

## Lietelannan ja väkilannoitteiden levitystekniikan vaikutus ohrapellon N<sub>2</sub>O ja CH<sub>4</sub> päästöihin

Paula Perälä<sup>1)</sup>, Petri Kapuinen<sup>1)</sup>, Martti Esala<sup>1)</sup>, Sanna Tyynelä<sup>2)</sup>, Kristiina Regina<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Ympäristöntutkimus, Maaperä ja ympäristö, 31600 Jokioinen, [paula.perala@mtt.fi](mailto:paula.perala@mtt.fi)

<sup>2)</sup> Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Maatalousteknologian tutkimus (Vakola), Vakolantie 55, 03400 Vihti

### Tiivistelmä

Metaani ja dityppioksidi, joita maatalous tuottaa mm. lannasta ja maaperästä, ovat kasvihuonekaasuina osallisena ilmaston lämpenemiseen. Pääasiassa maatalouden tuottama ammoniakki on happamoittava yhdiste, joka aiheuttaa myös epäsuoria kasvihuonekaasupäästöjä. Maailmalla laajalti tutkituista ammoniakin ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiskeinoista on vähän tietoa Suomen olosuhteissa, vaikka lannan ja väkilannoitteen levitystekniikoilla on todettu olevan vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin.

Lietelannan ja väkilannoitteen levitystekniikan vaikutusta ohrapellon (Inari) satoon ja sen laatuun sekä dityppioksidin- ja metaanipäästöihin tutkittiin Vihdissä vuonna 2001 hiesusavella. Koemuoto oli satunnaistettu lohkokoe 5 käsittelyllä, väkilannoitetyyppiportailla ja 4 kerranteella, josta mitattiin maankosteus gravimetrisesti ja mineraalityypen pitoisuudet sekä metaanin ja dityppioksidin päästöt suljetulla kammiomenetelmällä 4 käsittelystä ja 3 kerranteesta viiden kuukauden ajan.

Viiden kuukauden mittausjaksolla suurimmat kumulatiiviset N<sub>2</sub>O-päästöt, 1100±293 g ha<sup>-1</sup>, tuotti levitystekniikka, jossa koko lannoitus annettiin lietelantana sijoittamalla kylvön yhteydessä (S<sub>inj</sub>). N<sub>2</sub>O-päästöt olivat paljon pienemmät (660±122 g ha<sup>-1</sup>), kun lannoitus annettiin sijoituslannoituksena sekä lietelantana että väkilannoitteena yhtä aikaa kylvön yhteydessä (S<sub>inj</sub>+ F) pelkän lietelannoituksen sijaan. Jaetun lannoituksen (liete letkulevityksenä pintaan, multaus tunnin kuluttua levityksestä ja väkilannoitus kylvön yhteydessä, S<sub>inc</sub> + F) N<sub>2</sub>O-päästöt olivat 400±64 g ha<sup>-1</sup> ja kylvön yhteydessä pelkällä väkilannoitteella lannoitetun (F<sub>plac</sub>) N<sub>2</sub>O-päästöt 290±47 g ha<sup>-1</sup>. Vaikutukset metaanipäästöihin eivät olleet selkeästi havaittavissa, sillä käsittelyiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. N<sub>2</sub>O-päästöt keskittyivät lannoituksen jälkeisiin kahteen viikkoon ja kuukauden kuluessa sattuneiden runsaiden sateiden jälkeisiin päiviin. Kasvuston käytettyä lähes kaiken annetun typen kuukauden kuluessa päästöt olivat suhteellisen pienet.

Lietelannan sijoittamisen on todettu vähentävän tehokkaasti ammoniakkiemissiota mutta voivan lisätä dityppioksidipäästöjä denitrifikaatiolle suotuisissa olosuhteissa (sijoitettu lannoite suuressa kosteudessa). Letkulevityksen mahdollinen suuri ammoniakkitappio voi puolestaan pienentää dityppioksidipäästöjä. Levitystekniikoiden kehittäminen ravinteet tehokkaasti kasvien käyttöön saattaviksi ja ammoniakki- sekä dityppioksidipäästöt minivoiviksi olisi tarpeen.

Nykyisten kasvihuonekaasuinventarioiden päästökertoimet eivät ota huomioon levitystapaa tai lannoitetta, vaikka tuloksemme viittaavat eri lannoille, lannoitteille ja levitysmenetelmille erilaisten päästökertoimien määritystarpeeseen. Niiden avulla päästöjä vähentävien menetelmien käyttö näkyisi myös kasvihuonekaasuinventariossa.

**Asiasanat:** metaani, dityppioksidi, lietelanta, väkilannoite, levitystekniikka

## Johdanto

Metaani ja dityppioksidi ovat kasvihuonekaasuja, jotka ovat osallisena ilmaston lämpenemiseen (Houghton ym. 2001). Maatalous vaikuttaa osaltaan metaani- ja dityppioksidipäästöihin tuottamalla niitä mm. lannassa ja maaperässä (Tilastokeskus, 2005). Maataloussektori tuottaa ilmaan myös ammoniakkia (Suomen ympäristökeskus, 2005). Ammoniakki on happamoittava yhdiste, joka toimii epäsuorana kasvihuonekaasuna, sillä siitä voi muodostua dityppioksidia ilmakehässä (Penman ym. 2000). Kasvihuonekaasu- ja ammoniakkipäästöjen vähentämiskeinoja maataloudessa tutkitaan eri puolilla maailmaa, mutta niistä on vähän tietoa Suomen olosuhteissa. Lannan ja väkilannoitteiden levitystekniikalla on todettu olevan merkitystä kaasumaisten päästöjen kannalta (Weslien ym. 1998; Pahl ym. 2001; Misselbrook ym. 2002; Mattila & Joki-Tokola 2003). Tässä tutkimuksessa haluttiin tietoa levitystekniikan ja lannoitetyypin vaikutuksesta dityppioksidi- ja metaanipäästöihin. Se oli osa laajempaa kenttäkoetta, jossa tutkittiin myös levitystekniikoiden vaikutuksia sadon laatuun ja määrään (Kapuinen & Tyynelä, 2002).

## Aineisto ja menetelmät

Kenttäkoe perustettiin Vihtiin hiesusavimaalle vuonna 2001. Koemuoto oli satunnaistetut lohkot, joissa oli 5 käsittelyä ja 4 kerrannetta (Kapuinen & Tyynelä 2002). Lisäksi kokeessa oli väkilannoitteella toteutetut typpilannoitusportaat. Koeruudut kynnettiin syksyllä 2000 ja keväällä 2001 muokkauksen jälkeen niille kylvettiin ohraa (Inari). Kaasupäästöt mitattiin neljästä käsittelystä (3 kerrannetta), jotka on kuvattu taulukossa 1. Sian lietelanta ja väkilannoitteet levitettiin lietevaunu-kylvökoneyhdistelmällä (kuva 1). Metaani- ja dityppioksidipäästöjä mitattiin viiden kuukauden ajan. Menetelmänä käytettiin suljettua kammion menetelmää (Regina ym. 2004), jossa kuhunkin koeruutuun asennettiin 60 x 60 cm:n metallikalaukset, joissa oli vesiura. Vesiura täytettiin vedellä, ja neliskulmainen alumiinikammio (korkeus 20 cm) asetettiin vesiuraan siten että vesilukko esti kaasunvaihdon kammion ja ulkoilman välillä. Kammion päällä olevan septumin läpi vietiin neula, johon oli kiinnitetty hana näytteenottoa varten. Neula ja hana jätettiin paikalleen koko näytteenoton ajaksi. Ensimmäinen kaasunäyte (20 ml) otettiin 3 minuuttia kammion sulkemisen jälkeen ruiskulla kammion yläosasta ja siirrettiin se vakumoituun näyteputkeen. Sen jälkeen kammio jätettiin paikalleen, jolloin kaasupitoisuus kammiossa nousi vähitellen. Uusi näyte otettiin kammioista 15 ja 30 minuutin välein. Kaasunäytteet analysoitiin kaasukromatografilla (Hewlett Packard 6890) käyttäen liekki-ionisaatiodektooria (FID) metaanille ja elektroninsiieppausdektooria (ECD) dityppioksidille (Regina ym. 2004). Kaasupitoisuuden nousun perusteella voitiin laskea keskimääräinen kaasuntuotanto peltohehtaaria kohti päivässä. Kammion korkeus otettiin huomioon laskelmissa. Myös kumulatiivinen vuo mittaussajalle laskettiin käsittelyittäin. Käsittelyjen vaikutusta kaasuntuottoon analysoitiin varianssianalyysillä käyttäen SAS-ohjelmiston Mixed-proseduuria (Littel ym. 1996). Käsittelyjen parittaiseen vertailuun käytettiin Tukey-Kramer -menetelmää. Kaasunäytteiden lisäksi pellolta otettiin mineraalityppi- ja maankosteusnäytteet, jotka analysoitiin laboratoriossa.

Taulukko 1. Lannoitteiden levitystekniikka ja lisätyt typpimäärät käsittelyittäin.

Käsittely	Lannoitteen levitystekniikka	Lietelannan tyyppi (kg ha <sup>-1</sup> )	Väkilannoitetyppi (kg ha <sup>-1</sup> )
S <sub>inj</sub> + F	Lietelannan (14,3 t ha <sup>-1</sup> ) sijoitus (8 - 10 cm) ja väkilannoitteen sijoitus kylvön yhteydessä.	79 (60 <sup>a</sup> )	50
S <sub>inc</sub> + F	Lietelannan letkulevitys (14,3 t ha <sup>-1</sup> ) ja multaustunnin kuluttua levityksestä. Väkilannoitteen sijoitus kylvön yhteydessä.	79 (60 <sup>a</sup> )	50
S <sub>inj</sub>	Lietteen sijoitus (28,6 t ha <sup>-1</sup> ) kylvön yhteydessä.	157 (120 <sup>a</sup> )	
F <sub>plac</sub>	Väkilannoitteen sijoitus kylvön yhteydessä.	-	100

<sup>a</sup> liukoinen tyyppi



Kuva 1. Lannoitteiden levityskalusto.

### Tulokset ja tulosten tarkastelu

Tulosten perusteella viiden kuukauden kumulatiiviset dityppioksidipäästöt ( $\pm$ SD) olivat suurimmat ( $1100\pm 293$  g N ha<sup>-1</sup>) käsittelystä, jossa koko lannoitus annettiin lietalantana sijoittamalla 8-10 cm:n syvyyteen ( $S_{inj}$ , taulukko 2). Toiseksi suurimmat dityppioksidipäästöt ( $660\pm 122$  g N ha<sup>-1</sup>) muodostuivat käsittelystä, jossa sekä lietalanta että väkilannoite sijoitettiin yhtä aikaa kylvön yhteydessä ( $S_{inj}+F$ ).

Jaetun lannoituksen (liete letkulevityksenä pintaan, multaus tunnin kuluttua levityksestä ja väkilannoitus kylvön yhteydessä,  $S_{inc} + F$ ) dityppioksidipäästöt  $400\pm 64$  g ha<sup>-1</sup> ja kylvön yhteydessä pelkällä väkilannoitteella lannoitetun ( $F_{plac}$ ) dityppioksidipäästöt  $290\pm 47$  g ha<sup>-1</sup> olivat pienempiä kuin menetelmän, jossa lannoitteena käytettiin pelkästään lietettä. N<sub>2</sub>O-N-päästön osuus lisätystä typestä oli suurin sijoitetusta lietalannasta ( $S_{inj}$ ) 0,7 % ja pienin sijoitetusta väkilannoitteesta ( $F_{plac}$ ) 0,3 % (taulukko 2). Keskimääräiset metaanivuot olivat lähellä nollaa ja hajonnat olivat suuret.

Tulosten perusteella levitystekniikalla ja lannoitetyypillä näyttäisi olevan merkitystä dityppioksidipäästöjen kannalta (Perälä ym. 2006). Yhtä selkeää vaikutusta metaanipäästöihin ei ollut havaittavissa. Väkilannoitteen lisääminen voi vähentää metaanin hapettumista maaperässä (Hütsch, 2001), mutta tulosten perusteella ei voida sanoa, mikä tekniikoista on edullisin metaanin hapetuksen kannalta, koska tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyiden välillä ei löytynyt. Suurimmat dityppioksidipäästöt syntyivät lietalannan sijoittamisesta. Syynä tähän voi olla kosteuden lisääntyminen ja sen seurauksena anaerobiset olosuhteet, jotka yhdessä liukoisen typen määrän kasvun kanssa aiheuttavat denitrifikaatiobakteereille suotuisat olosuhteet (Perälä ym. 2006). Dityppioksidipäästöt keskittyvät levityksen jälkeisiin pariin ensimmäiseen viikkoon, jolloin liukoisen typen pitoisuus maassa on korkea, ja myöhemmin sattuneiden runsaiden sateiden jälkeiseen aikaan.

Taulukko 2. Kumulatiiviset ja keskimääräiset N<sub>2</sub>O ja CH<sub>4</sub>-vuot käsittelyittäin sekä dityppioksiditypen osuus lisätystä typestä.

Käsittely	Kumulatiivinen N <sub>2</sub> O-N vuoro ( $\pm$ SD) (g ha <sup>-1</sup> )	Keskimääräinen N <sub>2</sub> O-N vuoro (mg m <sup>-2</sup> päivä <sup>-1</sup> )	N <sub>2</sub> O-N:n osuus lisätystä tipestä (%)	Kumulatiivinen CH <sub>4</sub> -C vuoro ( $\pm$ SD) (g ha <sup>-1</sup> )	Keskimääräinen CH <sub>4</sub> -C vuoro (mg m <sup>-2</sup> päivä <sup>-1</sup> )
$S_{inj}+F$	660 $\pm$ 122	12,3 <sup>a</sup>	0,5	-150 $\pm$ 40	-0,072 <sup>a</sup>
$S_{inc} + F$	400 $\pm$ 64	2,8 <sup>b</sup>	0,3	50 $\pm$ 197	-0,008 <sup>a</sup>
$S_{inj}$	1100 $\pm$ 293	15,9 <sup>a</sup>	0,7	-290 $\pm$ 274	-0,039 <sup>a</sup>
$F_{plac}$	290 $\pm$ 47	2,5 <sup>b</sup>	0,3	-14 $\pm$ 102	-0,056 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Sarakkeessa eri kirjaimet kuvaavat tilastollisesti merkitseviä eroja käsittelyiden välillä, P<0.05\*

## Johtopäätökset

Tulosten perusteella levitystekniikalla ja lannoitetyypillä näyttäisi olevan vaikutusta dityppioksidipäästöihin. Lietelannan sijoitusta suositellaan ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi mutta suurimmat dityppioksidipäästöt syntyivät lietalannan sijoittamisesta, mikä on ilmaston kannalta epäedullista. Letkulevitys ja multa nopeasti levityksen jälkeen on tulosten perusteella parempi vaihtoehto välittömien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi mutta menetelmän potentiaalisesti suuri ammoniakkitappio lisää epäsuoria kasvihuonekaasupäästöjä. Sijoitettu väkilannoite tuottaa lietalannan käyttöä pienemmät kasvihuonekaasupäästöt. Kasveilta käyttämättä jäävän typen kasvihuonekaasupäästöjä lisäävän vaikutuksen takia typen hyväksikäytön tehokkuutta olisi lisättävä. Levitystekniikoilla näyttäisi olevan merkitystä kasvihuonekaasupäästöjen kannalta. Eri levitystekniikoiden vaikutuksesta päästöihin tulisi olla enemmän tietoa, jotta voitaisiin kehittää päästökertoimet eri tekniikoille ja ottaa ne huomioon myös kasvihuonekaasuinventaarissa.

## Kirjallisuus

- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J. & Xiaosu, D.** 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hütsch, B.W.** 2001. Methane oxidation in non-flooded soils as affected by crop production-invited paper. Eur. J. Agron. 14: 237-260.
- Kapuni, P., & Tyynelä, S.** 2002. Sian lietalannan käyttö viljojen lannoitukseen. In: Hopponen A. (ed.) Maataloustieteen Päivät 2002, Helsinki, 9.-10.1.2002. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 18: 4.
- Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W. & Wolfinger, R.D.,** 1996. SAS System for Mixed Models. SAS Institute Inc.
- Mattila, P.K. & Joki-Tokola, E.** 2003. Effect of treatment and application technique of cattle slurry on its utilization by ley: I. Slurry properties and ammonia volatilization. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 65: 221-230.
- Misselbrook, T.H., Smith, K.A., Johnson, R.A. & Pain, B.F.** 2002. Slurry application techniques to reduce ammonia emissions: Results of some UK field-scale experiments. Biosystems Engng. 81: 313-321.
- Pahl, O., Godwin, R.J., Hann, M.J. & Waite, T.W.** 2001. Cost-effective pollution control by shallow injection of pig slurry into growing crops. J. Agric. Engng. Res. 80: 381-390.
- Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. & Tanabe, K.** 2000. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies for Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Hayama, Japan.
- Perälä, P., Kapuni, P., Esala, M., Tyynelä, S. & Regina, K.** 2006. Influence of slurry and mineral fertiliser application techniques on N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes from a barley field in southern Finland. Agriculture, Ecosystems & Environment (revised manuscript).
- Regina, K., Syväsalu, E., Hannukkala, A. & Esala, M.** 2004. Fluxes of N<sub>2</sub>O from farmed peat soils in Finland, Eur. J. Soil Sci. 55: 591-599.
- Suomen ympäristökeskus.** 2005. Air pollutant emissions in Finland 1990-2003. National inventory report to the Secretariat of the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=36910&lan=fi>
- Tilastokeskus.** 2005. Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2003. National inventory report to the UNFCCC, 15<sup>th</sup> April 2005. <http://www.tilastokeskus.fi/kasvihuonekaasut>
- Weslien, P., Klemmedtsson, L., Svensson, L., Galle, B., Kasimir-Klemmedtsson, Å. & Gustafsson, A.** 1998. Nitrogen losses following application of pig slurry to arable land. Soil Use Manage. 14: 200-208.