

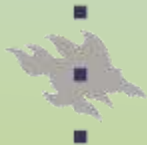
# Peltomaan lierot

Visa Nuutinen  
erikoistutkija

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT

22.6.2011

Kuvat tekijän, jollei toisin mainita



HELSINGIN YLIOPISTO

Ruralia-instituutti



# Sisällys

1. Lierot maan eliöyhteisössä
2. Lierolajit
3. Lierot ja maan kasvuominaisuudet
4. Runsauden vaihtelu peltolohkolla
5. Peltojen lieroyhteisöjen inventaario
6. Lisää lierojen esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä
7. Lierojen istutus?
8. Lieroystävällinen peltoviljely

Lähteet






# 1. Lierot maan eliöyhteisössä

- Maaperäeläimet ovat osa maaperän ravintoverkkoa, joka palauttaa kasvin-  
tähteisiin sitoutuneet ravinteet kasvien käyttöön.
- Lierot ovat verkon eläimistä kookkaimpia (ns. makrofaunaa) ja muodostavat usein valtaosan maaperäeläinten biomassasta.



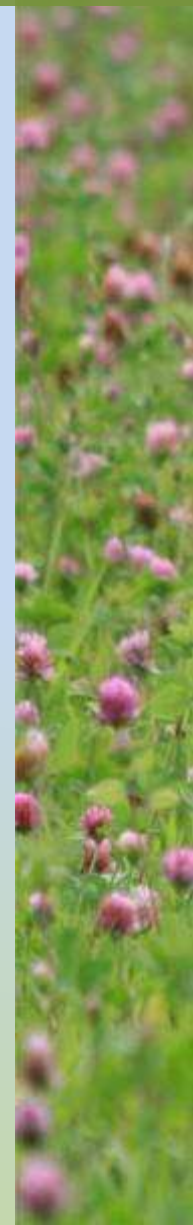
Kuva: Risto Seppälä, MTT

# Maaperäeläinten pienet ja suuret

Maaperäeläinryhmä (ruumiin leveys)	Rooli maan ravintoverkossa	Tyypillinen edustaja	Tiheyden suuruusluokka peltomaalla (yksilöitä / m <sup>2</sup> )	Vaikutuksia maassa
<b>Mikrofauna</b> ( <b>&lt; 0.1mm</b> )	"Mikropetoja"	<b>Sukkulamadot</b>  <small>Kuva: NRCS, Soil Biol Primer</small>	Miljoonia	Mikrobikantojen säätely, epäsuora vaikutus maan muruisuuteen
<b>Mesofauna</b> ( <b>0.1-2 mm</b> )	"Karikkeen muuntajia"	<b>Mikroniveljalkaiset</b>  <small>Kuva: NRCS, Soil Biol Primer</small>	Kymmeniä tuhansia	Mikrobikantojen säätely, karikkeen pilkkominen, pienten maamurujen ja biohuokosten tuottaminen
<b>Makrofauna</b> ( <b>&gt; 2 mm</b> )  (Lähde: Linden ym. 1994)	"Ekosysteemi-insinöörejä"	<b>Lierot</b> 	Kymmenistä useisiin satoihin	Karikkeen pilkkominen, mikrobien stimulointi, maamurujen ja suurten biohuokosten tuottaminen

# 2. Lierolajit

- Suomen peltomaiden kymmenkunta lierolajia voidaan jakaa kolmeen tyyppiin:
  - pintakarikkeen lajit
  - pintamaan lajit
  - syvälle kaivautuvat lajit



# Lierojen kolme ekologista ryhmää

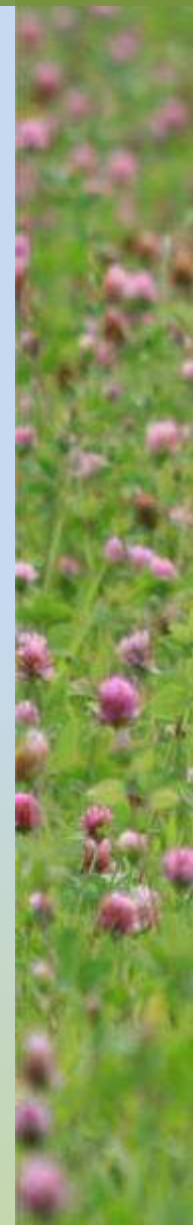
- Pintakarikkeen lajit:
  - tummia, pieniä tai keskikokoisia lieroja, jotka elävät pysyvästi lähellä maan pintaa ja laiduntavat maan pintakarikkeessa
- Pintamaan lajit:
  - vaaleita, keskikokoisia, lähinnä pintamaassa eri suuntiin kaivautuvia lieroja, ravintona pinnanalainen kuollut orgaaninen aines
- Syväälle kaivautuvat lajit:
  - syvässä ja pystysuorassa, maan pintaan aukeavassa kotikäytävässä elävä kookas kasteliero, joka kerää ravinnokseen kasvintähteitä maan pinnalta



# Peltojen kolme yleisintä lierolajia



1. Peltoliero (pintamaan laji)
2. Kasteliero (syvälle kaivautuva laji)
3. Onkiliero (pintakarikkeen laji)



# Lierolajien tunnistaminen

- Lierolajien värityksen ja koon vaihtelu auttavat alkuun lajien tarkemmassa tunnistamisessa

1. kasteliero
2. peltoliero
3. onkiliero
4. multaliero
5. ruskoliero

Kuvassa satakuntalaiselta viljapelloilta löytyneet viisi lajia (skaalana 1 €).



Kuva: Risto Seppälä, MTT



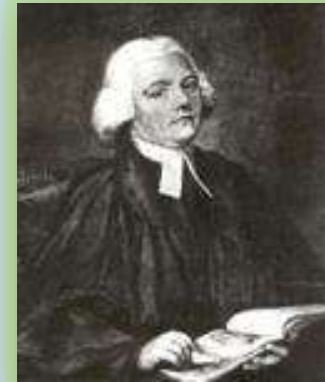
# 3. Lierot ja maan kasvuominaisuudet



# Historiaa

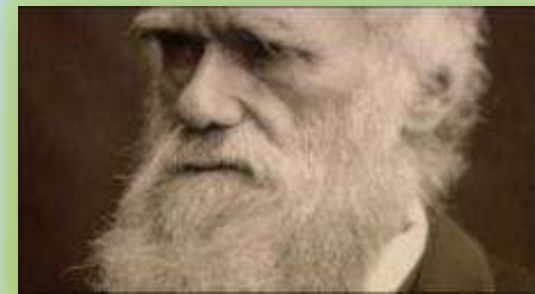
- **Gilbert White (1789):**

”... lierot näyttävät edistävän merkittävästi kasvillisuutta - joka ilman lieroja menestyisi huonosti - poraamalla, rei’ittämällä sekä möyhentämällä maata ja tekemällä siitä läpäisevän sateelle ja kasvien juurille, vetämällä olkia ja lehtien ruoteja sekä risuja maan sisään; ja ennen muuta, tuottamalla suunnattoman määrän maanokareita, lieron ulosteita, jotka ovat erinomaista lannoitetta viljalle ja nurmelle.”



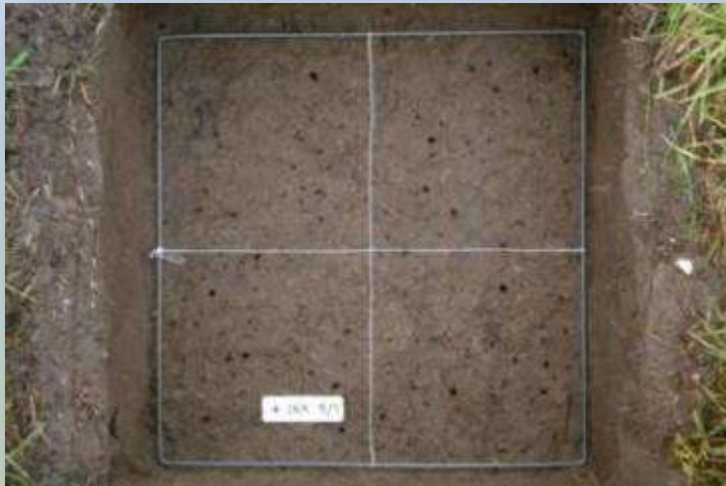
- **Charles Darwin (1881):**

“Aura on yksi vanhimmista ja kaikkein arvokkaimmista ihmisen keksinnöistä; mutta kauan ennen kuin ihmisiä oli olemassa, maata kyntivät - ja edelleen kyntävät – lierot. [...] Lierot valmistavat erinomaisella tavalla maata kasvien ja kaikenlaisten taimien kasvua varten.”



# Makrohuokosten verkosto

- Ravintoa sekä edullisia olosuhteita etsiessään, lierot puskevat ja syövät tietään maan läpi
- tuloksena suurten ja jatkuvien makrohuokosten verkosto

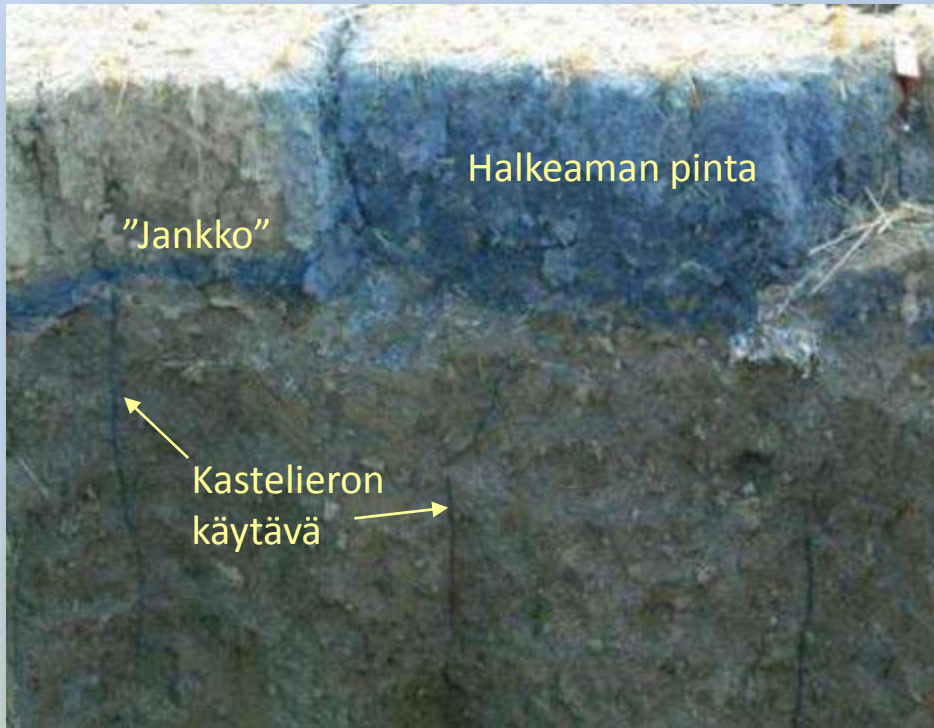


Ylhäällä: Lierojen käytäviä laidunnurmella 0,2 m:n syvyydessä.  
Oikealla: Resiinivalos kastelieron käytävästä, joka päättyy metrin syvyydellä salaojaputken pintaan. (Nuutinen & Butt 2003)



Kuva: Kevin Butt, UCLan / MTT

# Lierokäytävien merkitys



Vasemmalla: Maan pinnan halkeamiin kaadettiin metyleenisinellä värjättyä vettä, jolloin imeytymisreitit voitiin paikantaa esiin kaivetusta maa-profiilista. (Shipitalo ym.2004)

- Vesi ja siihen liuenneet aineet voivat imeytyä maahan lieronkäytäviä myöten ns. oikovirtauksena. Käytävät myös parantavat maan ilmanvaihtoa.
- Juuret käyttävät lieronkäytäviä kasvureitteinään.



# Korjuutähteiden hautaaminen ...

- Lieroilla voi olla merkittävä rooli korjuutähteiden hautaajina.
- Tiheä kasteliero-kanta kykenee estämään korjuutähteiden kerrostumisen maan pintaan.
- Kuvassa kastelierojen käytäviensä suuaukoille keräämiä olkikekoja.



# ... ja sen hyödyllinen sivuseuraus

Vehnän oljen käsittely	Inkubaatioaika (viikkoa)	Oljen peittävyys % (keskihajonta)	
Alkutilanne	0	95	(1.4)
Ei Fusarium-infektiota	5	59	(5.4)
	11	45	(9.8)
Fusarium-infektio	5	42	(4.5)
	11	24	(10.3)

- Kastelierot suosivat ravintoa kerätessään Fusarium-sienen infektoimaa olkea. Sen seurauksena sienen ja sen tuottaman toksiinin määrää maan pinnalla vähenee. (*Oldenburg ym. 2008*)

# Lierot tuottavat lantaa

- Lierojen maan pinnalle ja alle laskemat ulosteet ovat ”lantaa”, joka tavallisesti on ympäröivää maata ravinteikkaampaa ja vähemmän hapanta.
- Ikääntyessään ulostemurujen kestävyys veden kuluttavaa vaikutusta vastaan kasvaa.



Kuva: Reidun Pommeresche, BIOFORSK

## Ulostemurut vs. ympäröivä

maa:

liukoinen P >

liukoinen N >

pH >

vedenkestävyys >

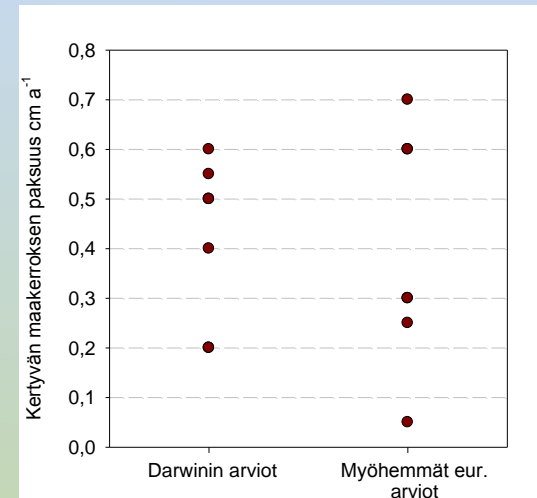
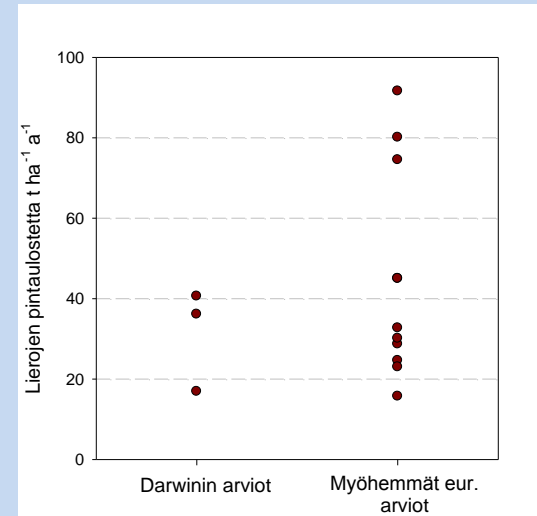
vedenpidätyskyky >

# ”Pintalannoituksen” määrä

- Eurooppalaisten arvioiden mukaan lierojen pintaaloitusta voi kertyä hehtaarille kymmeniä tonneja vuodessa. Se vastaa muutamien millimetrin maakerrosta.

*(Darwin 1881, Feller ym. 2003)*

- Suomesta ei ole vastaavia arvioita, mutta lierokannan ollessa tiheä on sama suurusluokka mahdollinen.





# Vaikutus ravinteiden kiertoon...

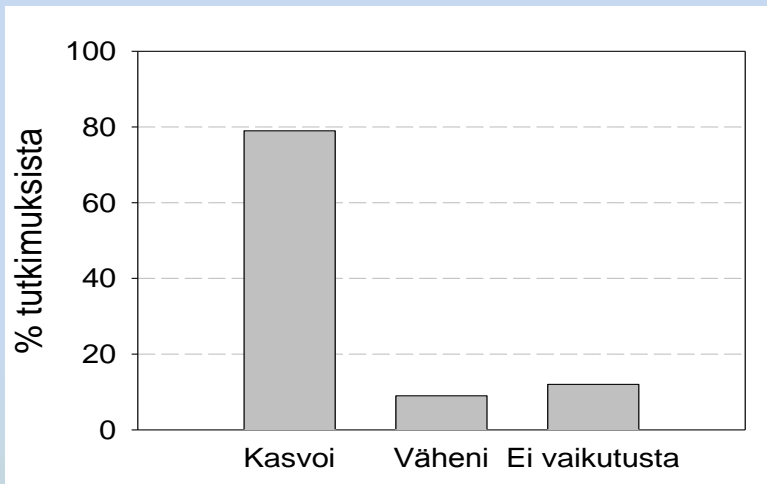
	Kontrolli	Onkiliero	Peltoliero
Maan $\text{NH}_4^+$ -pitoisuus ( $\mu\text{g N}_2\text{O-N kg}^{-1}$ maata)	0,65 ( $\pm 0,06$ )	0,90 ( $\pm 0,08$ )	0,79 ( $\pm 0,14$ )
Raiheinän typenotto ( $\text{kg N ha}^{-1}$ )	168 ( $\pm 2,8$ )	185 ( $\pm 4,7$ )	174 ( $\pm 1,8$ )
$\text{N}_2\text{O}$ päästö ( $\mu\text{g N}_2\text{O-N kg}^{-1}$ maata)	207 ( $\pm 8,6$ )	312 ( $\pm 23,9$ )	216 ( $\pm 14,8$ )

(suluissa keskiarvon keskivirhe)

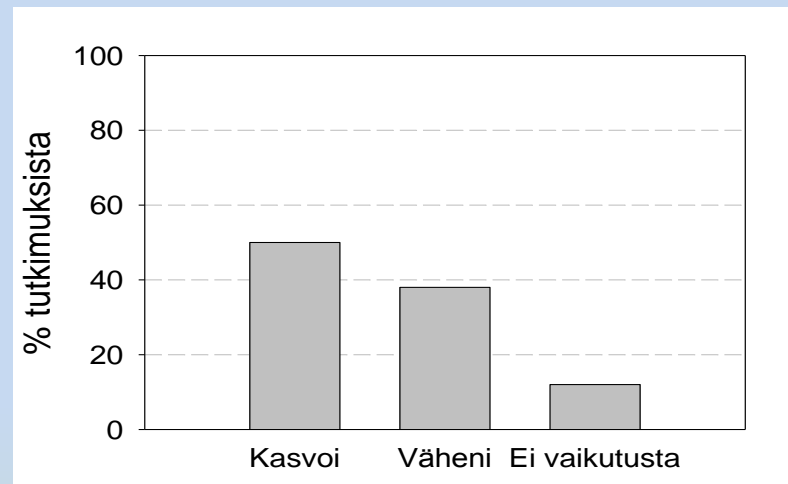
- ... esimerkkinä typpi (N): Onki- ja peltoliero lisäsivät laboratorio-kokeessa ammonium-typen määrää maassa ja tehostivat raiheinän typenottoa. Samalla onkilierot kohottivat paljon kasvihuonekaasu  $\text{N}_2\text{O}$ :n päästöjä. (Lubbers ym. 2011)

# Vaikutus kasvien kasvuun

Verson biomassa



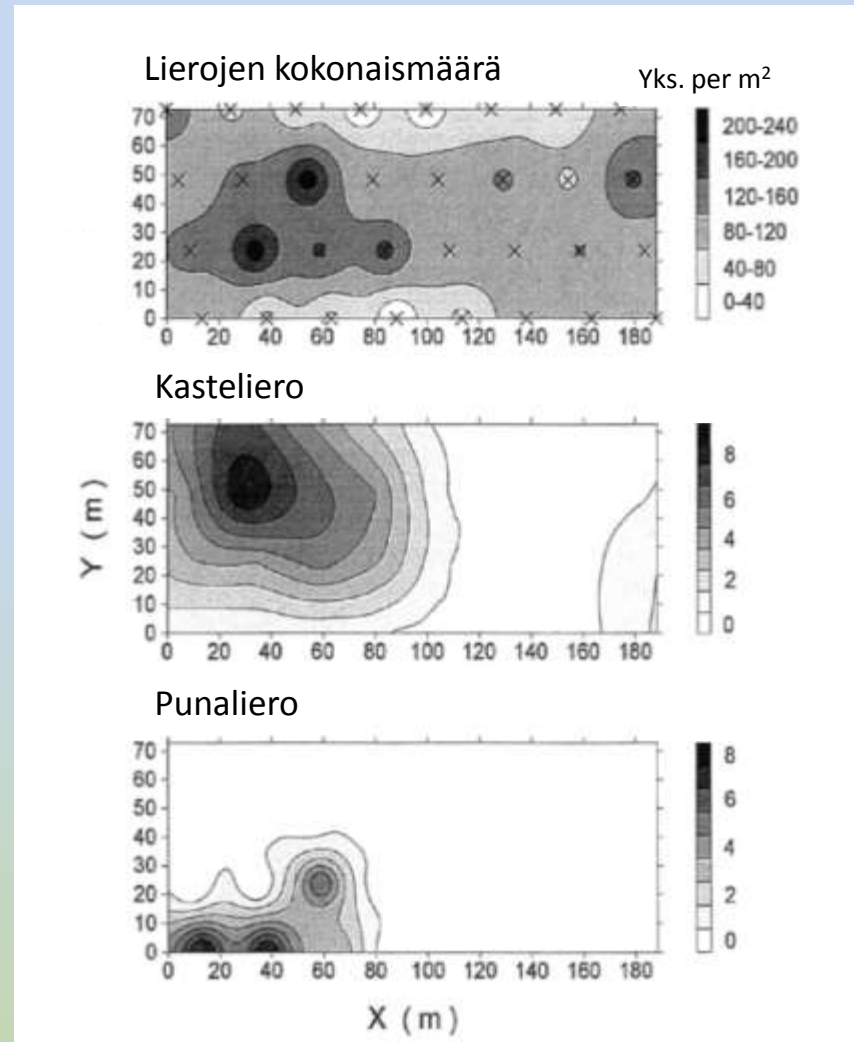
Juurten biomassa



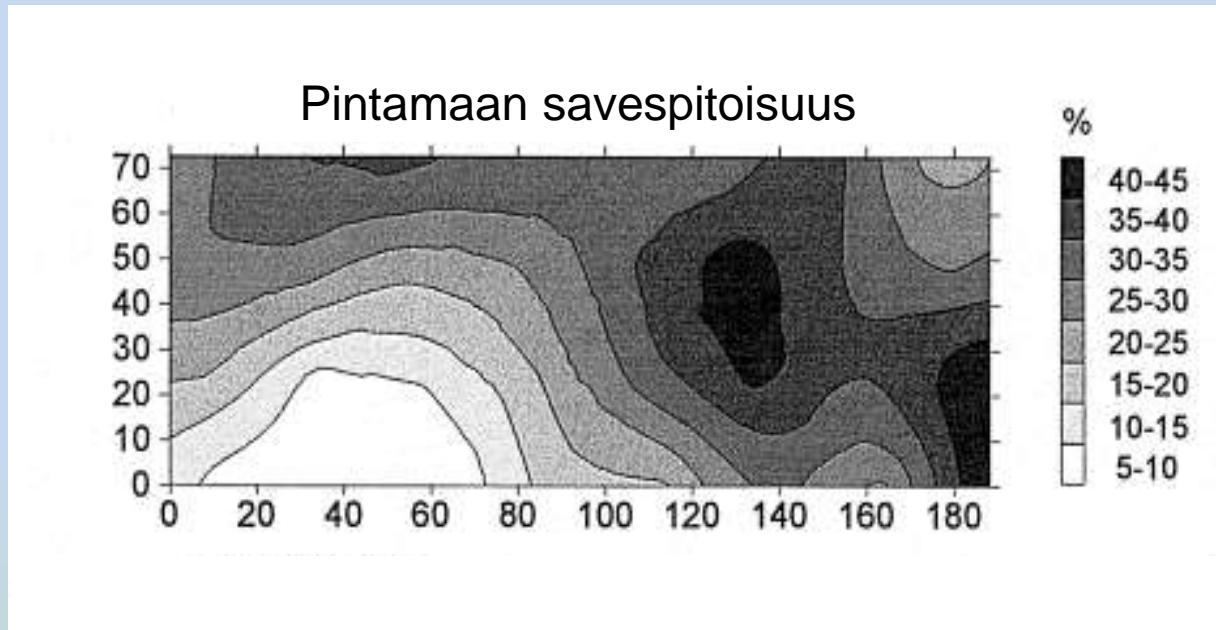
- Kokeissa lierojen läsnäolo on tavallisesti lisännyt kasvien versojen biomassaa; juurten kohdalla lisäävää vaikutusta ei ole havaittu yhtä usein
  - aineistossa oli 67 erillistä, pääosin viljelykasveja koskevaa tutkimusta. (Scheu 2003)

# 4. Runsauden vaihtelu peltolohkolla

- Lierojen runsaus voi vaihdella hyvin paljon jo pienen peltolohkon sisällä.
- Kuvassa kartat kokonaistiheyden ja kahden lajin tiheyden vaihtelusta 1,5 ha:n suuruisella luomunurmella.  
(Nuutinen ym. 1998)



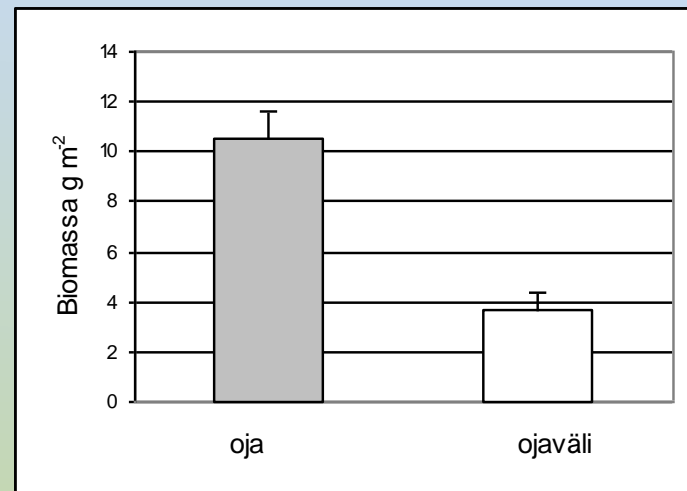
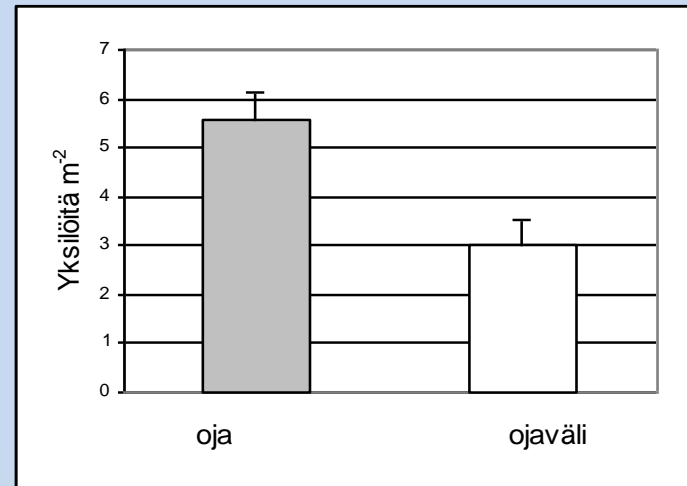
# Maalajin vaihtelun merkitys



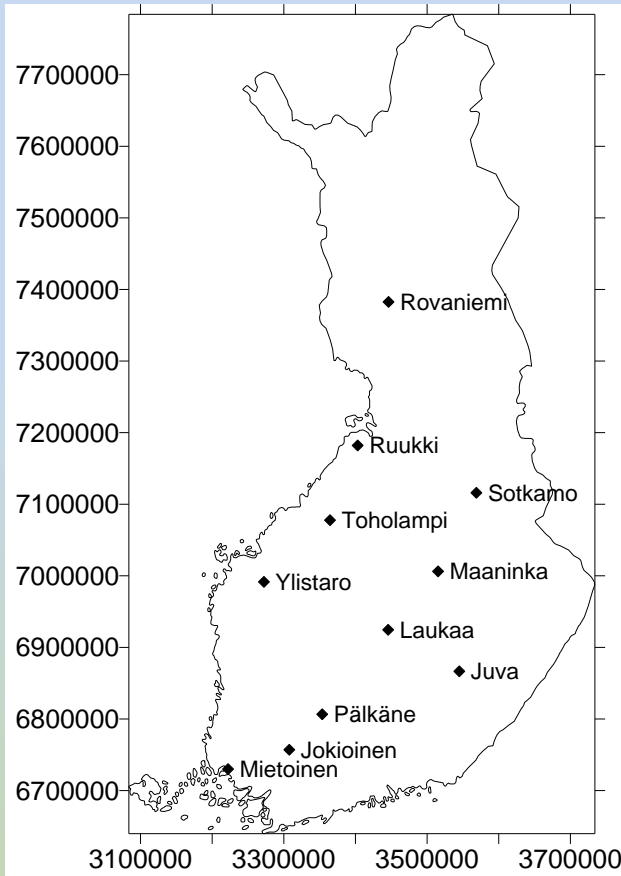
- Maalaji on tärkeimpiä lierojen runsauteen vaikuttavia tekijöitä ja sen vaihtelu peltolohkon sisällä voi osaltaan selittää lierolajien runsauden vaihtelua. Myös etäisyys pellon reunaan vaikuttaa lierojen runsauteen. Aiheista enemmän esityksen kohdassa 5.

# Salaojituksen vaikutus

- Salaojitus on yksi tekijä, joka voi selittää runsauden vaihtelua pellon sisällä.
- Kastelierojen tiheys ja kokonaismassa on usein suurempi salaojien kohdalla kuin ojien välialueilla.  
(Nuutinen ym. 2001)



# 5. Peltojen lieroyhteisöjen inventaario



Tutkittiin yhteensä 53 suomalaista peltoa yhdellätoista paikkakunnalla.

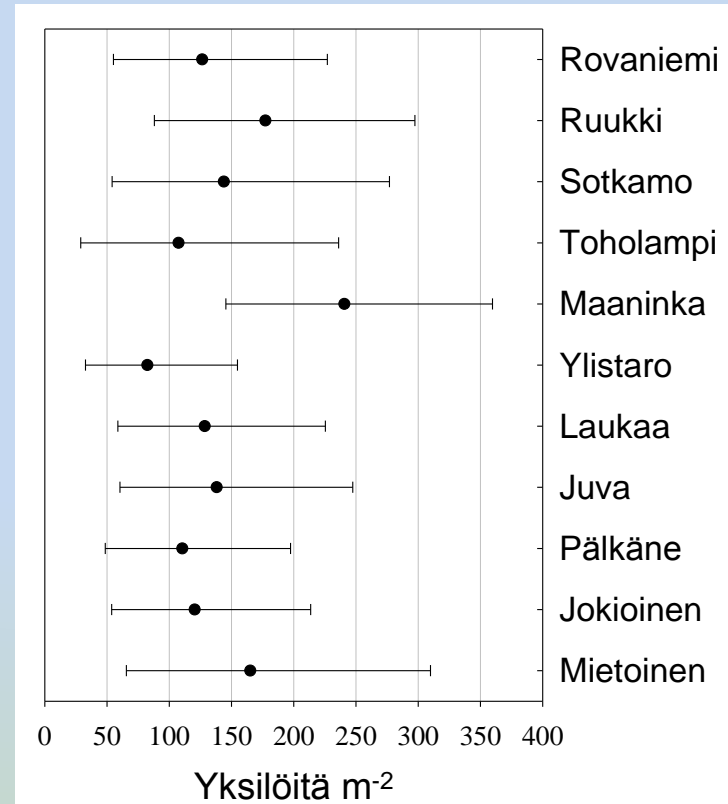
Näytteet otettiin sekä pelloilta että pientareelta.



(Nieminen ym. painossa, Nuutinen ym. 2007)

# Lierojen alueellinen esiintyminen

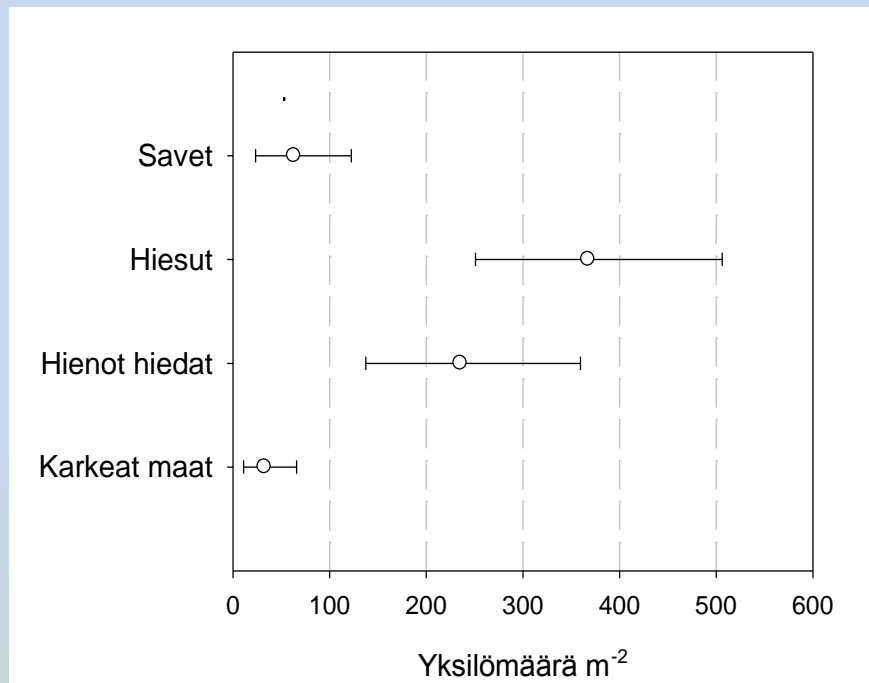
- Viljellyissä suomalaisissa mineraalimaissa esiintyy tavallisesti lieroja; täysin lierottomat pellot ovat harvinaisia.
- Lierojen kokonaistiheyden vaihtelussa ei erotu selkeitä maantieteellisiä trendejä, kun muut runsauteen vaikuttavat tekijät huomioidaan.



Kuvaan on pallolla merkitty tiheyden keskiarvoestimaatti paikkakunnalla. "Viikset" osoittavat estimaatin 95%:n luottamusvälin. Samaa merkintätapaa käytetään myös seuraavissa kuvissa.

# Maalajin merkitys

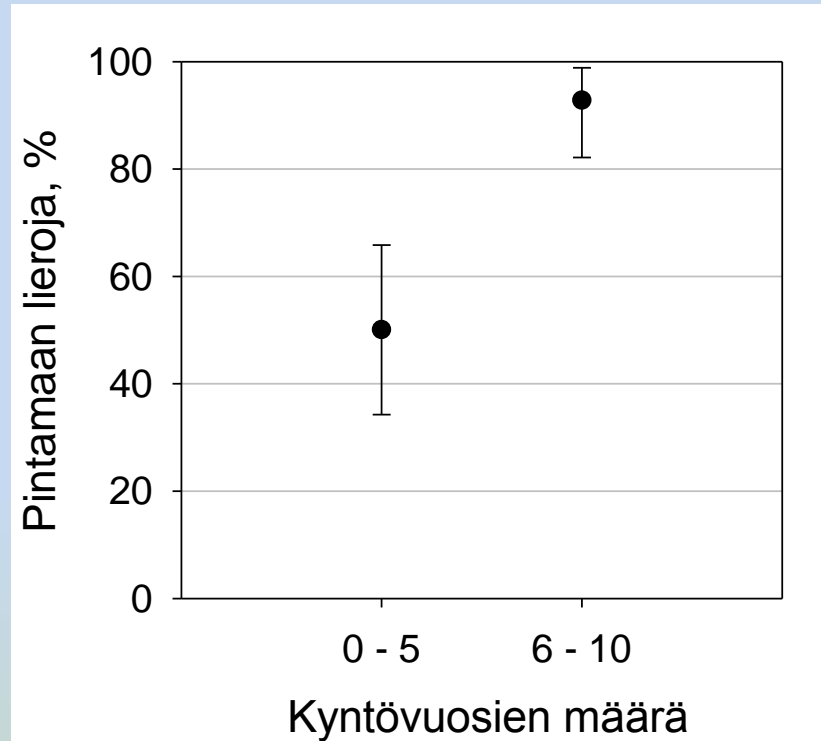
- Maalaji on ratkaisevan tärkeä pellon liero-  
runsauteen vaikuttava tekijä:
  - kokonaistiheydet ovat korkeimmillaan keskikarkeilla mailla
  - savilla ja karkeilla mailla tiheydet ovat merkittävästi alhaisempia.





# Kyntö yksipuolistaa lieroyhteisöä

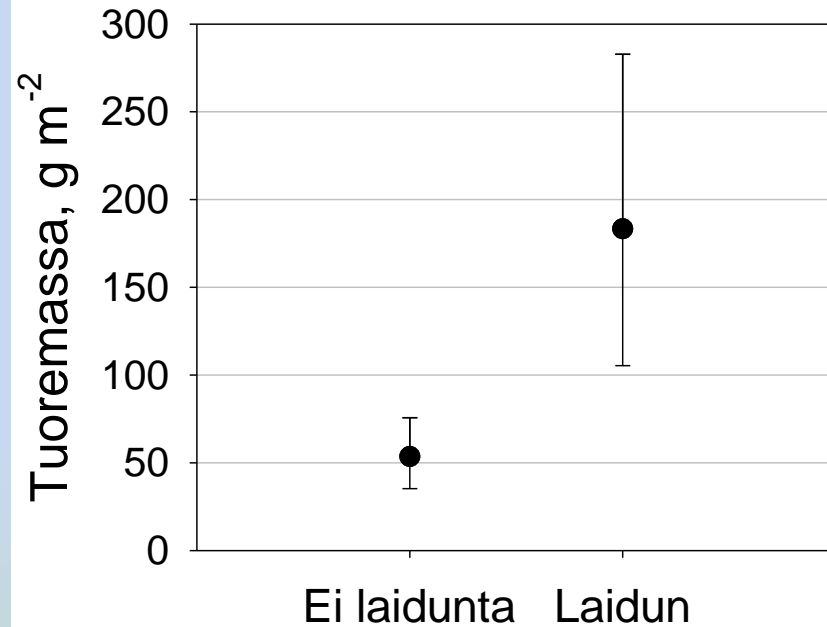
- Taajaan kynnnettävässä pellossa vallitsevina ovat peltolieron kaltaiset pintamaan lajit.
- Kynnön vähetessä myös pintakarikkeen lajit sekä kastelierot runsastuvat.



Kuvassa tutkitut pellot on jaettu kahteen luokkaan sen perusteella kuinka usein pelto on kynnetty edeltävän 10 vuoden aikana.

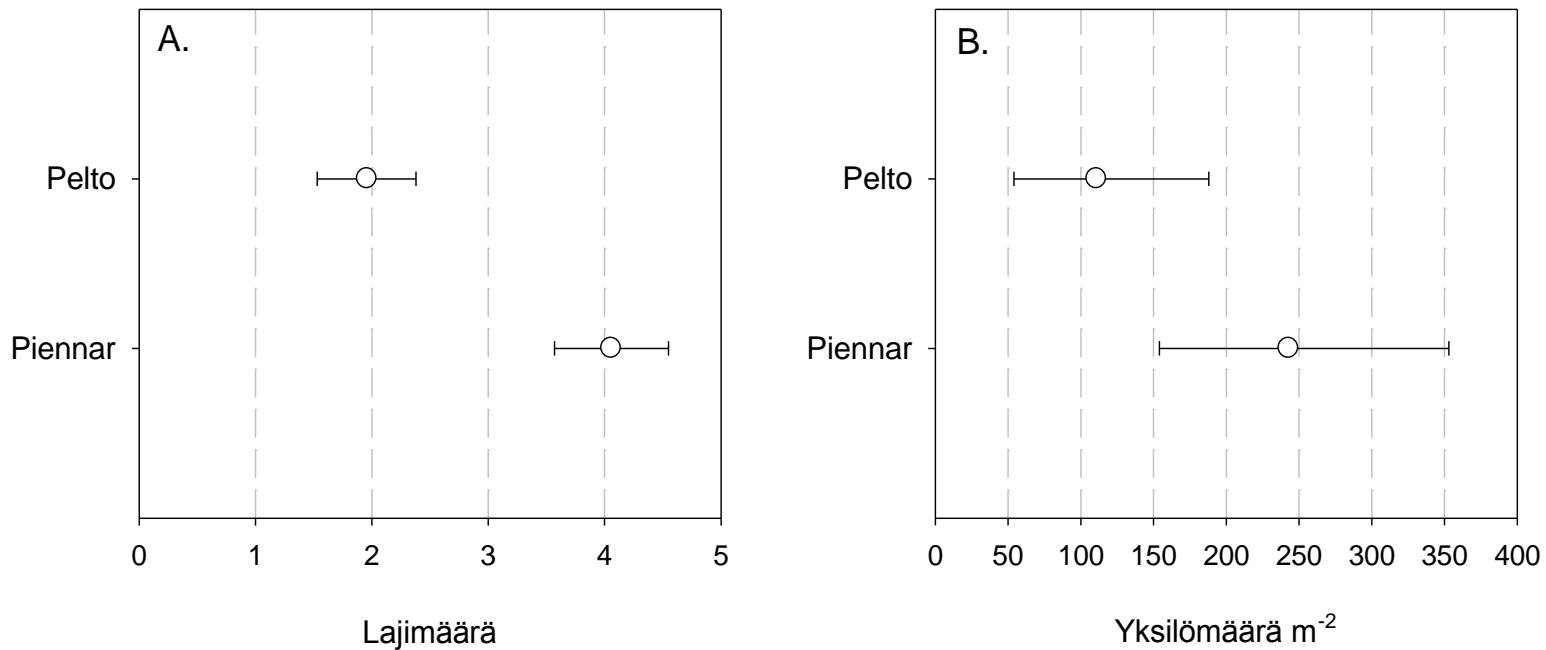
# Laidunnuksen merkitys

- Pelloilla, joiden viljelykierrossa on laidunta, lierojen määrä on korkeampi kuin kokonaan laiduntamattomilla pelloilla.



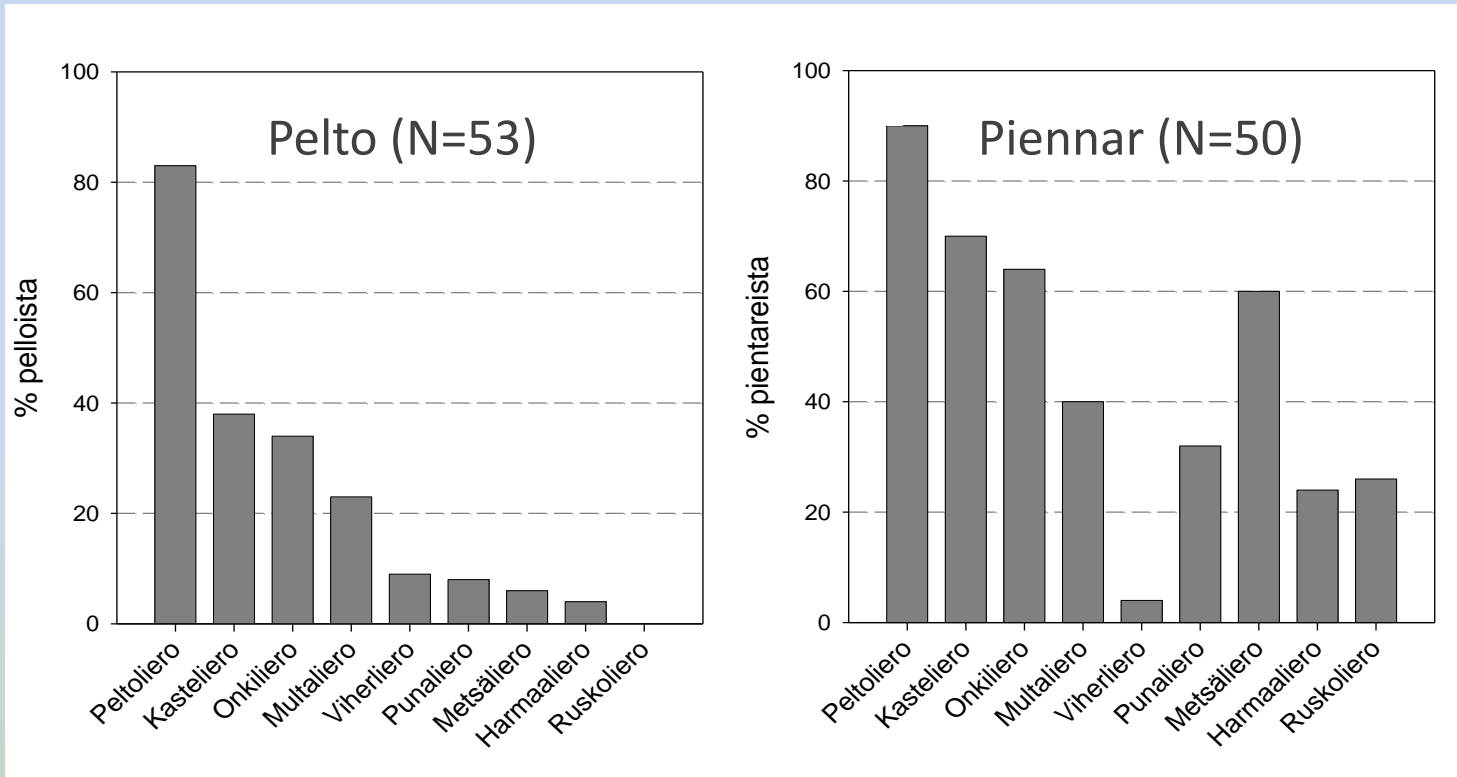
Kuvassa on esitetty ero lierojen kokonaismassassa.

# Pientareen ja pellon lierot



- Pellon pientareilla lierojen lajimäärä (vasemmalla) ja yksilötiheys (oikealla) on kaksinkertainen pellon viljeltyyn osaan verrattuna.

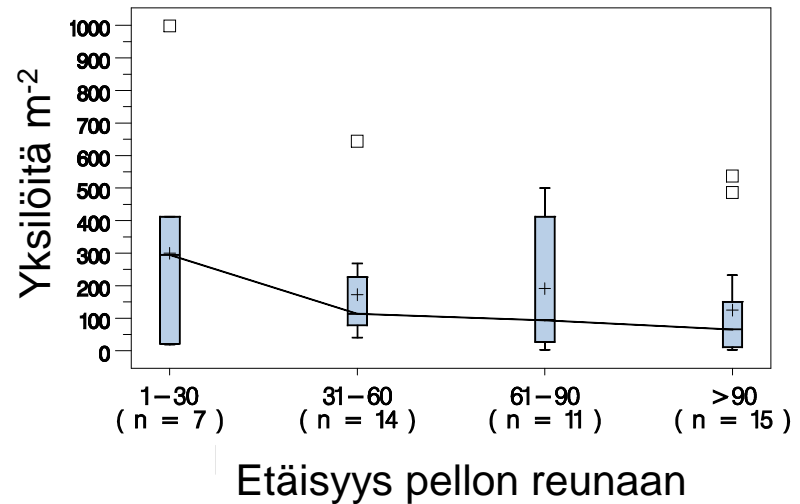
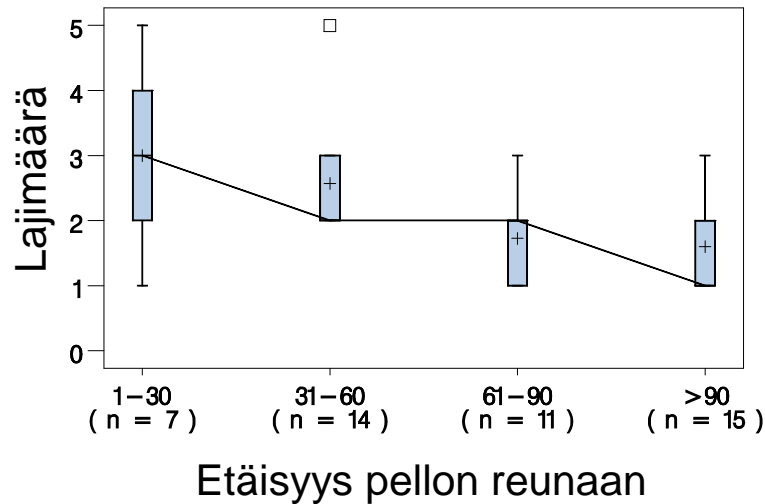
# Lajien esiintyminen pellolla ja pientareella



N = otoskoko

- Useimmat lierolajit esiintyvät tavallisemmin pientareella kuin pellossa.

# Pellon reunan vaikutus



n = otoskoko

- Lierojen laji- ja yksilömäärä on korkeimmillaan lähellä pellon piennarta.

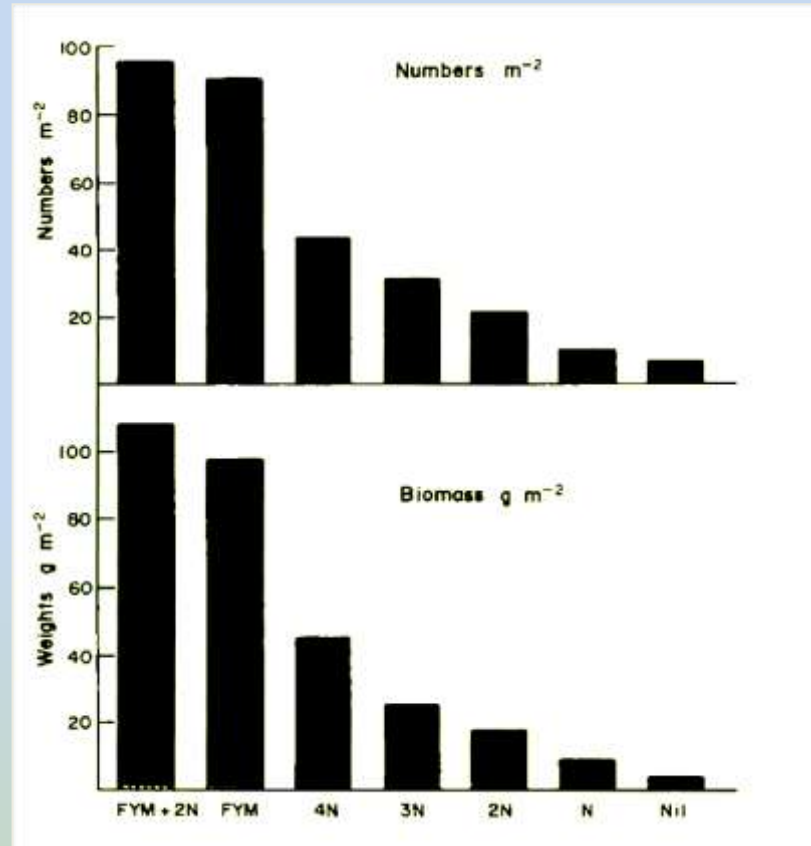
# 6. Lisää lierojen esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä

- Lannoitus
- Luomu ja lierot
- Maan muokkaaminen vs. suorakylvö
- Ravinnon määrä ja laatu
- Kesannoiti
- Maan tiivistyminen
- Torjunta-aineiden käyttö



# Lannoitus

- Lannoituksen vaikutus lierojen runsauteen jatkuvassa viljanviljelyssä.
- Koe aloitettiin vuonna 1843, lieronäytteet otettiin syksyllä 1979 (*Broadbalk-koe, Rothamsted, Englanti; Edwards ja Lofty 1982.*)



Lyhenteet:

FYM = 35 t karjanlantaa per ha

N = 48 kg N per ha

Nil = Ei lannoitusta

# Luomu ja lierot

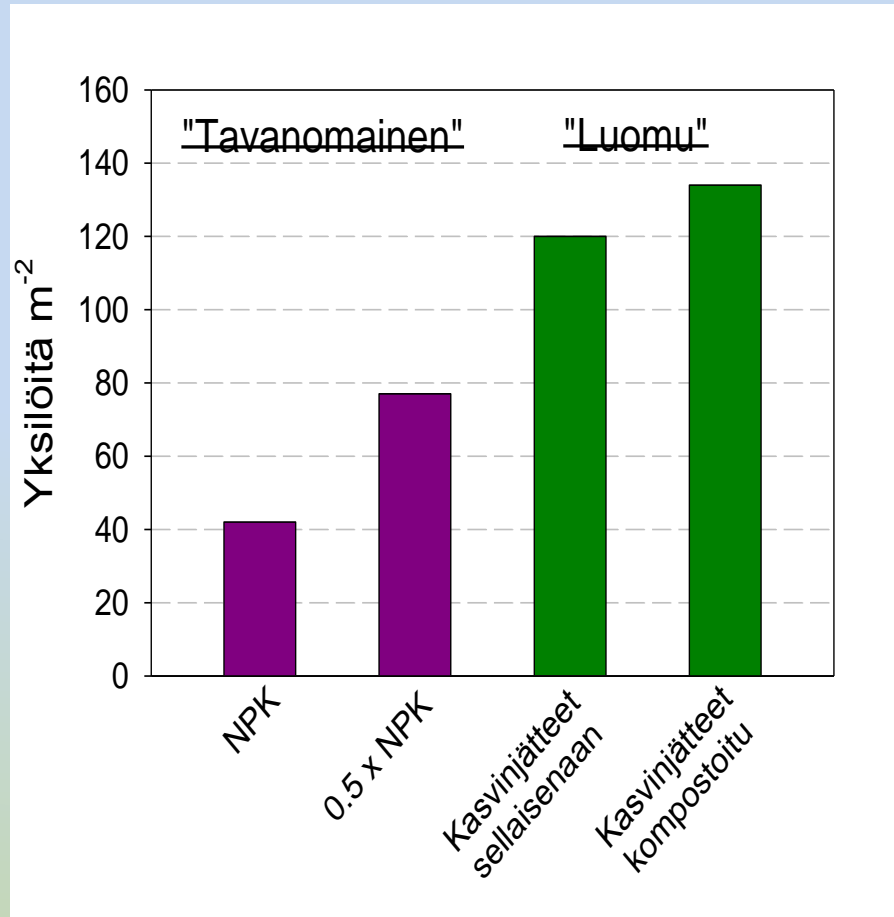
- Luonnonmukaisessa viljelyssä on useita lierojen kannalta hyödyllisiä piirteitä
  - esimerkiksi nurmet ja palkokasvit viljelykierrossa, lannan käyttö ja kemiallisesta kasvinsuojelusta pidättäytyminen
- Kattavan, eri puolilla maailmaa tehdyistä tutkimuksista laaditun yhteenvedon mukaan, luomu yleensä lisää lierojen runsautta (*12 myönteistä vaikutusta yhteensä 13 tutkimuksessa; Bengtsson ym. 2005*)





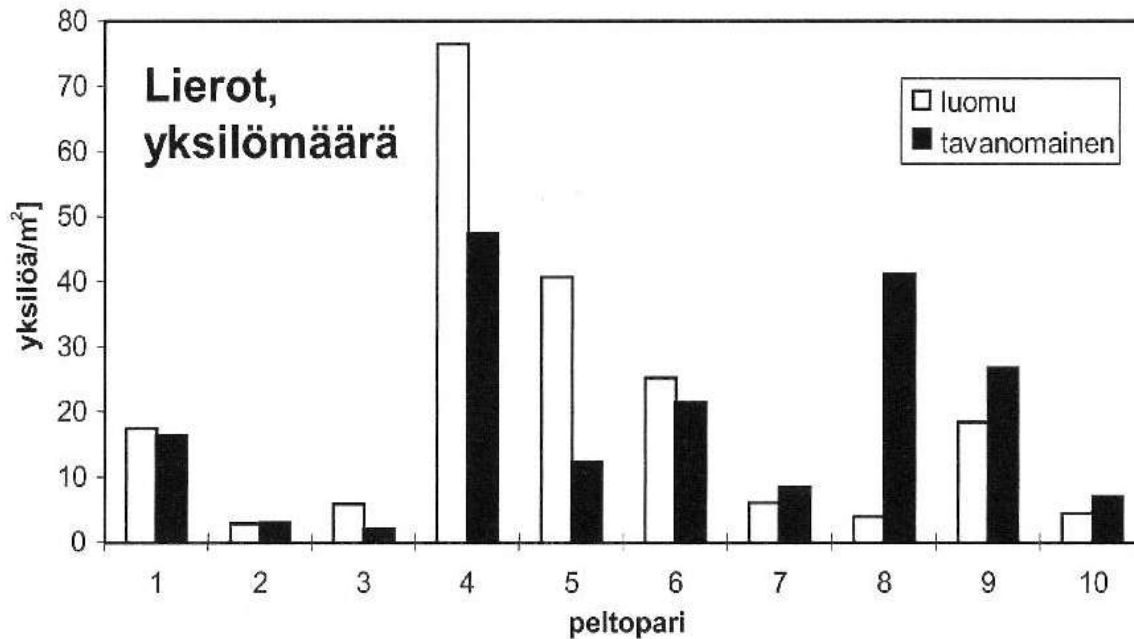
# Luomu vs. tavanomainen: suomalainen vertailu 1/2

- Keski-Suomessa tehdyssä pitkäaikaisessa omavaraisviljelykokeessa lierojen tiheys oli suurin vilja- ja typensitojakasveja vuorottelevassa luomuviljelyssä, jossa lannoitus perustui kasvinjätteiden palauttamiseen peltoon ja komposteihin.



(Kukkonen ja Vestberg 2002)

# Luomu vs. tavanomainen: suomalainen vertailu 2/2

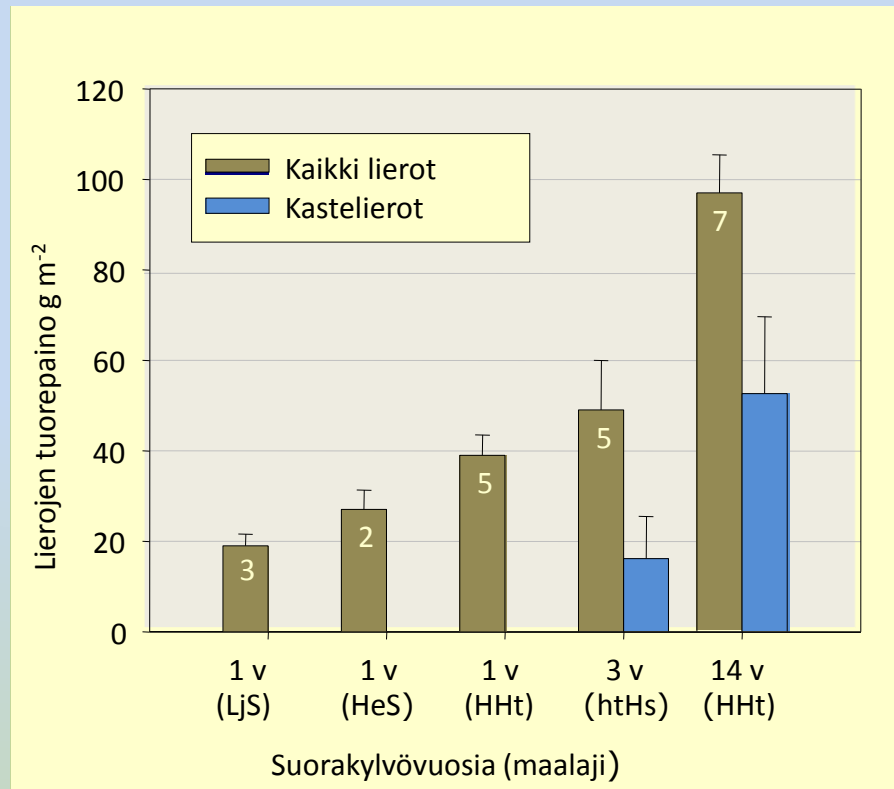


Kuvassa on esitetty kahtena syksynä tehdyn mittauksen keskiarvo. Lierotiheyden alhainen yleistaso johtuu käytetystä näytteenottomenetelmästä.

- Suomalaisessa tilaparivertailussa ei havaittu johdonmukaisia eroja luomun ja tavanomaisen viljelyn välillä. (*Palojärvi ym. 2002*)

# Suorakylvö lisää määrää ja monimuotoisuutta

- Lierojen tuorepaino 1-14 vuoden ajan suorakylvetyillä peltolohkoilla Satakunnassa
- Korkein liero- ja lajimäärä (numerot pylväissä) mitattiin pisimpään suorakylvössä olleella peltolohkolla (*Nuutinen ym. 2003*)

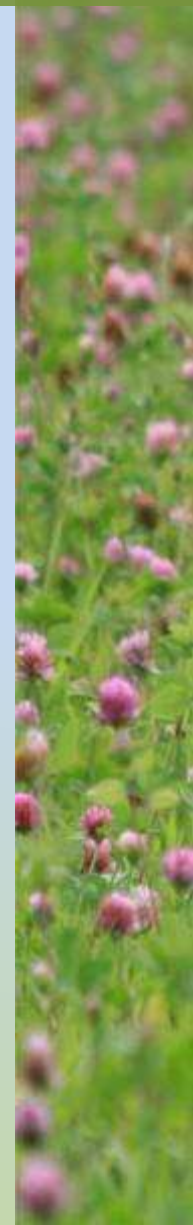


# Suorakylvön ja kynnön ero



Kuva: Risto Seppälä, MTT

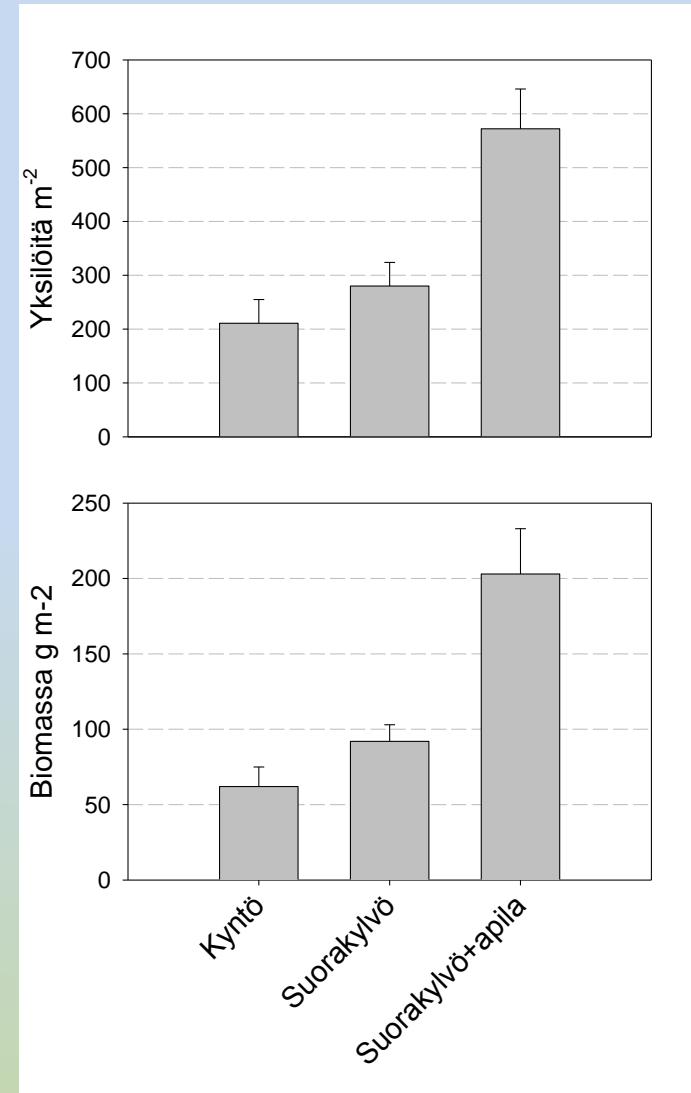
Lierojen runsaus pitkään suorakylvetyssä (vas.) ja syyskynnetyssä (oik.) hietamaassa. Isolla maljalla (alarivi) ns. kemiallisen näytteen (0,5 m<sup>2</sup>) ja pienellä maljalla (ylärivi) maanäytteen (0,04 m<sup>2</sup>) lierot samasta näytekohdasta. Skaalana 1 €. (Alakukku ym. 2004)



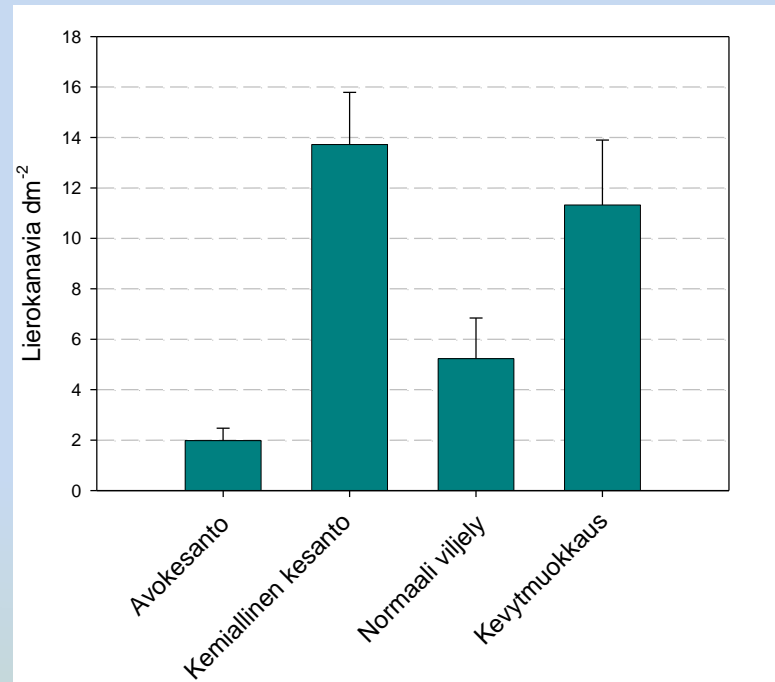
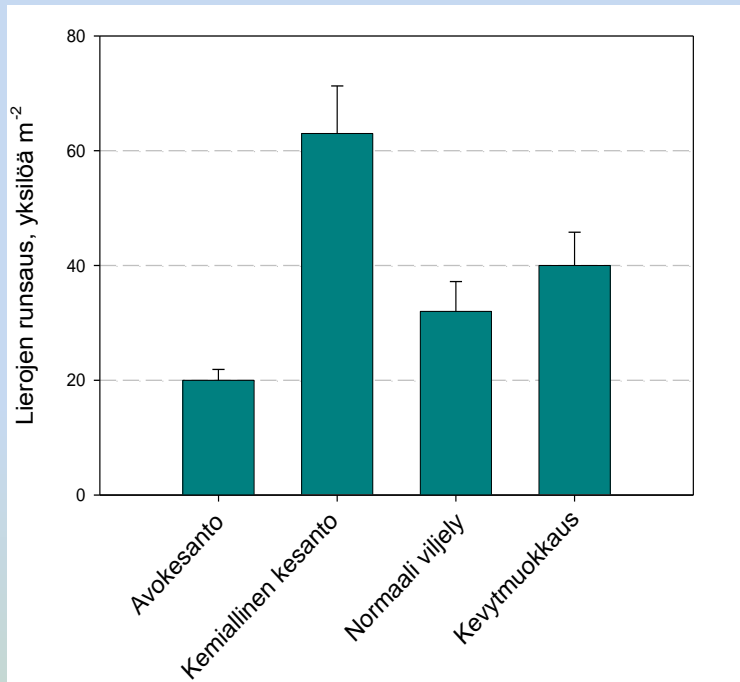
# Ravinnon määrä ja laatu

- Valkoapila suorakylvetyn vehnän aluskasvina lisäsi selkeästi lierojen määrää Irlannissa tehdyssä 3-vuotisessa kenttäkokeessa.
- Valkoapila takasi lieroille hyvälaatuisen ravinnon jatkuvan saatavuuden.

*(Schmidt ym. 2003)*



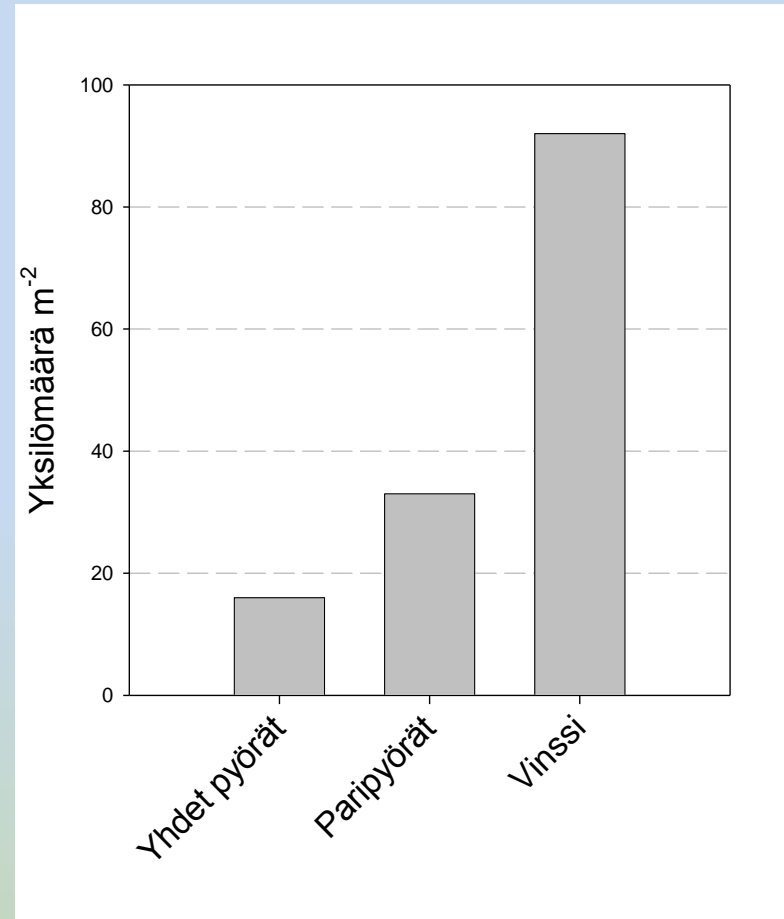
# Avokesannoinnin vaikutus



- Avokesannointi vähentää lierojen määrää, mikä taas vähentää maan huokoisuutta.
- Glyfosaatilla käsitellyllä ”kemiallisella kesannolla” lieroja ja niiden kaivamia käytäviä oli jopa enemmän kuin kevytmuokatussa viljellyssä maassa, joissa lieroja on usein suhteellisen runsaasti. (Tiiri 1991)

# Maan tiivistyminen haittaa lieroja

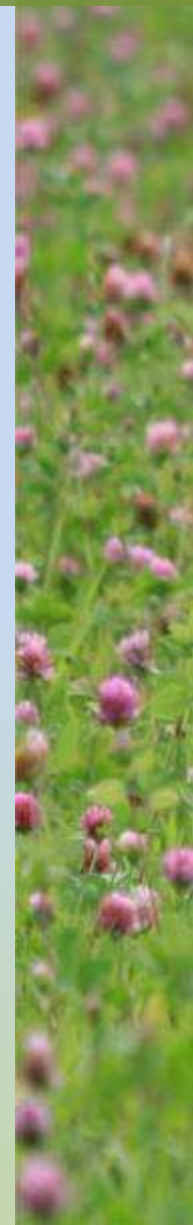
- Lierot olivat ruotsalais-tutkimuksessa runsaimmillaan, kun savipellolla ei liikuttu lainkaan traktorilla ja peltotyöt tehtiin vinssin avulla.
- Paripyörät traktorissa vähensivät peltoliikenteen kielteistä vaikutusta.



(Boström 1986)

# Torjunta-aineiden käyttö

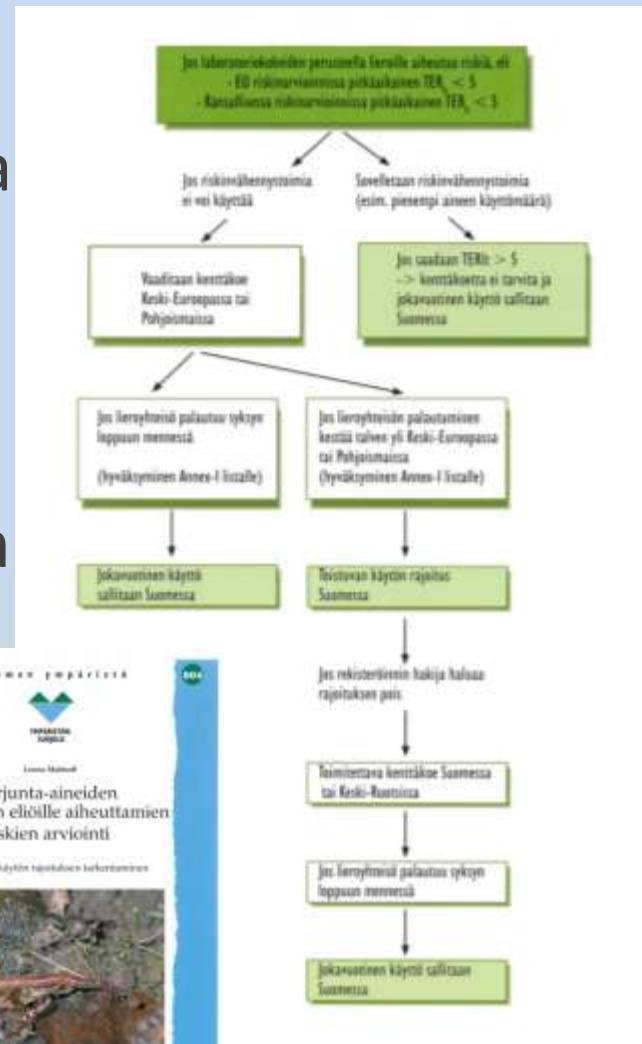
- Torjunta-aineiden laajan kemiallisen kirjon vuoksi niiden vaikutuksia lieroihin on vaikea summata lyhyesti. Lierojen ekologiset ryhmät ovat myös eri tavoin alttiita torjunta-aineiden käytölle.
- Usein muut tekijät, esimerkiksi maaperän luontainen vaihtelu ja pellon muu viljelyhistoria, säätelevät lierojen esiintymistä paljon enemmän kuin torjunta-aineiden käyttö (*Whalen & Fox 2006*).
- Torjunta-aineiden satunnainen käyttö on yleensä - myös kaikkein myrkyllisimpien aineiden kohdalla - suhteellisen haitatonta lieroille ja esimerkiksi herbisidit ovat useimmiten lieroille vaarattomia (*Curry 2004*).





# Torjunta-aineiden käytön riskin arviointi

- Torjunta-aineiden toistuvan käytön vaikutusten arvioinnissa ja uusien torjunta-aineiden käyttöön otossa huomioidaan vaikutukset lieroihin.
- Suomessa on torjunta-aineiden hyväksymisessä käytössä riskinarviointimenettely, jossa arvioidaan lieroille aiheutuva haitta.



Lähde: Mattsoff 2005

# 7. Lierojen istutus?

- Lierojen vähäisyys pellolla kertonee useimmiten huonoista elinolosuhteista.
- Kannan kasvattaminen lieroja istuttamalla on silloin perusteltua vain mikäli olosuhteita pellolla samalla parannetaan.
- On mahdollista, että syrjäiselle, suhteellisen hiljattain raivatulle pellolle lierot eivät ole ennättäneet levitä luontaisesti. Lieroistutus tällaiselle pellolle voi nopeuttaa merkittävästi kannan kasvua.

# Kaksi istutustapaa

- Kahdessa Etelä-Suomessa tehdyssä kokeessa lieroja istutettiin aitosavipeltoon, kun pellon olosuhteita oli ensin muutettu lieroja suosiviksi - joko maan kuivatusta parantamalla, muokkausta keventämällä tai ottamalla nurmi viljelykiertoon.
- Ensimmäisessä kokeessa kastelieroja istutettiin koekentälle ns. istutusyksikkö -tekniikalla; toisessa kokeessa istutus tehtiin lieropitoisen pintamaan ymppäyksenä käytännön viljelmälle.



# Tapaus 1: Istutusyksikkö -tekniikka



Kastelierojen keruu keväällä 1996



Istutusyksiköiden valmistus ja "haudonta" kesän 1996 ajan

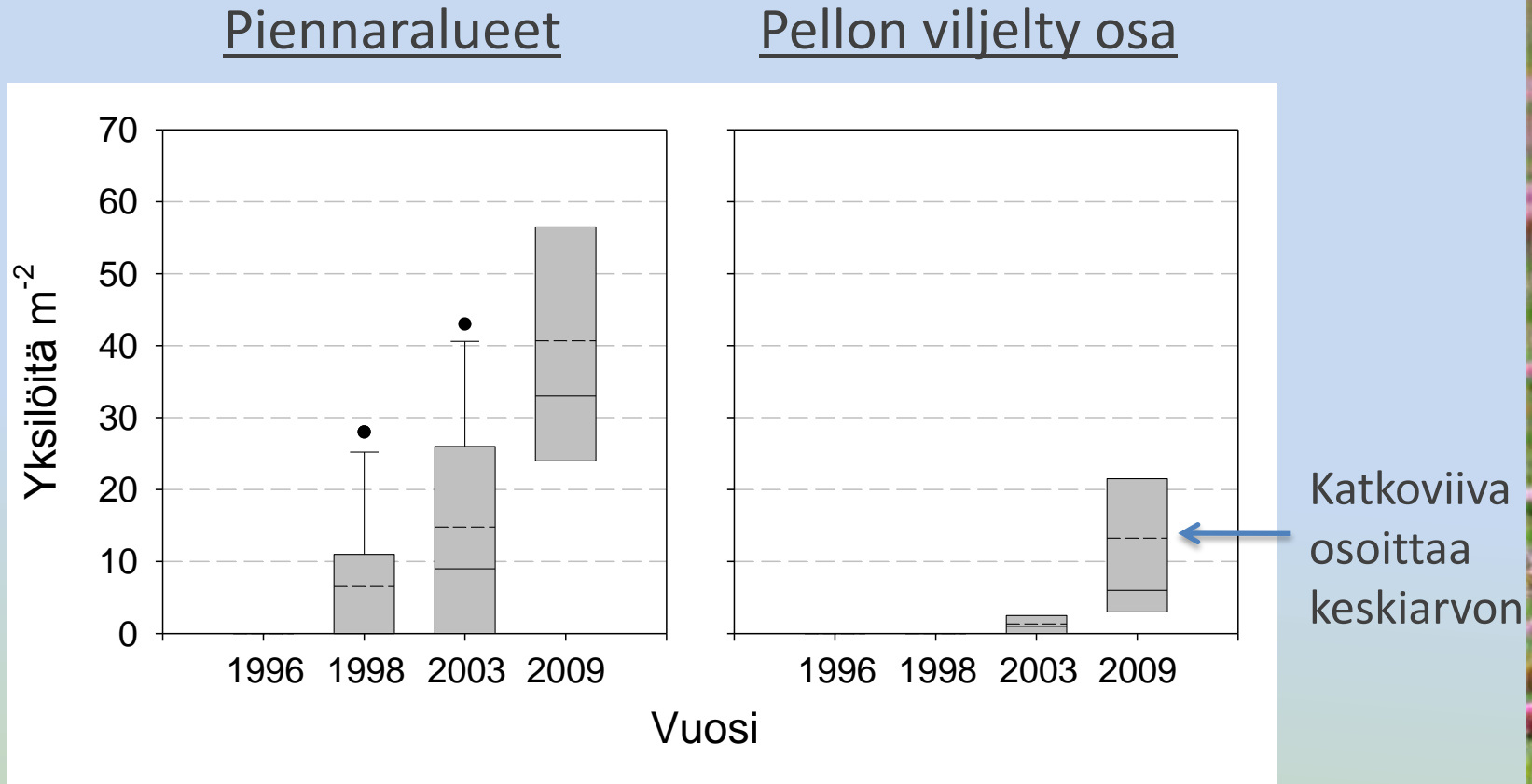


Yksiköiden tyhjennys istutuskuoppiin lokakuussa 1996



Istutetun kannan seuranta

# Kasteliero-kannan kasvu istutusalueella

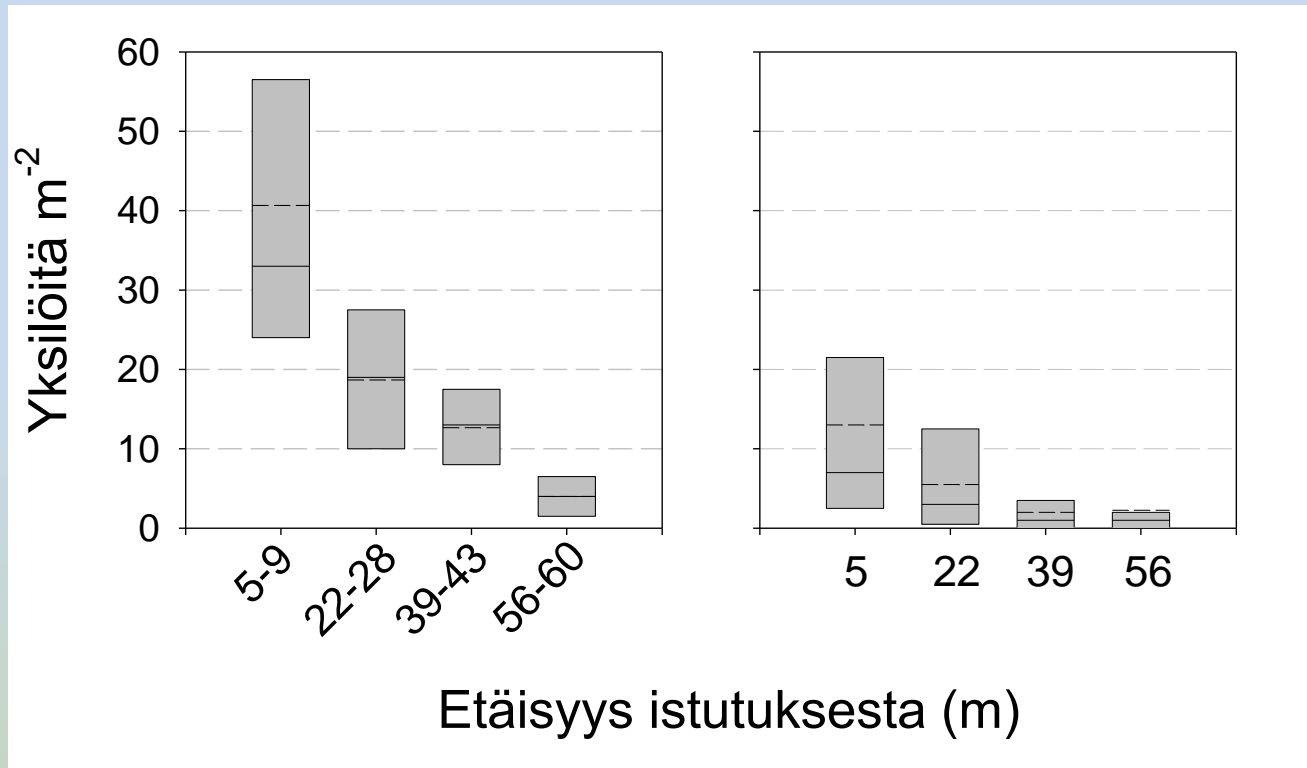


- Alunperin istutus onnistui vain piennaralueille. Pientareet toimivat lähdealueina, joilta kanta alkoi myöhemmin levitä myös peltoon. (Nuutinen ja Butt, valmisteilla)

# Kastelierojen leviäminen

Piennaralueet

Pellon viljelty osa



- Kastelierojen leviämismuutos on ollut keskimäärin n. 5 metriä vuodessa. Kuvassa lierojen runsaus eri etäisyyksillä istutusalueesta syksyllä 2009.

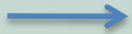
# Tapaus 2: Pintamaan siirto



Alkutilanteen kartoitus  
istutusalueella



Lieropitoisen pintamaan keruu ja siirtäminen istutuslohkolle



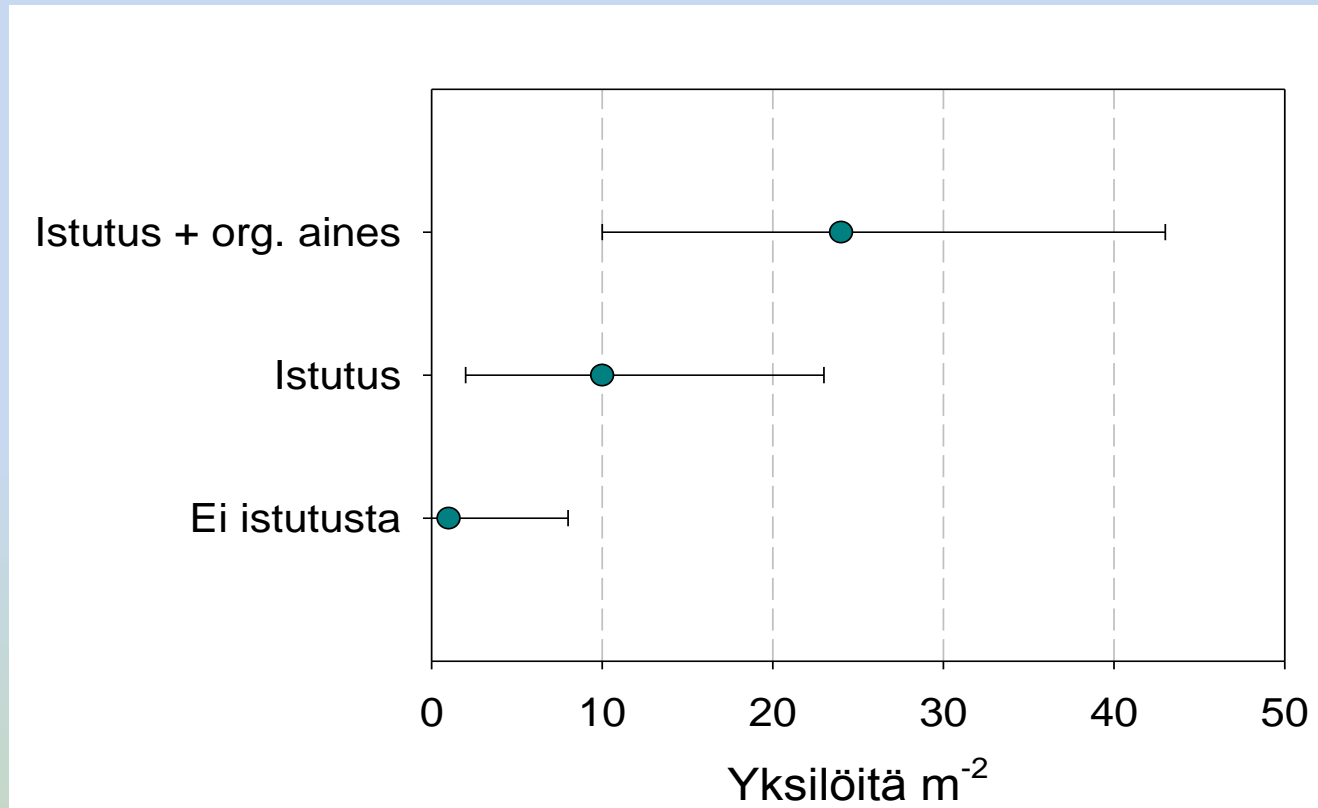
Lieroympit istutuskuoppiin



Kannan kasvun seuranta



# Kaksi vuotta istutuksesta:



- Istutuksilla saatiin lierojen kannan kasvu käyntiin. Tiheydet olivat kuitenkin edelleen matalia kaksi vuotta istutuksen jälkeen. (Nuutinen ym. 2006)



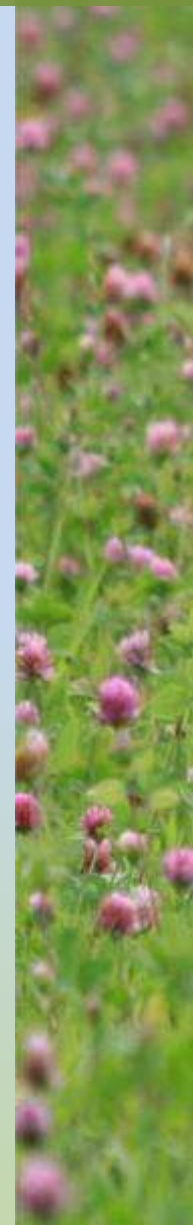
# 8. Lieroystävällinen peltoviljely 1/3

- Lierojen vaikutukset peltomaassa ovat pääsääntöisesti myönteisiä maanviljelyn ja ympäristön kannalta.
- Viljellyissä suomalaisissa kivennäismaissa maalaji asettaa luontaiset rajat lierojen runsaudelle.
- Niissä rajoissa viljelijä voi kuitenkin merkittävästi vaikuttaa lierojen määrään ja lieroyhteisön monimuotoisuuteen.



# Lieroystävällinen peltoviljely 2/3

- Peltomaan perusparannustoimet kuten kalkitus ja maan hyvästä kuivatuksesta huolehtiminen edistävät myös lierojen toimeentuloa.
- Nurmet viljelykierrossa ovat lieroille edullisia vähentäessään muokkaukset. Palkokasvien viljely tehostaa nurmen myönteistä vaikutusta.
- Kynnön korvaaminen kevyemmällä muokkauksella tai suorakylvöllä lisää erityisen selkeästi lierojen runsautta ja lajistoa.



# Lieroystävällinen peltoviljely 3/3

- Laitumet ja kiinteän karjanlannan (ei niinkään lietteen) käyttö kasvattavat lierokantoja.
- Maan liiallinen tiivistyminen on lieroille vakava haitta.
- Peltoa ympäröivät viljelemättömät reuna-alueet ovat ilmeisen tärkeitä lierojen leviämisreittejä ja peltoyhteisön monimuotoisuutta tukevia lähde-alueita.
- Jopa lierojen istuttaminen peltoon voi joissain tilanteissa olla hyödyllistä.



# Lierot peltomaan laadun ilmentäjinä



Lierojen runsauden ja lajiston tarkastelu on osa Peltomaan laatutestiä:  
[http://www.virtuaali.info/efarmer/peltomaan\\_laaturtesti/index.php](http://www.virtuaali.info/efarmer/peltomaan_laaturtesti/index.php)

(Myllys ym. 2006)



# Lähteet 1/6

- Alakukku L ym. 2004. Suorakylvön soveltuvuus käytännön vesiensuojelutyöhön: esiselvitys. Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja. Sarja A 28: 92 s.
- Bengtsson J ym. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261-269.
- Boström U 1986. The effect of soil compaction on earthworms (Lumbricidae) in a heavy clay soil. *Swedish Journal of Agricultural Research* 16: 137-141.
- Curry JP 2004. Factors affecting the abundance of earthworms in soils. Sivut 91-113 teoksessa: Edwards CA (toim.) *Earthworm Ecology* (2nd edition). CRC Press, Boca Raton.
- Darwin, C 1881. *The Formation of Vegetable Mould, Through the Action of Worms, with Observations on Their Habits*. John Murray, London.

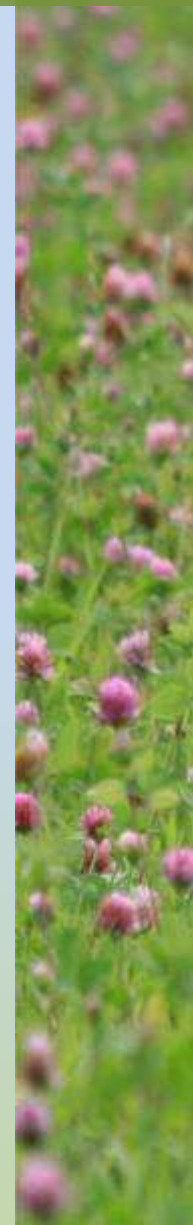


# Lähteet 2/6

- Edwards CA & Lofty JR 1982. Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. *Soil Biology & Biochemistry* 14: 515-521.
- Feller G ym. 2003. Charles Darwin, earthworms and the natural sciences: various lessons from past to future. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99: 29-45.
- Kukkonen S & Vestberg M 2002. Miten lierot liittyvät kasvukuntoon? *Puutarha & Kauppa*, No. 19: 8-9.
- Linden DR ym. 1994. Faunal indicators of soil quality. Sivut 91-106 teoksessa: Doran JW ym. (toim.) *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, SSSA Special Publication No 35.
- Lubbers I ym. 2011. Earthworm-induced N mineralization in fertilized grassland increases both N<sub>2</sub>O emission and crop N-uptake. *European Journal of Soil Science* 62:152-161.

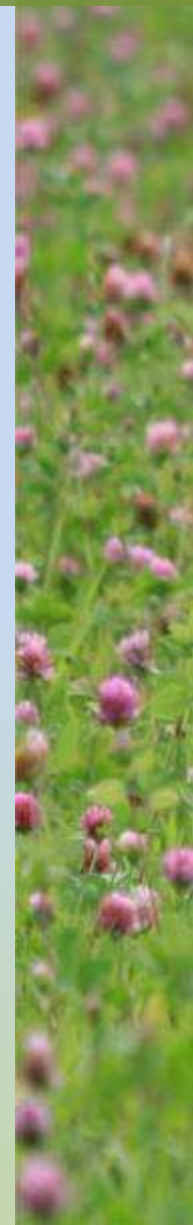
# Lähteet 3/6

- Mattsoff L 2005. Torjunta-aineiden maaperän eliöille aiheuttamien riskien arviointi. Suomen ympäristö 804. SYKE.
- Myllys M ym. 2006. Peltomaan laatutesti kertoo maan kunnon. Koetoiminta ja käytäntö 63, 3(16.10.2006): 14.
- Nieminen, M ym. Local land use effects and regional environmental limits on earthworm communities in Finnish arable landscapes. Ecological Applications (painossa).
- Nuutinen V ym. 1998. Spatial variation of an earthworm community related to soil properties and yield in a grass-clover field. Applied Soil Ecology 8: 85-94.
- Nuutinen V ym. 2001. Abundance of the earthworm *Lumbricus terrestris* in relation to subsurface drainage pattern on a sandy clay field. European Journal of Soil Biology 37: 301-304.
- Nuutinen V & Butt KR 2003. Interaction of *Lumbricus terrestris* L. burrows with field subdrains. Pedobiologia 47: 578-581.



# Lähteet 4/6

- Nuutinen V ym. 2003. Lierot muokkaavat suorakylvetyn maan. Koetoiminta ja käytäntö 60, 1(17.3.2003): 5.
- Nuutinen V ym. 2006. Lieroistutus rakenteeltaan heikentyneen savimaan kunnostuksessa. Sivut 97-102 teoksessa: Alakukku L (toim.) Maaperän prosessit - pellon kunnan ja ympäristönhoidon perusta: MMM:n maaperätutkimus-ohjelman loppuraportti. Maa- ja elintarviketalous 82.
- Nuutinen V ym. 2007. Lieroyhteisöjen alueellinen vaihtelu maaperän ja pellon käytön mukaan. Sivut 313-330 teoksessa: Salonen J ym. (toim.) Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Maa- ja elintarviketalous 110.
- Nuutinen V & Butt KR 2011. Settlement and spread of an introduced earthworm (*Lumbricus terrestris* L.) population in relation to field management in boreal clay soil. (valmisteilla)





# Lähteet 5/6

- Oldenburg E ym. 2008. Impact of earthworm *Lumbricus terrestris* on the degradation of *Fusarium*-infected and deoxynivalenol contaminated wheat straw. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 3049-3053.
- Palojärvi A ym. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. *Maa- ja elintarviketalous* 2: 88 s. + 2 liitettä.
- Scheu S 2003. Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. *Pedobiologia* 47: 846-856.
- Schmidt O ym. 2003. Why do cereal-legume intercrops support large earthworm populations? *Applied Soil Ecology* 22: 181-190.
- Shipitalo MJ ym. 2004. Interaction of earthworm burrows and cracks in a clayey, subsurface-drained, soil. *Applied Soil Ecology* 26: 209-217.
- Tiiri J 1991. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. MTTK:n tiedote 11/1991, Jokioinen.

# Lähteet 6/6

- Whalen JK & Fox CA 2006. Diversity of Lumbricid earthworms in temperate agroecosystems. Sivut 249-261 teoksessa: Benckiser G & Schnell S (toim.) Biodiversity in Agricultural Production Systems. CRC / Taylor & Francis, Boca Raton.
- White G 1789. The Natural History of Selborne. The World's Classics. Oxford University Press, Oxford.

