

Peltomaan lierot

Osa II

Visa Nuutinen*, Jukka Rajala (toim.)** ja Ritva Mynttinen (toim.)**

*Erikoistutkija, FT, Luonnonvarakeskus

**Helsingin yliopisto Ruralia-instituutti

Kuvat tekijän, jollei toisin mainita

2019



Sisällys



1. Viljelytoimenpiteiden vaikutuksista lieroihin
2. Suomen peltojen lieroinventaario
3. Lierojen istutus?
4. Lieroystävällinen peltoviljely

Lähteet



1. Viljelytoimenpiteiden vaikutuksista lieroihin



- Maanmuokkaus
- Lannoitus & ravinnon määrä ja laatu
- Luomu ja lierot
- Kesannoinnin vaikutus
- Torjunta-aineiden käyttö



Maanmuokkaus 1/7

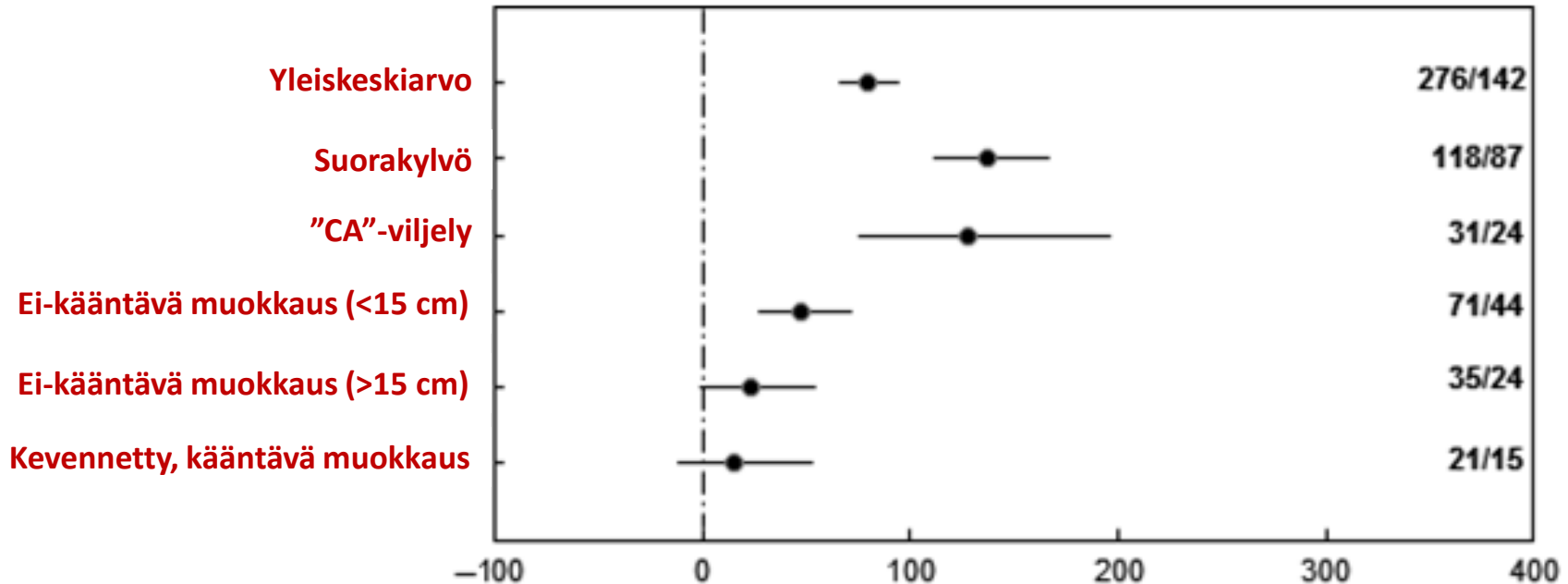


- Maanmuokkaus on tärkeimpiä, ellei tärkein peltomaan lieroyhteisöön vaikuttava viljelytoimi.
- Muokkauksen keventäminen (kynnön korvaaminen esim. sänkimuokkauksella tai suorakylvöllä) ja muokkaustaajuuden alentaminen (esim. nurmet viljelykierrossa) kasvattavat lierokantoja ja lieroyhteisön monimuotoisuutta.



Lierojen runsaus pitkään suorakylvetyssä (vas.) ja syyskynnetyssä (oik.) hietamaassa. Isolla maljalla (alarivi) ns. kemiallisen näytteen (0,5 m²) ja pienellä maljalla (ylärivi) maanäytteen (0,04 m²) lierot samasta näytekohdasta. Vertailukohtana euron kolikko. (Alakukku ym. 2004)

Maanmuokkaus 2/7



Muutos (%) lierojen lukumäärässä suhteessa kyntöön

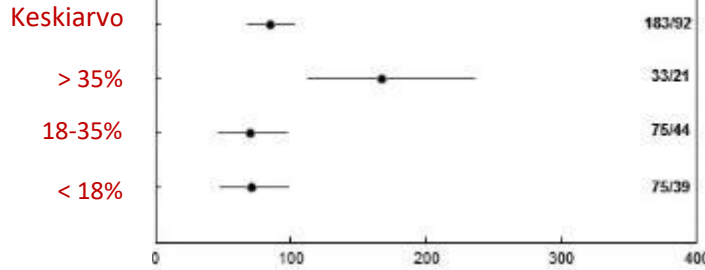
Yhteenveto (meta-analyysi suuresta joukosta tutkimuksia) muokkauksen keventämisen vaikutuksesta lieroyhteisöön. Numerot oikealla osoittavat vertailuparien ja lähteenä olevien tutkimusten määrän.

(Briones & Schmidt 2017)

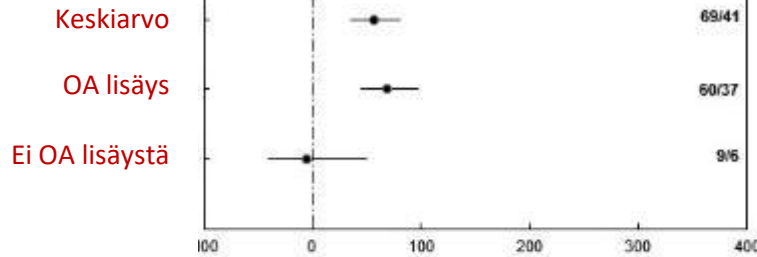
Maanmuokkaus 3/7



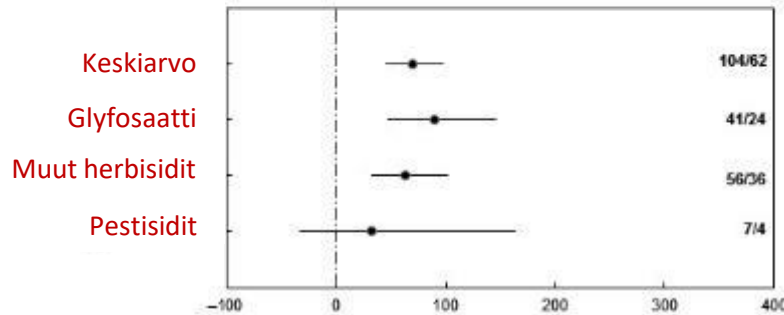
Saves %



Eloperäisen aineksen (OA) lisäys



Kasvinsuojelu



Muutos (%) lierojen lukumäärässä suhteessa kyntöön

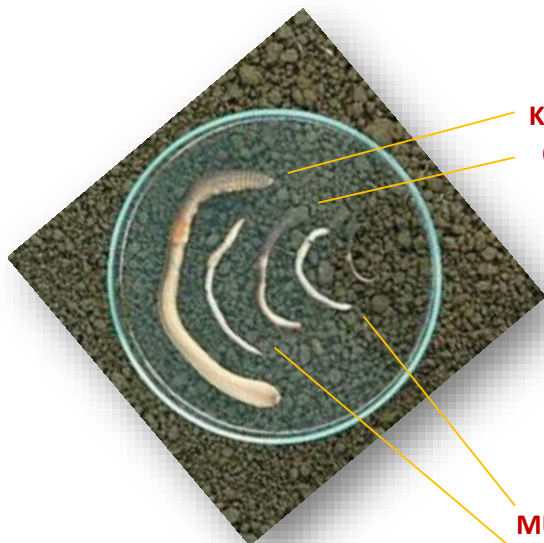
Muokkauksen keventäminen lisää lieroja selvimmin, kun maan savespitoisuus on korkea.

Eloperäisen aineksen lisääminen (esim. oljet, eloperäiset lannoitteet, kerääjäkasvit) tehostaa sitä myönteistä vaikutusta, joka muokkauksen keventämisellä on lierojen runsauteen.

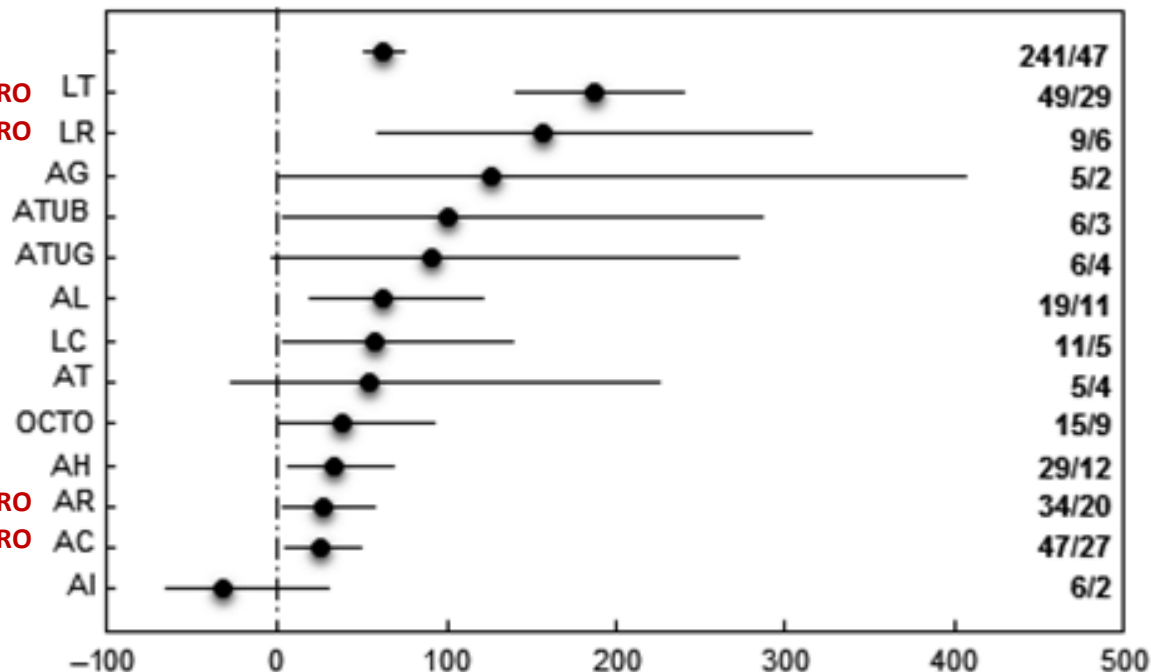
Glyfosaatin ja muiden rikkakasvien torjunta-aineiden käyttö ei heikennä vaikutusta, joka muokkauksen keventämisellä on. Niiden käyttö saattaa jopa tukea lierokannan kasvua epäsuorien, toistaiseksi puutteellisesti tunnettujen vaikutusten vuoksi.

Briones & Schmidt 2017

Maan muokkaus 4/7



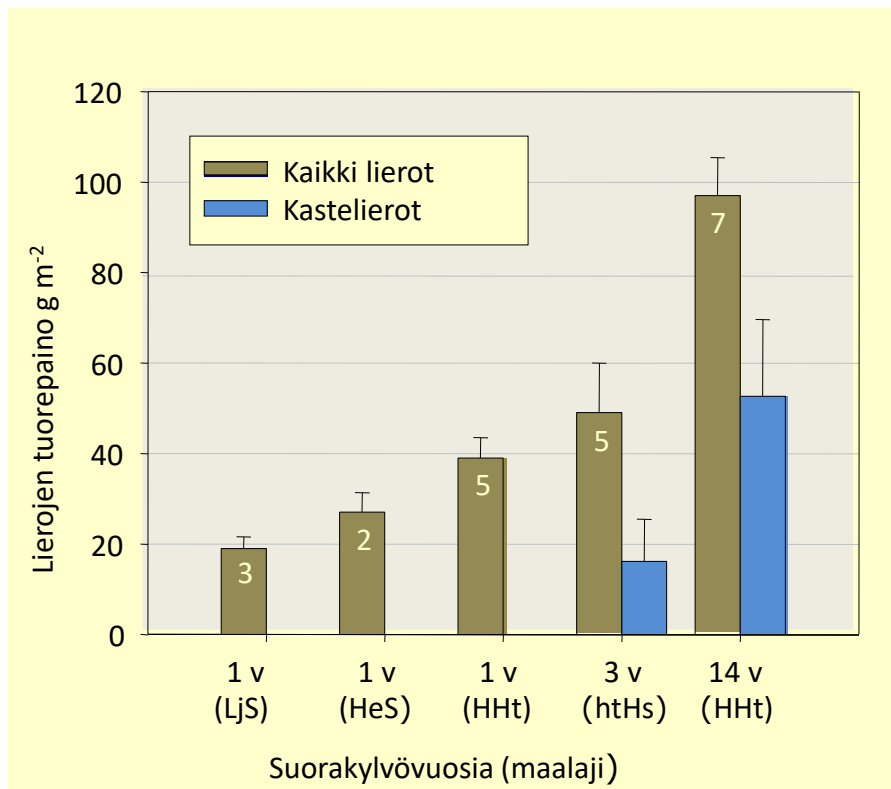
KASTELIERO
ONKILIERO
MULTALIERO
PELTOLIERO



Muutos (%) lajin runsaudessa muokkauksen keventyessä

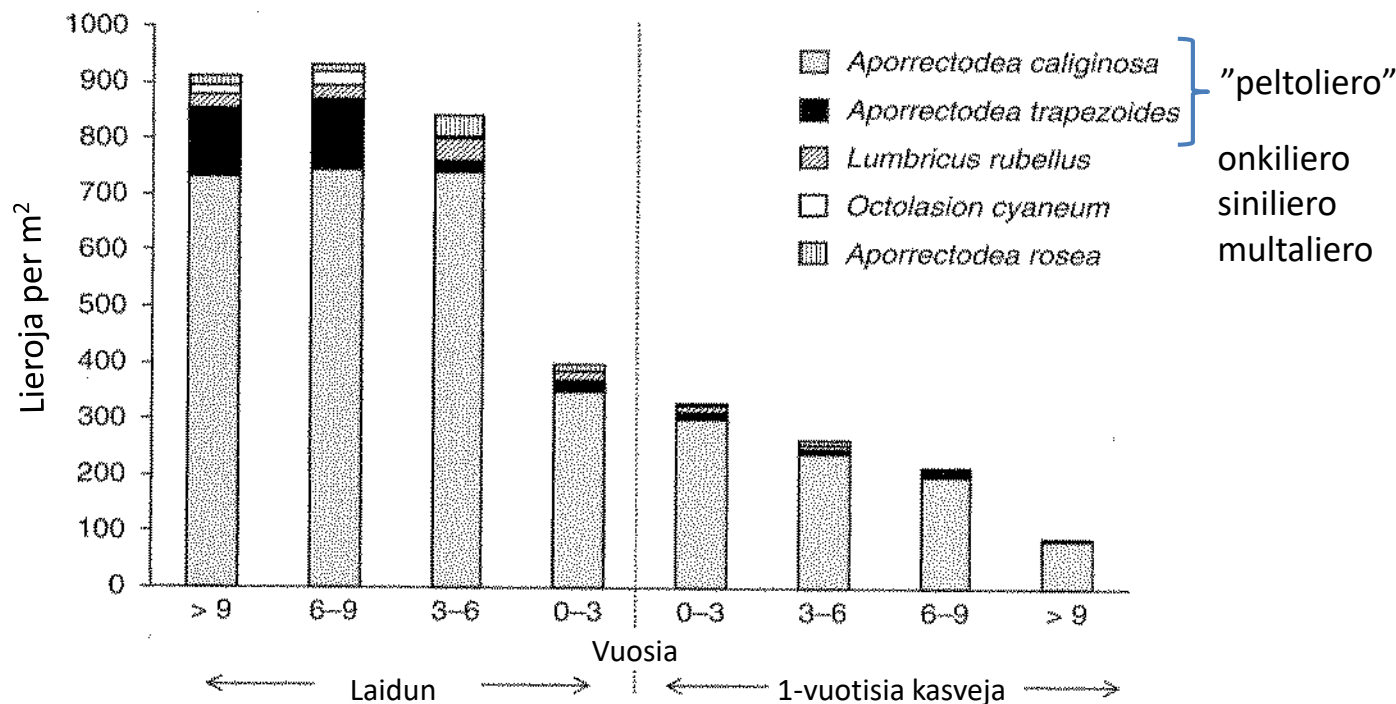
Lähes kaikki lierolajit näyttävät hyötyvän muokkauksen keventymisestä mutta pintakariketta ravinnokseen käyttävät sekä pysyvässä, maan pintaa aukeavassa käytävässä elävät lajit hyötyvät eniten. (*Briones & Schmidt 2017*)

Maanmuokkaus 5/7



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

Maanmuokkaus 6/7



Alhainen muokkaustaajuus on yksi tekijä, joka lisää lierojen määrää pitkäaikaisilla laitumilla 1-vuotisten kasvien viljelyyn verrattuna. (Fraser *ym.* 1996 / Whalen & Fox 2007)

Maanmuokkaus 7/7

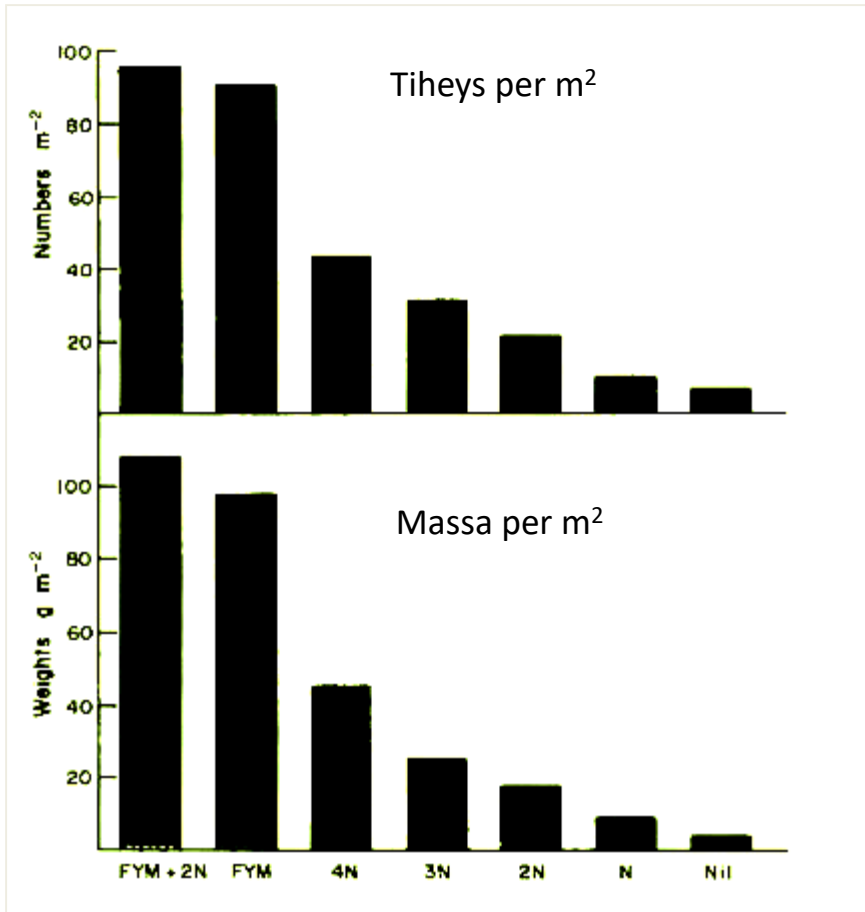


Maanmuokkauksella – erityisesti kynnöllä - on monia suoria ja epäsuoria kielteisiä vaikutuksia lieroihin:

- Muokkainten terät vahingoittavat ja surmaavat lieroja.
- Korjuutähteiden kääntäminen maan sisään vie luontaisen elinympäristön pintakarikkeen lajeilta ja hautaa kastelierojen pääasiallisen ravintolähteen. Myös pintamaan lajit (esim. peltoliero) voivat hyötyä muokkaamattomuudesta, vaikka ne käyttävätkin pinnanalaista eloperäistä ainesta.
- Muokkaus rikkoo kastelierojen pysyvät käytävät, mikä on yksi syy kastelierojen vähyyteen kynnetyissä maissa.
- Muokkaus kääntää maan pintakerroksissa eläviä nuoria yksilöitä ja lierojen munakoteloita epäedullisimpiin syviin maakerrokseen.
- Kynnetyssä maassa lämpötilan ja kosteuden muutokset ovat nopeampia ja äärevämpiä kuin muokkaamattomassa maassa. Se voi hidastaa lierokantojen kasvua.



Lannoitus & ravinnon määrä ja laatu 1/4



- Lannoituksen vaikutus lierojen runsauteen jatkuvassa viljanviljelyssä.
- Koe aloitettiin vuonna 1843, lieronäytteet otettiin syksyllä 1979.

(Broadbalk-koe, Rothamsted, Englanti; Edwards ja Lofty 1982.)

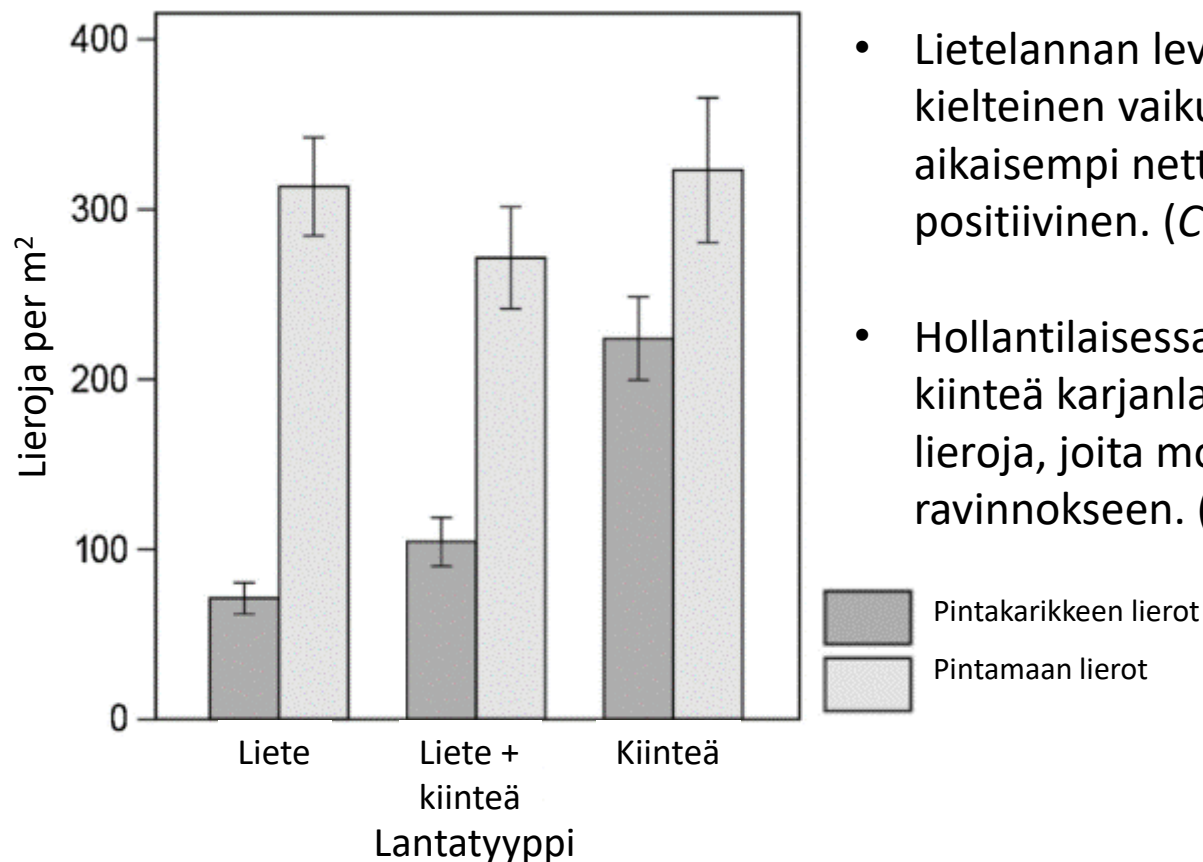
Lyhenteet:

FYM = 35 t karjanlantaa per ha

N = 48 kg N per ha

Nil = Ei lannoitusta

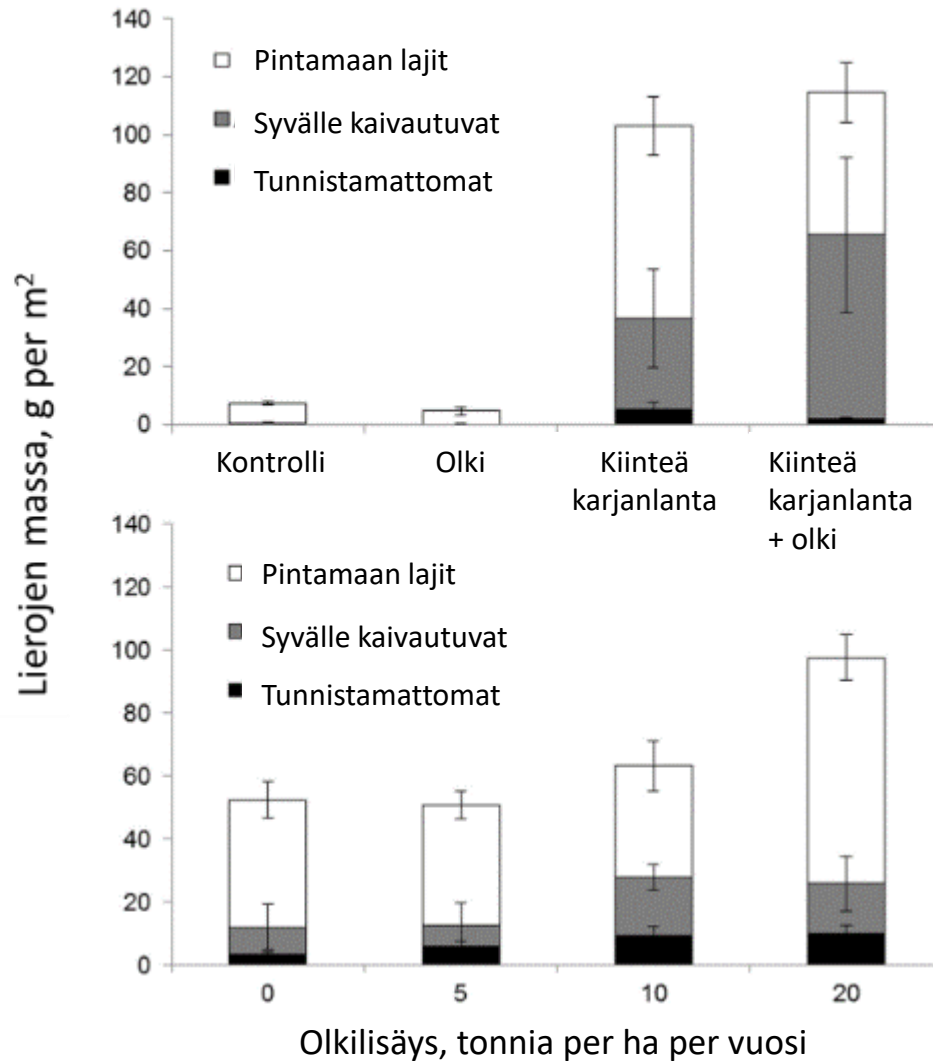
Lannoitus & ravinnon määrä ja laatu 2/4



- Lietelannan levityksellä voi olla lyhytaikainen kielteinen vaikutus lieroihin, mutta pitkäaikaisempi nettovaikutus on usein positiivinen. (Curry 2004)
- Hollantilaisessa nurmitutkimuksessa (vas.) kiinteä karjanlanta suosi pintakarrikkeen lieroja, joita monet linnut käyttävät ravinnokseen. (Orrust ym. 2019)



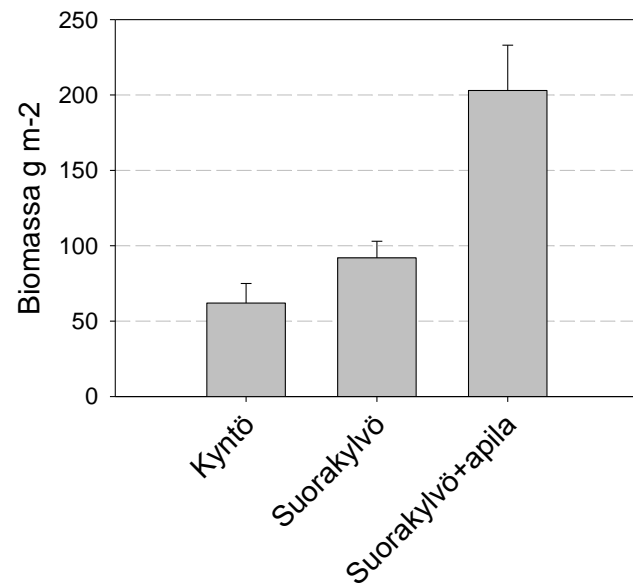
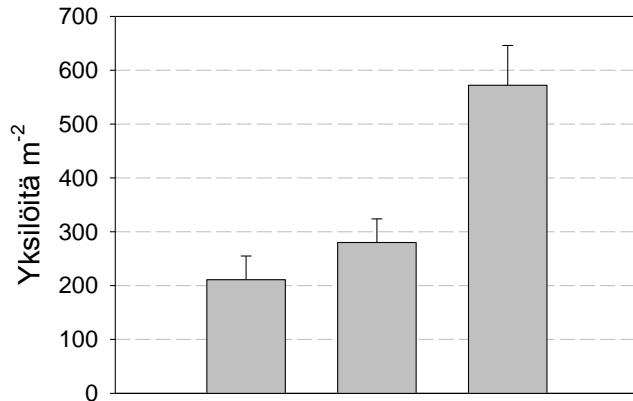
Lannoitus & ravinnon määrä ja laatu 3/4



Pitkäaikaisessa Broadbalk-kokeessa (Rothamsted, UK) pelkkää olkea (noin 5 t/ha vuodessa) saaneilla koeruuduilla lieroja oli hyvin vähän karjanlanta saaneisiin ruutuihin verrattuna.

Toisessa samalla tutkimusasemalla tehdyssä pitkäaikaiskokeessa lieroja oli edelliseen verrattuna runsaammin vain olkea saaneissa ruuduissa ja olkimäärän lisääminen kasvatti lierojen määrää.

(Sizmur ym. 2017)



- Valkoapila suorakylvetyyn vehnän aluskasvina lisäsi selkeästi lierojen määrää Irlannissa tehdyssä 3-vuotisessa kenttäkokeessa.
- Valkoapila takasi lieroille hyvälaatuisen ravinnon jatkuvan saatavuuden.
(Schmidt ym. 2003)



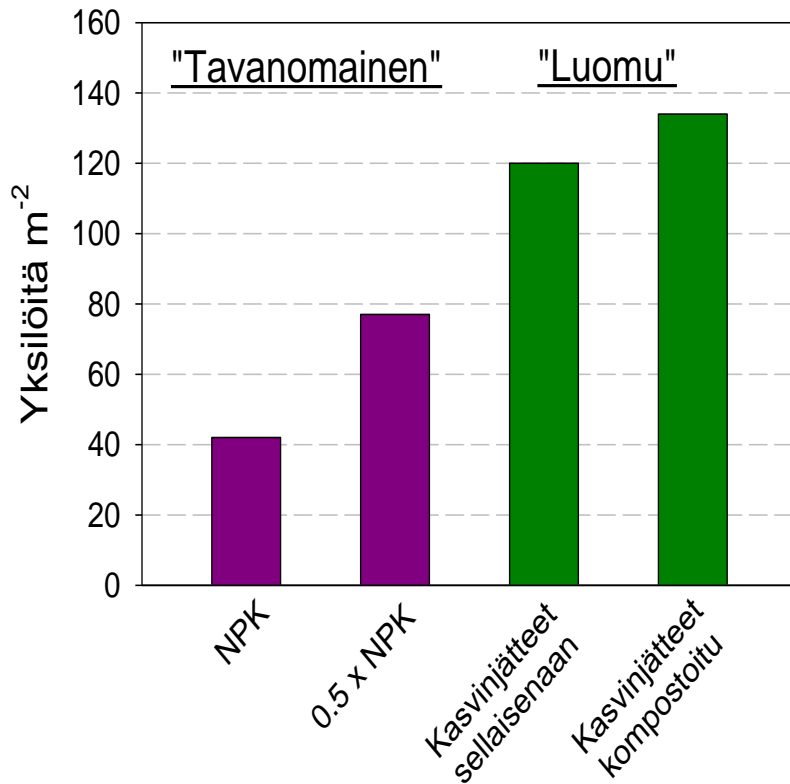
Luomu ja lierot 1/2



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



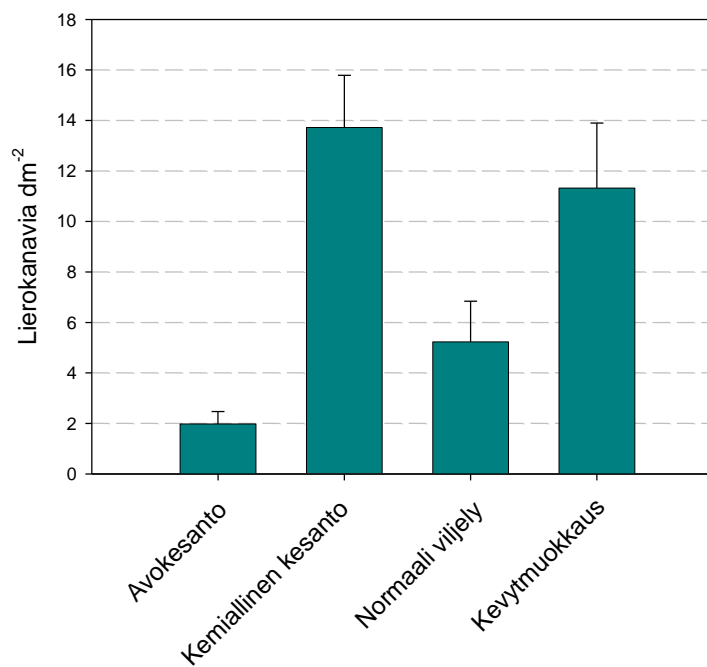
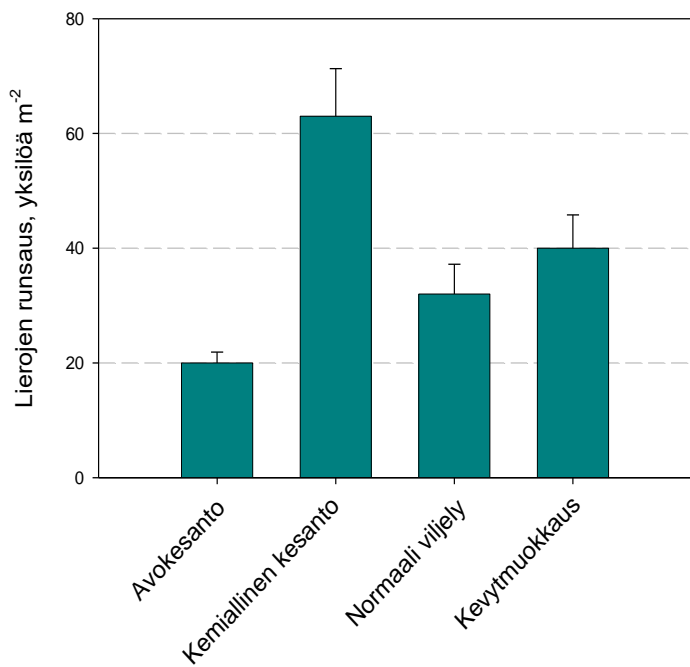
Luomu ja lierot 2/2



- 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)

Kesannoinnin 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)



Torjunta-aineiden käyttö



- Torjunta-aineiden laajan kemiallisen kirjon vuoksi niiden vaikutuksia lieroihin on vaikea vetää yhteen lyhyesti (katsaus *Pelosi ym. 2014*). Lierojen ekologiset ryhmät ovat myös eri tavoin alttiita torjunta-aineiden käytölle.
- Luotettavan kokonaiskuvan muodostamista torjunta-aineiden vaikutuksista vaikeuttaa sekin, että merkittävä osa tietämyksestä perustuu laboratoriotesteihin tunkiolieroilla, joita ei esiinny peltomaassa (*Bart ym. 2018*).

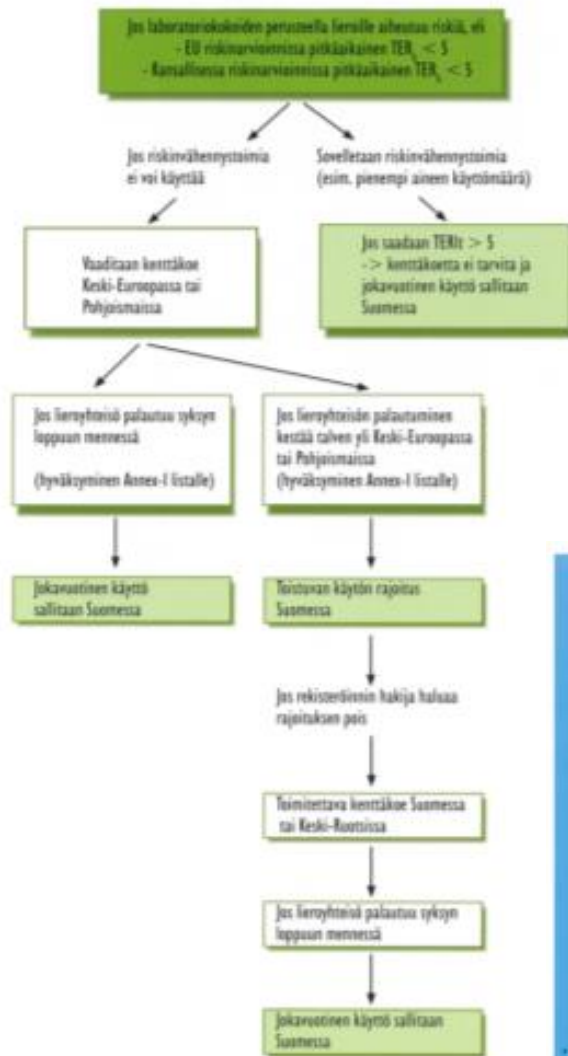


Torjunta-aineiden käyttö



- Torjunta-aineiden satunnaista käyttöä pidetään suhteellisen haitattomana lieroille ja esimerkiksi rikkakasvien torjunta-aineet (herbisidit) ovat useimmiten lieroille vaarattomia (esim. *Curry 2004*). Yleistäen voidaan sanoa, että torjunta-aineista tuhohyönteisiä (insektisidit) ja kasvitauteja (fungisidit) vastaan käytetyt aineet ovat lierojen kannalta haitallisimpia.
- Muut tekijät – esimerkiksi maaperän luontainen vaihtelu ja pellon muu viljelyhistoria – säätelevät ilmeisesti peltomaiden lierojen esiintymistä merkittävästi enemmän kuin torjunta-aineiden käyttö (*Whalen & Fox 2006*).

Torjunta-aineiden käytön riskin arviointi

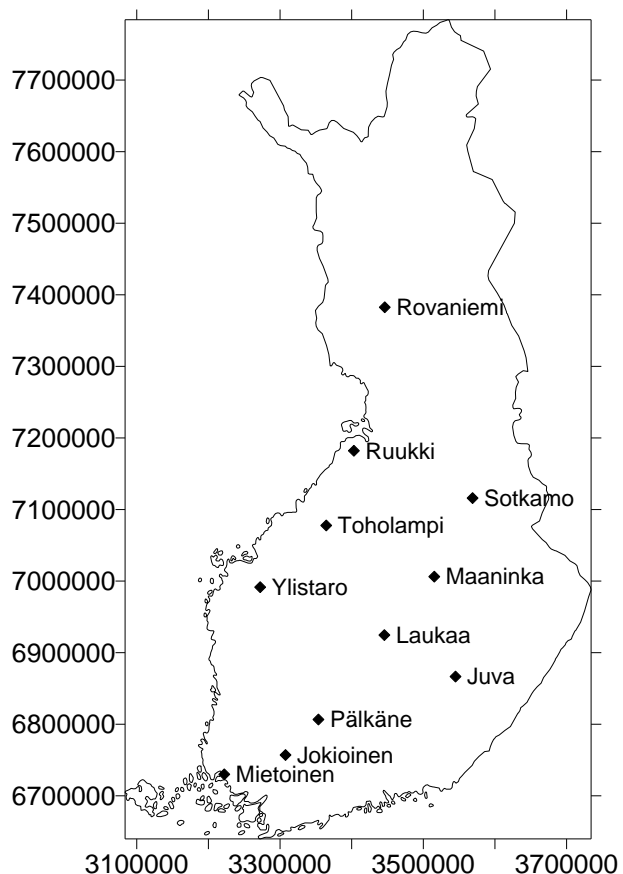


- Torjunta-aineiden toistuvan käytön vaikutusten arvioinnissa ja uusien torjunta-aineiden käyttöönotossa huomioidaan vaikutukset lieroihin.

- Suomessa on torjunta-aineiden hyväksymisessä käytössä riskinarviointimenettely, jossa arvioidaan lieroille aiheutuva haitta (Mattsoff 2005).



2. Suomen peltojen lieroyhteisöjen inventaario



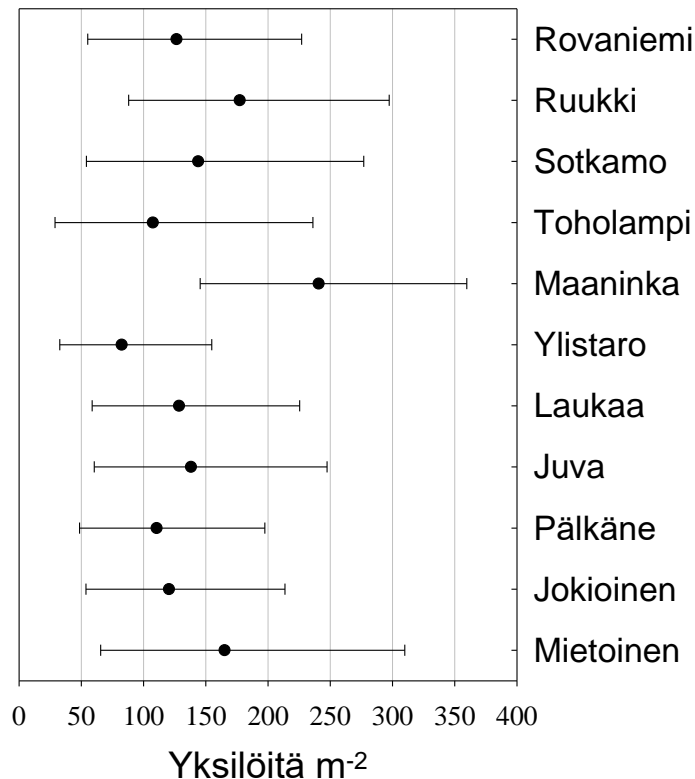
Luonnonvarakeskus (Luke; ent. MTT) tutki yhteensä 53 peltoa yhdellätoista paikkakunnalla.

Näytteet otettiin sekä pelloilta että pientareilta.



(Nieminen ym. 2011)

Lierojen alueellinen esiintyminen



Kuvaan on merkitty pallolla arvio yksilötiheyden keskiarvosta paikkakunnalla. ”Viikset” osoittavat arvion 95%:n luottamusvälin. Samaa merkintätapaa käytetään myös seuraavissa kuvissa.

- 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.

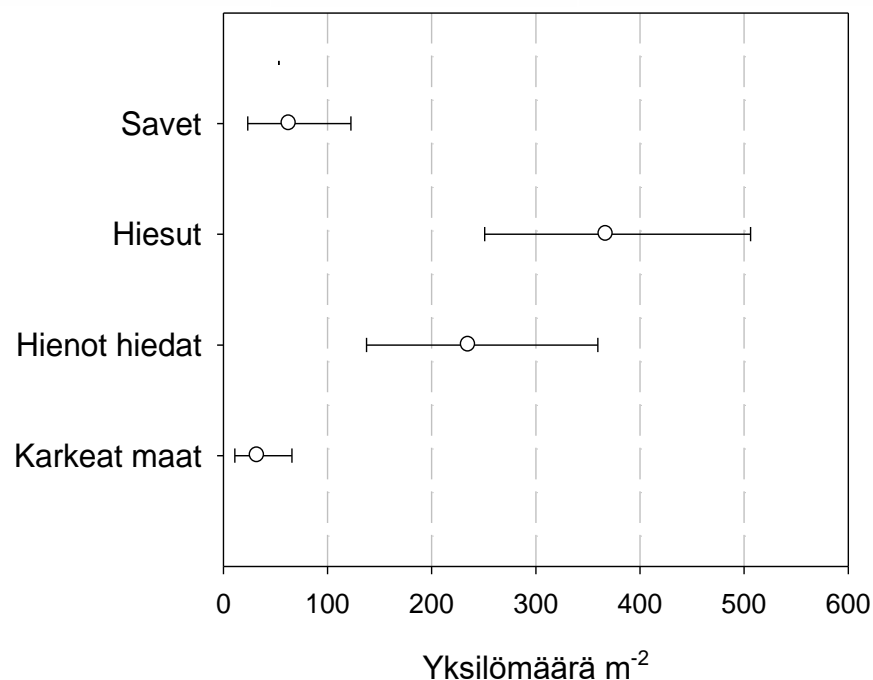
Maalajin merkitys



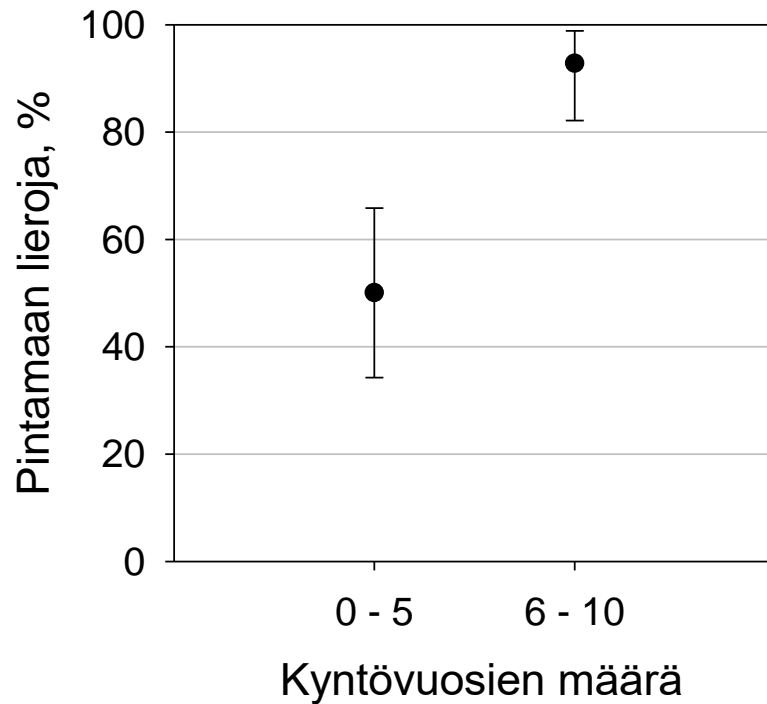
- Maalaji on tärkeä pellon lierorunsauteen vaikuttava tekijä:



- kokonaistiheydet ovat korkeimmillaan keskikarkeilla mailla
- savilla ja karkeilla mailla tiheydet ovat merkittävästi alhaisempia



Kyntö yksipuolistaa lieroyhteisöä



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

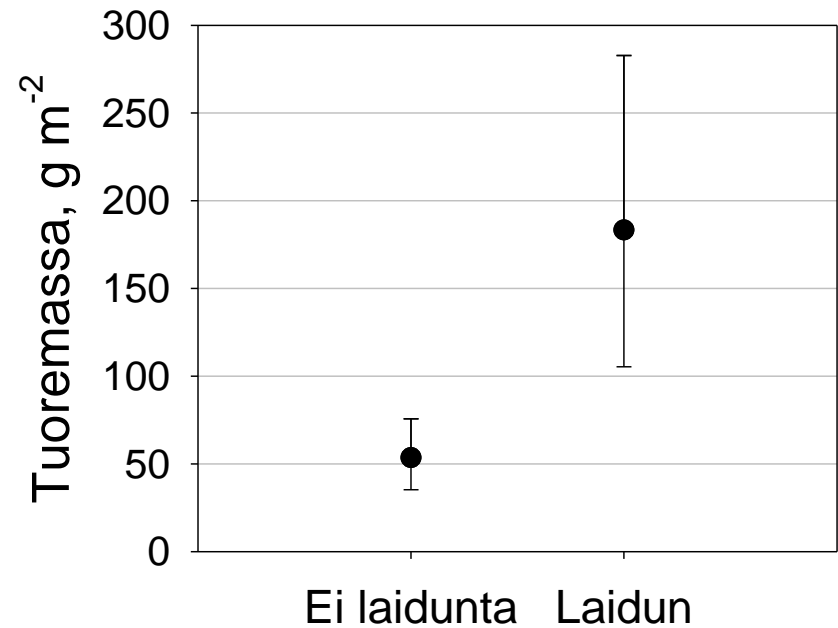
Kuvassa tutkitut pellot on jaettu kahteen luokkaan sen perusteella kuinka usein pelto oli kynnetty edeltävän 10 vuoden aikana.



Laidunnuksen merkitys

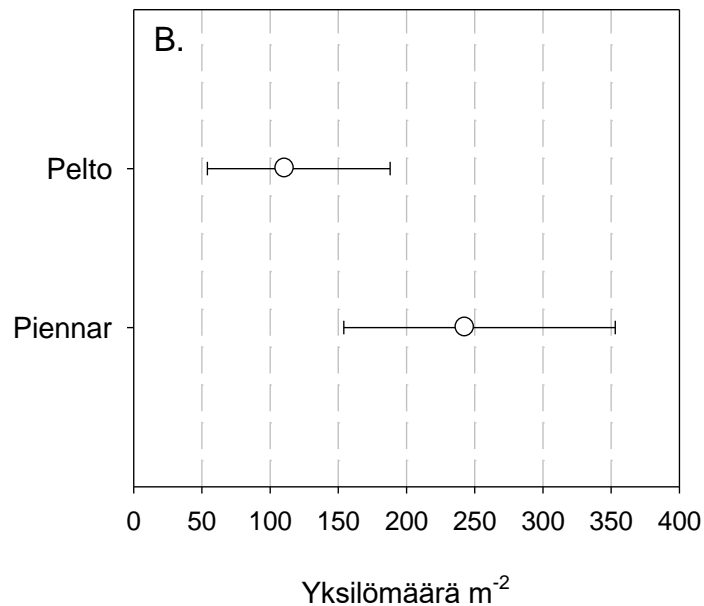
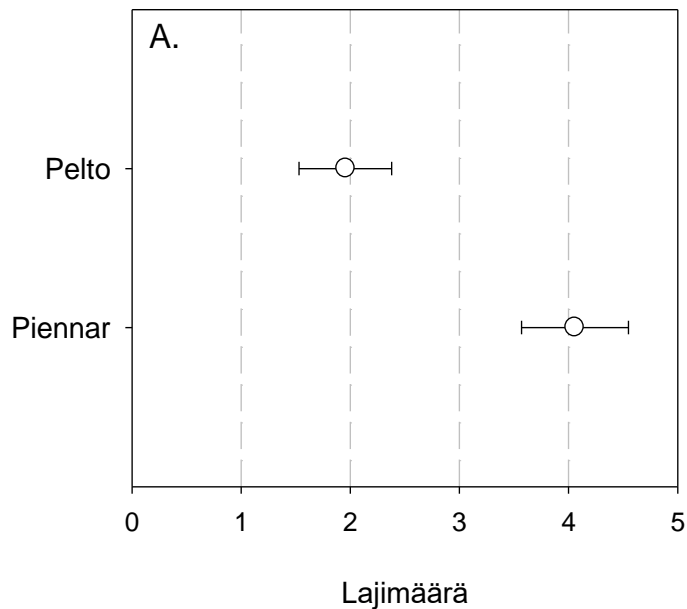


- Pelloilla, joiden viljelykierrossa on laidunta, lierojen määrä on korkeampi kuin kokonaan laiduntamattomilla pelloilla.



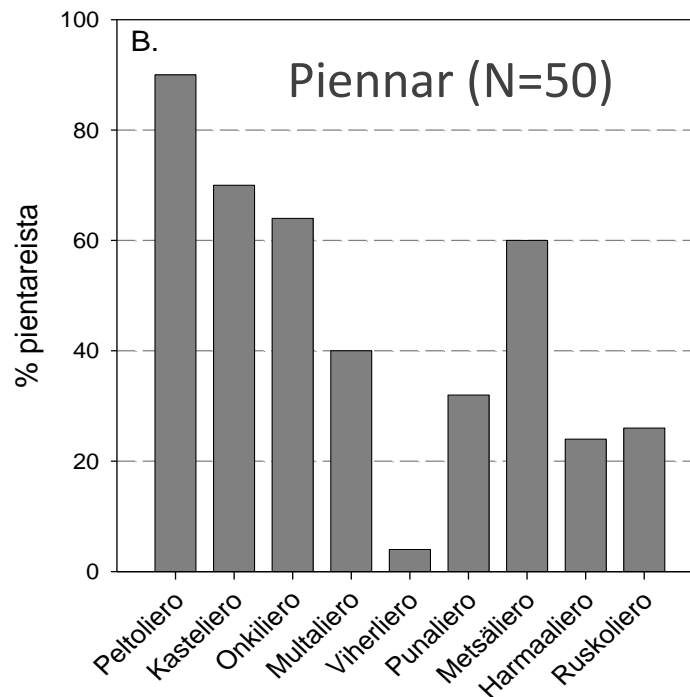
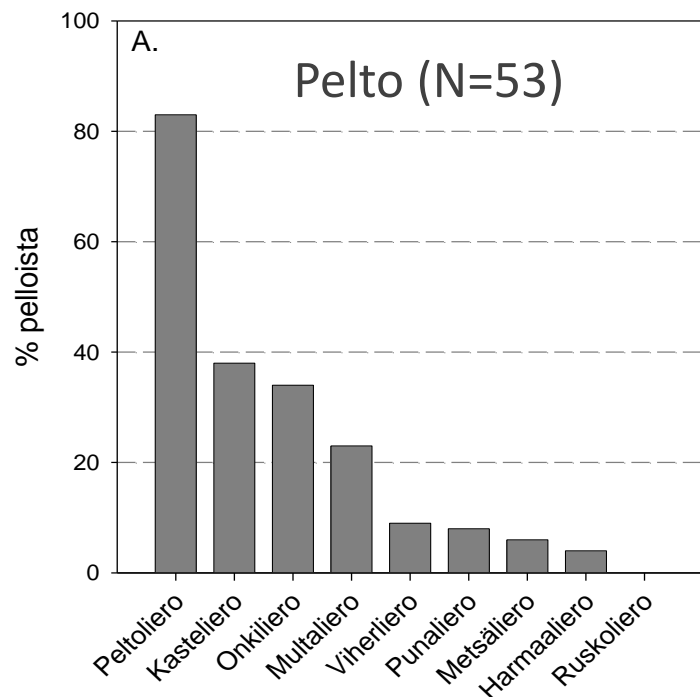
Kuvassa on esitetty ero lierojen kokonaismassassa.

Pientareen ja pellon lierot



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

Lajien esiintyminen pellolla ja pientareella

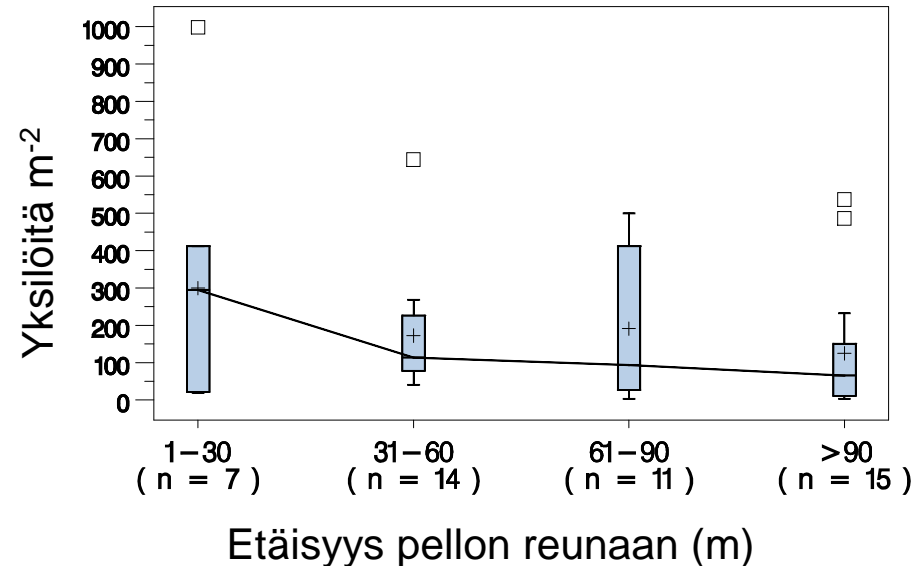
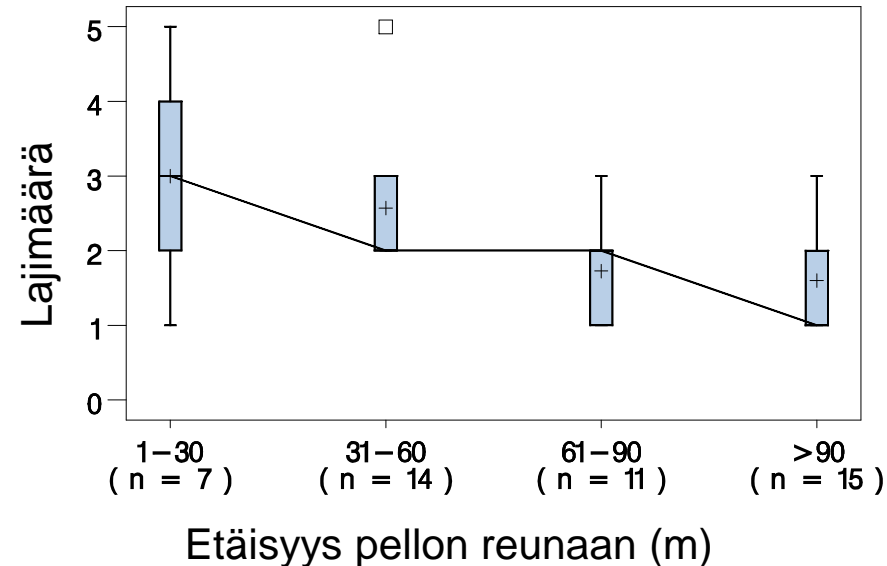


N = otoskoko

- Useimmat lierolajit esiintyvät tavallisemmin pientareella kuin pellossa.



Pellon reunan vaikutus



n = otoskoko

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

3. 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 (Nuutinen ym. 2011); toisessa kokeessa istutus tehtiin lieropitoisen pintamaan ymppäyksenä käytännön viljelmälle (Nuutinen ym. 2006).



Tapaus 1: Istutusyksikkö-tekniikka



Kastelierojen keruu keväällä 1996



Istutusyksiköiden valmistus ja "haudonta" kesän 1996 ajan

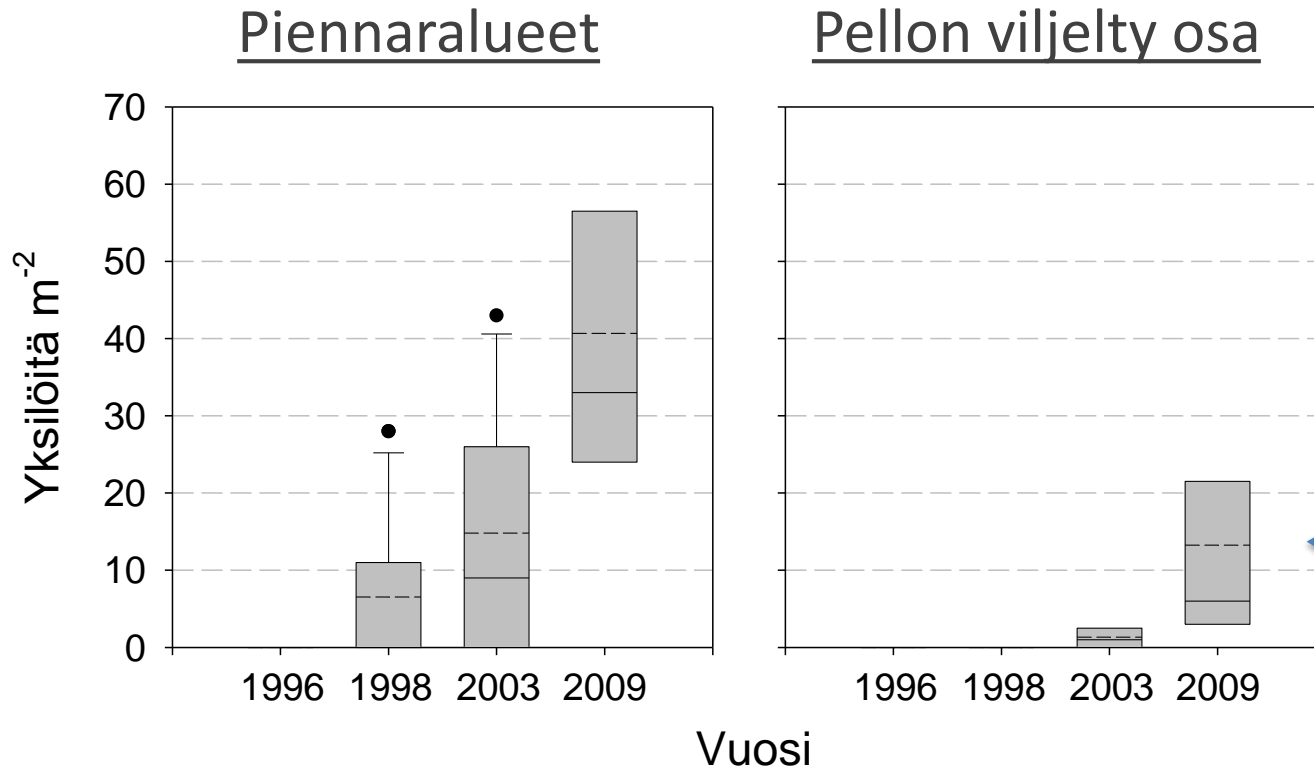


Yksiköiden tyhjennys istutuskuoppiin lokakuussa 1996



Istutetun kannan seuranta

Kastelieroikannan kasvu istutusalueella



Katkoviiva
osoittaa
keskiarvon

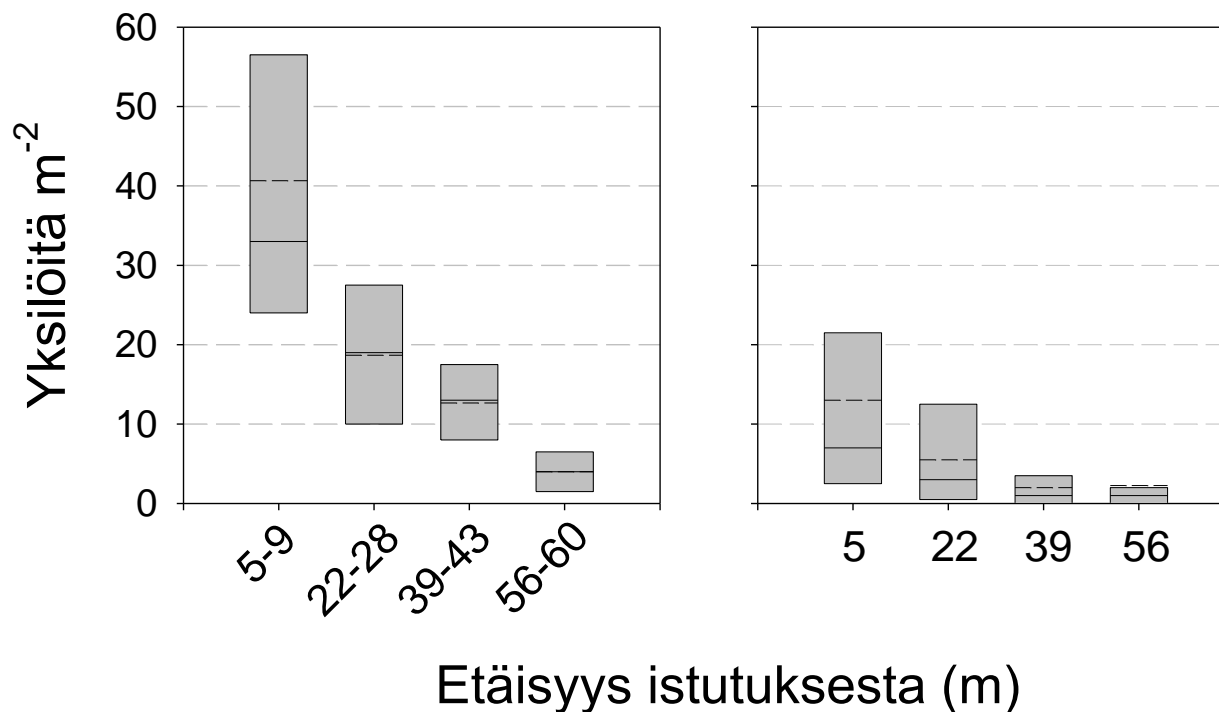
- Alunperin istutus onnistui vain piennaralueille. Pientareet toimivat lähdealueina, joilta kanta alkoi myöhemmin levitä myös peltoon. (Nuutinen ym. 2011)

Kastelierojen leviäminen



Piennaralueet

Pellon viljelty osa



- Kastelierojen leviämismvauhti on ollut keskimäärin noin 5 metriä vuodessa. Kuvassa niiden runsaus eri etäisyyksillä istutusalueesta syksyllä 2009.



Tapaus 2: Pintamaan siirto



Alkutilanteen kartoitus istutusalueella



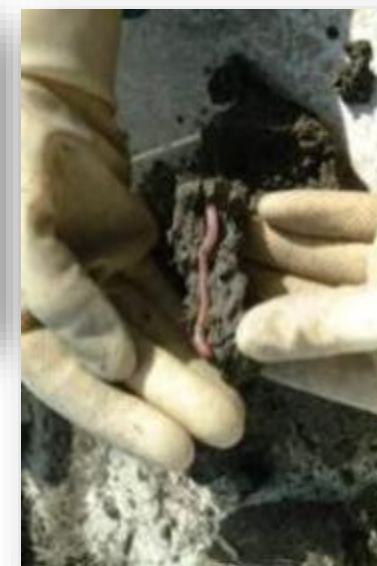
Lieropitoisen pintamaan keruu ja siirtäminen istutuslohkolle



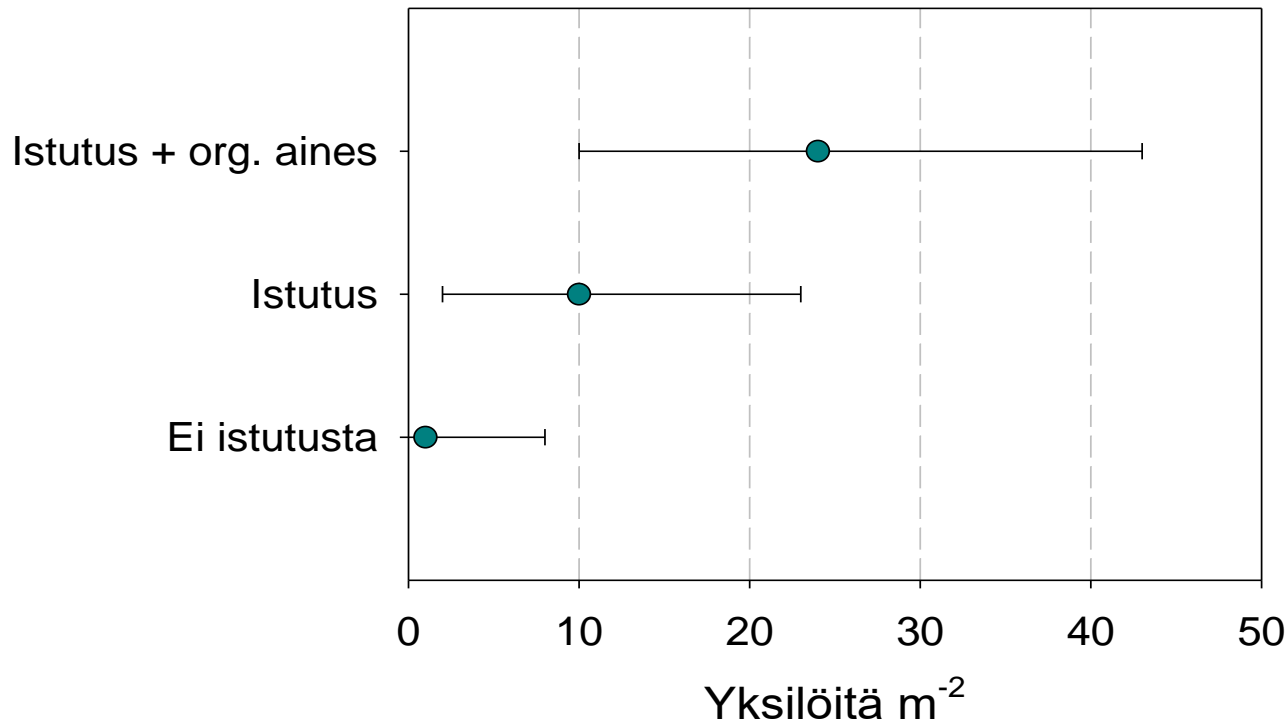
Lieroympit istutuskuoppiin



Kannan kasvun seuranta



Kaksi vuotta istutuksesta:



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



4. 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 muokkauskertoja. Palkokasvien viljely tehostaa nurmen myönteistä vaikutusta.
- Laitumet, karjanlanta ja eloperäinen lannoitus kasvattavat lierokantoja.
- Maan liiallinen tiivistyminen on lieroille vakava haitta.



Lieroystävällinen peltoviljely 3/3



- Kynnön korvaaminen kevyemmällä muokkauksella tai suorakylvöllä lisää erityisen selkeästi lierojen runsautta ja lajistoa.
- Maan muokkauksen tekeminen myöhään syksyllä – maan viilennyttyä ja kaivautuvien lierojen siirryttyä syvempiin maakerrokseen – voi vähentää muokkauksen kielteistä vaikutusta.
- Peltoa ympäröivät viljelemättömät reuna-alueet ovat ilmeisen tärkeitä lierojen leviämisreittejä ja peltoyhteisön monimuotoisuutta tukevia lähde-alueita.
- Jopa lierojen istuttaminen peltoon voi joissain tilanteissa olla perusteltua ja hyödyllistä.

Lierojen määrän arviointi 1/2

Lierojen määrän arviointi on osa **Peltomaan laatutestiä** (ks. dia 40). Jos haluaa erikseen arvioida vain lierojen runsautta peltolohkolla, tässä siihen yksi tapa:

- Laskenta on syytä tehdä useammassa kohdassa lohkoa. Kannattaa tähdätä ainakin viiteen laskentapisteeseen, jotka sijoitetaan siten, että pisteet kattavat koko lohkon. Pisteiden sijoittelussa on hyvä välttää selvästi poikkeavia kohtia, kuten tiivistyneitä päisteitä sekä poikkeuksellisen syviä pyörän painaumuksia.
- Paras laskenta-aika on syksyllä, sadonkorjuun jälkeen ja ennen mahdollisia syysmuokkauksia lierojen ollessa aktiivisia maan viileässä ja kosteassa pintakerroksessa. Aktiivisuuden voi todeta pintamaakerroksesta etukäteen tehdyillä havainnoilla. Jos lohkolla seurataan lierokannan kehittymistä vuosittain, on laskenta tehtävä aina samana vuodenaikana.

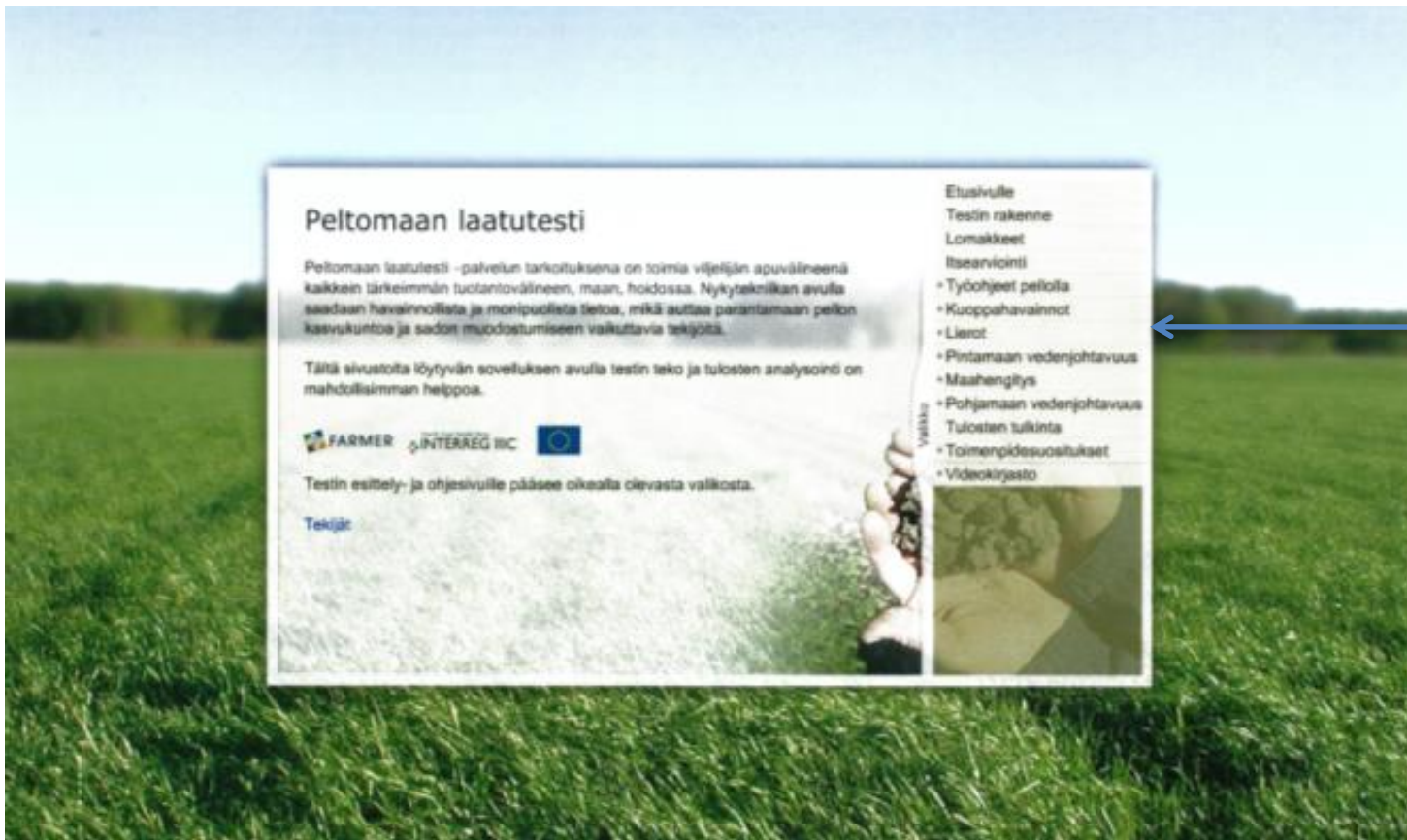


Lierojen määrän arviointi 2/2

- Laskentakohdasta otetaan lapiolla 25 cm x 25 cm kokoinen ja 20 cm syvä maakakku. Se laitetaan vaalealle alustalle, ja lierot lajitellaan näytteestä käsin. Näin saadaan kerättyä pintakarikkeen ja -maan lajit sekä nuoret kastelierot. Löydetyt lierot laitetaan viileään veteen odottamaan yhteenlaskua.
- Kastelierojen keräämiseksi kuopan pohjalle kaadetaan sinappiseosta (noin 60 g kaupan sinappijauhetta sekoitettuna 10 litraan vettä). Seosta kaadetaan pienissä erissä kuopan pohjalle – imeytymisen mukaan lisäten – noin puolen tunnin ajan. Kuopan pohjalle nousevat lierot kerätään veteen.
- Lierojen yhteenlaskettu (maanäyte + sinappinäyte) määrä kerrotaan 16x, jolloin saadaan arvio tiheydestä neliömetrillä. Laskentapisteen tiheyksien perusteella lasketaan lohkon keskiarvo. Keskiarvot voi laskea myös erikseen tummille (pintakarikkeen lajit ja kastelierot) sekä vaaleille (pintamaan lajit) lieroille.



Lierot peltomaan laadun ilmentäjinä



Lierojen runsauden ja lajiston tarkastelu on osa Peltomaan laatutestiä:
http://www.virtuaali.info/efarmer/peltomaan_laaturtesti/index.php

(Myllys ym. 2006)



Lähteet 1/5



- Alakukku L 1998. Properties of compacted fine-textured soils as affected by crop rotation and reduced tillage. *Soil & Tillage Research* 47: 83-89.
- Alakukku L ym. 2004. Suorakylvön soveltuvuus käytännön vesiensuojelu-työhön: esiselvitys. Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja. *Sarja A* 28: 92 s.
- Baker GH 1998. The ecology, management, and benefits of earthworms in agricultural soils, with particular reference to southern Australia. Sivut 229–257 teoksessa: Edwards CA (toim.) *Earthworm Ecology*. St Lucie Press, Boca Raton.
- Bart S ym. 2018. *Aporrectodea caliginosa*, a relevant earthworm species for a posteriori pesticide risk assessment: current knowledge and recommendations for culture and experimental design. *Environmental Science and Pollution Research* 25: 33867-33881.
- Boström U 1986. The effect of soil compaction on earthworms (Lumbricidae) in a heavy clay soil. *Swedish Journal of Agricultural Research* 16: 137–141.
- Bengtsson J ym. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261–269.
- Briones MJI & Schmidt O 2017. Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in global meta-analysis. *Global Change Biology* 23: 4396–4419.
- 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.

Lähteet 2/5



- Darwin, C 1881. The Formation of Vegetable Mould, Through the Action of Worms, with Observations on Their Habits. John Murray, London.
- 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.
- Fraser PM ym. 1996. Earthworm species, population size and biomass under different cropping systems across the Canterbury Plains, New Zealand. Applied Soil Ecology 3: 49–57.
- Jordbruksverket 2019. Daggmaskar. Gynna nyttodjuren-tietokortti.
<https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/ovr26516.html>
- Kukkonen S & Vestberg M 2002. Miten lierot liittyvät kasvukuntoon? Puutarha & Kauppa, No. 19: 8–9.
- Lubbers I ym. 2013. Greenhouse-gas emissions from soils increased by earthworms. Nature Climate Change 3: 187–194.
- Lubbers I ym. 2017. Can earthworms simultaneously enhance decomposition and stabilization of plant residue carbon? Soil Biology and Biochemistry 105: 12–24.
- 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.

Lähteet 3/5



- Nieminen M ym. 2011. Local land use effects and regional environmental limits on earthworm communities in Finnish arable landscapes. *Ecological Applications* 21: 3162–3177.
- 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.
- Nuutinen V ym. 2003. Lierot muokkaavat suorakylvetyyn 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. 2011. Field margins and management affect settlement and spread of an introduced dew-worm (*Lumbricus terrestris* L.) population. *Pedobiologia* 54S: S167–S172.
- Nuutinen V ym. 2017. Soil faunal and structural responses to the settlement of a semi-sedentary earthworm *Lumbricus terrestris* in an arable clay field. *Soil Biology and Biochemistry* 115: 285–296.
- Nuutinen V & Butt KR 2019. Earthworm dispersal of plant litter across the surface of agricultural soils. *Ecology* (painossa)

Lähteet 4/5

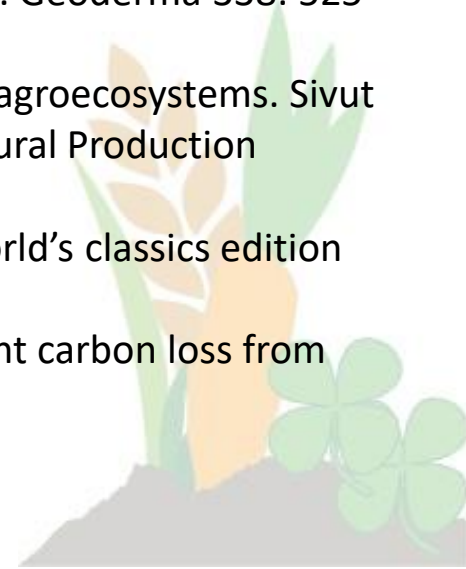


- Oldenburg E ym. 2008. Impact of earthworm *Lumbricus terrestris* on the degradation of Fusarium – infected and deoxynivalenol contaminated wheat straw. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 3049–3053.
- Onrust J & Piersma T 2019. How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 273: 80–85.
- Pelosi C ym 2014. Pesticides and earthworms. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 199–228.
- Pitkänen J & Nuutinen V 1997. The distribution and abundance of burrows made by *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa* in the soil profile. *Soil Biology and Biochemistry* 29: 463–467.
- Plum N 2005. Terrestrial invertebrates in flooded grassland: a literature review. *Wetlands* 25: 721–737.
- Schmidt O ym. 2003. Why do cereal-legume intercrops support large earthworm populations? *Applied Soil Ecology* 22: 181–190.
- Sheehy J. ym. 2019. Earthworm *Lumbricus terrestris* mediated redistribution of C and N into large macroaggregate-occluded soil fractions in fine-textured no-till soils. *Applied Soil Ecology* (painossa).
- Shipitalo MJ ym. 2004. Interaction of earthworm burrows and cracks in a clayey, subsurface-drained, soil. *Applied Soil Ecology* 26: 209–217.

Lähteet 5/5



- Singh P ym. 2015. Tillage and crop residue management methods had minor effects on the stock and stabilization of topsoil carbon in a 30-year field experiment. *Science of the Total Environment* 518-519: 337–344.
- Sizmur T ym. 2017. Milled cereal straw accelerates earthworm (*Lumbricus terrestris*) growth more than selected organic amendments. *Applied Soil Ecology* 113: 166–177.
- Tiiri J 1991. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. MTTK:n tiedote 11/1991, Jokioinen.
- van Groenigen J ym. 2014. Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Scientific Reports* 4: 6365.
- van Groenigen ym. 2019. How fertile are earthworm casts? A meta-analysis. *Geoderma* 338: 525–535.
- Whalen JK ja Fox CA 2007. Diversity of lumbricid earthworms in temperate agroecosystems. Sivut 249–261 teoksessa: Benckiser G ja Schnell S (toim.) *Biodiversity on Agricultural Production Systems*. CRC Press, Taylor & Francis.
- White G 1789. *The Natural History of Selborne*. Oxford University Press, World's classics edition 1993.
- Wu X. ym. 2017. Soil drainage facilitates earthworm invasion and subsequent carbon loss from peatland soil. *Journal of Applied Ecology* 2017: 1291–1300.

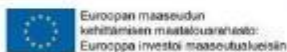


Materiaali tuotettiin osana
**OSMO Osaamista ja työkaluja maan kasvukunnon
hoitoon yhteistyöllä -hanketta.**



<https://maan-kasvukunto.fi>

Hanketta rahoittivat Varsinais-Suomen ELY-keskus Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta 2014–2020/Vesiensuojelun ja ravinteiden kierrätyksen erillisrahoitus sekä yritykset, viljelijät ja säätiöt.



Viljavuuspalvelu



Rikalan Säätiö



LUONNONMUKAISEN
TUOTANNON EDISTÄMISSÄÄTIÖ

