

Maan mikrobiologisten ominaisuuksien spatiaalinen vaihtelu luomumoreenipellolla

Arja Nykänen¹⁾, Lauri Jauhiainen²⁾ ja Ansa Palojarvi²⁾

¹⁾ *MTT, 51900 Juva, arja.nykanen@mtt.fi*

²⁾ *MTT, 31600 Jokioinen, lauri.jauhiainen@mtt.fi ansa.palojarvi@mtt.fi*

Tiivistelmä

Maaperän kemialliset, fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet vaikuttavat pellolla tuotetun sadon määrään ja laatuun. Luomuviljelyssä ei käytetä kemiallisia väkilannoitteita, jolloin kasvit ovat enemmän maan omien resurssien varassa. Maan mikrobiologiset ominaisuudet ovat avainasemassa maan sisältämien ravinteiden kierrossa ja siis vaikuttavat siihen, kuinka paljon ja milloin maassa on kasveille käyttökelpoisia ravinteita.

Vuonna 2003 käynnistyneessä tutkimuksessa haluttiin selvittää, kuinka paljon maan kemialliset, fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet voivat vaihdella yhden peltolohkon sisällä ja kuinka nopeita muutokset voivat olla. Tässä esityksessä keskitytään mikrobiologisten ominaisuuksien vaihtelun tarkasteluun.

Koe toteutettiin Juvalla sijaitsevalla kahden hehtaarin luomuviljelyssä olevalla peltolohkolla. Lohkolle oli sijoitettu 105 kpl 15m² ruutua, joista otettiin maanäytteet muokkauskerroksesta syksyllä 2003. Maanäytteistä määritettiin typen nettomineralisaatio, mikrobiston yleinen aktiivisuus maahengityksen avulla sekä mikrobiston määrä sen sisältämän kokonaistypen ja –hiilen määrän avulla.

Alustavien tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että eri maamikrobiologisilla muuttujilla eri tekijät selittävät niiden spatiaalista riippuvuutta ja vaihtelua. Maahengityksen ja maaperän mikrobiston kokonaismäärän spatiaalinen riippuvuus ylsi lähes yhtä pitkälle, eli noin 50 metriin, ja pinnanmukainen vaihtelu koepellolla noudatteli samankaltaista kuviota. Typen nettomineralisaation spatiaalinen riippuvuus sen sijaan ylsi vain 38 metriin ja pinnanmukainen vaihtelu ei näytä olevan yhteydessä mikrobibiomassan tai maahengityksen tuloksien kanssa eikä noudata yhtä selkeästi koepellon topografiaa.

Tuloksia voidaan hyödyntää luonnonmukaisen viljelyn maamikrobiologisten ominaisuuksien näytteenotossa ja tilatason seurannan ohjeistuksessa. Tulokset antavat lisätietoa luomuviljelyn toteuttamiseen ja kehittämiseen ja ovat sovellettavissa myös tavanomaisessa viljelyssä. Maanäytteiden oton suunnitteluun ja toteuttamiseen spatiaaliansalyysi antaa apua sopivien näytteenottiheyksien määrittämiseen.

Avainsanat: maamikrobiologia, spatiaalinen vaihtelu, typen nettomineralisaatio, maahengitys, mikrobibiomassa

Johdanto

Maaperän kemialliset, fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet vaikuttavat pellolla tuotetun sadon määrään ja laatuun. Luomuviljelyssä ei käytetä kemiallisia väkilannoitteita, jolloin kasvit ovat enemmän maan omien resurssien varassa. Maan mikrobiologiset ominaisuudet ovat avainasemassa maan sisältämien ravinteiden kierrossa ja siis vaikuttavat siihen, kuinka paljon ja milloin maassa on kasveille käyttökelpoisia ravinteita.

Vuonna 2003 käynnistyneessä tutkimuksessa haluttiin selvittää, kuinka paljon maan kemialliset, fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet voivat vaihdella yhden peltolohkon sisällä ja kuinka nopeita muutokset voivat olla. Tässä esityksessä keskitytään mikrobiologisten ominaisuuksien vaihtelun tarkasteluun. Vaihtelua on tutkittu ns. spatiaalitekniikalla, joka selvittää ominaisuuksien pinnanmyötäisen vaihtelun.

Tutkimus kuuluu MMM:n rahoittaman Luomututkimusohjelman projektiin 'Puna-apila tehokkaasti luomumaidoksi'.

Aineisto ja menetelmät

Koepelto

Tutkimus suoritettiin MTT Ekologisen tuotannon tutkimuskeskuksen pellolla Juvalla vuonna 2003. Pelto on kahden hehtaarin suuruinen luomuviljelyssä oleva moreenipelto. Topografialtaan pelto on rinteessä siten, että y-akselin suuntaisesti (ks. kuva 1) alaosa on 4 metriä alempana kuin yläosa. Viljavuustutkimuksen mukaan pellon maalaji oli määritetty moreenimaaksi. Vuonna 2003 pellolla kasvoi ohra (lajike Saana, kylvömäärä 180 kg ha⁻¹), joka oli suojaviljana perustetulle puna-apila-timoteiruokonatanurmelle (lajikkeet Bjursele, Iki ja Retu, kylvöseos 3-19-6 kg ha⁻¹). Perustamisvaiheessa pellolle levitettiin ennen kylvöä ilmastettua nautan lietelantaa 20 000 kg ha⁻¹ (1000 kg kuiva-aineena sisältäen N_{liuk} 25, N_{kok} 49, P_{kok} 9,5, K_{kok} 35 g kg⁻¹ ka).

Pellolle oli sijoiteltuna 105 pienempää ruutua, joiden koko oli 1,5 x 10 metriä. Koeruudut sijoitettiin mahdollisimman tasaisesti ympäri peltoa, jotta tutkittavasta ominaisuuden vaihtelusta pellon sisällä saadaan mahdollisimman tarkka kuva. Spatiaalisen riippuvuuden tutkimisen kannalta olennaista on, että pellolta löytyy riittävästi 2-10 metrin etäisyydellä toisistaan olevia koeruutuja. Jotta kumpikin ehdoista täyttyi, pelto jaettiin ensin 30 x 30 m kokoisiin isoihin ruutuihin. Ison ruudun sisälle sijoitettiin 3-5 pikkuruutua, joista varsinaiset määritykset tehtiin. Etukäteen suunniteltiin erilaisia 3-5 pikkuruudun ryhmiä siten, että niiden avulla pystytään määrittämään spatiaalinen riippuvuus mahdollisimman tehokkaasti.

Maamikrobiologiset analyysit

Ruutujen muokkauskerroksesta (0-25cm) otettiin maanäytteet syksyllä 2003. Mikrobiologiset analyysit kuvastavat maassa olevan mikrobiston kokonaismäärää ja aktiivisuutta. Maanäytteiden mikrobiologinen kokonaisaktiivisuus voidaan määrittää mittaamalla maahengitystä. Maahengitys kuvastaa hiilen mineralisaatiota maassa, joka siis on mikrobiston aktiivisuuden seurausta; mitä suurempi hiilidioksidin tuotto, sitä aktiivisempi mikrobisto on maassa. Näytteistä mitattiin yleinen mikrobiaktiivisuus maahengityksen eli CO₂-tuoton avulla (Vanhala & Ahtiainen 1994; mukaellen). Typen nettomineralisaatio (NNM; net nitrogen mineralisation) ilmaisee mikrobiston kyvyn mineralisoida eli vapauttaa typpeä maan eloperäisistä typpivarjoista epäorgaaniseen kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Typen nettomineralisaatio määritettiin aerobisen inkubaation avulla (ks. Palojärvi ym. 2002). Mikrobibiomassa on tärkeä osa maan aktiivisesta orgaanisesta aineksesta ja sitä pidetään maahengityksen ohella yhtenä maaperän laadun perusindikaattoreista. Maamikrobiston kokonaismäärä määritettiin analysoimalla mikrobibiomassan sisältämä hiili (C_{mic}) ja typpi (N_{mic}) ns. kaasutus-suorauutto –menetelmällä (ks. Palojärvi et al. 2002).

Mikrobiologisia määrittämiä varten maanäytteet joko säilytettiin kylmähuoneessa (+2 °C) ja analysoitiin muutaman viikon kuluttua näytteenotosta (maahengitys), tai näytteet pakastettiin (-18 °C) ja muutama päivä ennen analyysia sulatettiin kylmähuoneessa (typen nettomineralisaatio, mikrobibiomassa). Maanäytteet seulottiin määrittämiä varten. Mikrobibiomassan ja typen nettomineralisaation mittauksissa säädettiin maan kosteus. Sitä varten määritettiin seulotun maan vedenpidätyskyky (water holding capacity; WHC). Määritys tehtiin lasivillalla tiivistettyjen suppiloiden avulla. Suppiloihin punnitun maanäytteen päälle lisättiin vettä, ja puolen tunnin kuluttua veden annettiin valua vapaasti

pois. Maan vedenpidätyskyky laskettiin maahan pidättyneestä vesimäärästä. Tulosten laskemista varten määritettiin maanäytteiden kuiva-ainepitoisuus (yön yli 105 °C). Menetelmät ks. Palojärvi ym. 2002.

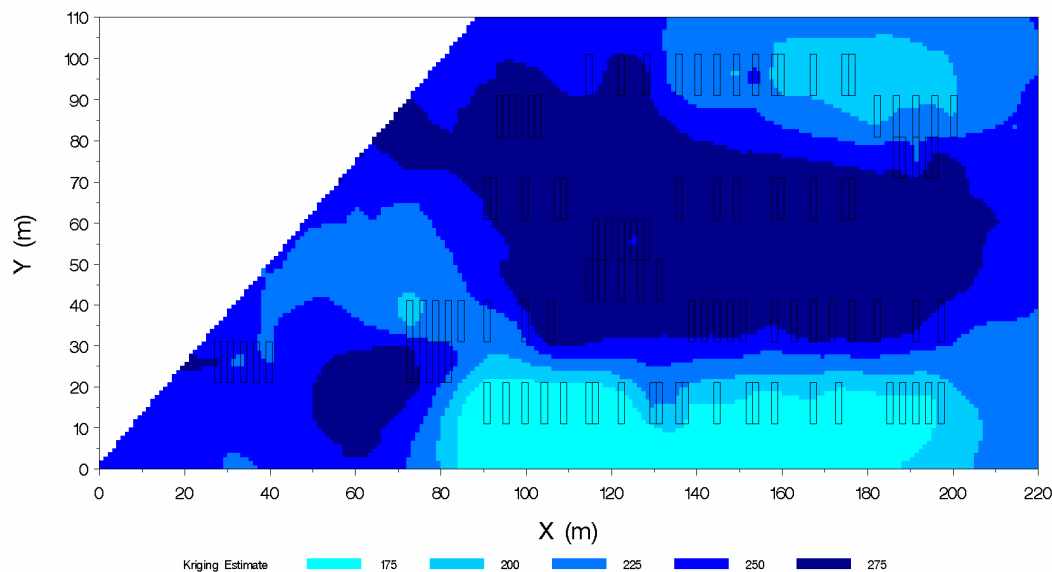
Tilastollinen käsittely

Mikrobiologisten ominaisuuksien vaihtelu pellolla tutkittiin käyttäen mallipohjaista spatiaalista interpolointia (kriging). Ennen interpolointia spatiaalinen riippuvuus mallitettiin variogrammin avulla. Variogrammi mittaa havaintoparien korrelaatiota havaintojen välisen etäisyyden funktiona. Spatiaalinen riippuvuus katoaa sillä etäisyydellä, jossa variogrammi saavuttaa maksiminsa. Samalla tämä tarkoittaa sitä, että maanäytteestä saatu arvo ei pysty ennustamaan tätä etäisyyttä kauemmaksi. Tilastolliset analyysit tehtiin SAS-ohjelmiston VARIOGRAM-, NLIN- ja KRIGE2D-proseduureilla.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

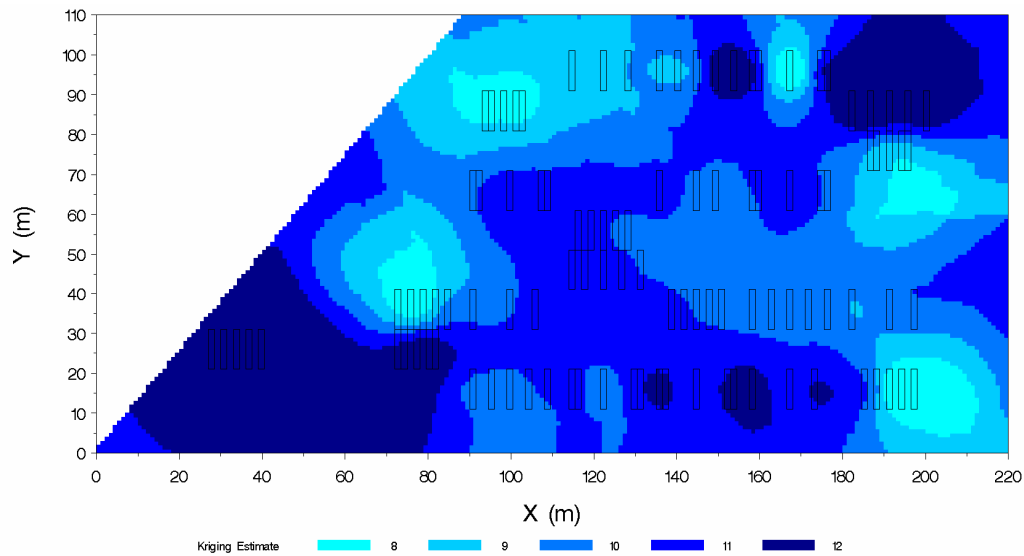
Maahengityksen määrä oli keskimäärin pellolla $0,589 \mu\text{g CO}_2\text{-C h}^{-1}\text{g}^{-1}$ kuivaa maata (kp). Pienimmillään se oli $0,378 \mu\text{g CO}_2\text{-C h}^{-1}\text{g}^{-1}$ kuivaa maata ja suurimmillaan $1,270 \mu\text{g CO}_2\text{-C h}^{-1}\text{g}^{-1}$ kuivaa maata. Spatiaalinen riippuvuus ylti noin 50 metriin ja pellolla tapahtuva vaihtelu oli rinteen suuntaista niin, että pienimmillään hengitys oli pellon alareunassa noustun yläreunaa kohti.

Mikrobibiomassan sisältämän hiilen määrä oli keskimäärin $241 \mu\text{g Cmic g}^{-1}$ kuivaa maata ollen pienimmillään 141 ja suurimmillaan $323 \mu\text{g Cmic g}^{-1}$ kuivaa maata. Spatiaalinen riippuvuus ylsi 48 metriin ja suurimmat arvot löytyivät pellon keskivaiheilta (Kuva 1). Mikrobibiomassan sisältämän typen määrä oli keskimäärin $27 \mu\text{g Nmic g}^{-1}$ kuivaa maata ja vaihteluväli $13\text{-}43 \mu\text{g Nmic g}^{-1}$ kuivaa maata. Spatiaalinen vaihtelu oli hyvin paljon samanlaista kuin mikrobibiomassan sisältämällä hiilellä.



Kuva 1. Mikrobibiomassan sisältämän hiilen määrän ($\mu\text{g Cmic g}^{-1}$ maata, kp) spatiaalinen vaihtelu Juvalla syksyllä 2003.

Typen nettomineralisaation määrä oli pellolla keskimäärin $10,6 \mu\text{g g}^{-1}$ kuivaa maata vaihdellen $4,3\text{-}16,5 \mu\text{g g}^{-1}$ kuivaa maata. Spatiaalinen riippuvuus kesti 38 metriin. Spatiaalisessa vaihtelussa ei ollut havaittavissa pellon pinnan mukaista trendiä (Kuva 2.)



Kuva 2. Maan typen nettomineralisaation määrän ($\mu\text{g g}^{-1}$ kuivaa maata) spatiaalinen vaihtelu Juvalla syksyllä 2003.

Alustavien tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että eri maamikrobiologisilla muuttujilla eri tekijät selittävät niiden spatiaalista riippuvuutta ja vaihtelua. Yleistä mikrobiaktiivisuutta kuvaavan maahengityksen ja maaperän mikrobiston kokonaismäärän spatiaalinen riippuvuus ylsi lähes yhtä pitkälle, eli noin 50 metriin, ja saadut kartat noudattelivat samankaltaista kuviota koepellolla. Mikrobiston suorittaman typen nettomineralisaation spatiaalinen riippuvuus sen sijaan ylsi vain 38 metriin ja pinnanmukainen vaihtelu ei näytä olevan yhteydessä mikrobibiomassan tai maahengityksen tuloksien kanssa eikä noudata yhtä selkeästi koepellon topografiaa. Kemiallisten ja fysikaalisten analyysien valmistuttua koepellolta voidaan selvittää maaperän mikrobiologisten ominaisuuksien spatiaalisen vaihtelun syitä yksityiskohtaisemmin.

Johtopäätökset

Paikkatietoon sidottu näytteenotto ja geostatistiikka mahdollistavat ominaisuuksien tilariippuvuuden määrittämisen ja auttavat luotettavan näytteenoton suunnittelussa. Tuloksia voidaan hyödyntää luonnonmukaisen viljeilyn maamikrobiologisten ominaisuuksien näytteenotossa ja tilatason seurannan ohjeistuksessa. Luomuviljelyn toteuttamisessa ne antavat pohjan luomuviljelyn kehittämiseksi täsmäviljelyn huomioonottavaksi ja ovat sovellettavissa myös tavanomaisessa viljelyssä. Tuloksia voidaan hyödyntää myös silloin, kun suunnitellaan ja toteutetaan kansallisia maan laadun monitorointiohjelmia. Maanäytteiden oton suunnitteluun ja toteuttamiseen spatiaalialyysi antaa apua sopivien näytteenottotähteyksien määrittämiseen.

Kirjallisuus

Palojärvi, A., Alakukku, L., Martikainen, E., Niemi, M., Vanhala, P., Jørgensen, K. & Esala, M. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. Maa- ja elintarviketalous 2. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. ISBN 951-729-648-7 (painettu). ISBN 951-729-649-5 (verkkójulkaisu). ISSN 1458-5073 (painettu). ISSN 1458-5081 (verkkójulkaisu). 88 p. + 2 app.

Vanhala, P. & Ahtiainen, J. 1994. Soil respiration, ATP content and Photobacterium toxicity test as indicators of metal pollution in soil. Environmental Toxicology and Water Quality 9:115-121.