^a	41,1 ^a	2,14 ^a	2,79 ^a	1,80 ^a
Lietelanta+30 AMS-N kg/ha	3501 ^b	26,2 ^a	4,08 ^{ab}	37,6 ^a	2,01 ^a	2,99 ^a	1,85 ^a
Lietelanta+45 AMS-N kg/ha	3999 ^b	24,5 ^a	3,95 ^b	36,1 ^a	2,04 ^a	3,11 ^a	1,85 ^a

Keskiarvot, joiden jälkeen sarakkeessa on eri kirjain, eroavat tilastollisesti toisistaan (P<0,05).

¹⁾ YaraMila Y5 (NPKS 22-5-5-1,2), ²⁾ Finnish White (NS 21-24)

Taulukko 2. Nurmikasvuston toisessa sadossa ottaminen ravinteiden määrä

	N, kg/ha	P-, kg/ha	K, kg/ha	S, kg/ha	Ca, kg/ha	Mg, kg/ha
100 kg NH ₄ -NO ₃ -N/ha	100,7 ^a	17,3 ^a	143,6 ^a	8,2 ^{ab}	14,1 ^a	9,0 ^a
100 kg (NH ₄) ₂ SO ₄ -N/ha	95,3 ^a	16,3 ^{ab}	131,9 ^a	10,2 ^a	12,8 ^{ab}	8,1 ^{ab}
Lietelanta (193 kg liuk. N/ha)	75,8 ^a	12,1 ^b	107,2 ^a	5,5 ^c	8,6 ^c	5,2 ^c
Lietelanta+15 AMS-N kg/ha	89,9 ^a	14,7 ^{ab}	128,1 ^a	6,7 ^c	8,7 ^{bc}	5,6 ^{bc}
Lietelanta+30 AMS-N kg/ha	91,9 ^a	14,3 ^{ab}	132,0 ^a	7,1 ^{bc}	10,5 ^{abc}	6,5 ^{bc}
Lietelanta+45 AMS-N kg/ha	98,0 ^a	15,8 ^{ab}	144,2 ^a	8,2 ^{ab}	12,5 ^{abc}	7,3 ^{abc}

Keskiarvot, joiden jälkeen sarakkeessa on eri kirjain, eroavat tilastollisesti toisistaan (P<0,05).

Johtopäätökset

Ammoniumsulfaatti näyttäisi sopivat ainakin osaksi nurmen lannoitusta myös ravinnepitoisuuksien kannalta. Sillä tehty starttilannoitus lisäsi satoa lähinnä typpimääränsä verran eikä oleellista lietelannan tyyppien hyväksikäytön paranemista havaittu.

Kirjallisuus

[1] Ylihalla, M. 2009. Kasviravinteet. Ravinteet kasvintuotannossa. *Tieto tuottamaan* 127: 6-25.

[2] Kapuinen, P. 2017. Nestemäisen kierrätysammoniumsulfaatin maatalouskäyttö. Maaperätieteiden päivät 2017. *Pro Terra* 71: 29 – 20: Saatavilla internetissä: http://www.maapera.fi/sites/maapera.fi/files/Pro_Terra_71_2017.pdf

[3] Kapuinen, P. ja O. Niemeläinen. 2018. Ammoniumsulfaatti (AMS) nurmen ensimmäisen niiton jälkeisessä lannoituksessa. Suomen Maataloustieteellinen Seura. Maataloustieteen päivät 2018. *Tiedote* 35. 8 s. Julkaistu 18.7.2018. Saatavilla internetissä: <https://journal.fi/smst/article/view/73081>

[4] Tauriainen, S. 2009. Lannoituksen vaikutus rehuun. *Tieto tuottamaan* 127: 85-86

Broilerinlanta orgaanisten lannoitevalmisteiden raaka-aineena

Broiler manure as a raw material for organic fertilizer materials

Minna Sarvi¹, Riikka Keskinen¹, Marleena Hagner¹, Tapio Salo¹, Kari Ylivainio¹, Risto Uusitalo¹, Terhi Suojala-Ahlfors², Hannamajja Fontell³, Tuomas Pelto-Huikko³ ja Kimmo Rasa¹

¹ Luonnonvarakeskus Luke, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

² Luonnonvarakeskus Luke, Itäinen Pitkätie 4A, 20520 Turku

³ Biolan Oy, Lauttakyläntie 570, 27510 Eura

Johdanto

Suomessa muodostui vuonna 2017 yhteensä 300 300 t tuoretta siipikarjanlantaa (varastoinnin jälkeen), josta suurin osa syntyi Varsinais-Suomen, Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan alueella [1]. Puolet määrästä oli broilerinlantaa [2,3]. Broilerinlannan korkea fosfori- ja kuiva-ainepitoisuus mahdollistavat sen monipuolisen prosessoinnin erilaisiksi orgaanisiksi lannoitevalmisteiksi, mikä edesauttaa lantafosforin kuljetettavuutta fosforia tarvitseville alueille. Hallituksen kärkihankkeeseen kuuluvassa Ravinteiden kierrätyksen kokeiluohjelman MOSKU-hankkeessa tutkittiin eri tavalla käsiteltyjen (kuivaus ja rakeistus, pyrolyysi) broilerinlantatuotteiden sisältämän fosforin ja typen käyttökelpoisuutta kasveille astia- ja kenttäkokein. Koska broilerinlannan typen ja fosforin suhde ei ole kasvien kannalta optimaalinen, yhtenä koekäsittelynä oli myös broilerinlantarakeen typen pitoisuuden mahdollinen kasvattaminen höyhenjauholisäyksellä.

Aineisto ja menetelmät

Tutkitut, Biolan Oy:n toimittamat, tuotteet olivat 1) kuivattu broilerinlantarae (Br-rae), 2) kuivattu broilerinlanta-höyhenjauhorae (Br-HJ -rae), 3) pyrolysoitu broilerinlanta (Pyro-Br) sekä 4) höyhenjauho (HJ). Pyrolyysi toteutettiin laboratoriomittakaavan laitteistolla esikuivatusta (40 °C) ja homogenisoidusta broilerinlannasta 450 °C:ssa. Tuotteista tutkittiin tilavuuspaino, tuhkapitoisuus (550 °C), typen kokonaispitoisuus (Kjeldahl ja Dumasin menetelmä), fosforin kokonaispitoisuus kuningasvesiuutolla, fosforin liukoisuus muunnellulla Hedley'n fraktioinnilla [4] sekä typen liukoisuus vesiuutolla (1:5 ja 1:60) ja p_{H2O} (1:5).

Tuotteiden fosforin ja typen käyttökelpoisuutta kasveille tutkittiin astiakokeella kesällä 2018 käyttäen koekasvina raiheinää (*Lolium multiflorum*, lajike Barmultra II) ja koemaana fosforiköyhää hietamaata. Fosforikokeessa koejäseninä (n=4) olivat Br-rae, Br-HJ -rae sekä Pyro-Br (fosforilisäystrasot kokonaisfosforina 100 mg P/kg maata). Lisäksi Br-HJ -rae testattiin myös lisäystrasolla 30 mg P/kg maata. Verrokkina oli superfosfaatti (0, 25, 50, 150, 300 mg P/kg maata) (n=4). Typpikokeessa (250 mg N/kg maata kokonaistyppenä) koejäseninä olivat broilerinlantapohjaiset tuotteet (Br-rae, Br-HJ -rae ja Pyro-Br) sekä höyhenjauho (HJ) ja verrokkeina oli mineraalityppeä 0, 50, 125, 188 ja 250 mg/kg maata saaneet koejäsenet (n=4). Fosforikokeessa korjattiin yhteensä 4 satoa ja typpikokeessa 3. Jokaisen niiton jälkeen annettiin lisälannoitus: fosforikokeessa typpi-kaliumlannoitus ja typpikokeessa kaliumlannoitus. Sadoista tutkittiin ravinnepitoisuudet ja maille tehtiin kokeen päätyttyä viljavuusanalyysi sekä mineraalityppimääritys (2M KCl).

Br- ja Br-HJ -rakeen typen käyttökelpoisuutta tutkittiin lisäksi kenttäkokeella (maalaji mKHT) käyttäen koekasvina sipulia (*Allium cepa*, lajike Setton). Broilerinlantapohjaisissa tuotteissa typpeä lisättiin 130 kg/ha kokonaistyppenä. Verrokkina toimivat 10, 70 ja 70+30 kg N/ha mineraalilannoitteena saaneet koejäsenet. Kasvuston typen ottoa ja maan ammonium- ja nitraattitypen pitoisuuksia seurattiin kasvukauden aikana näytteenotoilla. Korjatusta sadosta tutkittiin määrän ohella laatutekijöitä (kauppakelpoinen osuus, koko, ravinnepitoisuudet).

Tulokset ja tarkastelu

Pyrolysoitu broilerinlanta oli koostumukseltaan tuhkapitoista (35 %) ja emäksistä (pH 11), mikä on tyypillistä pyrolysoituille lannoille [5]. Pyrolyysi väkevöi fosforin hiilijakeeseen (esikuivattu broilerinlanta 11 g/kg ka; pyrolysoitu broilerinlanta 25 g/kg ka), kun taas tyyppiä siirtyi kaasu- ja nestejakeisiin (hävikki 60 %).

Fosforikokeessa tutkittujen tuotteiden peräkkäisten niittojen yhteenlaskettuja kokonaiskuiva-ainesatoja verrattiin superfosfaattilannoituksella määritettyyn satovastekäyrään. Alustavien tulosten perusteella Br-rakeen fosfori oli tutkituista tuotteista käyttökelpoisinta vastaten verranteena käytettyä superfosfaattifosforia. Br-HJ-rakeen fosforin käyttökelpoisuus oli n. 60 % suuremmalla P-lisäystillalla ja n. 85 % pienemmällä P-lisäystillalla. Pyrolyysi muunsi broilerinlannan fosforin niukkaliukoisempaan muotoon, minkä seurauksena sen käyttökelpoisuus aleni 45 %:iin superfosfaattifosforiin verrattuna. Verrattaessa typpikokeessa tutkituilla tuotteilla saatuja peräkkäisten niittojen yhteenlaskettuja kokonaiskuiva-ainesatoja mineraalityypilannoituksella määritettyyn satovastekäyrään, saatiin HJ:n sisältämän typen käyttökelpoisuudeksi 65 %, Br-rakeen 40% ja Br-HJ-rakeen 50 %. Pyro-Br:lla ei havaittu tyypilannoitusvaikutusta. Pyrolyysin onkin todettu vähentävän typen käyttökelpoisuutta [6]. Kenttäkokeessa sipulilla saadut Br- ja Br-HJ –rakeen typen käyttökelpoisuudet (35 % ja 50 % tuotteiden kokonaistypestä) sipulilla vastasivat hyvin astiakokeessa raiheinällä saatuja tuloksia. Sipulikasvien typenotto oli tehokasta ja maan helppoliukoisien typen pitoisuudet pysyivät läpi kasvukauden matalina (n. 6 kg NH₄-N/ha n. 1-10 kg NO₃-N/ha).

Kuivattu broilerinlantarae ja pyrolysoitu broilerinlanta vaikuttavat soveltuvan hyvin orgaanisten lannoitevalmisteiden raaka-aineiksi, mutta ravinnesuhteiden tasapainotus tyypillisellä on tarpeen. Lannoitevalmisteen tulee olla myös teknisesti helposti levitettävissä. Tutkituista menetelmistä varsinkin pyrolyysi mahdollistaa lannan pidemmät kuljetusmatkat konsentroidulla lannan ravinteet pienempään tilavuuteen.

Kirjallisuus

- [1] Luostarinen, S., Hellstedt, M., Nousiainen, J., Grönroos, J. ja Munther, J. 2018. Missä luuraavat Suomen lannat? *Käytännön Maamies* 6/2018.
- [2] Luostarinen, S., Grönroos, J., Hellstedt, M., Nousiainen, J. ja Munther, J. 2017. Finnish Normative Manure System: System documentation and first results. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 48. 74s.
- [3] Maanmittauslaitos. Eläintilasto 2017.
- [4] Sharpley, A. ja Moyer, B. 2000. Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. *Journal of Environmental Quality* 29: 1462–1469.
- [5] Cantrell, K.B., Hunt, P.G., Uchimiya, M., Novak, J.M. ja Ro, K.S. 2012. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource Technology* 107: 419–428.
- [6] Paneque, M., De la Rosa, J.M., Kern, J., Reza, M.T. ja Knicker, H. 2017. Hydrothermal carbonization and pyrolysis of sewage sludges: What happens to carbon and nitrogen? *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 128: 314–323.

Jätelietteestä ja puutuhkasta uutta puhtia metsänkasvuun –RAKIKY hankkeen-esittely

Improving forest growth by sewage sludge and wood ash

Sirpa Piirainen¹

¹ Luonnonvarakeskus, Yliopistokatu 6, 80100 Joensuu, sirpa.piiirainen@luke.fi

Abstrakti

Yhdyskuntien jäteliete eli jätevedenpuhdistamoilla saostettu ja talteen kerätty ihmisperäinen jäte sisältää huomattavia määriä typpeä ja fosforia. Typpi ja fosfori ovat ravinteita, joita yleisimmin käytetään myös metsälannoitteina metsän kasvua parantamaan. Jätelietteen levittäminen metsään ei ole kuitenkaan sallittua mm. hygieniasyistä.

Jätelietteen kompostointi parantaa sen ravintoarvoa ja vähentää haitallisten aineiden ja mikrobien määriä. Kompostoitu liete pitää lisäksi saattaa koneellisesti käsiteltävään lannoitemuotoon ja tässä avuksi tulee puuntuhkalisäys. Kompostoidun lietteen ja puuntuhkan muodostama seoslannoite on ravinnekoostumukseltaan ja käsiteltävyydeltään optimaalinen sekä turvemaiden että kangasmaiden kasvatuslannoitukseen. Näiden jätefraktioiden kierrätyksellä sidotaan metsän lisäkasvuun myös ilmakehän hiiltä.

Luonnonvarakeskus selvittää syyskuussa 2018 EAKR-rahoituksella aloittaneessa RAKIKY-hankkeessa tämän uudentyyppisen seoslannoitteen toimivuutta metsälannoituksessa mm. laboratorio- ja maastokokein. Tutkittavia asioita ovat lannoitteen liukoisuus, ympäristövaikutukset ja kasvuvasteet. Lisäksi hankkeen tavoitteena on saada lainsäädäntöön muutoksia, mitkä sallisivat kierrätyslannoitteiden käytön myös metsälannoitteena. Maataloudessa kierrätyslannoitteet ovat jo olleet sallittuja. Uuden lannoitteen elinkaaritarkastelu on myös osa hanketta. Lisäksi hankkeella edistetään kierrätyslannoitteiden valmistamista myös teollisessa mittakaavassa. Hanketta toteutetaan konsortiona Luonnonvarakeskuksen, Aalto-yliopiston ja Ladecin kanssa vv. 2018-2020.

Biotestit puhdistamolietteen lannoitekäytön turvallisuuden arviointiin

Bioassays as tool in assessing safety of sewage sludge fertilizer use

Katri Senilä^{1,3}, Salla Selonen¹, Markus Sillanpää¹, Matti Leppänen² ja Jarkko Akkanen³

¹ Laboratoriokeskus, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Helsinki, FINLAND

² Laboratoriokeskus, Suomen ympäristökeskus (SYKE), Jyväskylä, FINLAND

³ Ympäristö- ja biotieteiden laitos, Itä-Suomen yliopisto, Joensuu, FINLAND

Tiivistelmä

Suomessa suuri osa puhdistamolietteestä päätyy maatalouden lannoitteeksi viljeltäessä viljoja, öljykasveja tai sokerijuurikasta. Puhdistamolietteen lannoitekäytöllä on useita etuja keinolannoitteiden yksinomaiseen käyttöön verrattuna. Näitä ovat muun muassa maaperän orgaanisen aineksen varantojen kasvu sekä maan mururakenteen ja vedenpidätyskyvyn paraneminen. Lisäksi käyttö tukee kiertotalousajattelua, johon kuuluu oleellisena osana pyrkimys eroon uusiutumattoman kaivannaisfosforin käytöstä. Hyvien ominaisuuksien varjopuolena ovat puhdistamolietteen sisältämät raskasmetallit, mikromuovit, orgaaniset haitta-aineet sekä patogeenit. Nämä ovat herättäneet siinä määrin huolta, että useat viljanostajat ovat kieltäytyneet ostamasta puhdistamolietteellä lannoitettujen peltolohkojen satoa. Myös Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK on ohjeistanut tuottajia olemaan käyttämättä puhdistamolietettä lannoitteena, kunnes haitta-aineiden pitoisuudet saadaan pienemmiksi.

Kuinka haitallista puhdistamolietteen lannoitekäyttö todellisuudessa on? Onko käytöstä haittaa eliöille? Akkumuloituvatko lietteen sisältämät haitalliset aineet? Miten voidaan arvioida lannoitekäytön turvallisuutta luotettavasti ja kustannustehokkaasti? Muun muassa näihin kysymyksiin etsitään vastausta meneillään olevassa BIOLTA-hankkeessa. Hanke yhdistää kemiallisen analytiikan sekä erilaiset standardoidut *in vitro* ja *in vivo* -testit. Tavoitteena on tunnistaa ne biotestit, jotka parhaiten soveltuvat puhdistamolietepohjaisten lannoitteiden haittavaikutusten tutkimiseen sekä luoda ohjeistus niiden käyttöturvallisuuden arvioimiseen.

Kirjallisuus

[1] Domene, X., Alcaniz, J. and Andrés, P. 2008. Comparison of solid-phase and eluate assays to gauge the ecotoxicological risk of organic wastes on soil organisms. *Environmental Pollution* 151: 549-558.

[2] Huguier, P., Manier, N., Chabot, L., Bauda, P. and Pandard, P. 2015. Ecotoxicological assessment of organic wastes spread on land: Towards a proposal of a suitable test battery. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 113: 103–111.

[3] Vilpanen, M. & Toivikko, S. 2017 Yhdyskuntalietteen käsittelyn ja hyödyntämisen nykytilannekatsaus. *Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 46*.

Happaman sulfaattimaan tunnistaminen inkubaatiomenetelmällä metsäkohteilla

Applicability of the incubation method to identify acid sulfate soils under forests

Tiina Maileena Nieminen ja Marita Turunen

Luke, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, tiina.m.nieminen@luke.fi

Happamien sulfaattimaiden maankäytöstä aiheutuva metallikuormitus ja vesien happamoituminen ovat Suomen suurimpia ympäristöongelmia. Euroopan laajimmat happamien sulfaattimaiden esiintymät löytyvät Suomen alavilta rannikkoseuduilta. Happamien sulfaattimaiden peltojen ongelmat on tunnettu rannikkoseuduilla jo pitkään, mutta niitä esiintyy laajasti myös alueen metsämailla. Noin 230 000 hehtaaria metsätalouden maata sijaitsee alueilla, joilla happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on suuri tai kohtalainen(1). Luonnontilassa happamat sulfaattimaat eivät aiheuta happamoitumista, mutta pohjaveden pinnan laskiessa ojituksen tai muun maan kaivun yhteydessä sulfidipitoinen maa-aines altistuu hapettumiselle, jolloin sulfidit alkavat hapettua rikkihapoksi.

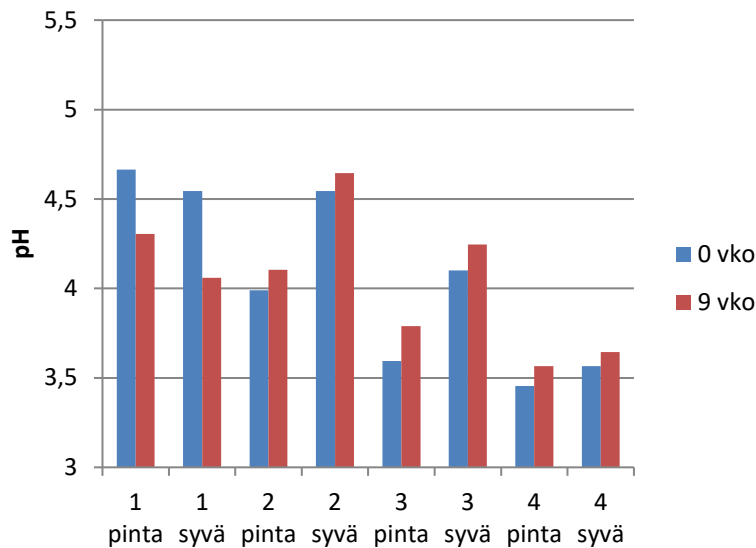
Käytetyin menetelmä potentiaalisen happaman sulfaattimaan tunnistamiseksi on maanäytteiden inkubointi 8-16 viikon ajan. Maanäytteiden pH mitataan näytteenoton yhteydessä maastossa ja inkubaation päätyttyä. Mikäli näytteen pH on inkubaation seurauksena laskenut vähintään 0,5 pH-yksikköä arvoon 4 tai sen alle katsotaan näytteiden olevan hapanta sulfaattimaata. Testasimme menetelmän toimivuutta kolmen metsämaakohteen tapauksissa 9 viikon inkuboinnilla. Kohteista Uusikaarlepyy 1 oli pitkäaikaisen maavesiseurannan perusteella happamaksi sulfaattimaaksi tunnistettu varttunut kuusikko, Uusikaarlepyy 2 kasvuhäiriöinen kuusen taimikko, jonka maaperästä ei ollut aiempaa tutkimustietoa ja Tammela varttunut kuusikko, josta pitkäaikaisen maavesiseurannan perusteella tiedettiin, ettei se ole hapanta sulfaattimaata.

Maanäytteet otettiin kullakin kohteella neljästä eri paikasta kahdelta syvyydeltä:

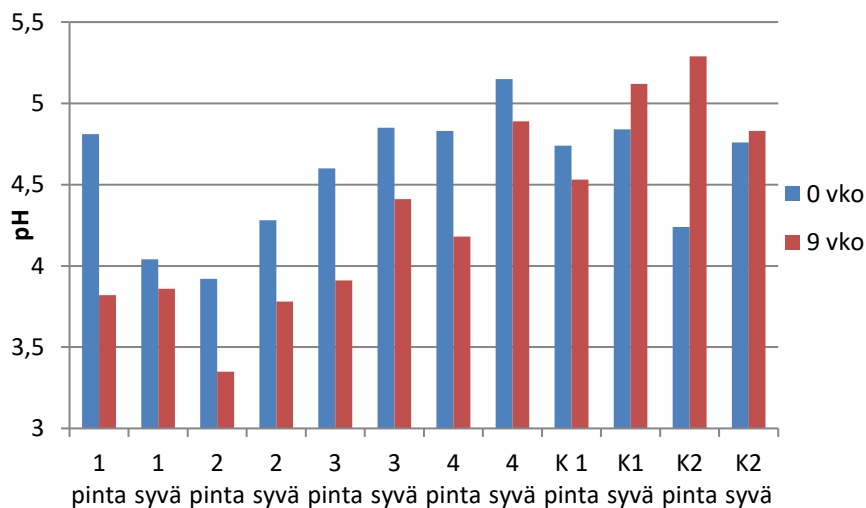
- Pintamaata muutama cm humuskerroksen alapuolelta
- Maata kuopan pohjalta noin 30 cm:n syvyydestä, mikä vastaa laikkumätästyksen muokkaussyvyyttä

Lisäksi Uusikaarlepyy 2 -taimikon läheisyydestä otettiin näytteet terveestä taimikosta kahdesta paikasta kontrolleiksi (K1 ja K2).

Inkubaation tulosten perusteella Uusikaarlepyy 1 -kohdetta ei selkeästi pysty tunnistamaan happamaksi sulfaattimaaksi (Kuva 1). Ainoastaan näytekuppan 1 syvemmän näytteen pH- arvo pieneni yli 0,5 yksikön verran. Toisaalta näytekuppien 3 ja 4 kohdalla pH oli hyvin alhainen jo lähtötilanteessa, mikä viittaa siihen, että maaperän sulfidien hapettuminen on tällä kuusikkokohteella aiheuttanut merkittävää happamoitumista. Uusikaarlepyy 2 -kohteen kaikkien pintamaanäytteiden pH pieneni yli 0,5 yksikköä ja saavutti alle pH 4:än pienemmän arvon näytettä 4 lukuun ottamatta (Kuva 2), mikä viittaa vahvasti happamaan sulfaattimaan. Tammelan maanäytteiden pH ei juuri muuttunut inkubaation seurauksena.



Kuva 1. Uusikaarlepyy 1 -alan pH-arvot inkubaatiota ennen (0 vko) ja sen päätyttyä (9 vko).



Kuva 2. Uusikaarlepyy 2 -alan pH-arvot inkubaatiota ennen (0 vko) ja sen päätyttyä (9 vko). K1 ja K2 näytteet ovat kontrollinäytteitä terveestä taimikosta.

Kirjallisuus

[1] Nieminen, T.M, Hökkä, H., Ihalainen, A. ja Finér, L. 2016. Metsänhoito happamilla sulfaattimailla. *Luonnonvara ja biotalouden tutkimus* 12/2016.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-190-7>

Skogsvård på sura sulfatjordar. *Forskning i naturresurser och bioekonomi* 13/2016.

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-202-7>

Biohiilen hyödyntäminen kaivannaisjätteiden peittomateriaaleissa ja viherrakentamisessa – Biopeitto

Utilization of biochar in dry cover material and landscaping of mine waste areas

Kari Mäkitalo¹, Marleena Hagner², Anna Tornivaara³ ja Raija Pietilä³

¹ Luonnonvarakeskus, Eteläranta 55, 96300 Rovaniemi, kari.makitalo@luke.fi

² Luonnonvarakeskus, etunimi.sukunimi@luke.fi

³ Geologian tutkimuskeskus, etunimi.sukunimi@gtk.fi

Kaivostoiminnan merkittävimmät ja pitkäkestoisimmat ympäristövaikutukset liittyvät kaivannaisjätteiden, erityisesti sulfidipitoisten rikastushiekkojen ja sivukivien läjitykseen ja niistä syntyviin happamiin ja metallipitoisiin suotovesiin. Kaivosjätealueiden oikeaoppinen sulkeminen ja jälkihoito ovat oleellinen osa niiden ympäristövaikutusten hallintaa. Yleisin Suomessa käytetty kaivosjätealueiden sulkemismenetelmä on niiden peittäminen vaihtelevan paksuisella moreenikerroksella. Moreenipeiton tehokkuuteen vaikuttavat esimerkiksi sen paksuus ja vedenjohtokyky. Ominaisuuksiltaan tarkoitukseen sopivaa moreenia ei aina ole helposti saatavilla, joten sen hankkiminen voi olla suuri sulkemistoimenpiteisiin liittyvä kustannuserä.

Biopeitto-projektin¹ tavoitteena on kehittää biohiilipohjaisia sulkemiskaisuja kaivosteollisuuden tarpeisiin. Tähtäimessä on parantaa kuivapeiton pitkäaikaista kestävyyttä, stabiilisuutta ja viherryttämistä, estää eroosiota sekä parantaa peiton vesitaloutta ja hiili- ja ravintetasapainoa. Biohiiltä voidaan tuottaa paikallisesti, mikä vähentää kuljetus- ja varastointikustannuksia ja avaa uusia mahdollisuuksia käynnistää tai kasvattaa paikallista yrittäjyyttä. Biohiilen käyttö edistäisi kiertotalouden toteuttamista jo raakamateriaalin tuotannosta lähtien.

Projektissa on hallinnon työpaketin lisäksi kaksi muuta työpakettia. Työpaketin 2 – biohiilen testaus kaivosjätealueiden peittorakenteissa – ensimmäisessä osassa tehdään kirjallisuusselvitys koerakenteista sekä pilottikohteiden lopullinen valinta, testimateriaalien hankinta ja karakterisointi. Toisessa osatutkimuksessa materiaaleja testataan kolonnikokeissa laboratoriossa (Kuva 1) ja kolmannessa osassa pilottikokeissa Rautuvaaran vanhan kaivoksen rikastushiekkakentällä Länsi-Lapissa.

Työpaketin 3 – biohiilen valmistus ja sen käyttö yhdessä kuitusaven kanssa kaivosjätealueiden maisemoinnissa – ensimmäisessä osatutkimuksessa selvitetään biohiilen valmistusta eri kierrätysmateriaaleista ja tutkitaan tuotettujen biohiilien ominaisuuksia. Toisessa osassa tutkitaan kasvihuonekokeiden avulla biohiilen ja muiden kierrätysmateriaalien toimivuutta peittoratkaisujen kasvukerroksissa ja eri kasvilajien menestymistä (Kuva 2). Kolmannessa osassa perustetaan kasvihuone- ja laboratoriokokeiden tulosten pohjalta suuren mittakaavan lysimetrikoe Rautuvaaran kaivosalueen rikastushiekkakentälle, jossa testataan erilaisten kasvukerrokskoostumusten vaikutusta kasvien kehitykseen, maan olosuhdetekijöihin ja suotoveden laatuun (Kuva 3). Lisäksi maan lämpötilaa sekä vesi- ja happipitoisuutta seurataan jatkuvatoimisilla mittareilla.

Biopeitto-projekti kestää kaksi vuotta. Sitä koordinoi GTK, ja partnereina ovat Luke ja Oulun yliopisto. Hanke on rahoitettu EU:n Kestävää kasvua ja työtä 2014–2020 –Suomen rakennerahasto-ohjelmasta (A73872).

Kirjallisuus

[1] Pietilä, R., Tornivaara, A. ja Karvonen, K. 2018. Biopeitto – Biohiilen hyödyntäminen kaivannaisjätteiden peittomateriaaleissa ja viherrakentamisessa. *MATERIA* 3/2018: 69–71.



Kuva 1. GTK:n Kuopion laboratorioon rakennettu kolonnikoejärjestelmä koostuu 10 varsinaisesta kolonnista sekä yhdestä vertailukolonnista.¹



Kuva 2. Luken kasvihuonekokeissa Suonenjoella testataan biohiilen, kompostin ja kuitusaven vaikutusta moreenin seosaineina eri kasvilajien menestymiseen (Kuva H. Ruhanen).



Kuva 3. Luken ja GTK:n lysimetrikokeissa Rautuvaaran kaivoksen rikastushiekkakentällä tutkitaan eri peittoratkaisujen vaikutusta kasvilajien menestymiseen ja maan olosuhdetekijöihin rikastushiekkakerroksessa peittokerroksen alapuolella.

Legionellabakteerin esiintyminen kiertotaloustuotteissa

The occurrence of Legionella bacteria in circular economy products

Liisa Maunuksela¹, Titta Berlin¹, Jaana Kusnetsov², Pia Räsänen², Piia Airaksinen²

¹ Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki

² Terveystieteiden tutkimuskeskus THL, Neulaniementie 4, 70210 Kuopio

Legionella on luonnossa esiintyvä bakteeri, jonka pitoisuus maa-aineksessa ja vesijärjestelmissä voi kasvaa merkittävästi ihmisen toiminnan, kuten jätevedenpuhdistuksen ja kompostoinnin seurauksena. Legionelloosihavainnot ovat lisääntyneet merkittävästi viimeisten kymmenen vuoden aikana. Legionella voi aiheuttaa keuhkokuumetta eli legionelloosia, lievempiä hengitystieoireita sekä iho- ja suolistoinfektioita ja legionelloosi voi pahimmassa tapauksessa johtaa kuolemaan. Tästä syystä legionellan aiheuttaman riskin tunnistaminen ja siltä suojautuminen on tärkeää erityisesti riskiryhmiin kuuluville henkilöille.

Hankkeessa selvitetään legionellabakteerien esiintymistä monin menetelmin erilaisissa orgaanisissa lannoitevalmisteissa sekä valmistusprosessin, jälkikontaminaation ja tuotteiden säilytyksen vaikutuksia legionellabakteerin esiintyvyyteen. Tavoitteena on edistää kiertotaloustavoitteiden toteutumista huomioiden lannoitevalmisteiden laadun ja turvallisuuden vaatimukset. Tutkimusta varten on otettu käyttöön mm. uusi qPCR-menetelmä *Legionella longbeachae*-lajille, jonka tiedetään erityisesti aiheuttaneen infektioita kompostoidun materiaalin välityksellä. Lisäksi näytteet on legionellojen eristämiseksi viljelty sekä ISO 11731:1998 että EN ISO 11731:2017 standardien mukaan. Näytteitä tutkitaan noin 70 kpl vuosina 2018 -2019. Jo nyt tutkimuksen alkuvaiheessa on havaittu runsasta legionellakasvustoa sekä viljellen että qPCR-menetelmin monissa näytteissä.

Tutkimuksen avulla pyritään määrittämään käsittelytavat, joilla pystytään minimoimaan riskejä, kiinnitetään riskiryhmien kuten valmistajien ja loppukäyttäjien huomio asiaan ja laaditaan ohjeet tuotteiden turvalliseen käsittelyyn sekä valmistusprosessin että käytön aikana. Lopputavoitteina on tarjota kuluttajien käyttöön turvallisempia kierrätystuotteita tai vähintään ohjeistamaan miten tuotteita voi käyttää turvallisemmin.

Orgaanisten maanparannusaineiden pysyvyys maaperässä

Persistence of organic matter amendments in Finnish agricultural soils

Jaakko Heikkinen, Leena Seppänen, Sari Luostarinen, Elise Ketoja, Kristiina Regina

Luonnonvarakeskus, Jokioinen, jaakko.heikkinen@luke.fi

Maaperäseurannan perusteella Suomen viljelymaiden orgaanisen aineen määrä on laskenut lähes lineaarisesti 1974 ja 2009 välisenä aikana. Laskeva suuntaus johtuu siitä, että maahan päätyvä kasvibiomassa ja lanta eivät riitä kattamaan maaperän orgaanisen aineen hajoamisesta ja eroosiosta johtuvaa hävikkiä. Maaperän orgaanisen aineksen väheneminen on haitallista sekä ilmastolle että vesistöille.

Maaperän hiilivarastoa voidaan kasvattaa joko lisäämällä peltobiomassan tuotantoa ja sitä kautta maahan palautuvan hiilen määrää tai levittämällä maahan orgaanisia maanparannusaineita peltosysteemin ulkopuolelta. Kerääjäkasvien käyttö on yksi tapa lisätä maahan palautuvan hiilen määrää. Tähän tutkimukseen valittiin erilaisia orgaanisia maanparannusaineita, mukaan lukien kerääjäkasvit, kotieläinlannat, kompostit, jätevesilietteet, mädätteet, biohiilet ja metsäteollisuuden sivutuotteet. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, kuinka kestäviä erilaiset maanparannusaineet ovat maaperässä ja missä määrin ne lisäävät maaperän hiilivarastoa ilmastomuutoksen hillitsemiseksi.

Orgaanisten materiaalien pysyvyyttä tutkittiin käyttäen laboratorio-inkubointia, kärkepussikoetta ja kemiallista fraktiointia. Mittaustuloksia verrattiin Yasso07-maaperän hiilimallin avulla saatuihin tuloksiin.

Tulosten perusteella materiaalit poikkeavat huomattavasti toisistaan kemiallisen koostumuksen osalta: tuoreilla kasvimateriaaleilla helppoliukoisen orgaanisen aineen osuus on suurin ja biohiilellä pienin. Samansuuntaisesti inkubointikokeen tulokset osoittivat, että tutkituista materiaaleista apila ja raiheinä hajosivat maaperässä kaikkein nopeimmin. Lisäksi kasvien maanpäällinen osa hajoaa juuribiomassaa nopeammin. Jalostetut materiaalit, kuten komposti, biohiilet, mädätteet ja metsäteollisuuden sivutuotteet ovat hitaammin hajoavia. Kotieläinlannoista erityisesti hevosen lanta osoittautui maaperässä pysyväksi. Yasso07-malli näyttää yliarvioivan kestävä orgaanisen aineksen osuutta.

Orgaanisten maanparannusaineiden vaikutus kauran juuriston ja maan mikrobiologiaan

The effect of organic soil amendments on oat root and soil microbiology

Karoliina Huusko^{1,2,3}, Anna-Reetta Salonen⁴, Outi-Maaria Sietiö^{1,2}, Kenneth Peltokangas⁴, Subin Kalu^{3,4}, Kristiina Karhu³, Jari Liski⁵, ja Jussi Heinonsalo^{2,3,5}

¹ Mikrobiologian osasto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

² Ilmakehätieteen tutkimuskeskus, INAR, Helsingin yliopisto

³ Metsätieteiden osasto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

⁴ Maataloustieteiden osasto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

⁵ Ilmatieteen laitos, Ilmastojärjestelmätutkimus, Helsinki

Johdanto

Ilmastonmuutoksen torjunta ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvun taittaminen ovat ihmiskunnan kohtalonkysymyksiä tulevana vuosikymmeninä. Hiilidioksidipitoisuuden kasvun pysähtymistä voidaan nopeuttaa lisäämällä hiilen sitoutumista sen luonnollisiin varastoihin, esimerkiksi parantamalla maaperän kykyä sitoa hiiltä. Maan pintakerroksen (ylimmät 2 m) on arvioitu sisältävän 2400 gigatonnia hiiltä. Vuotuinen fossiilisista polttoaineista peräisin oleva hiiliemissio 8.9 gigatonnia vastaa noin 0.4% tästä hiilivarastosta [1]. Pariisin ilmastokokouksen yhteydessä 2015 asetettiin kansainvälinen tavoite lisätä vuosittain maaperän hiilivarastoa 0.4%. Myös Suomi on allekirjoittanut tämän tavoitteen. Hiilensidonnan lisääminen maahan vaatii monialaisia toimenpiteitä ja ratkaisukeinojen löytäminen on tällä hetkellä myös tiedeyhteisön keskiössä (esim. [2]). Maaperän hiilivarastoa ja kasvukuntoa voidaan parantaa lisäämällä pellolle erilaisia orgaanisia lannoitteita tai teollisuuden sivutuotteena syntyviä maanparannusaineita, kuten vähäravinteista puupohjaista ainesta. Vielä ei tunneta riittävän hyvin, millainen merkitys sienillä ja muilla mikrobeilla on hiilen sitoutumisessa peltomaahan ja miten maanparannusaineet vaikuttavat niihin.

Keräsienet ovat mm. viljakasvien juurissa eläviä symbionttisia sieniä. Keräsieni muodostaa isäntäkasvinsa kanssa sienijuuren eli mykorritsan. Keräsienet parantavat isäntäkasvin ravinteiden ja veden saantia, ja näin ollen, ovat isäntäkasville hyödyllisiä. Vastineeksi keräsieni saa kasvilta hiiliyhdisteitä [3]. Keräsienet voivat myös parantaa maan rakennetta [4] ja vaikuttaa maan muiden mikrobien kasvuun [3]. Edellisten kautta niillä voi olla vaikutusta maan hiilivarastoon. Maassa elävien mikrobien (bakteerit, sienet ja arkeonit) hajotessa maaperään voi syntyä hyvinkin pysyviä hiiliyhdisteitä [5]. Tiedetään, että maassa ja kasvin juuristossa elävät mikrobit hajottavat maan orgaanista ainesta saadakseen ravinteita omaan ja kasvin kasvuun [6]. Mikrobien hajotustoiminta mutta toisaalta niiden oma kasvu ja biomassan tuotto näyttävät muodostavan tasapainon. Tähän tasapainoon liittyvien tekijöiden ja prosessien ymmärtäminen on tärkeää, kun pyritään lisäämään hitaasti hajoavan hiilen määrää maaperässä.

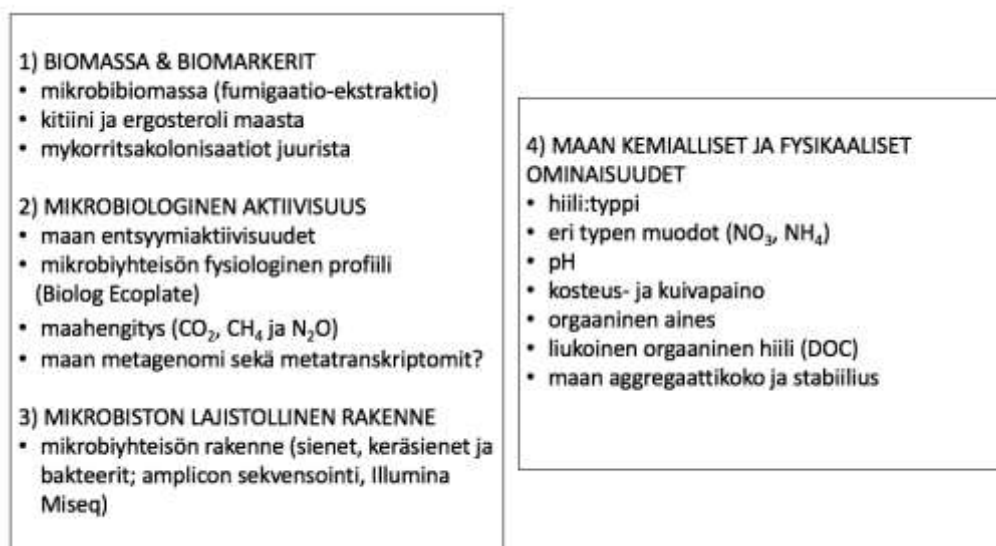
Yleensä pelloille lisätty orgaaninen aines nostaa välittömästi maaperän hiilivaraston kokoa ja vaikuttaa positiivisesti vedenpidätyskykyyn, ravinteiden sitomiseen, sekä mikrobiologiseen aktiivisuuteen. Vähäravinteisilla puupohjaisilla maanparannusaineilla, jotka syntyvät teollisuuden sivutuotteena, onkin merkittävä potentiaali erityisesti maan kasvukunnon korjaajina ja maan pieneliötoiminnan käynnistäjinä. Vielä ei kuitenkaan tiedetä, miten hiilivarastoa suoraan lisäävät maanparannusaineet vaikuttavat maaperän ja juurten sienten (esim. keräsienet) ja bakteerien toimintaan ja lajiston monimuotoisuuteen.

Tutkimuksessa selvitetään miten teollisuuden sivutuotteena syntyvät maanparannusaineet vaikuttavat peltomaan mikrobiologiaan, mikrobien aktiivisuuteen ja mikrobiperäisiin hiiliyhdisteisiin. Hitaasti hajoavien vähäravinteisten puupohjaisten maanparannusaineiden

odotetaan vaikuttavan erityisesti maaperän sieniin. Vaikutuksia tarkastellaan mikrobilajiston monimuotoisuuden ja maaperän hiilensidonnasta näkökulmasta. Lisäksi erityistä huomiota kiinnitetään viljakasvien kanssa symbioosin muodostavien keräsienten yhteisömuutoksiin. Työn tavoitteena on kehittää tarkoituksenmukainen valikoima menetelmiä, joiden avulla saadaan tietoa maan biologisesta elinvoimaisuudesta ja mikrobiston vaikutuksista hiilivarastoihin peltomaissa. Tutkimus on osa Carbon Action -hanketta [7].

Aineisto ja menetelmät

Maanparannusaineiden vaikutuksia maan mikrobiologiaan tutkitaan mikrobien 1) biomassaan ja biomarkkereihin, 2) aktiivisuuteen ja 3) yhteisöjen rakenteeseen liittyvin mittarein. Nämä tulokset yhdistetään tuloksiin 4) maan kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista (Kuva 1).



Kuva 1. Tutkimuksessa käytettävät mittarit maanparannusaineiden ja maan mikrobiologian välisten yhteyksien selvittämiseksi.

Tulokset ja tarkastelu

Tutkimus on käynnissä ja ensimmäisiä tuloksia eri käsittelyjen vaikutuksista maan mikrobibiomassaan, biologiseen aktiivisuuteen (entsyymiaktiivisuudet ja Biolog® -hiilenkäyttöprofilointi) sekä kasvihuonekaasujen tuottoon esitellään kokouksessa.

Kirjallisuus

- [1] Minasny, B. et al. 2017. Soil carbon 4 per mille. *Geoderma* 292: 59-86.
- [2] Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P. and Smith, P. 2016. Climate-smart soils. *Nature* 532:49-57.
- [3] Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd edn. Academic Press, London.
- [4] Leifheit, E.F., Veresoglou, S.D., Lehmann, A., Morris, E.K. and Rillig, M.C. 2014. Multiple factors influence the role of arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregation—a meta-analysis. *Plant and Soil* 374:523-537
- [5] Liang, C., Schimel, J.P. and Jastrow, J.D. 2017. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nature Microbiology* 2:17105
- [6] Bardgett, R.D. and Wardle, D.A. 2010. *Aboveground-Belowground Linkages. Biotic Interactions, Ecosystem Processes, and Global Change*. Oxford University Press, Oxford.
- [7] <http://carbonaction.org/>

Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi syksystä seuraavalle kasvukaudelle: PELTOKUITU-hankkeen esittely

*Noil fibre to the field for nutrient mediation from autumn to the next growing season:
Presentation of the PELTOKUITU project*

Petri Kapuinen¹, Risto Korpinen², Oiva Niemeläinen³ ja Ansa Palojärvi¹

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Itäinen Pitkätie 4 A, 20520 Turku,

² Luke, Otaniemi, Tietotie 2, 02150 Espoo

³ Luke, Tietotie 4, 31600 Jokioinen

Hankkeessa selvitetään metsäteollisuuden sivutuotteiden, kuitulietteen ja sekalietteen, suositeltavaa käyttöä syksyllä. Tuotteilla pyritään sitomaan pellossa jäljellä oleva tai sinne mineralisoituvaa liukoinen typi siten, että se on seuraavan kevään satokasvien käytettävissä. Tavoitteena on löytää optimaaliset käyttömäärät, jotka mahdollistavat typen sitomisen talvikaudeksi, mutta eivät enää sido seuraavan kevään lannoitetyyppiä. Hankkeessa selvitetään sekä uusien syntyvien sivutuotteiden, että vanhojen, vesistöjen pohjaan kertyneiden metsäteollisuuden sivutuotekerrostumien hyödyntämistä.

Ydintoiminta-alueena on Lounais-Suomi. Vesistön pohjaan kertyneen kerrostuman esimerkkitapauksena tarkastellaan Tampereen Lielahden Hiedanrannan aluetta. Metsäteollisuuden sivutuotteiden soveltuvuutta liukoisen typen sitomiseen verrataan alus- ja kerääjäkasvien käyttöön. Hankkeessa tehdään käyttökohdekartoitusta, laboratoriokokeita, kenttäkokeita tutkimusympäristössä ja demonstraatioita käytännön tiloilla. Myös tuotteiden vaikutuksia peltoomaan mikrobistoon selvitetään.

Peltokuitu-hankkeessa tuotetaan raportteja ja opetusvideoita sekä perustetaan nettisivusto tiedon levittämiseksi (www.luke.fi/projektit/peltokuitu/). Tietoa levitetään myös kenttäkokeiden ja tilademonstraatioiden yhteydessä pidettävillä pellonpiennartapahtumilla, osallistamalla alan tilaisuuksiin ja mm. maatalousnäyttelyihin, sekä jalkauttamalla tietoa maatalousoppilaitoksen kautta tulevien viljelijöiden keskuuteen. Hankkeessa kehitetään yhteistyömalleja, joiden avulla metsäteollisuuden sivutuotteiden lannoitevalmistekäyttö lisääntyy kitkatekijöiden vähenemisen myötä. Lisäksi tuotetaan suosituksia lainsäädännön ja tukijärjestelmien kehittämiseksi. Hankkeen avulla pyritään lisäämään kuitu- ja sekalietteen lannoitevalmistekäyttöä nykyisestä alle 10 %:sta merkittävästi.

Hankkeen tulokset ovat laajasti monistettavissa sekä kansallisesti että kansainvälisesti. Tavoitteena on yhdessä eri toimijatahojen kanssa saada aikaan yhteinen näkemys metsäteollisuuden sivutuotteiden lannoitevalmistekäytöstä, jolla saavutetaan kierrätystavoitteet sekä ravinteiden että metsäteollisuuden sivutuotteiden käytön osalta. Hankepartnerina ovat Peimarin koulutuskuntayhtymä (Livia) ja Tampereen kaupunki, yhteistyötahoina metsätalousyrityksiä ja maatalouden neuvontajärjestö ProAgria.

Kirjallisuus

[1] Apilagroup 2013. Metsäteollisuuden ravinteet. *Metsäteollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen lannoitevalmisteenä*. Apila Group Oy Ab. 40 s. 1 liite.

[2] Autiola, M. & Holopainen, M. 2016. *0-kuidun pilaantuneisuustutkimus*. Tampereen kaupunki, Hiedanranta. Rambol Oy. Tutkimusraportti 8: 1 – 12 + 3 liitettä.

Temperature affected the formation of arbuscular mycorrhizas and ectomycorrhizas in *Populus angustifolia* more than a mild drought

Jouni Kilpeläinen^{1,3}, Pedro J. Aphalo² & Tarja Lehto¹

¹ School of Forest Sciences, University of Eastern Finland, P.O.Box 111, 80101 Joensuu, Finland

² Department of Biology, University of Helsinki, P.O.Box 65, 00014 Univ. of Helsinki, Finland

³ Natural Resources Institute Finland, P.O.Box 68, 80101 Joensuu, Finland

Abstract

Arbuscular mycorrhizal (AM) and ectomycorrhizal (EM) species dominate in different vegetation zones. AM associate with lower soil organic matter, higher soil pH, lower phosphorus and higher nitrogen availability than EM. However, these soil conditions correlate strongly with climatic factors, and we suggest that temperature and humidity regimes have also direct roles in the success of mycorrhiza types with their host plants. The hypothesis here is that AM tolerate drought better and EM tolerate low temperatures better than the other type.

Populus angustifolia, narrowleaf cottonwood is able to form both AM and EM. We tested the mycorrhiza formation and plant performance at 14, 20 and 26 °C in factorial combinations with two water regimes: adequate watering and a cyclic mild drought for 4 and 7 weeks.

Plant growth was reduced more by the low temperature than mild drought. As expected, the percent of EM root tips of total root tips was largest after growth at 14 °C, while the proportional root length with AM was largest at the two higher temperatures. However, unlike expectations, drought did not affect EM formation while the AM formation was slightly lower in the dry treatment. In nature, temperature and humidity regimes are tightly correlated, and temperature as such may be a stronger determinant for the success of mycorrhiza types than has been previously considered.

Presenting author: Tarja Lehto

Kihokin viljely – kestävää ojitettujen heikkotuottoisten turvemaiden kosteikkoviljelyä

Cultivation of Sundew – paludiculture on drained, nutrient-poor, low-productive peatlands in Finland

Leila Korpela¹, Niko Silvan², Jenni Tienaho^{2,3}, Emmi Poikulainen³, Tytti Sarjala²

¹ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

² Luonnonvarakeskus, Kaironiementie 15, 39700 Parkano

³ Tampereen teknillinen yliopisto, Kemian ja biotekniikan laboratorio, Korkeakoulunkatu 8, 33720 Tampere

Karuilla soilla kasvava, pieni, lihasyöjäkasvi, kihokki, on perinteinen lääkekasvi. Pyöreälehtikihokkia (*Drosera rotundifolia*) käytetään Keski-Euroopassa (missä se on suojeltu suokasvi) yskänlääkkeen tavoin esim. bronkiitin ja astman hoidossa. Se sisältää tiettyjä vaikuttavia yhdisteitä kuten naftokinoneja, joista 7- metyylijugloni on dominoivin ja flavonoideja kuten kversetiiniä. 7- metyylijuglonin yhdessä muiden vaikuttavien yhdisteiden kanssa on todettu laajentavan keuhkoputkia yskänlääkkeen tavoin (4) sekä jopa estävän tuberkuloosibakteerin kasvua (1). Pyöreälehtikihokkia kerätään Pohjois-Suomen turvemailta ja lähetetään pääasiassa sveitsiläiselle Bioforce AG lääketehaalle Vogelín kihokkisiirapin valmistukseen. Kihokin viljely olisi kustannustehokkaampaa ja samalla se vähentäisi keräyspaineita.

Kihokin viljelyä on kokeiltu Suomessa jo 20 vuotta sitten silloisen MTT:n koeasemalla Mikkelissä. Viljelytulokset olivat lupaavia (4,5,6). Nykyään tätä menetelmää sovelletaan Saksassa kosteikkoviljelyssä (paludiculture), jossa kihokki on yksi viljeltävä hyötykasvi (2,3). Projektissamme ”Kihokin viljelyä lääkekasviksi Pohjois-Satakunnan heikkotuottoisilla turvemailta” olemme inventoineet kihokin esiintymistä kesällä 2017 ja 2018 ja lähettäneet kyselyä ja informaatiota Pohjois-Satakunnan alueen kuntien metsänomistajille kiinnostuksesta kihokin keräämiseen tai jopa viljelyyn (7,8). Rahkasammalen korjuussa (ojitetuilta, heikkotuottoisilta soilta kasvualustakäyttöön) kerätään päällimmäinen, elävä n. 30cm paksu pintakerros, joten jäljelle jää paksu maatumempi rahkasammalkerros sekä alapuolinen turvekerros ja vedenpinnan taso säilyy korkealla. Nämä alueet ovat potentiaalisia kihokin kasvualustoja koska niissä on riittävä, jatkuva tasainen kosteus, sopiva pH, eikä niillä kasva kilpailevia putkilokasveja. Kihokki lisääntyy siellä myös luonnostaan turpeessa olevan siemenpankin turvin ennen kuin muut suokasvit valtaavat alaa. Toinen osa viljelytutkimusta käsittää kihokin kasvullisen lisäämisen kehittämisen tarkoituksena nopeuttaa monivuotisen kasvin biomassan tuotantoprosessia ja kihokin bioaktiivisten aineiden, erityisesti naftokinoni 7-metyylijuglonin, analysointia HPLC- menetelmällä [9]. Kasvullinen kihokin biomassan lisääminen on huomattavasti nopeampaa kuin siemenestä viljely.

Vertailemme laboratoriossa kasvatettujen ja kahdelta eri suolta kerättyjen kihokkien bioaktiivisia ominaisuuksia eri menetelmillä. Antibakteerinen vaikutus on osoittautunut suuremmaksi luonnosta kerätyn kihokin uutteissa kuin laboratoriossa kasvatetussa materiaalissa käyttäen kokosolubakteeribiosensoreita (10). Luonnonkihokkien antioksidatiivisuus kahdella eri menetelmällä (ORAC, FRAP) mitattuna osoittautui myös korkeammaksi kuin laboratoriossa kasvatetulla materiaalilla. Perustamme kihokin siemenviljelykoealueita rahkannostokohteille, (pyrimme saamaan viljelijöitä mukaan) sekä muille sopiville, ojitetuille, heikkotuottoisille turvemaille. Viljelymenetelmää edelleen kehittämällä ja kihokin saatavuutta lisäämällä yhdessä vaikuttavien aineiden määrän analysoinnilla biomassasta toivomme voivamme luoda paremmat mahdollisuudet kihokin kaupalliseen hyödyntämiseen kotimaassa.

Kirjallisuus

- [1] Bapela, N.B., Lall, N., Fourie, P.B., Franzblau, S.G., Van Rensburg, C.E.J. 2006. Activity of 7-methyljuglone in combination with antituberculous drugs against *Mycobacterium tuberculosis*. *Phytomedicine* 13:630-635.
- [2] Baranyai, B. & Joosten, H. 2016. Biology, ecology, use, conservation and cultivation of round-leaved sundew (*Drosera rotundifolia* L.): a review. *Mires and Peat* 18: 1–28. <https://doi.org/10.19189/MaP.OMB.212-1212-1>.
- [3] Baranyai, B., Bäcker, C. & Lindequist, U. 2016. The production of 7-methyljuglone, plumbagin and quercetin in wild and cultivated *Drosera rotundifolia* and *Drosera intermedia*. *Mires Peat* 18: 1-8.
- [4] Galambosi, B., Galambosi, Z. & Repcák, M. 2000. Growth, yield and secondary metabolite production of *Drosera* species cultivated in peat beds in Finland. *Suo* 51 (2): 47-57.
- [5] Galambosi, B. & Jokela, K. 2008. Cultivation of herbs on peatlands, In: Korhonen, R., Korpela, L., Sarkkola, S. (eds.) Finland - Fenland, Research and sustainable utilization of mires and peat. Finnish Peatland Society, Maahenki Ltd. Helsinki, 288p. ISBN 978-952-5652-47-5.
- [6] Galambosi, B. & Galambosi, Z. 2013. Kihokin viljelyn kriittiset pisteet. MTT raportti 87: 40-44. <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti87.pdf>.
- [7] Korpela, L., Silvan, N., Sarjala, T. 2017. Round-leaved sundew (*Drosera rotundifolia*) as a source of naphthoquinones for pharmacological purposes - Study of sundew cultivation on drained nutrient-poor peat bogs in Northern Satakunta, Finland. Julkaisussa: Peltola, R. (toim.) Conference on Non-Timber Forest Products and Bioeconomy: Abstracts, 28-30 November 2017, Rovaniemi, Finland. *Natural resources and bioeconomy studies*72/2017p. 47. [URN:ISBN:978-952-326-493-9](https://doi.org/10.1007/978-95-2-326-493-9_9)
- [8] Korpela, L., Sarjala, T., Silvan, N. 2018. Kihokkia lääkekasviksi Pohjois-Satakunnan heikkotuottoisilla turvemailla. *Suo - Mires and peat* 69 (1):17-20. www.suo.fi.
- [9] Pelkonen, M-T. 2017. *Drosera* – Kasvullinen lisääminen ja määritysmenetelmän kehitys sen vaikuttaville yhdisteille. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK), Energia- ja ympäristötekniikka, Laboriotekniikan koulutus, 37s.
- [10] Poikulainen, E. 2018. Recombinant whole cell bacterial biosensors in the screening of natural extracts. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto (TTY), Biomittaukset ja kuvantaminen, Biotekniikan diploma-insinöörin tutkinto-ohjelma, 69s.

Muutokset metsämaan hiilen määrässä ajanjaksolla 1995 – 2016 metsien intensiivisen seurannan aloilla eri puolilla Suomea

Changes in carbon stocks of forest soils in 1995 – 2016 on the intensive monitoring plots of forest ecosystems in different parts of Finland

Antti-Jussi Lindroos¹ ja Päivi Merilä²

Luonnonvarakeskus (Luke), ¹Helsinki, ²Oulu

Metsien ja metsämaan hiilivarastojen määriin ja kehitykseen on kiinnitetty runsaasti huomiota ilmastonmuutokseen liittyen. Kivennäismailla kasvavien metsien maaperän hiilen määrän pitkäaikaisista muutoksista on kuitenkin suhteellisen vähän systemaattisesti mitattua tietoa. Luonnonvarakeskuksen ylläpitämän ”Metsäympäristön tilan seurantaohjelman” (MYT/UN-ECE ICP Forests Level II) tarkoituksena on tuottaa tietoa monista metsäekosysteemeihin vaikuttavista ilmiöistä, kuten ilman epäpuhtauksien laskeuman, ilmastonmuutoksen ja muiden stressitekijöiden vaikutuksesta metsäekosysteemin eri osiin. Tärkeitä seurantakohteita ovat mm. metsikkösadanta, maa- ja vajovesi, puuston kasvu ja kunto, neulaskemia, karikkeen laatu ja tuotanto sekä pintakasvillisuus. Kaikkien näiden osa-alueiden seuranta tarjoaa myös erinomaisen mahdollisuuden metsäekosysteemin hiilitaseen ja –varastojen sekä niiden muutosten määrittämiseen. Tämän työn tarkoituksena on määrittää eri puolilla Suomea sijaitseville ns. intensiivisen seurannan aloille tämän hetkiset metsämaan hiilivarastot, ja selvittää niiden muutosta kahden vuosikymmenen aikana.

Maaperän tilan seuranta intensiivisen seurannan metsikköaloilla tehdään noin 10 vuoden välein, ja tämä näytteenotto sisältää myös maaperän hiilimäärän määrittämisen. Vuonna 2016 maanäytteet otettiin 7 männiköstä ja 7 kuusikosta metsämaan humuskerroksesta (OL, Ofh) ja kivennäismaasta syvyyksiltä 0-5, 5-10, 10-20 ja 20-40 cm. Jokaisen alan (30 m x 30 m) humuskerroksesta otettiin näytteet systemaattisella otannalla 40 pisteestä, ja muodostettiin 4 kokoomanäytettä. Kivennäismaakerroksista näytteet otettiin 24 pisteestä, ja muodostettiin samoin 4 kokoomanäytettä. Maanäytteistä määritettiin hiilipitoisuus CHN-analysaattorilla. Lisäksi aloilta määritettiin maaperän tilavuuspaino, kivisyysaste sekä orgaanisen kerroksen paksuus. Vastaava maaperänäytteenotto on toteutettu aloilla myös vuosina 1995 ja 2006.

Alustavien 8 koealan tulosten mukaan suurimmalla osalla aloista hiilimäärä humuskerroksessa ja kivennäismaassa syvyyksillä 0-40 cm oli yhteensä suurempi vuonna 2016 kuin 1995. Alojen välisissä hiilimäärissä oli kuitenkin suuria eroja, ja vaihtelua esiintyi runsaasti myös kolmen eri näytteenottokerran välillä. Erityisesti kivennäismaassa olevan hiilimäärän merkitys on suuri, mutta sen tarkka määrittäminen on haasteellista ja edellyttää mm. kivisyyden ja maan tilavuuspainojen tarkkaa mittausta ja huomioimista laskennassa.

Fosforin käyttökelpoisuuden parantaminen ja päästöjen vähentäminen maan kasvukuntoa kehittämällä?

Improving P utilization and reducing emissions with better soil health.

Tuomas J. Mattila^{1,2}, Jukka Rajala¹

¹ Helsingin yliopisto, Ruralia Instituutti, Lönnrotinkatu 7, 50100 Mikkeli

² Suomen ympäristökeskus, Kulutuksen ja tuotannon keskus, Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki

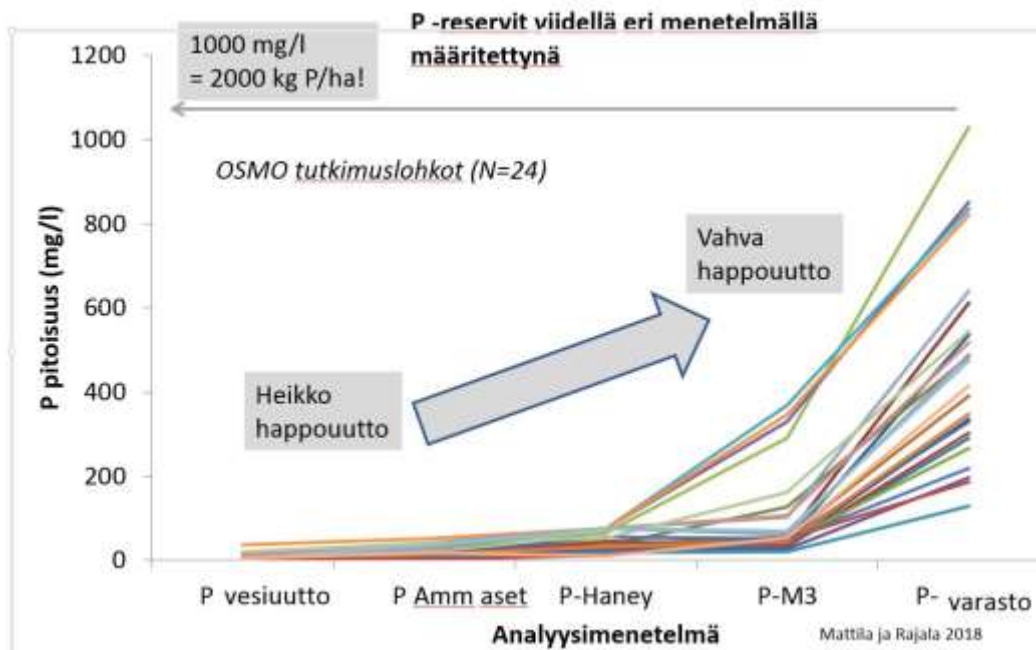
Fosfori on tärkeä kasvinravinne ja merkittävä vesistöjen rehevöittäjä. Lisäksi fosforilannoitteiden käyttämä kaivannaisfosfori on ehtyvä luonnonvara. Kasvintuotannon kannalta tulevaisuudessa olisi turvattava riittävä fosforin saanti kasville, selvästi pienemmillä fosforipäästöillä sekä hyödyntäen maaperän luontaisia fosforivarantoja ja kierrätysravinteita. Näiden haasteiden ratkaisussa maan kasvukunto on yksi keskeinen tekijä.

OSMO hankkeessa tutkittiin monipuolisesti 24 koelohkoa vuosien 2015-2018 aikana. Tavoitteena oli tunnistaa maan kasvukunnon osatekijät, ongelmat ja keskeisimmät keinot kehittää maan kasvukuntoa. Fosforin käyttökelpoisuuden kannalta lohkoilta määritettiin fosfori viidellä eri menetelmällä: suomalaisen ammoniumasettiuuton lisäksi fosfori määritettiin heikolla etikkahapolla (Spurway), Mehlich-3 uutolla, suolahapolla (varastoravinne) sekä kasvien juurieritteitä matkivalla uutolla (Haney H3A) [1]. Fosforipitoisuuksien lisäksi maasta määritettiin fosforin sekä raudan ja alumiinin suhdetta kuvaava fosforikyllästysaste ja eroosioalttiutta kuvaava murukestävyys sekä kasvien ravinteiden saatavuuteen vaikuttavat mikrobiaktiivisuus, juuriston syvyys ja maan mururakenne. Lohkoilla toteutettiin erilaisia maan kasvukunnon hoitotoimenpiteitä (mm. kipsikäsittely, orgaaninen lannoitus, välikasvit) ja muutokset fosforijakeissa määritettiin vuosien 2015-2018 välillä.

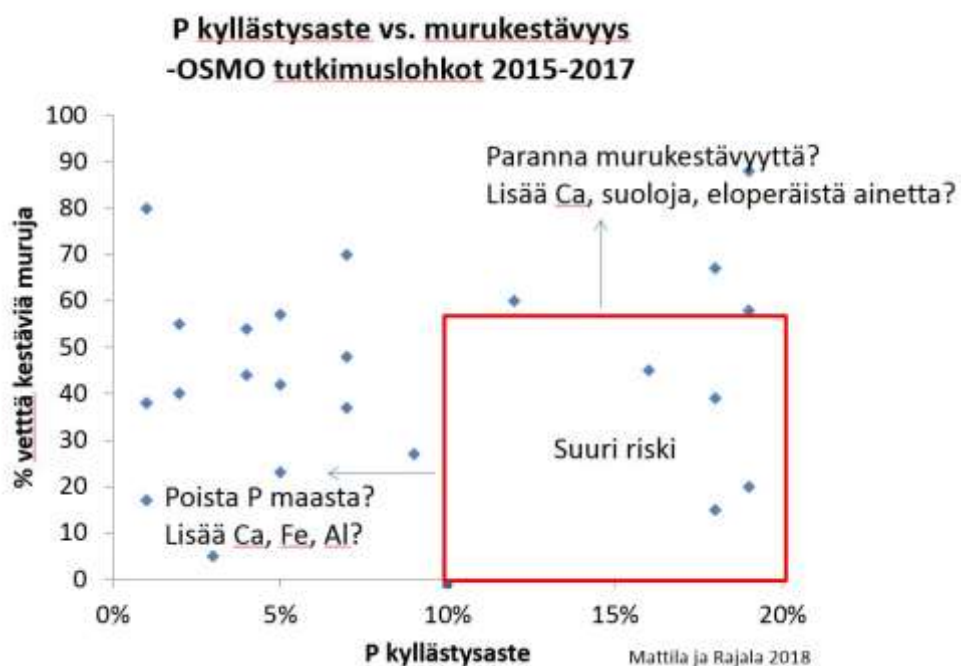
Tulosten perusteella lohkojen fosforivarannot vaihtelivat suuresti lähtötilanteessa (Kuva 1). Osalle lohkoista oli kertynyt huomattavia määriä fosforia (noin 2000 kg/ha ruokamultakerroksessa), mikä vaikuttaa lohkon fosforitilanteeseen vuosikymmenien ajaksi. Voimakkaalla hapolla uutettavien fosforijakeiden käyttökelpoisuus kasville riippuu maan kasvukunnosta. Kasvukunnossa havaittiin puutteita kaikilla tutkituilla lohkoilla, mikä mahdollistaa fosforin käytettävyyden tehostamisen ilman lisälannoitusta.

Lohkoista tunnistettiin korkean fosforin kyllästysasteen ja alhaisen murukestävyuden perusteella neljä fosforin huuhtoutumisen kannalta korkean riskin lohkoa (Kuva 2). Lohkoilla oli käytetty eloperäistä lannoitusta ja niillä oli viljelty perunaa. Näillä lohkoilla riskiä voitaisiin vähentää joko alentamalla fosforin kyllästysastetta (P poisto maasta tai raudan, alumiinin tai kalsiumin lisäys) tai parantamalla murukestävyyttä. Kokeen aikana lohkoilla testattiin sekä menetelmiä murukestävyuden parantamiseksi että seurattiin vähennetyn lannoituksen vaikutuksia [2].

Lopulliset tulokset valmistuvat joulukuun 2018 aikana ja esitellään posterissa keskeisimpien muutosten osalta.



Kuva 1. Fosforijakeet viidellä eri analysimenetelmällä määritettynä 24 OSMO koelohkolla syksyn 2015 maanäyteiden perusteella.



Kuva 2. Fosforin kyllästysaste ja murukestävyys 24 koelohkolla.

[1] Mattila T.J. ja Rajala, J., 2017. Mistä ja miten tunnistaa maan hyvän kasvukunnon? Havaintoja kahdeksalta tilalta Varsinais-Suomesta, Satakunnasta ja Etelä-Pohjanmaalta. Helsingin yliopisto, Ruralia instituutti, Raportteja 171. 36 s.

[2] Mattila, T.J., Manka, V., Rajala, J., 2018. Kuinka maan kasvukuntoa kehitetään? Havaintoja kahdeksalta tilalta Varsinais-Suomesta, Satakunnasta ja Etelä-Pohjanmaalta. Helsingin yliopisto, Ruralia Instituutti. Raportteja (painossa).

Vertailumittaus maanparannusaineiden laadun arvioinnista

Interlaboratory comparison test on soil improver quality

Liisa Maunuksela¹, Aija Pelkonen¹, Katarina Björklöf², Mirja Kartio¹ and Mirja Leivuori²

¹ Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki

² Proftest SYKE, Suomen ympäristökeskus, Ultramariinikuja 4, 00430 Helsinki

Evira toteutti yhdessä Proftest SYKEN kanssa maanparannusaineen kypsyyssastetta, fytotoksisuutta sekä kemiallista koostumusta koskevan vertailumittauksen toukokuussa 2018. Vertailumittaukseen osallistui yhteensä 11 laboratoriota, joista kahdeksan oli Suomesta. Laboratoriot analysoivat viherjätekomposti- ja lietekompostinäytteistä yhteensä 14 testisuureta, joita käytetään maanparannusaineiden koostumuksen, fytotoksisuuden, stabiilisuuden sekä kypsyyden arvioinnissa. Testisuureen vertailuarvona käytettiin osallistujien tulosten keskiarvoa. Laboratorioiden menestymistä arvioitiin z-arvon perusteella. Kaikkiaan 96 % tuloksista oli hyväksyttäviä, kun pH-määrityksessä sallittiin 1 pH-yksikön ja muissa määrityksissä 25–80 %:n poikkeama vertailuarvosta. Osallistajat hallitsivat kyseiset määritykset pääasiassa hyvin. Tuloksista havaittiin kuitenkin, että on tarvetta ohjeistaa tarkemmin joitakin tuloksiin vaikuttavia menettelyitä kuten tulosten ilmoittamistapaa sekä laskukaavojen käyttöä. Käytäntöjen harmonisointia tulisi jatkaa koulutusta tarjoamalla ja päivittämällä nykyisiä ohjeita sellaisilla yksityiskohdilla, jotka voivat vaikuttaa tuloksiin.

Biohiilen ja kompostin käyttömahdollisuudet kaivosjätealueiden peittoratkaisujen kasvukerroksessa

Potential use of biochar and compost in a growth layer for cover system of mine tailings

Kari Mäkitalo¹, Hanna Ruhanen², Kari Tiilikkala³, Rainer Peltola², Marja Uusitalo², Juha Heiskanen², Kimmo Rasa², Aarno Niva², Kuisma Ranta², Jari Hietanen² ja Marleena Hagner²

¹ Luonnonvarakeskus, Eteläranta 55, 96300 Rovaniemi, kari.makitalo@luke.fi

² Luonnonvarakeskus, etunimi.sukunimi@luke.fi

³ KT-FinnoServ, kari.tiilikkala@gmail.com

Johdanto

Yleisin Suomessa käytetty kaivosjätealueiden sulkemismenetelmä on niiden peittäminen vaihtelevan paksuisella moreenikerroksella. Viime vuosina biohiiltä on ehdotettu vaihtoehtoiseksi materiaaliksi kaivosalueiden peittoratkaisuissa käytettäväksi^{1,2}. Biohiilen avulla voidaan parantaa peittoratkaisun ilmastuutta, veden- ja ravinteidenpidätyskykyä sekä tehostaa mikrobitoimintaa ja kasvien kasvua alueella. Sekoittamalla biohiili muihin orgaanisiin sivuvirtoihin kuten kompostiin em. vaikutuksia voidaan edelleen kasvattaa. Käytännön kokemus kyseisessä käyttötarkoituksessa on kuitenkin vielä vähäistä. Peittomateriaalin koostumuksen lisäksi myös kaivosjätealueelle muodostuva kasvipeite vaikuttaa maan stabilisoitumiseen, eroosioon ja pölyämiseen. Kasvien avulla voidaan myös vähentää hapella kyllästyneen veden valuntaa alaspäin kohti hapettomia rikastushiekka-kerroksia.

Biopeitto-projektin³ tavoitteena on kehittää biohiileen ja kasvipeitteeseen perustuva kaivosten rikastushiekka-aldaiden ja sivukivikasojen erityis- ja maisemointiratkaisu, joka on käyttökelpoinen ja toimii pohjoisten alueiden vaativissa olosuhteissa. Hanketta vetää GTK, ja Luonnonvarakeskuksen lisäksi partnerina on Oulun yliopisto.

Aineisto ja menetelmät

Rautuvaaran suljetun kaivoksen rikastushiekka-aldalle perustettiin lysimetrikoe kesäkuussa 2018. Koejärjestely koostuu 24 lysimetristä, jotka on täytetty rikastushiekka- (10 cm) ja peittokerroksilla (20 cm). Peittokerrosratkaisuja on kolme: 1) moreeni (M), 2) moreeni+komposti (MK) tai 3) moreeni+komposti+biohiili (MKB) (n=4). Puolet lysimetreistä kylvettiin heinäseoksella, puolet jäi paljaaksi.

Erilaisten peittokerrosten vaikutusta

- i) kasvien kasvuun (korkeus, peittävyys ja klorofyllipitoisuus)
- ii) kasvin sisältämään metallimäärään (Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) sekä
- iii) peittokerroksen läpi valuvan veden määrään ja laatuun (metalli- ja ravinnepitoisuudet, pH, sähkönjohtavuus, redox-potentiaali)

seurataan kahden vuoden ajan. Lisäksi peittokerroksen lämpötilaa, vesipitoisuutta, sähkönjohtavuutta ja happipitoisuutta mitataan usealta eri syvyydeltä jatkuvatoimisilla mittareilla.

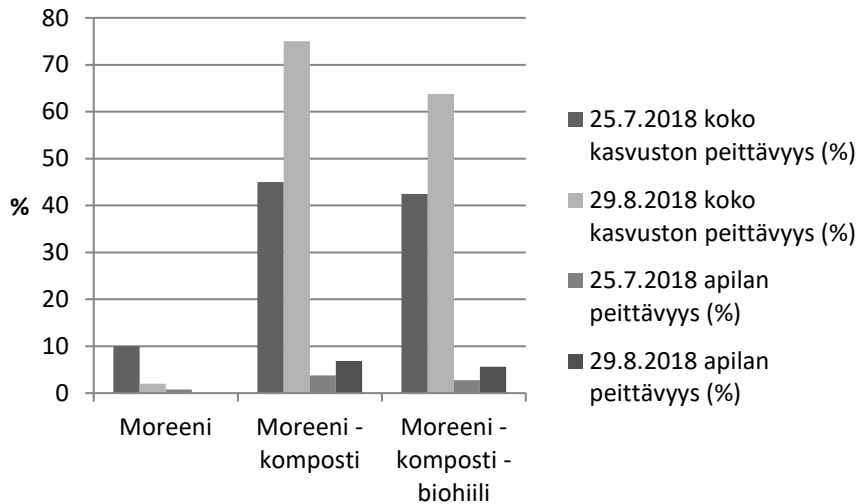
Tulokset ja tarkastelu

Seurannan alustavat tulokset viittaavat siihen, että peittokerroksen koostumus ja sen päällä kasvava kasvillisuus vaikuttavat peittokerroksen läpi valuvan veden laatuun. Kasvuston peittävyys (Kuva 1) ja korkeus olivat pienimmät pelkässä moreenissa. Voimakkaat sadetapahtumat kuivana kesänä 2018 näkyivät maan happipitoisuuden laskuna peittokerroksen alapuolisessa rikastushiekkakerroksessa (Kuva 2).

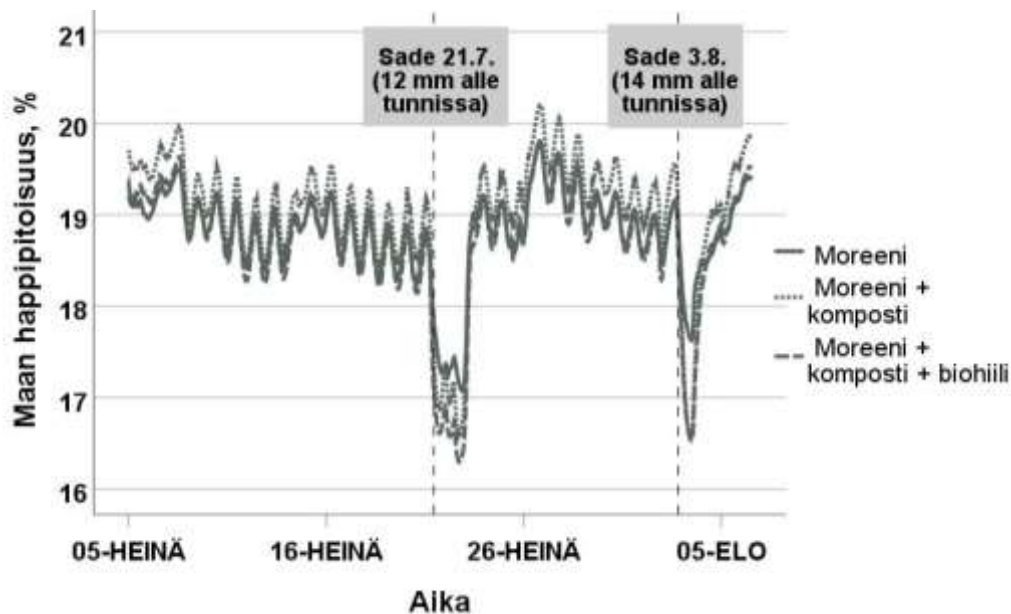
Kirjallisuus

- [1] Lebrun, et al. 2018. Assisted phytostabilization of a multicontaminated mine technosol using biochar amendment: Early stage evaluation of biochar feedstock and particle size effects on As and Pb accumulation of two Salicaceae species (*Salix viminalis* and *Populus euramericana*). *Chemosphere* 194, 316–326.
- [2] Forján et al. 2018. Application of Compost and Biochar with *Brassica juncea* L. to Reduce Phytoavailable Concentrations in a Settling Pond Mine Soil. *Waste Biomass Valor* 9, 821–834.
- [3] A73872, Kestävää kasvua ja työtä 2014–2020 –Suomen rakennerahasto-ohjelma.

Kasvuston peittävyys



Kuva 1. Kasvuston kokonaispeittävyys ja apilan peittävyys eri peittokerroskoostumuksilla.



Kuva 2. Maan happipitoisuus rikastushiekkakerroksessa 25 cm:n syvyydessä koostumukseltaan erilaisten peittokerrosten alapuolella.

Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA)

Land improvements and parcel-level nutrient balance on Finnish farms

Sami Ovaska¹, Eero Liski¹, Helena Äijö², Olle Häggblom², Maija Paasonen-Kivekäs³

¹ Luonnonvarakeskus, Latokartanontie 9, 00790 Helsinki.

² Salaojayhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

³ Sven Hallinin tutkimussäätiö sr, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

Tausta

Hankkeen taustana ovat havainnot peltöjen perusparannusten kuten maankuivatuksen ja kalkituksen tilan huonontumisesta Suomessa. Ilmiöön vaikuttaa pellonvuokrauksen, nykyiseltä laajuudeltaan 800 000 hehtaaria, yleistyminen Suomessa. Lyhyet ja jatkoltaan epävarmat vuokrasopimukset eivät kannusta vuokralaista investoimaan pitkäkestoisiin perusparannuksiin. Perusparannusten laiminlyönti heikentää peltoviljelyn tuotantopanoksille saatavaa satovastetta ja viljelijöiden taloutta. Peltoon jääneet ravinteet lisäävät ravinnehuuhtoumien ja vesistöjen rehevöitymisen riskiä. Hyvin toimiva kuivatus on ehdoton edellytys myös ilmastonmuutokseen sopeutumisessa sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä.

Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA) -hanke on maa- ja metsätalousministeriön ja Salaojituksen Tukisäätiön ry:n rahoittama hanke, jonka toteuttavat Salaojituksen tutkimusyhdistys ry, Luonnonvarakeskus (Luke), Salaojayhdistys ry, ja Sven Hallinin tutkimussäätiö sr. Hanke toteutetaan vuosina 2017–2019.

Tavoitteet

PERA-hankkeen tavoitteena on selvittää erityisesti maankuivatuksen tilan vaikutuksia panostuottavuuteen ja ravinnetaseisiin peruslohkotasolla. Tarkastelussa ovat erityisesti lohkot, joiden tuottavuus on jatkuvasti huono korkeasta tuotantopanosten käytöstä huolimatta. Heikon tuottavuuden syitä etsitään muun muassa perusparannusten tilasta.

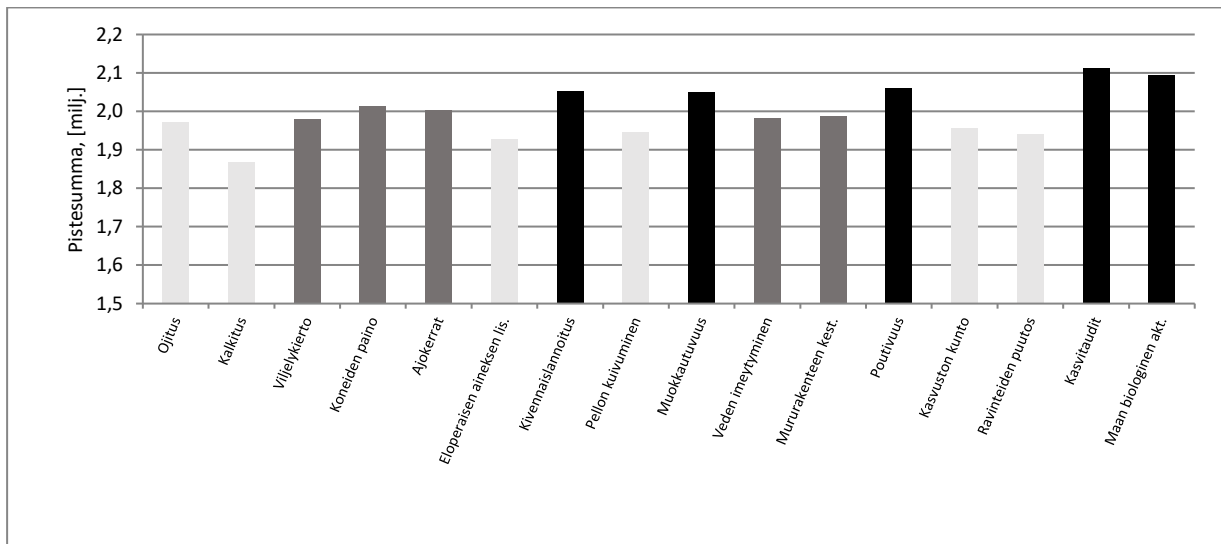
Perusparannusten talous- ja ympäristövaikutusten selvittäminen tuottaa hyötyjä sekä viljelijöille että yhteiskunnalle. Hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää sekä ravinnehuuhtoumien vähentämisessä että maatilojen kannattavuuden parantamisessa. Hankkeessa tuotetaan tietoa politiikkatoimia, kuten yhteiskunnan maksamia investointi- ja ympäristötukia, varten. Hankkeessa saadaan tietoa myös pellonvuokrauksen vaikutuksista peltöjen kasvukuntoon.

Aineisto ja menetelmät

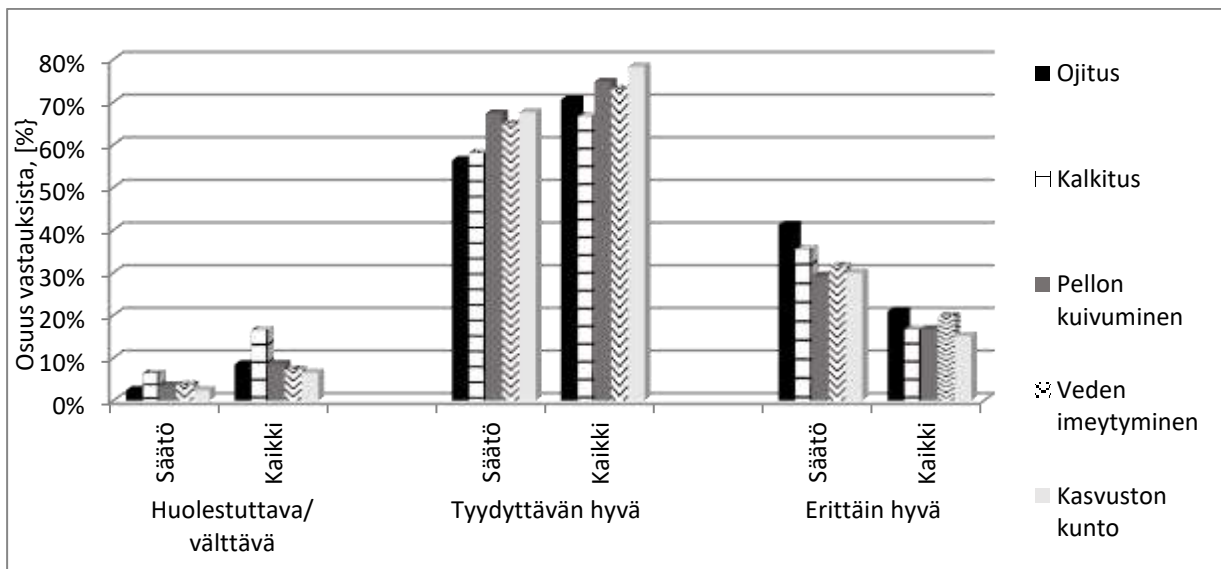
Hankkeessa hyödynnetään useita perus- ja kasvulohkokohtaisia aineistoja muun muassa maan ominaisuuksista, satotasosta, lannoituksesta, ojituksesta, maan kasvukunnosta ja kasvukausien sääolosuhteista. Näitä ovat ProAgria Keskusten Liiton lohkotietopankkiaineisto, maaseutuelinkeinohallinnon rekisterit, Suomen ympäristökeskuksen maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seuranta-aineisto (Mytvas), Salaojayhdistyksen karttatietokanta sekä Ilmatieteen laitoksen säähavainnot. Tutkimuksessa hyödynnetään myös viljelijöiden keväällä 2018 antamia peruslohkojen kasvukuntoarvioita (peltomaan laatutesti), jotka ovat osa ympäristökorvausjärjestelmän vaatimuksia. Peltomaan laatutesti kattaa yli 500 000 peruslohkoa. Eri tietokannoista yhdistetty aineisto käsittää n. 85 000 peruslohkoa, useita parametria ja havaintoja usealta vuodelta. Aineistoa analysoidaan tilastollisilla menetelmillä. Monimuuttuja-analyysillä selvitetään eri parametrien (mm. lannoitus, kalkitus, kuivatus, maan rakenne, maalaji ja viljelykasvi) vaikutusta toteutuneeseen ravinnetaseeseen.

Alustavia tuloksia

Viljelijät arvioivat peltomaan laatutestissä huonoimmaksi parametriksi peruslohkojensa kalkitustilan. Myös ojitus, pellon kuivuminen, kasvuston kunto ja ravinteiden puutos saivat keskimääräistä heikoimpia pisteitä (Kuva 1). Säättosalaojitetuilla peruslohkoilla heikkoja arvioita annettiin vähemmän ja erittäin hyviä enemmän kuin muilla lohkoilla (Kuva 2). Yhdistämällä laatutestin tulokset ja ProAgrian lohkotietopankin viljelytiedot kuivatuksen tilan yhteys sadon määrään oli selvästi nähtävissä. Laatutestissä ojitukseltaan huonoimmiksi arvioitujen ohralohkojen keskisato oli vuosina 2016–2017 3300 kg ha⁻¹, kun taas ojitukseltaan erittäin hyviksi arvioitujen ohralohkojen keskisato oli samoina vuosina 4600 kg ha⁻¹. Huonosti tuottavilla lohkoilla oli käytetty typpeä 89 kg ha⁻¹ ja hyvin tuottavilla lohkoilla 101 kg ha⁻¹.



Kuva 1. Peltomaan laatutestin parametrien pistesummat. Vaaleanharmaalla huonoimmiksi, harmaalla tyydyttäväksi ja mustalla parhaimmiksi arvioidut parametrit.



Kuva 2. Peltomaan laatutestiaineiston osa-alueiden arviojakaumia säättosalaojitetuilla (7 367 kpl) peruslohkoilla ja koko laatutestiaineiston peruslohkoilla (532 771 kpl).

Pitkäaikaisen typpi- ja rikkilannoituksen ja lämmityksen vaikutus kanervakasvien sienijuurisieniin

Effects of long-term N and S deposition and warming on ericoid mycorrhizal fungi

Anne Palomäki¹, Heikki Kiheri², Sari Timonen¹, Mats Nilsson³, Tuula Larmola²

¹ Mikrobiologian osasto, Helsingin yliopisto, Helsinki, Suomi

² Luonnonvarakeskus LUKE, Helsinki, Suomi

³ Department of Forest Ecology and Management, University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden

Tutkimuksessa tarkasteltiin pitkäaikaisen typpi- ja rikkilaskeuman sekä lämmityksen vaikutusta kanervasienijuurisienten runsauteen ja esiintyvyyteen ruotsalaisella, niukkaravinteisella suolla. Tällaisten soiden valtakasvilajeja ovat *Sphagnum*-suvun sammalten lisäksi kanervakasvit kuten suokukka (*Andromeda polifolia*) ja isokarpalo (*Vaccinium oxycoccus*). Kanervien sienijuurisienet parantavat isäntäkasviensa ravinteiden ottoa mahdollistaen niiden elämän karuissakin oloissa. Tyypillisten kanervasienijuurisienten lisäksi kanervien juurissa ja niiden pinnalla elää muita endofyyttisiä sienisiä, joiden merkitystä ja toimintaa ei vielä tarkkaan tunneta. Oletamme, että 1) typpi- ja rikkilannoitus ja lämmitys vaikuttavat kanervasienijuurisienten esiintymiseen ja suhteelliseen runsauteen juurissa, 2) kanervasienijuurisienten määrä vähenee niissä juurissa, jotka ovat saaneet runsaasti typpeä ja rikkiä ja 3) yksittäisten käsittelyiden yhdistelmillä voi olla toisiaan lieventävä vaikutus.

Aineisto koostui lannoittamattomista ja lämmittämättömistä verrokeista sekä ammoniumnitraatilla (NH_4NO_3 , 30 kg ha⁻¹ vuosi⁻¹) ja natriumsulfaatilla (NaSO_4 , 20 kg ha⁻¹ vuosi⁻¹) lannoitetuista käsittelyistä, joista osan keskimääräistä ilman lämpötilaa nostettiin noin 2,0 °C ja maan lämpötilaa noin 3,6 °C. Tutkimusta varten kerättyjen kanervakasvien (*V. oxycoccus*, *A. polifolia*) juurista analysoitiin sienijuurisienten kolonisaation runsaus.

Sienten runsaudessa oli eroja kasvien välillä. Suokukan juurissa erilliset typpi- ja lämpökäsittelyt lisäsivät kaikkien sienten määrää, mutta yhdistetty typpi- ja lämpökäsittely vähensi sienten määrää. Vähiten kaikkia sienisiä oli niissä näytteissä, jotka olivat saaneet kaikki kolme käsittelyä. Isokarpalon juurissa kaikissa muissa näytteissä oli kontrollia runsaammin sienisiä. Kontrollia vähemmän sienijuurisieniä oli ainoastaan niissä näytteissä, jotka olivat saaneet rikkikäsittelyn. Eri käsittelyt vaikuttivat sienten esiintymiseen ja suhteelliseen runsauteen juurissa, mutta toisin kuin oletimme, typpi- ja rikkilannoitus ei aina vähentänyt sienten määrää. Yksittäisten käsittelyiden vaikutus oli usein päinvastainen verrattuna yhdistettyihin käsittelyihin. Joissain tapauksissa nähtiin myös yhdistettyjen käsittelyiden toisiaan lieventävä vaikutus.

Metsäluonnon monimuotoisuuden suojeleminen ja hiilen sitominen muuttuvassa ympäristössä (IBC-CARBON)

Integrated Biodiversity Conservation and Carbon Sequestration in the Changing Environment (IBC-CARBON)

Martin Forsius¹, Irina Bergström¹, Annikki Mäkelä², Risto Heikkinen¹, Katri Rankinen¹, Maria Holmberg¹, Timo Kumpula³, Anna-Kaisa Kosenius², Atte Moilanen², Saija Kuusela¹

¹Suomen ympäristökeskus SYKE, etunimi.sukunimi@ymparisto.fi

²Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

³Joensuun yliopisto, etunimi.sukunimi@uef.fi

Ilmastonmuutos ja kasvavat metsänhakuut ovat vakava uhka luonnon monimuotoisuudelle ja ekosysteemipalvelujen kestäväälle käytölle. Monimuotoisuuden suojeleminen ja kestävä metsänkäytön onnistunut yhdistäminen ilmaston muuttuessa on suomalaisen yhteiskunnan suurimpia haasteita. Biotalous siirtymisen seuraukset tunnetaan heikosti, ja siihen liittyvien valintojen, esimerkiksi erilaisten hakkuutasojen, kestävyyttä pitää arvioida. Maankäytön muutoksilla ja biomassan lisääntyvällä hyödyntämisellä voi olla pitkälle tulevaisuuteen ulottuvia seurauksia mm. luonnon monimuotoisuuden suojeleminen, hiilen varastoille ja maaperän ja veden laadulle. Ilmastonmuutos vaikuttaa suoraan ekosysteemien toimintaan ja sitä kautta epäsuorasti hillintä- ja sopeutumisstrategioiden suunnitteluun joilla puolestaan voi olla merkittäviä ympäristövaikutuksia.

Suomen Akatemian yhteydessä toimivan Strategisen tutkimuksen neuvoston (STN) rahoittaman IBC-CARBON-hankkeen (2018-2023; www.ibccarbon.fi) yhtenä keskeisenä tavoitteena on kehittää integroituja, malleihin perustuvia työkaluja, joilla voidaan määrittellä metsäekosysteemien alueellisesti optimoitu maankäyttöä, joka huomioisi sekä luonnon monimuotoisuuden suojeleminen että hiilen varastoinnin. Hankkeessa tutkitaan myös kuinka ilmastonmuutos, metsien käyttöä ohjaavat politiikat ja muut ajurit yhdessä vaikuttavat monimuotoisuuden indikaattoreihin ja hiilivarastoihin. Kaukokartoitushavaintoihin (Earth Observation, EO) perustuvia muuttujia kehitetään ja testataan jotta voitaisiin luoda kustannustehokkaita työkaluja tunnistamaan metsien monimuotoisuuden ja ekosysteemipalvelujen määrälliset muutokset. Lisäksi hankkeessa kehitetään metsänomistajille suunnattua kannustinjärjestelmää, jossa huomioidaan korvaus sekä monimuotoisuuden että hiilivarastojen turvaamisesta. IBC-CARBON-hankkeessa työskentelee monitieteinen tutkijaryhmä Suomen ympäristökeskus SYKEstä ja Helsingin ja Joensuun yliopistoista.

Mikrobien aiheuttama solunulkoinen Fentonin reaktio liuenneen orgaanisen aineen hajottajana metsämaassa?

Microbially-induced extracellular Fenton reaction breaks down dissolved organic matter?

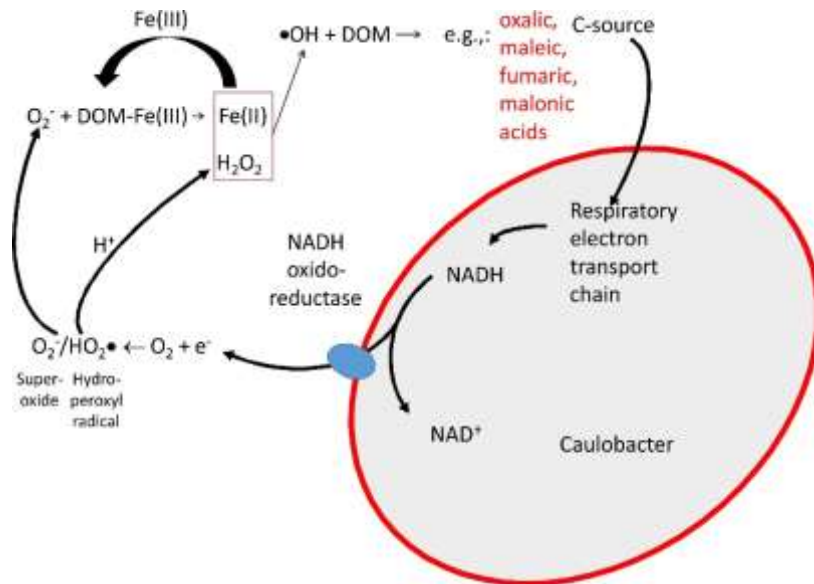
Anssi V. Vähätalo¹, YiHua Xiao¹ ja Marja-Terttu Näsi¹

¹ Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto, anssi.vahatalo(at)jyu.fi

Metsämaan podsolimaannoksessa humuskerroksesta sadeveten uuttuneen liuenneen orgaanisen aineen pitoisuus voi laskea A-horisontin noin 50 mg DOC-C/L:sta kymmenekseen mineraalimaan B-horisontissa. Täten mineraalimaa vähentää veteen liuenneen orgaanisen aineen määrää ja sen ruskeaa väriä maannoksen alle muodostuvaan pohjaveteen talousvedelle asetettujen suositusten tasolle. Pohjavesi toimiikin talousveden lähteenä suurimmalle osalle Suomen kunnista. Liuenneen orgaanisen aineen ja veden värin väheneminen B-horisontissa on keskeinen tekijä talouskäyttöön sopivan pohjaveden muodostuksessa. B-horisontissa tapahtuvan värillisen liuenneen aineen vähenemisen aiheuttavat mekanismit tunnetaan huonosti. Useimmiten värillisen liuenneen orgaanien hiilen poistuman arvellaan johtuvan adsorptiosta B-horisontin rauta(III)hydroksideihin mikrobeille käyttökelpottomaan muotoon. Tämä prosessi voisi toimia tärkeänä hiilen nieluna ja ilmaston lämpenemisen hillitsijänä.

B-horisonttiin päätyvä liennut orgaaninen aine koostuu pääosin liuenneista humusaineista, joiden mikrobiologinen hajoaminen tapahtuu hitaasti ja pääosin tuntemattomien mekanismien kautta. Humusaineita karakterisoi heterogeeninen rakenne ja suuri molekyylikoko. Näistä tekijöistä johtuen humusaineiden hajoaminen saa alkunsa todennäköisesti solunulkoisesti ja mahdollisesti solunulkoisten epäspesifisten hapettavien entsyymien kuten fenolioksidaasin eli lakkaasin toimesta. Näiden entsyymien biosynteesi vaatii mikrobeilta paljon energiaa ja mm. metsämaassa niukasti tarjolla olevaa tyyppiä. Investointi näihin entsyymeihin kannattaa, kun luvassa on runsas palkkio. Sellainen on selluloosan sisältämä glukoosi, johon sienet pääsevät käsiksi hajottamalla pois ligniinin kärkekerroksen hajoavasta puuaineksesta. Podsolimaannoksen B-horisontti tarjoaa palkkion sijaan niukkuutta. Tarjolla on alhainen pitoisuus (<50 mg DOC-C/L) humusaineita, joihin on sitoutunut ferri(III)rauta tai jotka ovat sitoutuneet rautahydroksideihin. Näissä oloissa ei liene mielekäästä investoida humuksen hajottamiseen fenolioksidaaseja, jotka ensinnäkin hapettamalla vähentävät substraatin energiasisältöä sekä todennäköisesti adsorboituisivat ja inaktivoituisivat mineraalien pinnoille.

Viime aikaisissa tutkimuksissamme olemme havainneet raudan kiihdyttävän liuenneen orgaanisen aineen hajoamista pimeässä mikrobien toimesta [1] sekä valossa valokemiallisten reaktioiden myötä [2]. Mekanismit raudan kiihdyttämälle hajoamiselle eivät ole selvillä, mutta sekä valo- että mikrobihajoamisessa hajoamisen aiheuttava alkuvoima lienee sama: hapen (O₂) pelkistyminen superoksidiksi (O₂⁻/HO₂; Kuva 1).



Kuva 1. Potentiaalinen mekanismi mikrobivälitteiseksi Fentonin reaktioksi.

Superoksidi voi muuttua vetyperoksidiksi (H₂O₂) ja se pystyy pelkistämään ferri(III)raudan ferro(II) raudaksi eli tuottamaan Fentonin reaktioon tarvittavat lähtöaineet (Kuva 1). Fentonin reaktiossa syntyvät hydroksyyliiradikaalit (•OH) voivat hajottaa orgaanista ainetta esimerkiksi pieniksi karboksyylihapoiksi, jotka ovat helppoja substraatteja mikrobeille (Kuva 1). Kuvassa 1 esitetty hypoteettinen mekanismi voisi selittää orgaanisen aineen hajoamista B-horisontissa, jossa on runsaasti rautaa sekä Fentonin reaktiota suosivat happamat olosuhteet.

Anssi Vähätalon tutkimusryhmä pyrkii jatkamaan tutkimuksia, jossa selvitetään Kuvassa 1 arvioidun mikrobivälitteisen Fentonin reaktion merkitystä ympäristössä. Aihe on kuitenkin hankala, sillä mm. happiradikaalien ja ferroraudan eliniät ovat lyhyitä eikä niiden pitoisuuksien mittaaminen onnistu perinteisillä analyttisillä menetelmillä. Maaperän koostumus on heterogeeninen eikä ole helppoa erottaa maaveteen liuenneiden aineiden reaktioita mineraaleihin sitoutuneesta orgaanisesta aineesta. Anssi Vähätalo arvelee Kuvan 1 hypoteettisten mekanismien selvittämisen tarvitsevan tutkimusryhmien välistä yhteistyötä ja siksi hän etsii kumppaneja, jotka olisivat kiinnostuneet tästä ainepiiristä.

Kirjallisuus

[1] Xiao Y.H., Hoikkala L., Kasurinen V., Tirola M., Kortelainen P. & Vähätalo A.V. 2016. The effect of iron on the biodegradation of natural dissolved organic matter. *J. Geophys. Res. Biogeosci.* 121: 2544–2561.

[2] Gu Y., Lensu A., Perämäki S., Ojala A. & Vähätalo A.V. 2017. Iron and pH regulating the photochemical mineralization of dissolved organic carbon. *ACS Omega* 2: 1905–1914.

***In situ* distribution coefficients, K_d values in lake sediments from selected lakes in southwestern Finland**

Järvisedimenttien jakaantumiskertoimet, K_d arvot, Lounais-Suomessa

Anne-Maj Lahdenperä¹

¹A-Insinöörit Civil Oy, Bertel Jungin aukio 9, 02600 Espoo

Tel. 045 8626710

anne-maj.lahdenpera@ains.fi

www.ains.fi

The disposal of the spent nuclear fuel will take place in a geological repository at the Olkiluoto Island. The Olkiluoto is located on the coast of the Bothnian Sea, in the municipality of Eurajoki of the region of Satakunta. Olkiluoto is a regionally large island (currently approximately 12 km²), separated from the mainland by a narrow strait. The post-glacial crustal rebound (at present about 6 mm/year, [1]) shapes the landscape from Finnish coastal areas to an inland type within a few millennia in the future. The shoreline displacement will change the local and regional biosphere conditions and influence soil and sediment properties and groundwater flow pattern.

The properties of the future lake ecosystems surrounding the Olkiluoto Island can be forecast and applied in the radionuclide transport models based on the properties of present lakes. Currently, however, there are no lakes on the Olkiluoto Island. Due to lack of Olkiluoto-specific data, a Reference Area, in southwestern Finland, where the lakes of various successional stages were selected within a larger geographical area as analogues of those expected to form at the Olkiluoto site.

This work presents geochemical and physical properties and the *in situ* distribution coefficients, (K_d values) of the main key elements from the eight deep lake sediment profiles from the Reference Area. *In situ* distribution coefficients, K_d values, indicate the relevant mobility and retention of the elements and radionuclides. The indigenous elements of Cl, Cs, I, Mo, Nb, Ni, Pb, Se, Sn and Sr are of the main interest in biosphere assessment because they are analogues to the highest doses contributing radionuclides from the repositories.

Altogether 39 lake sediment samples were taken from the different lithological units. From the sediment samples, pore water and pseudo-total concentrations of main elements using HNO₃-HF(trace) extraction or LiBO₂ fusion method were analysed. Also, pH, dry and organic matter, total carbon and grain size distribution were measured. The lakes have isolated during the Littorina or Limnea Sea stages about 2200–6500 cal yr BP [2, 3].

The highest K_d values were for niobium, lead and tin, and the lowest for chlorine and strontium. In the Table 1 is presented the geometric mean, min and max values of the K_d values for the main elements. The K_d values for Cl, Cs, I and Se were highest in the topmost gyttja layers, rich in organic matter, and for Nb, Ni and Sn in the bottom gyttja and clay layers.

The mobility and retention of the indigenous elements in lake sediments is affected by parameters specific to the element and to the sediment type. Chemical form of the element, speciation, is the most important factor affecting the mobility and retention properties of the elements. Sediment redox potential and pH have a great influence on the speciation. Organic matter content and sediment mineral composition, especially clay and silt fraction, have a significant influence on the *in situ* K_d values. Micro-organisms can affect the speciation indirectly by changing the prevailing Eh-pH conditions, and, serve as sorbent. Indigenous

elements having a high tendency of forming anionic species in aqueous solutions, such as chlorine, iodine and selenium, are poorly sorbed on soil and sediment mineral constituents, and thus have a high potential mobility. Clay and mica minerals sorb caesium efficiently on their interlamellar ion exchange sites as well as organic matter. Niobium is rather immobile in sediments due to its strong sorption on mineral particles. High organic matter and clay content increase the retention of niobium. The most important factor controlling mobility and retention of nickel is acidity, Ni mobility is increasing when pH decreases. [3, 4]

Table 1. The geometric mean (GM), min and max values of the K_d values for the main elements.

Element	N of samples	GM L/kg	Min L/kg	Max L/kg
Cl	38	3.1E+0	1.3E-1	2.0E+1
Cs	38	5.5E+3	1.7E+3	9.1E+4
I	38	2.5E+2	3.8E+0	1.3E+4
Mo	33	2.9E+3	2.1E+1	2.8E+4
Nb	38	1.5E+5	1.5E+3	9.4E+6
Ni	38	3.1E+2	1.7E+0	1.9E+4
Pb	38	5.0E+4	1.1E+3	2.9E+6
Se	35	1.4E+3	4.9E+0	7.0E+3
Sn	38	2.0E+5	4.5E+3	3.8E+6
Sr	38	4.8E+1	1.4E+1	6.5E+2

References

- [1] Eronen, M., Glückert, G., van de Plassche, O., van der Plicht, J. & Rantala, P. 1995. Land uplift in the Olkiluoto-Pyhäjärvi area, southwestern Finland, during the last 8000 years. Nuclear waste commission of Finnish power companies. Report YJT-95-17. 26 pp.
- [2] Ojala, A.E.K. 2011. Sedimenttistratigrafia ja sedimentaatioympäristön muutokset Itämerestä kuroutuneissa järvissä Satakunnassa (in Finnish with an English abstract: Sediment lithostratigraphy and past changes in sedimentary environment in isolated lakes in Satakunta region). Eurajoki, Finland: Posiva Oy. Working Report 2011-87. 64 pp. <http://www.posiva.fi/>
- [3] Lahdenperä, A-M. 2017. Reference lake sediments, geochemistry and *in situ* distribution coefficients. K_d values. Southwestern Finland. Eurajoki, Finland: Posiva Oy. Working Report 2017-16. p. 203 pp. <http://www.posiva.fi>
- [4] Söderlund, M., Lusa, M., Virtanen, S., Välimaa, I., Hakanen, M., Lehto, J. & Lahdenperä, A-M. 2013. Distribution coefficients of caesium, chlorine, iodine, niobium, selenium and technetium on Olkiluoto soils. Eurajoki, Finland: Posiva Oy. Working Report 2013-68. 150 p. <http://www.posiva.fi/>

Production of nitrous acid (HONO) and emission sources in soil

Typpihapokkeen (HONO) muodostuminen ja päästölähteet maaperässä

Maarit Liimatainen¹, Hem Raj Bhattarai¹, Hannu Nykänen¹, Jussi Ronkainen¹, Pertti J. Martikainen¹ and Marja Maljanen¹

¹University of Eastern Finland, Department of Environmental and Biological Sciences, P.O. Box 1627, FI-70211 Kuopio, email: maarit.liimatainen@uef.fi

Nitrous acid (HONO) is a reactive gas that is the precursor of the hydroxyl radical (OH) in the troposphere, the lowest level of atmosphere. It is known already over 30 years that HONO participates in the OH radical production and a study suggest that 55% of the OH radicals in the troposphere are produced in the photolysis of HONO¹. In the atmosphere, OH radicals are part of oxidation reactions removing for example strong greenhouse gas methane². Nitrous acid is not a greenhouse gas, instead its effects are opposite compared to greenhouse gases due to its self-cleansing capacity in the atmosphere². Global HONO budget indicates that there is a missing source. Based on the recent studies soil might be an important source for HONO^{3,4} and this finding could help to fill the gaps in the global HONO budget.

Several studies show that HONO is produced in the soil³⁻⁵ and the emissions are closely connected with the availability of soil nitrite (NO₂⁻)³. Soil microbiological processes such as oxidation of ammonium are involved in HONO production⁴. The actual production processes and the emission rates from different ecosystems are not well understood yet. However, nitrogen-rich drained peatlands⁵ and fertilized agricultural soils with low pH^{4,6} are identified as significant sources of HONO. High HONO emissions have been also measured from alkaline horse dung⁷, contrasting to earlier findings. In addition, e.g. geothermally warmed soils are also producing HONO⁸. Thus, these studies suggest that different ecosystems have potential to emit HONO and therefore more studies are needed in future to better understand the role of soils in OH radical production.

Factors controlling microbial activities and the production of NO₂⁻ are mainly soil moisture, pH, nitrogen content, plant-soil interaction, and temperature. Thus, changes in these properties can also alter the emission rates of HONO from soils. Most of the HONO measurements have been done in laboratory, where factors affecting microbial processes are controlled. In order to gain in-depth knowledge on HONO production/emission from soil, the future studies should focus on measuring the HONO emission rates from different ecosystems *in situ* to verify the findings done in laboratory experiments.

References

- [1] Elshorban, Y.F., Kurtenbach, R., Wiesen, P., Lissi, E., Rubio, M., Villena, G., Gramsch, E., Rickard, A.R., Pilling, M.J., Kleffmann, J. 2009. Oxidation capacity of the city air of Santiago, Chile. *Atmospheric Chemistry and Physics* 9: 2257-2273.
- [2] Lelieveld, J., Dentener, F.J., Peters, W., Krol, M.C. 2004. On the role of hydroxyl radicals in the self-cleansing capacity of the troposphere. *Atmospheric Chemistry and Physics* 4: 2337-2344.
- [3] Su, H., Cheng, Y., Oswald, R., Behrendt, T., Trebs, I., Meixner, F.X., Andreae, M.O., Cheng, P., Zhang, Y., Pöschl, U. 2011. Soil nitrite as a source of atmospheric HONO and OH radicals. *Science* 333: 1616-1618.
- [4] Oswald, R., Behrendt, T., Ermel, M., Wu, D., Su, H., Cheng, Y., Breuninger, C., Moravek, A., Mougín, E., Delon, C., Louber, B., Pommerening-Röser, A., Sörgel, M., Pöschl, U., Hoffmann, T., Andreae, M.O., Meixner, F.X., Trebs, I. 2013. HONO emissions from soil bacteria as a major source of atmospheric reactive nitrogen. *Science* 341:1233–1235.

- [5] Maljanen, M., Yli-Pirilä, P., Hytönen, J., Joutsensaari, J., Martikainen, P.J. 2013. Acidic northern soils as sources of atmospheric nitrous acid (HONO). *Soil Biology & Biochemistry* 67: 94-97.
- [6] Bhattarai, H.R., Virkajärvi, P., Yli-Pirilä, P., Maljanen, M. 2018. Emissions of atmospherically important nitrous acid (HONO) gas from northern grassland soil increases in the presence of nitrite (NO_2^-). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 256: 194-199.
- [7] Maljanen, M., Gondal, Z., Bhattarai, H.R. 2016. Emissions of nitrous acid (HONO), nitric oxide (NO), and nitrous oxide (N_2O) from horse dung. *Agricultural and Food Science* 25: 225-229.
- [8] Maljanen, M., Bhattarai, H.R., Biasi, C., Sigurdsson, B.D., 2018. The effect of geothermal soil warming on the production of carbon dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O), nitric oxide (NO) and nitrous acid (HONO) from forest soil in southern Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences* 31: 11-22.

Challenges in measuring GHG emissions from a horse paddock

Haasteet hevoslaitumen kasvihuonekaasupäästömittauksissa

Marja Maljanen¹, Emilia Marttila¹

¹ Department of Environmental and Biological Sciences, University of Eastern Finland, P.O. Box 1627, 70211 Kuopio (Marja.Maljanen@uef.fi)

Introduction

The number of horses is increasing in Finland and in Europe also, which is increasing the amount of manure they produce. Currently, there are about 75 000 horses in Finland, mainly in the southern parts. Dung is collected from the barns to be used e.g. as fertilizer or as bioenergy but part of the dung is left in the paddocks and pastures. Because dung contains lot of nitrogen and organic matter, horse paddocks and pastures can be significant sources of greenhouse gases (GHG), such as nitrous oxide (N₂O), carbon dioxide (CO₂) or methane (CH₄) [1]. There are lot of publications about GHG emissions from e.g. cattle and sheep pastures, however, none of them are reporting emissions from horse paddocks or pastures. The emission rates and dynamics of horse dung can be different from dairy cows [2, 3, 4] since horses are not ruminants and the manure properties are not similar. Also, the input of fresh horse dung and urine into the paddocks is constant throughout the year in contrast to e.g. dairy cows which are spending time outside mainly during the grazing season. In this small project funded by Niemi foundation we measured GHG emissions from one selected horse paddock from June 2018 to December 2018 to estimate the emission rates and dynamics and to test the suitability of manual static chamber measurements on such sites.

Materials and Methods

The study site was located about 20 km north from Kuopio in Ranta-Toivala. The farm accommodates about 40 horses. In the studied paddock (2500 m²) a total of four horses spend about 10 hours daily, throughout the year. Soil type is silt and clay, and in the summer there are some green plants growing, which are, however, rapidly eaten. There were five sampling points, which are shown in the Figure 1. Plots H and N are grassland plots outside the paddock, which are mown a couple of times during the summer but not grazed. Plots P, A and T are located inside the paddock and are heavily disturbed by the horses (Figure 1).

Sampling points



P = near the gate (the most occupied)

A = close to fence (feeding)

T = randomly occupied

H = outside the paddock (under a slope)

N = outside the paddock (not "contaminated")

Gas flux measurements were made 1 to 3 times per month with manual chambers (three replicates on each plot). Permanent collars could not be used inside the paddock because of the very curious horses and therefore round metal chambers (ø 30 cm) were twisted in the soil

before sampling. Gas samples (sampling at 5, 10, 20 and 30 min) were collected with syringes, injected into a pre-evacuated vials and analyzed with GC equipped with an autosampler [1]. Soil samples were also collected for analysis of e.g. pH, EC, NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , DOC, totN, totC, organic matter content, water content, bulk density and water holding capacity.

Results and discussion

The growing season 2018 was very dry and warm, which made the first challenge in measurements. When the soil surface was drying, it became very hard and also installation of the chambers was difficult. Maximum soil (depth 5 cm) temperature was measured in July (25 °C) and the lowest in November (< 0 °C). Soil moisture content was very low (less than 10%) during the summer but started to increase in September. Soil bulk density varied between 1.0 and 1.6 g cm⁻³. Carbon dioxide fluxes (ecosystem respiration) were well correlated with soil temperature, and the maximum values (750 mg CO₂-C m⁻² h⁻¹) were measured in the warmest days. All the plots were small net CH₄-C sinks during the study period. Nitrous oxide emissions were more variable, they did not correlate with temperature and there was very high spatial and temporal variation. The highest emissions (up to 1300 µg N₂O-N h⁻¹ m⁻²) were detected from the plot P in the early summer, and the lowest emissions, or even some uptake, outside the paddock (plots N and H). However, there was very high variation between replicate chambers in every plot, especially inside the paddock. Also, the mineral nitrogen (e.g. nitrate) concentration in the soil was very variable. As a conclusion, we can say that horse paddocks can be significant but local sources for N₂O, moderate sources of CO₂ and small sinks for CH₄.

Calculation of seasonal/annual emission rates is very challenging due to highly heterogeneous and dynamic site, which is changing all the time. Dung and urine patches and compaction of the soil are highly affecting the gas fluxes. We can assume that there is very high temporal and spatial variation, which cannot be captured with laborious manual samplings with long sampling intervals. To get a continuous emission data from the whole paddock area an eddy covariance method would be optimal. Also, the effects of different soil types, dung management, horse density, and weather conditions should be studied further.

References

- [1] Maljanen, M., Gondal, Z. and Bhattarai, H.R. 2016. Emissions of nitrous acid (HONO), nitric oxide (NO), and nitrous oxide (N₂O) from horse dung. *Agriculture and Food Science* 25: 225-229.
- [2] Maljanen, M., Martikkala, M., Koponen, H.T., Virkajärvi, P. and Martikainen, P.J. 2007. Fluxes of nitrous oxide and nitric oxide from experimental excreta patches in boreal agricultural soil. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 914–920.
- [3] Maljanen, M., Virkajärvi, P. and Martikainen, P.J. 2012. Dairy cow excreta patches change the boreal grass swards from sink to source of methane. *Agricultural and Food Science* 21: 91-99.
- [4] Virkajärvi, P., Maljanen, M., Saarijärvi, K., Haapala, J. and Martikainen, P.J. 2010. N₂O emissions from boreal grass and clover grass pasture soils. *Agriculture, Environment and Ecosystems* 137: 59-67.

Viljelykäytössä olevan savimaan dityppioksidipäästöjen estimoiminen Boundary line-mallin avulla

Estimating the emissions of dinitrogen oxide on a cultivated clay soil using the Boundary line model

Minna Mäkelä¹, Asko Simojoki¹

¹Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Maaperä- ja ympäristötieteen yksikkö PL27, 00014 Helsingin yliopisto

Abstrakti

Dityppioksidin päästöt maasta muodostavat merkittävän osan maataloussektorin kasvihuonekaasupäästöistä [2]. Niiden mittaaminen on kuitenkin työlästä, ja numeerinen estimointi vaatii tarkat taustatiedot, joiden saaminen ei ole aina mahdollista.

Empiiristä boundary line- mallia [1,3] käytettiin estimoimaan dityppioksidipäästöjä viljelykäytössä olevalta savimaalta, josta osalle oli tehty voimakas tiivistyskäsittely 29 vuotta ennen näytteenottoa. Aineistona käytettiin POSEIDON-hankkeessa vuosina 2009-2010 Jokioisten koekentältä kerättyä aineistoa, joka käsitti noin kahden viikon välein kerätyt emissionäytteet sekä automaattisesti 15 ja 30 cm:n syvyydestä kerätyt maan kosteuden, lämpötilan ja EC:n neljältä tiivistetyltä ja kontrollilohkolta sekä säähavainnot.

Emissiot jaettiin kolmeen luokkaan: pieni (alle 16 g N/ha/päivä), keskisuuri (16-160 g N/ha/päivä ja suuri (yli 160 g N/ha/päivä). Mallinnuksen ensimmäisessä osassa emissioita tarkasteltiin suhteessa mitattuihin olosuhdemuuttujiin emissiota rajoittavien tekijöiden tunnistamiseksi. Toisessa osassa keskityttiin havaintoihin, joissa nämä muuttujat eivät olleet rajoittavia, ja tarkasteltiin olosuhdemuuttujia emissioluokittain, jotta löydettäisiin ne olosuhteet, joissa kukin emissioluokka todennäköisimmin esiintyy.

Emissioiden havaittiin rajoittuvan pieneen luokkaan, jos päivän keskilämpötila oli alle -4 tai yli 18°C. Emissiot jäivät pieniksi myös, jos maan EC 15 cm:n syvyydessä oli alle 0.018 dS/m. Seuraavaksi tarkasteltiin 15 cm:n syvyydessä mitattujen maan lämpötilan ja veden täyttämän huokostilan suhdetta emissioluokittain jättäen huomiotta havainnot, joissa jompikumpi edellä mainituista tekijöistä oli rajoittava. Havaittiin, että suurimmat emissiot asettuivat asteikon lämpimään ja märkään päähän, pienet kuivaan ja viileään ja keskisuuret niiden välille. Pelkkiä keskisuuren emission havaintoja käyttäen laadittiin regressioyhtälöt tiivistettyjen ja kontrollilohkojen maan kosteuden ja lämpötilan välille. Matalan ja keskisuuren emission raja määriteltiin siirtämällä regressiokuvaajaa alaspäin kosteuden estimaatin keskivirheen verran, ja keskisuuren ja suuren raja siirtämällä kuvaajaa ylöspäin. Malli ennusti kontrollikoejäsenessä emission oikein 77,4 %:ssa havainnoista, ja tiivistetyssä 67,5 %:ssa. Parhaiten malli ennusti pienet emissiot, joissa sen tarkkuus oli lähellä 90 %:a molemmilla koejäsenillä.

Tällä mallilla pystyttiin pelkästään automaattisesti kerätyn aineiston perusteella arvioimaan dityppioksidin päästöä, mutta tiivistyskäsittely heikensi selvästi mallin toimivuutta.

Kirjallisuus

- [1] Conen, F., Dobbie, K. E. & Smith, K. A. 2000. Predicting N₂O emissions from agricultural land through related soil parameters. *Global Change Biology* **6**: 417-426.
- [2] Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B. & Sirotenko, O. 2007. Climate change 2007 - mitigation of climate change working group III contribution to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [3] Wang, W. & Dalal, R. 2010. Assessment of the boundary line approach for predicting N₂O emission ranges from Australian agricultural soils. Kirjassa: *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World* (Toim. Gilkes, R. & Prakongkep, N.), ss. 1-6. Crawley : International Union of Soil Sciences, Brisbane, Australia.

Tuotantosuunnan muutoksen vaikutus savipelloilta tulevaan kuormitukseen

The effect of the change in the line of production on the load coming from the clayey fields

Jyrki Nurminen¹, Maija Paasonen-Kivekäs² ja Helena Äijö³

¹ Salaojituksen tutkimusyhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki

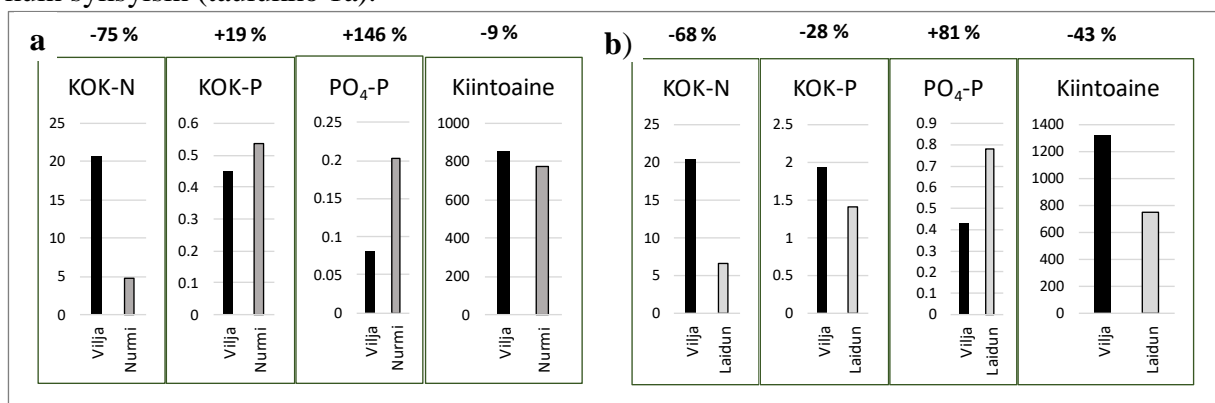
² Sven Hallinin tutkimussäätiö sr, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki

³ Salaojayhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää veden ja aineiden kulkeutumisreittejä ja kuormitusta peltolohkon mittakaavassa ja etenkin sitä, miten valunta ja valumavesien ravinne- ja kiintoainepitoisuudet ja -huuhtoumat muuttuivat siirryttäessä tavanomaisesta viljanviljelystä luonnonmukaiseen nurmiviljelyyn ja lihakarjan laidunnukseen. Pitkäaikaisen mittaustoiminnan tavoitteena on saada esille myös pellon kaltevuuden ja erilaisten sääolosuhteiden vaikutusta kuormitukseen sekä tuottaa aineistoja matemaattista mallinnusta varten. Mittaustuloksia on hyödynnetty muun muassa FLUSH-mallin eroosiokuvauksen kehittämisessä [1, 2].

Tutkimus toteutettiin Gårdskullan kartanon tutkimusalueen kahdella peltolohkolla Siuntion Kirkkojoen varrella. Alueiden maalaji on savea (HeS, HsS ja AS). Alueen 1 (5,7 ha) keskikaltevuus on noin 1 % ja alueen 2 (4,7 ha) noin 5 %. Lohkot on salaojitettu 1940-luvulla keskimäärin 16 metrin ojavälillä. Mittaus- ja analyysimenetelmät on kuvattu tutkimusraportissa [3]. Vuosina 2007–2010/2011 koalueilla viljeltiin kevät- ja syysviljoja kivennäislannoitteita ja tavanomaisia muokkausmenetelmiä käyttäen. Alue 1 on ollut syksystä 2011 jatkuvasti nurmella ja alue 2 kevästä 2011 lähtien lihakarjan laitumena (nurmi perustettiin keväällä 2010). Tuotantosuunnan muutoksen yhteydessä koalueilla siirryttiin luomutuotantoon. Tämä tutkimus käsitti mittaustulosten vuosilta 2008–2017 [4].

Muutos tavanomaisesta viljanviljelystä luonnonmukaiseen nurmiviljelyyn (ei lannoitusta eikä muokkausta, sadonkorjuu kerran kasvukaudessa) näkyi selvimmin kokonaistypen huuhtouman vähenemisenä ja liukoisen epäorgaanisen fosfaattifosforin (PO₄-P) huuhtouman kasvuna. Kiintoainehuuhtoumissa oli nähtävissä lievää laskua, ja kokonaisfosforin huuhtoumat pysyivät likimain ennallaan (kuva 1a). Typpi- ja kiintoainehuuhtoumien laskun pääsyyinä oli pitoisuuksien pieneneminen sekä salaojista että pintakerrosvalunnassa. Liukoisen epäorgaanisen fosfaattifosforin huuhtouman kasvu selittyy suurelta osin pitoisuuden nousulla, etenkin pintakerrosvalunnassa. Pintakerrosvalunnan PO₄-P-pitoisuudet nousivat keväisin enemmän kuin syksyisin (taulukko 1a).



Kuva 1. (a) Kuormitus (salaojavalunta+pintakerrosvalunta, kg ha⁻¹ a⁻¹) viljanviljelyssä ja nurmella (alue 1) sekä (b) viljanviljelyssä ja laidunnurmella (alue 2).

Muutos viljanviljelystä luonnonmukaiseen lihakarjan laidunnukseen (ei lannoitusta, eikä muokkausta) vaikutti valumaveden pitoisuuksiin ja kuormiin samansuuntaisesti kuin siirtyminen nurmiviljelyyn. Laidunalueella kokonaistypen huuhtoumat vähenivät likimain yhtä paljon kuin nurmiviljelyssä (kuva 1b). Keskeisenä syynä olivat valumavesien laskeneet

pitoisuudet. Liukoisen epäorgaanisen fosfaattifosforin huuhtouma ja liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforihuuhtoumasta lisääntyivät selvästi. Laidunnurmella valumavesien PO₄-P-pitoisuudet nousivat syksyisin kevättä enemmän, etenkin pintakerrosvalunnassa (taulukko 1b). Kokonaisfosforihuuhtouma oli kuitenkin pienempi kuin viljanviljelyssä, koska salaojavalunnan fosforipitoisuudet laskivat tuotantosuunnan muutoksen myötä. Kiintoainehuuhtoumat pienenevät laidunalueella enemmän kuin nurmialueella.

Taulukko 1. Kokonaistypen (Kok-N) ja liukoisen epäorgaanisen fosforin (PO₄-P) ja pitoisuudet (mg l⁻¹, aritmeettinen keskiarvo) salaojavalunnassa ja pintakerrosvalunnassa viljanviljelyssä (2008–2010/2011) ja nurmella/laidunnurmella (2011/2012–2017) sekä eri vuodenaikoina alueilla 1 (a) ja 2 (b). Vuodenaikat: talvi-kevät (tammi-huhtikuu), kasvukausi (touko-kesäkuu) ja syksy (syys-joulukuu).

a)					NURMIVILJELY				
VILJANVILJELY					NURMIVILJELY				
Salaojavalunta					Salaojavalunta				
	2008 - 2011	talvi-kevät	kasvukausi	syksy	2012- 2017	talvi-kevät	kasvukausi	syksy	
Kok-N	4,7	4,1	3,0	5,7	1,2	1,6	1,2	0,7	
PO ₄ -P	0,015	0,012	0,020	0,014	0,020	0,017	0,023	0,021	
Pintakerrosvalunta					Pintakerrosvalunta				
	2008 - 2011	talvi-kevät	kasvukausi	syksy	2012- 2017	talvi-kevät	kasvukausi	syksy	
Kok-N	6,2	4,9	16,6	6,0	1,5	1,8	0,8	1,2	
PO ₄ -P	0,088	0,065	0,027	0,094	0,225	0,273	0,015	0,196	
b)					L Aidunnurmi				
VILJANVILJELY					Laidunnurmi				
Salaojavalunta					Salaojavalunta				
	2008 - 2010	talvi-kevät	kasvukausi	syksy	2011- 2017	talvi-kevät	kasvukausi	syksy	
Kok-N	9,2	6,7	17,1	10,2	2,6	2,5	2,9	2,4	
PO ₄ -P	0,181	0,210	0,132	0,157	0,227	0,184	0,228	0,251	
Pintakerrosvalunta					Pintakerrosvalunta				
	2008 - 2010	talvi-kevät	kasvukausi	syksy	2011- 2017	talvi-kevät	kasvukausi	syksy	
Kok-N	11,9	6,1	43,1	12,7	4,9	2,3	10,1	4,9	
PO ₄ -P	0,215	0,234	0,242	0,196	0,859	0,527	0,883	1,035	

Tutkimus jatkuu, jotta saadaan kattavampaa tietoa nurmiviljelyn ja laidunnuksen toimenpiteiden, esim. nurmen uusimisen, vaikutuksista ravinne- ja kiintoainekuormitukseen sekä typen kaasumaisista häviöistä ja ravinnetaseista.

Kirjallisuus

- [1] Turunen, M., Warsta, L., Paasonen-Kivekäs, M., Nurminen, J., Alakukku, L., Mylly, M. and Koivusalo, H. 2015. Effects of terrain slope on long-term and seasonal water balances in clayey, subsurface drained agricultural fields in high latitude conditions. *Agricultural Water Management* 150, 139–151.
- [2] Turunen, M., Warsta, L., Paasonen-Kivekäs and Koivusalo, H., 2017. Computational assessment of sediment balance and suspended sediment transport pathways in subsurface drained clayey soils. *Soil Till. Res.* 174: 58–69.
- [3] Vakkilainen, P., Alakukku, L., Mylly, M., Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Puustinen, M. ja Äijö, H. 2010. Pellon vesitalouden optimointi. Loppuraportti 2010. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 30. 114 s.
- [4] Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M. ja Äijö, H. Tuotantosuunnan muutoksen vaikutus savipelloilta tulevaan ravinne- ja kiintoainekuormaan – Gårdskullan kartanon mittaustulokset 2008–2017. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 34. 55 s.

Maanparannusaineiden vaikutus maan vedenpidätysominaisuuksiin ja kasvihuonekaasupäästöjen kosteusvasteeseen

Effects of organic soil amendments on soil water retention and greenhouse gas production in different moisture conditions

Kenneth Peltokangas¹, Jimi Havisalmi^{1,2}, Liisa Kulmala^{3,5}, Jussi Heinonsalo^{3,5}, Kristiina Karhu², Jari Liski⁵ ja Mari Pihlatie^{1,3,4}

¹Maaperä- ja ympäristötiede, Maataloustieteiden osasto, Helsingin yliopisto

²Metsäekologia, Metsätieteiden osasto, Helsingin yliopisto

³Ilmakehätieteiden keskus INAR / Metsätieteet, Helsingin yliopisto

⁴Viikki Plant Science Centre (ViPS), Helsingin yliopisto

⁵Ilmatieteen laitos, Helsinki

Johdanto

Hiili (C) alkuaineena kiertää ilmakehän, maaperän ja vesistöjen välillä. Yksi keskeisistä hiilenkiertoa säätelevistä prosesseista on eloperäisen aineksen hajoaminen maaperässä tai vesistöissä ja kaasumaisten yhdisteiden, kuten hiilidioksidin (CO₂) tai metaanin (CH₄) vapautuminen ilmakehään. Koska maaperä sisältää hiiltä enemmän kuin ilmakehä ja kasvillisuus yhteensä (Eswaran, ym. 1993, Jobbágy ja Jackson 2000), niin muutokset eloperäisen aineksen hajoamisnopeudessa voivat vaikuttaa merkittävästi myös ilmakehän CO₂-pitoisuuteen ja sitä kautta ilmaston lämpenemiseen (Batjes 1996). Toisaalta menetelmät, jotka kasvattavat maaperän hiilivarastoja, voivat hidastaa ilmaston muutosta (Lal, ym. 2015).

Peltomaita hoidetaan intensiivisesti ruuantuotannon yhteydessä, minkä takia maan hiilivarastoja kasvattavat toimenpiteet voidaan taloudellisesti sisällyttää osaksi normaaleja viljelykäytäntöjä (Paustian, ym. 2016). Peltoviljelyyn soveltuvia menetelmiä hiilen sitomiseksi ovat esimerkiksi erilaiset viljelykierron, ympärivuotisen kasvipeitteen ylläpitäminen, maaperän kevennetty muokkaus ja erilaiset kiertotalouteen pohjautuvat menetelmät kuten eloperäisten lannoitteiden tai maanparannusaineiden käyttäminen. Näistä kevennetty muokkaus on otettu käyttöön jo laajalti, mikä rajoittaa siitä saatavaa lisähyötyä (Powlson, ym. 2011). Maatalouden ja teollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen peltomaiden hiilivarastojen lisäämiseksi edistää hiilensidonnan lisäksi myös ravinteiden kierrättämistä takaisin perustuotantoon. Näiden maanparannusaineiden kaikkia vaikutuksia maaperän toimintaan ei kuitenkaan tunneta vielä täysin (Powlson, ym. 2011), minkä takia niiden pitkäaikaisvaikutuksia maan toimintaan ja erityisesti kasvihuonekaasujen tuottoon on vaikea ennustaa.

Eloperäisillä maanparannusaineilla viitataan yleensä maatalouden tai teollisuuden sivutuotteena syntyviin biomassoihin, joita lisätään peltomaahan ensisijaisesti muiden kuin lannoitusvaikutusten aikaansaamiseksi. Näitä ovat esimerkiksi pyrolyysiprosessilla tuotetut biohiilet ja puuteollisuuden sivutuotteena syntyvät kuitulietteet. Maanparannusaineita lisäämällä maahan kohdistuva eloperäisen hiilen syöte kasvaa, mikä usein lisää maan hiilivarastoja, ja parantaa maan veden- ja ravinteiden pidätyskykyä sekä maan rakennetta (Shepherd, ym. 2002).

Maan rakenne ja vedenpidätysominaisuudet vaikuttavat kasveille ja mikrobeille käyttökelpoisen veden määrän, mikä vaikuttaa edelleen maan ilmastovasteeseen eli siihen, millainen vaikutus ympäristötekijöillä kuten sadannalla tai lämpötilalla on maan biologisiin prosesseihin. Tämän tutkimuksen tavoitteena on tarkastella maanparannusaineiden vaikutuksia maan vedenpidätysominaisuuksiin sekä miten ne heijastuvat kasvihuonekaasujen, kuten CO₂, CH₄ ja N₂O tuottoon.

Koejärjestely

Tutkimus hyödynsi Paraisille Varsinais-Suomeen syksyllä 2016 perustettua Qvidjan koekenttää (90 m x 135 m). Koekenttä koostui kolmesta kerranteesta, jotka oli jaettu käsittelyiden osalta 9 m x 20 m koeruutuihin. Maanparannusaineita oli levitetty koeruuduille: 33,4 t ha⁻¹ Pajubiohiiltä, 20,6 t ha⁻¹ Kuusibiohiiltä, 24,2 t ha⁻¹ Ravinnekuitua ja 47,1 t ha⁻¹ Nollakuitua. Levityksen jälkeen koekenttä oli muokattu 10 cm syvyyteen ja myöhemmin kentällä toteutetut maanmuokkaustoimet on pyritty pitämään 10 cm:n muokkaussyvyydessä. Perustamisen jälkeen koekentällä on viljelty kevätvehnää (2017) ja kauraa (2018). Koekentän lannoituksessa on käytetty Yara Mila 3 (NPK 23-3-8) lannoitetta (80 kg N ha⁻¹).

Tutkimuksessa käytetyt maanäytteet otettiin Qvidjan koekentältä lokakuussa 2018 sadonkorjuun jälkeen ennen syysmuokkausta. Kustakin kolmen kerranteen koeruudusta otettiin neljä rakennemaanäytettä: kaksi maanparannusaineella käsitellystä pintamaasta (noin 0–6 cm) ja kaksi käsitellyn maakerroksen alapuolelta (noin 20–26 cm). Rakennemaanäytteistä määritettiin maan vedenpidätyskäyrä sekä irtotiheys.

Muhituskoee vedenpidätysominaisuuksien vaikutuksista kasvihuonekaasujen (CO₂, CH₄, N₂O) tuottoon on parhaillaan (syksy 2018) käynnissä huoneenlämpötilassa. Kokeessa käytetään maanainesta koekentän kolmelta kerranteelta kootuista kokoomanäytteistä, jotka seulottiin ja ilmakeivattiin ennen kokeen perustamista. Maanäytteet kostutettiin neljään eri kosteustasoon. Vertailukäsittelyinä käytettiin lannoitettua (80 kg N ha⁻¹) maanparannusaineilla käsittelemätöntä maata kuivattua ja tuoreena kylmässä (4°C) säilytettyä maata.

Kirjallisuus

- [1] Batjes, N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47: 151–163.
- [2] Eswaran, H., Van den Berg, E. and Reich, P. 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America Journal* 57: 192–194.
- [3] Jobbágy, E.G. and Jackson, R.B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10: 423–436.
- [4] Lal, R., Negassa, W. and Lorenz, K. 2015. Carbon sequestration in soil. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 15: 79–86.
- [5] Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P. and Smith, P. 2016. Climate-smart soils. *Nature* 532: 49–57.
- [6] Powlson, D.S., Whitmore, A.P. and Goulding, K.W.T. 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change: a critical re-examination to identify the true and the false. *European Journal of Soil Science* 62: 42–55.
- [7] Shepherd, M.A., Harrison, R. and Webb, J. 2002. Managing soil organic matter – implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management* 18: 284–292.

The effect of soil amendments on the greenhouse gas emissions and soil microbial community composition in cultivated peatlands

Maanparannusaineiden vaikutus viljeltyjen turvemaiden kasvihuonekaasupäästöihin ja mikrobipopulaatioon

Jussi Ronkainen¹, Maarit Liimatainen¹, Henri Siljanen¹, Marja Maljanen¹

¹ University of Eastern Finland, Department of Environmental and Biological Sciences, P.O.Box 1627, 70211 Kuopio

Background

Drained peatlands, especially cultivated peat fields, are significant sources of greenhouse gasses (GHG), such as carbon dioxide (CO₂) and nitrous oxide (N₂O). Because cultivated peat fields make up a significant portion of the cultivated soil area in Finland, it is important to find ways to reduce the GHG emissions from such soils. The goal in this study is to test the effect of lime (CaCO₃), gypsum (CaSO₄ * 2H₂O), wood ash and biochar amendments on the GHG production rate from soils collected from different sites, and to study the possible changes in the microbial community structure within the soil sample. Earlier studies have also shown that wood ash addition can decrease the nitrous oxide (N₂O) emissions but can increase carbon dioxide (CO₂) emissions from the peat [1]. N₂O originates processes of the nitrogen cycling within the soil, processes that are microbes perform [2]. Gypsum is used to prevent phosphorus leaching from clay soils but its effect on soil microbes and GHG production largely remains unstudied [3]. Cultivated peat fields are well drained and the peat layer is generally not waterlogged and anoxic, so any changes in N₂O production rates could be attributed to changes in either the composition or activity of soil microbial communities, and not to shift in soil conditions between aerobic and anaerobic states. According to current knowledge, changes in microbial community structure within soil are generally attributed to changes in pH and electrical conductivity following lime addition [4]. Elevated CO₂ emissions have been attributed to increased methane (CH₄) oxidation after liming [1] [5]. In addition to the GHGs, cultivated peat soils can be a source of nitric oxide (NO) that causes ozone depletion in the stratosphere, and nitrous acid (HONO) which is photolyzed into NO and hydroxyl radical. Hydroxyl radicals actually oxidize e.g. methane in the atmosphere. [6]. However, additional research data is needed about the effect of different soil amendments on the GHG production rates, and how they are affecting to the changes in either the activity or composition of the microbial community in the soil. The research outlined here has a significant novelty value especially in studying the soil microbial community, as not all of the microbes that participate in nutrient cycling, especially carbon and nitrogen cycling, within the soils are well known.

Materials and methods

The effect of soil amendments will be studied with laboratory experiments. First incubation experiments were done in the summer of 2018, where the effects of gypsum, lime and wood ash addition on N₂O, CO₂ and CH₄ production rates from five different peat soils were tested. Three of the sites were cultivated peat fields (Kannus, Jokioinen, and Uppsala) and two of the sites were forested and afforested sites in Kannus. The forested and afforested sites are close to the peat field in Kannus and were added to the study so that the effects of soil amendments could be tested on soils in different stages of their life cycle. One of the aims of this study was to find out if soil amendment addition could turn cultivated peat field into a net sink of GHG emissions.

Part of this experiment also involved the extraction of DNA from soils from each site, for determination of the soil microbial community structure. The purpose is to find out if the microbial community structure can explain any possible changes in GHG emissions following

soil amendment addition. The follow up study will involve a long incubation of packed soil cores with different amendment treatments over several months. The aim is to see how the physical and chemical properties, as well as the microbial community structure, change during a long-term incubation after amendment treatment. In addition to the GHGs, also NO and HONO fluxes will be measured from the soil samples with and without the studied amendments.

In this study, DNA and RNA samples will be extracted from the soil before and after the treatment and incubation onto study the changes in microbe community. In both studies the extracted DNA samples will be purified with column purification to reduce Polymerase Chain Reaction (PCR) inhibition by impurities such as humic acids. After purification, targeted genes (e.g. *16S rRNA*-gene, *nosZ*...) will be amplified using specific primers to produce enough good quality amplicons for sequencing (done with MiSeq equipment) and amplified with Quantitative PCR to determine gene copy numbers and the total population size within the samples.

References

- [1] Maljanen, M. L. M. Hytönen J. and Martikainen P. J.. 2014. The effect of granulated wood-ash fertilization on soil properties and greenhouse gas (GHG) emissions in boreal peatland forests. *Boreal Environment Research* 19: 295-09
- [2] Liu R., Suter H., Hayden H. L, He J. M. P. and Chen D. 2016. Nitrification Is a Primary Driver of Nitrous Oxide Production in Laboratory Microcosms from Different Land-Use Soils. *Frontiers in Microbiology* 7:1373
- [3] Favaretto N., Norton L. D., Johnston C. T., Bigham J. and Sperrin M. 2012. Nitrogen and Phosphorus Leaching as Affected by Gypsum Amendment and Exchangeable Calcium and Magnesium. *Soil Science Society of America* 76:575-585.
- [4] Bang-Andreasen T., Nielsen J. T., Voriskova J., Heise J., Rønn R., Kjølner R., Hansen H. C. B. and Jacobsen C. S. 2017. Wood Ash Induced pH Changes Strongly Affect Soil Bacterial Numbers and Community Composition. *Frontiers in Microbiology* 8:1-14.
- [5] Klemmedtsson L., Ernfors M., Björk R. G., Weslient P., Rutting T., Crill P. and Sikström U. 2016. Reduction of greenhouse gas emissions by wood ash application to *Picea abies* (L.) Karst. forest on a drained organic soil. *European Journal of Soil Science* 61:734-744.
- [6] Maljanen M., Yli-Pirilä P., Hytönen J. and Joutsensaari J. 2013. Acidic northern soils as sources of atmospheric nitrous acid (HONO). *Soil Biology & Biochemistry* 67:94-97.

How do softwood biochars affect the microbial communities and greenhouse gas emissions from agricultural soils in southern Finland?

Miten havupuupohjaiset biohiilet vaikuttavat maan pieneliöyhteisöihin ja kasvihuonekaasupäästöihin biohiilikokeissa Etelä-Suomessa?

Jure Zrim¹, Asko Simojoki¹, Petri Penttinen^{2,4}, Kristiina Karhu³, Priit Tammeorg¹

¹ Dept. of Agricultural Sciences, P.O. Box 27 FIN-00014 Univ. of Helsinki

² Dept. of Environmental Sciences, Viikinkaari 1, FIN-00014 Univ. of Helsinki

³ Dept. of Forest Sciences, P.O. Box 27 FIN-00014 Univ. of Helsinki

⁴ Zhejiang A & F University, Lin'an, China

Biochar (BC) is a carbon rich pyrolysed solid that can be used as a soil amendment material. It is a promising solution to sequester carbon, enhance soil fertility and potentially increase crop yields [1, 2]. While biochar studies have increased exponentially over the last years, only few of them were done in a long-term field experiments. BCs can have significant impacts on soil organic carbon levels and physicochemical conditions, which consequently affect soil micro- and macro-biota. Changes in microbial communities have been reported, but the underlying mechanisms are still poorly understood. It is therefore important to understand how the key biological components in soil such as microbial communities respond to the application of biochar in the long-term. In this study, we aim to uncover biochar-induced long-term changes under field conditions in Finnish soils and soil ecosystems and unveil the mechanisms behind the changes in relation to soil microbiome.

The study was conducted in Southern Finland in a fertile Stagnosol and a nutrient deficient Umbrisol, four and five years after biochar amendment, respectively. Biochars were produced from spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) and pine (*Pinus sylvestris* L.). The results in this poster present the maximum applied BC rates of 10 t ha⁻¹ and 30 t ha⁻¹ in Stagnosol and Umbrisol, respectively. The fields had different fertilizer strategies. The Stagnosol field was fertilized with three levels of mineral fertilizer NPK (30, 65 and 100%), whereas the treatments in the Umbrisol field included fertilization with meat bone meal and mineral fertilizer as well as zero fertilization.

Soil samples for microbial analyses were collected in September 2015 and stored at -80 °C. Soil DNA was extracted from 0.25 g soil with PowerSoil DNA extraction kits (MoBio, Carlsbad, CA, USA). Quality of extracted DNA was checked with electrophoresis and DNA yield was assessed by NanoDrop. The hypervariable V3-V4 region in 16S rRNA gene was amplified using primers 341F and 785R. Purified amplicons were sequenced on Illumina MiSeq platform, producing 2 x 300-bp paired-end reads (Institute of Biotechnology, Helsinki, Finland). Sequence analysis was conducted using USEARCH [3] and Mothur [4]. Phospholipid fatty acids were analyzed from the same soil samples as 16S rRNA. The greenhouse gas (GHG) fluxes from soil (CO₂, CH₄ and N₂O) were measured by a closed dynamic chamber method with a portable FTIR gas analyzer (DX4015; Gasmeter Technologies Oy, Helsinki, Finland). GHG fluxes were measured in September 2015 after the harvest. During the measurement, chamber was closed for 2 min, at which time gas samples were taken at 6 sec intervals. Between the samplings the chamber was vented. Chamber was equipped with a 40 x 40 mm axial flow fan (Multicomp, Chicago, USA) and a thermometer (product nr 340, Suomen Lämpömittari Oy, Helsinki, Finland). The data measured during the first minute was intentionally discarded due to possible errors (e.g. gas sample left from previous measurement, pressure disturbance). Chamber temperature was recorded at the beginning of measurement.

We discovered higher abundance of Acidobacteria and Elusimicrobia phyla in BC treatment of Umbrisol. No such effects were observed in Stagnosol, where BC plots were instead more abundant in Proteobacteria. Acidobacteria are sensitive to pH and prefer lower pH soils, yet the BCs used in our studies had negligible liming effect. Previous studies suggest Acidobacteria are either not affected by biochar amendment [5, 6] or decrease in abundance [7] which is in contrast to our results. Greater abundances of Elusimicrobia and Proteobacteria were also detected in BC amended soil by Liu et al. [8] and Zheng et al. [9], respectively. Site differences in bacterial abundance were also detected; Umbrisol had higher abundances of Proteobacteria and Actinobacteria, but lower abundances of Acidobacteria and Bacteroidetes.

There were no significant differences in greenhouse gas emissions (i.e. CO₂, CH₄ and N₂O levels) after the harvest between BC plots and control plots without BC. Phospholipid Fatty Acid Analysis results are currently being analyzed and will be presented in the final presentation.

References

- [1] Smith, P. 2016. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 22: 1315-1324
- [2] Li, Y., Hu, S., Chen, J., Müller, K., Li, Y., Fu, W., Lin, Z. & Wang, H. 2018. Effects of biochar application in forest ecosystems on soil properties and greenhouse gas emissions: a review. *Journal of Soils and Sediments*, 18: 546-563.
- [3] Edgar, R.C. 2013. UPARSE: highly accurate OUT sequences from microbial amplicon reads. *Nature Methods* 10: 996–998.
- [4] Schloss, P.D., Genver, D. & Westcott, S.L. 2011. Reducing the effects of PCR amplification and sequencing artifacts on 16S rRNA-based studies. *PLoS One* 6: e27310.
- [5] Grossman J.M., O'Neil, B.E., Tsai, S.M. et al. 2010. Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ distinctly from those extant in adjacent, unmodified soils of the same mineralogy. *Microbial ecology* 60: 192–205.
- [6] Taketani RG, Lima AB, da Conceicao Jesus E et al. 2013. Bacterial community composition of anthropogenic biochar and Amazonian anthrosols assessed by 16S rRNA gene 454 pyrosequencing. *Antonie van Leeuwenhoek*, 104, 233–242.
- [7] Jenkins, J. R., Viger, M., Arnold C.E., Harris, M.Z., Ventura, M. et al. 2017. Biochar alters the soil microbiome and soil function: results of next generation amplicon sequencing across Europe. *GCB Bioenergy* 9: 591–612.
- [8] Liu, X., Li, J., Yu., L., Pan, H., Liu, Y., Liu, Y., Di, H., Li, Y. & Xu, J. 2017. Simultaneous measurement of bacterial abundance and composition in response to biochar in soybean field soil using 16S rRNA gene sequencing. *Land Degradation & Development* 29: 2172-2182.
- [9] Zheng, H., Wang, X., Chen, L., Wang, Z. Y., Xia, Y., Zhang, Y. P. et al. 2017. Enhanced growth of halophyte plants in biochar-amended coastal soil: Roles of nutrient availability and rhizosphere microbial modulation. *Plant, Cell & Environment*, 1–16.

Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa (VesiHave)

Helena Äijö¹, Merja Mylly², Harri Koivusalo³, Maija Paasonen-Kivekäs⁴, Markus Sikkilä¹, Heidi Salo³, Jyrki Nurminen⁵, Olle Häggblom¹

¹ Salaojayhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

² Luonnonvarakeskus, Tietotie 4, 31600 Jokioinen.

³ Aalto-yliopisto Insinööritieteiden korkeakoulu, Rakennetun ympäristön laitos, Tietotie 1 E Espoo, P.O. Box 15200 FI-00076 Aalto.

⁴ Sven Hallinin tutkimussäätiö sr, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

⁵ Salaojituksen tutkimusyhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

Suomen sisävesien ja merialueiden tilan parantaminen edellyttää erityisesti maataloudesta tulevan vesistökuormituksen vähentämistä. Samanaikaisesti ympäristökuormituksen vähentämisen kanssa maatalouden tulisi lisätä tuottavuuttaan, jotta viljely olisi taloudellisesti kannattavaa.

Pellon vesitalouden hallinta on keskeinen tekijä sekä pellon tuottavuuden parantamisessa että vesistökuormituksen vähentämisessä. Maankuivatukseen on oltava kunnossa ennen kuin muista pellon perusparannustoimenpiteistä ja viljelytoimista saadaan tarvittava hyöty. Kuivatusjärjestelmien säätömahdollisuus auttaa kestävään maataloustuotantoon siirtymistä erityisesti, jos sään ääri-ilmiöt yleistyvät, sadanta lisääntyy ja lumiset jaksot lyhentyvät Suomessa ennusteiden mukaisesti. Paikallis- ja peruskuivatusjärjestelmät kattavat Suomessa lähes koko peltopinta-alan, joten niiden toiminnan parantamisella voidaan saavuttaa merkittäviä ja laaja-alaisia vesiensuojeluhuotyjä.

Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa (VesiHave) -hankkeen päätavoitteena on selvittää paikallis- ja peruskuivatusjärjestelmien tehokkuuden ja säädön vaikutuksia vesistökuormitukseen ja satotasoon. Tavoitteena on tuottaa tietoa, miten salaojituksen ja valtaoajan kohdistuvilla toimenpiteillä voidaan säätää pellon vesitaloutta siten, että maksimoidaan sato, turvataan kestävä maan rakenne sekä minimoidaan vesistökuormitus. Maankuivatukseen lisäksi tutkitaan kokeellisesti syväjuuristen kasvien ja jankkuroinnin vaikutusta maan rakenteeseen, satotasoon ja vesistökuormitukseen. Hankkeessa selvitetään myös maan kuivatustilan ja kasvihuonekaasupäästöjen välisiä yhteyksiä.

Hankkeessa hyödynnetään jo olemassa olevien koekenttien mittausjärjestelyjä ja -aineistoja sekä Aalto-yliopistossa kehitettyä matemaattista mallia. Hanke toteutetaan kolmena osahankkeena:

1. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen täydennysojituksella, syväjuurisilla kasveilla ja jankkuroinnilla. Kohdealueena on Nummelan salaojakoe kenttä Jokioisissa [1][2][3][4].
2. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen säätösalojituksella ja valtaoajan padotuksella. Kohdealueena on Sievin salaojakoe kenttä Keski-Pohjanmaalla [3][4].
3. Matemaattisen mallin (FLUSH, [5]) kehittäminen ja soveltaminen peltoalueiden vesitalouden suunnittelun apuvälineeksi. Kohteena on erityisesti säätösalojituksen ja valtaoajan padotuksen hydrologisten vaikutusten arviointi, sovellusalueena Sievin koekenttä.

Hankkeesta saadaan uutta tietoa erityisesti täydennysojituksen ja siihen yhdistettyjen muiden perusparannustoimenpiteiden sekä säätösalojituksen ja valtaoajan padotuksen toteutuksesta, hyödyistä ja kustannuksista. Tulokset hyödyntävät maatalouden ympäristönsuojelun sekä

tuotannollisten investointitukien ohjausta. Hanke tuottaa ohjeita ja mallintamistyökaluja salaojituksen ja säätösalaajituksen suunnittelua, toteutusta ja vaikutusten arviointia varten. Hankkeen tulokset ovat laaja-alaisesti sovellettavissa eri peltoalueiden kuivatusjärjestelmien parantamiseen käytännössä ja eri ojitusratkaisujen vaikutusten arviointiin maatalouden vesiensuojelussa.

Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa (VesiHave) -hanke kuuluu ympäristöministeriön vesien- ja merenhoidon sekä ravinteiden kierrätysohjelman (Raki2) kärkihankkeisiin. Hanke toteutetaan yhteistutkimushankkeena vuosina 2018–2020. Hanketta koordinoi Salaojituksen tutkimusyhdistys ry ja sen muut osapuolet ovat: Salaojayhdistys ry, Luonnonvarakeskus, Aalto-yliopisto ja Sven Hallinin tutkimusäätiö sr. Hankkeen rahoittavat ympäristöministeriö, Salaojituksen Tukisäätiö sr, Maa- ja vesitekniikan tuki ry ja osallistuvat laitokset.

Kirjallisuus

- [1] Vakkilainen, P., Alakukku, L., Mylly, M., Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Puustinen, M., Äijö, H. 2010. Pellon vesitalouden optimointi. Loppuraportti 2010. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 30. 114 s.
- [2] Äijö, H., Mylly, M., Nurminen, J., Turunen, M., Warsta, L., Paasonen-Kivekäs, M., Korpelainen, E., Salo, H., Sikkilä, M., Alakukku, L., Koivusalo, H., Puustinen, M. 2014. Salaojitustekniikat ja pellon vesitalouden optimointi. Loppuraportti 2014. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 31. 126 s.
- [3] Äijö, H., Mylly, M., Sikkilä, M., Salo, H., Nurminen, J., Häggblom, O., Turunen, M., Paasonen-Kivekäs, M., Warsta, L., Koivusalo, H., Alakukku, L., Puustinen, M. 2017. Toimivat salaojitusmenetelmät kasvintuotannossa (TOSKA). Loppuraportti 2017. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 32. 109 s.
- [4] Äijö, H., Nurminen, J., Mylly, M., Sikkilä, M., Paasonen-Kivekäs, M., Turunen, M., Koivusalo, H., Alakukku, L., Puustinen, M. 2018. Toimivat salaojitusmenetelmät kasvintuotannossa (TOSKA), Jatkohanke. Raportti 2018. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 33. 38 s.
- [5] Warsta, L., Karvonen, T., Koivusalo, H., Paasonen-Kivekäs, M., Taskinen, A. 2013. Simulation of water balance in a clayey, subsurface drained agricultural field with three-dimensional FLUSH-model. *Journal of Hydrology*, 476, 395-409.

Nano-sinkin, nano-erbiumin ja nano-dysprosiumin vaikutus kantasienten haitallisten aromaattisten yhdisteiden biohajotukseen

Impacts of nano-Zn, nano-Er and nano-Dy to the ability of basidiomycetous fungi to degrade harmful xenobiotic aromatic compounds

Mika Kähkönen¹, Anu Kinnunen¹ ja Kristiina Hilden¹

¹ Mikrobiologian osasto, Biokeskus 1 (Viikinkaari 9), 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Nanotiede ja teknologia on tuottanut runsaasti uusia materiaaleja ja tuotteita. Niillä on monia uusia ominaisuuksia verrattuna tavallisen mikrokokoluokan materiaaleihin. Kun partikkelikoko pienenee, niin pinta-alan suhde tilavuuteen kasvaa. Nano-sinkkiä on hyödynnetty elektroniikassa ja aurinkopaneeleissa. Harvinaisiin maametalleihin kuuluvien dysprosiumin (Dy) ja erbiumin (Er) nanokoon partikkeleita on käytetty muun muassa tiedon tallennusteknologioissa ja puolijohteissa. Kariketta, puuta ja maata kolonisoivat kantasienet tuottavat hapettavia solunulkoisia epäspesifisiä ligninolyttisiä entsyymejä. Niitä tarvitaan erityisesti puuaineksen vaikeasti hajoavan ligniinin ja haitallisten aromaattisten yhdisteiden hajottamiseen [1]. Vain vähän tiedetään nano-Zn, nano-Er ja nano-Dy vaikutuksista maaperän mikrobiologiseen toimintaan, karikkeella kasvavien kantasienten solun ulkoisten hapettavien entsyymien tuottoon ja kykyyn hajottaa haitallisia yhdisteitä. Tavoitteena on tutkia Zn, Er ja Dy nanokoon ja perinteisten muotojen vaikutuksia lignolyttisten entsyymien tuottoon ja kykyyn hajottaa aromaattisia rakenteita omaavaa violettiä atsoetekstiiliväriä. Vaikeasti hajotettavan violetin tekstiilivärin vaalentumista on hyödynnetty tutkittavien sienten toiminnallisuuden indikaattorina.

Materiaalit ja menetelmät

Tutkimukseen valittiin kuusi sientä. Ne olivat basidiomykkeetteihin kuuluvat *Agrocybe praecox* (FBCC 477), *Cerrena unicolor* (FBCC 387), *Phlebia radiata* (FBCC 43), *Pleurotus ostreatus* (FBCC 517), *Stropharia rugosoannulata* (FBCC 474) ja *Trametes pubescens* (FBCC 735). Sieniä kasvatettiin minimaali ravinneliuoksessa mikrotiitterilevyillä. Niihin oli lisätty nano- Er_2O_3 , Er_2O_3 , nano- Dy_2O_3 , ja Dy_2O_3 (5-1000 mg/ l). Kaikki kasvatukset tehtiin kolmena rinnakkaisena (22 °C). Violetin värin (Remazol Brilliant Violet 5R, $\text{C}_{20}\text{H}_{16}\text{N}_3\text{Na}_3\text{O}_{15}\text{S}_4$, 250 mg/ l) hajoamista mitattiin spektrofotometrisesti kuoppalevyllä Infinite-kuoppalevylukijalla (Infinite 200, Tecan, Switzerland). Pyyhkäisyelektronimikroskooppikuvilla nähtiin testattujen metallien vaikutuksista sienten rihmastoon ja analysoitiin nanometallien kokojakaamaa.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Sienten aikaansaama malliyhdisteen violetin värin hajoamisen EC_{50} -arvot vaihtelivat kuudella tutkitulla sienellä välillä 38-653 mg nano-Er/ l ja 204-790 mg Er/ l (Taulukko 1). Näin ollen sienten kestävyys nano-Er vaihteli 20-kertaisesti ja Er 4-kertaisesti. Sienten välillä oli nano-Er osalta huomattavan suuri vaihtelu ja Er osalta vain vähäinen. Nano-Er:lle kaikkein tolerantein oli *P. radiata*. Nano-Er:n vaikutus malliyhdisteen biohajoamiseen oli merkittävästi toksisempi kuin Er:n *A. praecox*, *T. pubescens* ja *S. rugosoannulata* -lajeilla osoittaen nanomuodon olevan sienen toiminnalle ja ympäristölle haitallisempi kuin vastaava perinteinen muoto.

Malliyhdisteen hajoamisen EC_{50} -arvot vaihtelivat välillä 35-365 mg nano-Dy/ l ja 10-564 mg Dy/ l (Taulukko 1). Näin ollen sienten kestävyys nano-Dy vaihteli 10-kertaisesti ja Dy 50-kertaisesti. Nano-Dy:lle ($\text{EC}_{50} = 35$ mg/ l) ja Dy:lle ($\text{EC}_{50} = 10$ mg/ l) kaikista herkin sienilaji oli *P. ostreatus*. Nano-Dy:lle kaikista tolerantimmat olivat *P. radiata*, *S. rugosoannulata* ja *T. pubescens* ($\text{EC}_{50} = 335-364$ mg/ l). Dy:lle kaikista tolerantein oli *T. pubescens* ($\text{EC}_{50} = 564$ mg/ l).

l). Verrattaessa saman sienen EC₅₀-arvoa nano-Dy ja Dy välillä tuloksemme osoittivat, että tietyllä sienellä ei ollut merkittäviä herkkyyseroja nano-Dy ja Dy-muotojen välillä, vaikka sienten välillä oli 10-50-kertaisia herkkyyseroja tietyllä Dy-muodolla. välillä.

Violetin värin hajoamisen EC₅₀-arvot vaihtelivat kuudella tutkitulla sienellä välillä 9-334 mg nano-Zn/l ja 8-637 mg Zn/l (Taulukko 1). Näin ollen sienten kestävyys nano-Zn:n altistukseen vaihteli 10-kertaisesti ja Zn 80-kertaisesti. *T. pubescens* oli kaikkein herkin nano-sinkille (EC₅₀ = 9 mg/l) ja sinkille (EC₅₀ = 35 mg/l). *C. unicolor* oli kaikkein tolerantein nano-sinkille (EC₅₀ = 314 mg/l) ja sinkille (EC₅₀ = 637 mg/l). Verrattaessa saman sienen EC₅₀-arvoa nano-Zn ja Zn välillä tuloksemme osoittivat, että *S. rugosoannulata* ja *A. praecox* sienellä oli merkittäviä herkkyyseroja nano-Zn ja Zn muotojen välillä.

Verrattaessa tietyn sienen herkkyyttä nano ja perinteisten muotojen välillä, tuloksemme osoittivat, että *S. rugosoannulata* ja *A. praecox* olivat merkittävästi herkempiä nano-Zn:lle ja nano-Er:lle verrattuna perinteisiin Zn- ja Er-muotoihin. Vaikka sienten välillä oli suuria herkkyyseroja tietylle metallimuodolle, tästä huolimatta useassa tapauksessa nano ja traditionaalisen muotojen välillä ei ollut herkkyyseroja sienten biohajotuskyvyille. Vaikeasti hajotettavan violetin aromaattisen tekstiilivärin vaalentuminen soveltuu sienten toiminnallisuuden ja varhaisen haitan indikaattoriksi pilaantuneessa maaperässä.

Taulukko 1. EC₅₀-arvot tutkittujen metallien vaikutuksesta kantasienten biohajotuskykyyn. Malliyhdisteenä aromaattinen tekstiiliväri Remazol Brilliant Violet.

	<i>P. radiata</i>	<i>C. unicolor</i>	<i>S. rugosoannulata</i>	<i>A. praecox</i>	<i>P. ostreatus</i>	<i>T. pubescens</i>
	EC ₅₀ ± std.error (mg/l)					
nano-Dy ₂ O ₃	356 ± 74	236 ± 24	335 ± 70	51 ± 25	35 ± 15	364 ± 64
Dy ₂ O ₃	269 ± 34	333 ± 319	370 ± 88	130 ± 109	10 ± 3,8	564 ± 189
nano-Er ₂ O ₃	653 ± 418	435 ± 55	145 ± 55	38 ± 13	250 ± 93	159 ± 51
Er ₂ O ₃	790 ± 109	461 ± 57	340 ± 114	204 ± 68	416 ± 136	387 ± 79
nano-ZnO	164 ± 300	333 ± 319	47 ± 4	31 ± 24	157 ± 43	9,3 ± 51,8
ZnO	112 ± 50	637 ± 416	293 ± 96	107 ± 43	206 ± 36	7,6 ± 117,4

Kirjallisuus

[1] Lankinen, P., Kähkönen, M. A., Rajasärkkä, J., Virta, M., Hatakka, A. 2011. The effect of nickel contamination on the growth of litter-decomposing fungi, extracellular enzyme activities and toxicity in soil. *Boreal Environment Research* 16: 229-239.

The study was financially supported by Maj and Tor Nessling Foundation.

Strontiumin biogeokemiallinen kierto Olkiluodon saarella – meri- ja rapautumisvaikutuksen arviointi

Biogeochemical cycling of strontium at Olkiluoto – estimation of the effect of sea and mineral weathering

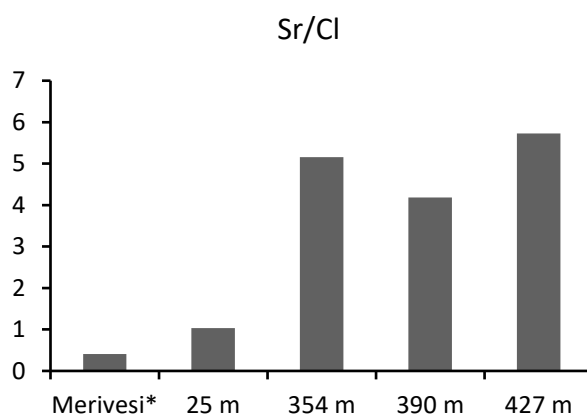
Antti-Jussi Lindroos¹ ja Lasse Aro²

Luonnonvarakeskus (Luke), ¹Helsinki, ²Turku

Olkiluodon saarella on tutkittu laajasti metsäekosysteemien ainekiertoihin vaikuttavia ilmiöitä, ja erityisesti on selvitetty Olkiluodon saarelle ominaisia prosesseja, kuten maan kohoamiseen, meren läheisyyteen ja nuoriin maihin liittyviä prosesseja. Tietoa aineiden biogeokemiallisista kierroista hyödynnetään käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen turvallisuusarvioinnissa. Strontiumin (Sr) biogeokemiallinen kierto on yksi keskeinen tutkimusaihe. Sr:a esiintyy globaalissa ainekierrossa stabiileina ja radioaktiivisina isotooppeina, ja luontaisesti esiintyvän Sr:n lähteitä ovat mm. merivesi ja mineraalien rapautuminen. Sr:n radioaktiivisia isotooppeja on käytetyssä ydinpolttoaineessa. Tämän työn tarkoituksena oli tutkia luontaisesti esiintyviä Sr-pitoisuuksia metsämaan vajovedessä, ja arvioida pitoisuuksien kannalta tärkeää merivaikutusta ja maaperän mineraaliaineksen rapautumisvaikutusta.

Metsämaan vajovettä kerättiin orgaanisen kerroksen alapuolelta eri etäisyyksiltä meren rannasta vuosina 2013 - 2015. Koealat sijaitsivat 25 (tervalepikko), 354 (kuusikko), 390 (männikkö) ja 427 (nuori koivikko) metrin etäisyyksillä meren rannasta. Vajoveden keräysmenetelmät ja tutkittavien aineiden analyysimenetelmät on esitetty Olkiluodon metsien tilan seurantaraportissa [1]. Määritettyjen aineiden suhdelukuja käytettiin arvioitaessa, mikä on meriveden sisältämän ja mineraalien rapautumisessa vapautuvan Sr:n merkitys vajoveden pitoisuuksissa. Tätä varten merivedelle ja vajovedelle laskettiin Sr/Cl -suhteet.

Vajoveden Sr-pitoisuudet olivat korkeimpia lähinnä meren rantaa sijainneella alalla merivaikutuksen ja merestä kohonneisiin nuoriin maihin liittyvän suuren rapautumisnopeuden vuoksi, ja pitoisuudet alenivat etäisyyden kasvaessa meren rannasta [2]. Merivaikutus suhteessa rapautumisvaikutukseen oli suurimmillaan lähimpänä meren rantaa, mikä näkyy Sr/Cl-suhteen mataluutena ja samankaltaisuutena meriveteen verrattuna (Kuva 1). Rapautumisvaikutuksen suhteellinen merkitys merivaikutukseen nähden kasvoi sisämaahan päin, mikä näkyy Sr/Cl-suhteen nousuna (Kuva 1).



Kuva 1. Meriveden ja vajoveden (syvyys 5 cm) Sr($\mu\text{g/l}$)/Cl(mg/l) –suhde eri etäisyyksillä meren rannasta Olkiluodon saarella. *[3].

Kirjallisuus

- [1] Aro, L., Lindroos, A.-J., Rautio, P., Ryyänen, A., Korpela, L., Mäkinen, V., Viherä-Aarnio, A. & Salemaa, M. 2018. Results of Forest Monitoring on Olkiluoto Island in 2015. Posiva Working Report 2016-55, 198 p.
- [2] Lindroos, A.-J. & Aro, L. 2017. Laskeuman ja maaveden strontiumin pitoisuuksiin vaikuttavat luontaiset tekijät Olkiluodon saarella vuosina 2013 – 2015. Pro Terra 71: 82-83.
- [3] Kirkkala, T., Mikkilä, E. & Koivunen, S. 2017. Studies on the aquatic environment at Olkiluoto and reference area: 3. Olkiluoto coastal area in 2011-12. Posiva Working Report 2016-64, 186 p.

Vertailumittaus maanparannusaineiden laadun arvioinnista

Interlaboratory comparison test on soil improver quality

Liisa Maunuksela¹, Aija Pelkonen¹, Katarina Björklöf², Mirja Kartio¹ and Mirja Leivuori²

¹ Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki

² Proftest SYKE, Suomen ympäristökeskus, Ultramariinikuja 4, 00430 Helsinki

Evira toteutti yhdessä Proftest SYKEN kanssa maanparannusaineen kypsyyssastetta, fytotoksisuutta sekä kemiallista koostumusta koskevan vertailumittauksen toukokuussa 2018. Vertailumittaukseen osallistui yhteensä 11 laboratoriota, joista kahdeksan oli Suomesta. Laboratoriot analysoivat viherjätekomposti- ja lietekompostinäytteistä yhteensä 14 testisuureta, joita käytetään maanparannusaineiden koostumuksen, fytotoksisuuden, stabiilisuuden sekä kypsyyden arvioinnissa. Testisuureen vertailuarvona käytettiin osallistujien tulosten keskiarvoa. Laboratorioiden menestymistä arvioitiin z-arvon perusteella. Kaikkiaan 96 % tuloksista oli hyväksyttäviä, kun pH-määrityksessä sallittiin 1 pH-yksikön ja muissa määrityksissä 25–80 %:n poikkeama vertailuarvosta. Osallistajat hallitsivat kyseiset määritykset pääasiassa hyvin. Tuloksista havaittiin kuitenkin, että on tarvetta ohjeistaa tarkemmin joitakin tuloksiin vaikuttavia menettelyitä kuten tulosten ilmoittamistapaa sekä laskukaavojen käyttöä. Käytäntöjen harmonisointia tulisi jatkaa koulutusta tarjoamalla ja päivittämällä nykyisiä ohjeita sellaisilla yksityiskohdilla, jotka voivat vaikuttaa tuloksiin.

Nanofibrilloitu selluloosa resurssiviisaassa kaivosvesien käsittelyssä

Nanofibrillated cellulose in resource-efficient mining water treatment

Salla Venäläinen ja Helinä Hartikainen

Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Maataloustieteiden osasto, Maaperä- ja ympäristötieteen yksikkö, e-mail: salla.venalainen@helsinki.fi

Abstrakti

Biokasaliuotukseen perustuvassa metallien tuotannossa muodostuu vuosittain valtavia määriä prosessivesiä, jotka voivat olla erittäin happamia ja sisältää runsaasti ympäristölle haitallisia liuennetta metalleja ja sulfaattia. Happamuuden vähentämiseksi kaivosvedet käsitellään uusiutumattomista luonnonvaroista tuotetuilla kemikaaleilla, joiden aiheuttama pH:n nousu saa raskasmetallit ja alumiinin saostumaan liuosfaasista. Muodostuva sakka läjitetään jätteenä, jolloin arvokkaita metalleja poistuu lopullisesti kierrosta. Toisin kuin useimmat raskasmetallit, natrium ei saostu edes pH:ta nostamalla vaan jää liuosfaasiin. Myös suuri osa sulfaatista jää liukoiseen muotoon ja päätyy yhdessä natriumin kanssa kaivosten ylijäämävesiä vastaanottaviin vesistöihin. Tällainen jätevesi on järvivettä tiheämpää, minkä vuoksi se voi kerrostua vastaanottavan vesistön pohjalle ja estää järven normaalit vuosittaiset täyskierrot. Kiertojen puuttuminen romuttaa koko järviekosysteemin normaalin toiminnan. Suolaantumista pidetäänkin metallipäästöjen ohella yhtenä vaikeimmin ratkaistavista kaivostoiminnan aiheuttamista ympäristöongelmista.

Kaivostoiminnan kannattavuuden ja resurssitehokkuuden parantamiseksi sekä toiminnasta aiheutuvien ympäristöriskien vähentämiseksi prosessivesien käsittelyä tulisi kehittää kohti kiertotalousmallin mukaisia käsittelytapoja. Tutkimushankkeessamme selvitämme, soveltuuko puunjalostusteollisuuden tuottama nanofibrilloitu selluloosa (NFC) kaivosvesien haitta-aineiden sitomiseen. NFC on bioteknologian keinoin selluloosasta tuotettu biopolymeeri, joka muodostaa vedessä paksun geelin. Uusiutuvista luonnonvaroista tuotettu NFC voi funktionaalisten ryhmiensä avulla pidättää erityyppisiä aineita muotoon, josta ne ideaalitapauksessa voidaan vapauttaa ja kierrättää takaisin teollisiin tarpeisiin.

Hankkeessamme malliaineina toimivat Terrafame Oy:n monimetallikaivoksen prosessivedet. Tutkittavia liuoksia ovat (a) erittäin happamat (pH n. 3) ja runsaasti liukoisia metalleja sisältävät prosessivedet ja (b) niiden loppuneutraloinnin ylitteenä muodostuvat natriumsulfaattipitoiset prosessivedet (pH n. 6.5). Hankkeessamme tutkimme, pystyykö NFC-geeli pidättämään autenttisten kaivosvesien sisältämiä metalli- ja sulfaatti-ioneja. Tutkittavan NFC-materiaalin valmistaja on UPM-Kymmene Oyj.

Laboratoriossa tehdyt systemaattiset kokeet osoittivat, että NFC pidatti kaivosvesistä tehokkaasti, nopeasti ja samanaikaisesti sekä metallikationeja että sulfaatti-ioneja (Venäläinen & Hartikainen, 2017a, 2017b, 2018). Pidättyminen tehostui, kun geelin kuiva-ainepitoisuus pieneni. Tämä vähentää geeliin tarvittavan raaka-aineen määrää. Paras lopputulos saatiin käsittelemällä vesiä useammassa erässä. Tulosten perusteella NFC sopisi erityisen hyvin laimentamattomien prosessivesien esikäsitteilyyn. Se voisi vähentää kaivosvesien loppuneutraloinnin tarvetta ja siten myös loppuneutraloinnissa muodostuvien metallipitoisten kipsisakkojen määrää.

Kirjallisuus

[1] Venäläinen, S.H. & Hartikainen, H. 2017a. Retention of metal and sulphate ions from acidic mining water by anionic nanofibrillated cellulose. *Science of the Total Environment* 599-600: 1608–1613.

- [2] Venäläinen, S.H. & Hartikainen, H. 2017b. Anionic nanofibrillated cellulose - a sustainable agent to recover highly soluble salts from industrial effluents. *Environmental Technology & Innovation* 8: 282–290.
- [3] Venäläinen, S.H. & Hartikainen, H. 2018. Resource-efficient purification of acidic multimetal process water by means of anionic nanofibrillated cellulose. *Journal of Cleaner Production* 185: 516-522.

ISBN 978-951-51-4825-4 (nid.)
ISBN 978-951-51-4826-1 (PDF)
ISSN 1457-263X

Helsinki 2019