

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**

**TIEDOTE**

**11/95**

---

**Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen  
ja siihen vaikuttaminen**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS  
TIEDOTE 11/95

**Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen  
ja siihen vaikuttaminen**

***(Summary: Change in and ways of affecting the humus  
content of arable land)***

Maatalouden tutkimuskeskus  
Ympäristötutkimuslaitos  
31600 JOKIOINEN  
Puh. (916) 41 881

Jokioinen 1995  
ISSN 0359-7652

## SISÄLLYS

### **Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen ja siihen vaikuttaminen** *Change in and ways of affecting the humus content of arable land*

**RAIMO ERVIÖ**

### **Viljelymaan humuksen väheneminen kolmen vuosikymmenen aikana** *Decline in soil organic matter in plough layer during three decades*

TIIVISTELMÄ . . . . .	5
SUMMARY . . . . .	6
1 JOHDANTO . . . . .	7
2 AINEISTO JA MENETELMÄT . . . . .	7
2.1 Koepaikat, maaperä ja viljelyhistoria . . . . .	7
2.2 Maanäytteet ja humuksen määrittäminen . . . . .	9
3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU . . . . .	9
3.1 Humuspitoisuuden muuttuminen . . . . .	9
3.2 Syyt humuspitoisuuden muutoksiin . . . . .	9
3.3 Humuksen säilyttäminen . . . . .	10
KIRJALLISUUS . . . . .	11

**RAIMO ERVIÖ ja HEIKKI TALVITIE**

### **Viljelymaan humuspitoisuuteen ja fysikaaliseen rakenteeseen vaikuttaminen viljelyn keinoin** *Affecting the humus content and physical structure of arable land by cultivation*

TIIVISTELMÄ . . . . .	13
SUMMARY . . . . .	13
1 JOHDANTO . . . . .	14
2 AINEISTO JA MENETELMÄT . . . . .	14
2.1 Koepaikat ja -jäsenet . . . . .	14
2.2 Vettä kestävien maamurujen analyysimenetelmä . . . . .	14
3 VILJELYKIERRON JA ELOPERÄISEN AINEKSEN LISÄÄMISEN VAIKUTUS MAAN RAKENTEeseen . . . . .	15
4 SATOTULOKSET . . . . .	16
5 JOHTOPÄÄTÖKSET . . . . .	17
KIRJALLISUUS . . . . .	18

LIITE

**ERVIÖ, R. Viljelymaan humuksen väheneminen kolmen vuosikymmenen aikana. (Summary: Decline in soil organic matter in plough layer during three decades.) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 11/95. p.1–12.**

Avainsanat: humusmuutos, muokkauskerros, orgaaninen hiili

## TIIVISTELMÄ

Maatalouden tutkimuskeskuksen yhdellätoista tutkimusasemalla ja tilalla seurattiin 15 koealalla muokkauskerroksen humuspitoisuuden muutosta. Maanäytteet otettiin vuosina 1960, 1981 ja 1991. Koealojen maalajit olivat tyypillisiä kivennäismaita moreenista saveen. Humuspitoisuuden lähtöarvot vaihtelivat 3,3:sta 18,6 prosenttiin.

Maanäytteistä määritetty orgaaninen hiili muunnettiin humuspitoisuudeksi kertoimella 1,72. Kunkin koealan humusarvona on käytetty kahdeksan koeruudun keskiarvopitoisuutta.

Kolmentoista koealan muokkauskerroksen humuspitoisuus oli alentunut selvästi, kahdella ei muutosta todettu. Humuspitoisuus aleni 31 vuoden aikana yleensä 0,2–3,5 %-yksikköä, jolloin maan humuksesta hävisi 3–44 % ja keskimäärin 26 %.

Kyntösyvyyden kasvaminen seuranta-aikana keskimäärin noin kaksi senttimetriä selittää noin 30 prosenttia humuspitoisuuden alenemasta. Muu osa on hiilen vapautumista hiilidioksidina tai huuhtoutumista humusaineina. Runsas karjanlannan käyttö vähensi humuskatoa ja avokesanto kulutti humusta enemmän kuin viljanviljely.

## **SUMMARY**

### ***Decline in soil organic matter in plough layer during three decades***

*Changes in soil humus of the plough layer were studied in 15 fields at 11 experimental stations over a 31-year period (1960–1991). The trial fields were located on different soil types in various parts of Finland.*

*Eight samples, each comprising eight subsamples, were collected from an observation area of 400 m<sup>2</sup>. The humus content of a field is the mean of the eight samples. The organic carbon content of soil samples was determined with a LECO CR-12 by combustion at 1370° C. Organic carbon was converted to humus content by a coefficient of 1.72.*

*The humus content of the plough layer in the 13 observation fields during the 31-year period clearly declined; only in two fields were no changes observed. The humus content diminished by 3–44%, the average decline being 26% and the maximum 30% in five cases.*

*The ploughing depth in the observation fields during the period increased by about 2 cm, causing a decrease in humus content of about 30 %. The bulk of the carbon reduction was due to volatilisation of carbon dioxide into air or washing as humic acids into deeper soil layers. Application of manure or slurry restricted the decrease in humus but continuing grain cultivation and open fallow, in particular increased the decomposition.*

*Key words: humus change, organic carbon, plough layer, Finland*

## 1 JOHDANTO

Maan orgaanisesta aineksesta käytetään yleisesti nimitystä humus. Se jaetaan SCHNITZERin (1978) mukaan varsinaiseen humukseen ja muuhun orgaaniseen ainekseen. Jälkimmäiseen kuuluvat hajoamattomat tai osittain hajoaneet kasvien ja muiden organismien osat sekä selvästi kemiallisesti tunnistettavat orgaaniset yhdisteet, kuten hiilihydraatit, valkuaisaineet, rasvat jne. Varsinaiseen humukseen kuuluu 60–70 % orgaanisesta aineksesta. Se on yleensä hitaasti hajoavaa, tummaa, amorfista massaa, jolla ei ole tunnistettaville yhdisteille tyyppillisiä fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia.

Maan orgaanisen aineksen hiilestä hajoaa eli mineralisoituu vuodessa 2–5 % (ALEXANDER 1977, VORONEY ym. 1989). Suomen oloissa lienee 1–2 % todennäköisin, koska maa on noin puoli vuotta roudassa, jolloin hajoaminen on olematonta ja ilmasto on kesäaikaanakin viileä. WOLLNY (1897) esitti jo noin sata vuotta sitten käyrän 10 asteesta 40–50 asteeseen kohoavan lämpötilan vaikutuksesta mikrobien aktiivisuuteen maan orgaanisen aineksen hajottamisessa mittaamalla vapautunutta hiilidioksidia. Hajoamisprosessissa muuttuu keskimäärin kaksi kolmasosaa hiilestä hiilidioksidiksi, joka vapautuu ilmakehään. Vain yksi kolmasosa käytetään mikrobisolujen rakennusaineeksi. Sienet käyttävät hiilen täydellisemmin kuin bakteerit. Bakteerit käyttävät hiilestä soluihinsa 5–10 % aerobisissa oloissa ja vain 2–5 % anaerobisissa oloissa.

Maan muokkaus ja ravinteiden lisääminen kiihdyttävät mikrobitoimintaa. Hiilidioksidin vapautuminen nopeutuu ja maan orgaaninen aines kuluu. Suomessa yleistyneessä viljanviljelyssä maahan palautuvat kasvinjätteet eivät täysin korvaa hiilen menetystä.

Maaperän humuksen hiilipitoisuutena pidetään yleisesti 58 %, jolloin humuksen määrä saadaan kertomalla hiilen määrä luvulla 1,72.

Suomen viljelymaiden humusarvot ovat korkeita verrattuna esimerkiksi Länsi-Euroopan tai USA:n peltomaiden arvoihin, sillä viileän ja kostean ilmastomme vuoksi eloperäistä ainesta on kertynyt maahan enemmän, kuin sitä on hajonnut. Suomen peltojen humuspitoisuuksista ei ole olemassa täy-

sin kattavaa tietoa. Vielä vähemmän on ennen tätä tutkimusta ollut olemassa luotettavaa tietoa humustilanteen muutoksista.

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Koepaikat, maaperä ja viljelyhistoria

Maatalouden tutkimuskeskuksen tutkimusasemille ja maataloille perustettiin vuonna 1960 lukuisia koealoja (ERVIÖ 1963), joilla tutkittiin hivenravinnelannoituksen ja kalkituksen vaikutusta viljan ja timotein hivenainepitoisuuksiin. Koealueet sijoitettiin niin sanotuille talousviljelylohkoille. Ne olivat neljän aarin suuruisia ja niissä oli kahdeksan puolen aarin suuruista koeruutua. Koejäseniä oli neljä: verranne, hivenravinnelannoitus, kalkitus ja hivenravinnelannoitus + kalkitus; kaikista, oli kaksi kerrannetta.

Näistä maastoon kiinnitetyistä koepaikoista oli mahdollista saada mukaan ja paikantaa 15 vuonna 1981, jolloin tutkittiin viljelymaan mahdollista humuspitoisuuden muutosta. Varsinaisia turvemaita ei otettu mukaan. Koepaikat on esitetty taulukossa 1. Niitä oli yhdellätoista eri tutkimusasemalla siten, että viidellä asemalla oli kaksi koealaa. Tutkimuspaikoista vain neljällä oli seurannan alkaessa karjaa. Kaikilla paikoilla ei siis karjanlannan käyttö maanparannukseen ollut mahdollista.

Seurannassa oli mukana kivennäismaiksi luokiteltuja maalajeja, joiden humuspitoisuus oli alunperin alle 20 %. Koealueiden maalajit olivat: hietamoreeni, kaksi hienoa hiekkaa, kaksi karkeaa hietaa, hieno hieta, kaksi hietasavea, kolme hiesusavea, liejusavi ja neljä aitosavea. Savimaalajien savesprosentti vaihteli 32:sta 73:een. Vuoden 1991 maanäytteiden mukaan seuranta-alojen vesi-pH vaihteli 5,54:stä 6,50:aan ollen keskimäärin 6,0.

Seuranta-alojen keskimääräinen humuspitoisuus oli 7,4 % vuonna 1960 ja 5,9 % ilman kahta multa- ja hietamaaksi luokiteltua koealaa (Taulukko 2). Koealat edustivat humuspitoisuudeltaan tavanomaisia suomalaisia peltomaita. Viljeltyjen kivennäismaiden keskimääräiseksi humuspitoisuudeksi on saatu 1960–1970-lukujen maaperäkartoitusaineistosta 3771 näytteen aineiston perusteella 6,4 % (ERVIÖ 1984). Aineiston alhaisin humusprosentti 3,2 oli Hämeen tutkimusaseman hienolla hiekalla, ja kor-

**Taulukko 1. Koealojen maalaji- ja viljelyhistoria.***Table 1. Soil type and cultivation history of field trial sites.*

Koepaikka <sup>2)</sup> <i>Location</i>	Maalaji <i>Soil type</i>	Savi-% <i>Clay%</i>	Pellon käyttö <i>Use of field</i>			Karjan- + liete- lannan käyttö <i>Rate of farm and liquid manure applied</i>
			nurmi <i>Sward</i>	vilja, juurekset <i>Grain, root crops</i>	kesanto <i>Fallow</i>	
JKA	aitosavi – <i>very heavy clay</i>	78	15	15	1	160
PTL	hietasavi – <i>sandy clay</i>	48	3	9	19	
LOU 1	hiesusavi – <i>silty clay</i>	52	3	26	2	
LOU 2	liejusavi – <i>gyttja clay</i>	45	6	23	2	
SAT 1	karkea hieta – <i>medium fine sand</i>	7	7	21	3	
SAT 2	hiesusavi – <i>silty clay</i>	32	5	26	–	
HÄM 1	hieno hiekka – <i>medium coarse sand</i>	3	10	19	2	10 + 101
HÄM 2	savinen hiekka – <i>clayey sand</i>	26	14	14	3	47
KYM 1	hiesusavi – <i>silty clay</i>	42	12	16	3	
KYM 2	aitosavi – <i>very heavy clay</i>	63	7	19	5	
ESA	hietamoreeni – <i>fine sandy till</i>	4	11	15	5	10
KAR	hieno hieta – <i>very fine sand</i>	4	5	25	1	30
PSA 1	hietasavi – <i>sandy clay</i>	37	15	16	–	30 + 637
PSA 2	karkea hieta <sup>3)</sup> – <i>medium fine sand<sup>3)</sup></i>	19	17	11	3	26 + 241
TIK	aitosavi <sup>3)</sup> – <i>very heavy clay<sup>3)</sup></i>	65	(3) <sup>1)</sup>	(17) <sup>1)</sup>	(1) <sup>1)</sup>	30

<sup>1)</sup> Vuodesta 1960 vuoteen 1981

<sup>2)</sup> JKA = Jokioisten Kartanot. PTL = Puutarhantutkimuslaitos, Piikkiö, LOU = Lounais-Suomen tutkimusasema, Mietoinen, SAT = Satakunnan tutkimusasema, Kokemäki, HÄM = Hämeen tutkimusasema, Pälkäne, KYM = Kymenlaakson tutkimusasema, Anjalankoski, ESA = Etelä-Savon tutkimusasema, Mikkeli, KAR = Karjalan tutkimusasema, Tohmajärvi, PSA = Pohjois-Savon tutkimusasema, Maaninka, TIK = Jokiniemen tila, Vantaa

<sup>3)</sup> Luokiteltiin vuonna 1960 multamaiksi

<sup>1)</sup> From 1960 to 1981

<sup>2)</sup> JKA = Jokioinen Experimental Farm, PTL = Institute of Horticulture, Piikkiö, LOU = Southwest Finland Research Station, Mietoinen, SAT = Satakunta Research Station, Kokemäki, HÄM = Häme Research Station, Pälkäne, KYM = Kymenlaakso Research Station, Anjalankoski, ESA = South Savo Research Station, Mikkeli, KAR = Karelia Research Station, Tohmajärvi, PSA = North Savo Research Station, Maaninka, TIK = Jokiniemi Experimental Farm, Vantaa

<sup>3)</sup> Classified in 1960 as mull

**Taulukko 2. Koealojen humuspitoisuudet vuosina 1960, 1981 ja 1991 sekä muutokset prosentteina.***Table 2. Humus contents of field trial sites in 1960, 1981 and 1991 and percentage changes from 1960 to 1991.*

Koepaikka <sup>2)</sup> <i>Location</i>	Humus-%			Muutos-% <i>Change%</i>
	1960	1981	1991	1960→1991
JKA	5,97	6,12	5,82	–2,6
PTL	6,52	4,62	3,88	–40,4*** <sup>1)</sup>
LOU 1	5,00	3,26	3,20	–36,1***
LOU 2	5,38	4,66	4,21	–21,8***
SAT 1	5,14	4,46	4,09	–20,4***
SAT 2	6,07	5,07	4,74	–21,9***
HÄM 1	3,30	3,44	3,53	+7,0
HÄM 2	5,43	4,37	3,92	–27,8***
KYM 1	6,14	5,08	4,65	–24,4***
KYM 2	6,22	5,67	4,93	–20,8***
ESA	7,97	6,49	4,48	–43,8***
KAR	7,15	5,77	4,93	–31,0***
PSA 1	6,80	5,82	5,71	–16,0***
PSA 2	18,57	12,35	10,89	–41,4***
TIK	15,97	13,40	12,85	–19,5***

<sup>1)</sup> \*\*\* = muutos merkitsevä 99,9 %:n tilastollisella luotettavuudella

<sup>1)</sup> \*\*\* = change statistically significant at 99.9% level

<sup>2)</sup> ks. taulukko 1

<sup>2)</sup> see Table 1

**Taulukko 3. Koepaikkojen muokkauskerroksen kyntösyvyyksien mitatut (1960) ja ilmoitetut arvot seuranta vuosina.**

Table 3. Depths of plough layers in 1960, 1981 and 1991.

Koepaikka <sup>1)</sup> Location	Keskimääräinen muokkauskerroksen kyntösyvyys Average depths of plough layer		
	1960	1981	1991
JKA	24	25	25
PTL	23,5	24	25-28
LOU 1	26,5	26	20
LOU 2	26,0	26	20
SAT 1	29	25	25
SAT 2	26,5	25	25
HÄM 1	23	25	25
HÄM 2	24	25	25
KYM 1	17,5	22	25
KYM 2	24,5	22	25
ESA	19	22	19
KAR	22	24	24
PSA 1	23,5	27,5	25
PSA 2	27,5	27,5	25
TIK	24,5	24	25

<sup>1)</sup> ks. taulukko 1

<sup>1)</sup> see Table 1

kein 18,6 % Pohjois-Savon karkealla hiedalla. Aiemmin yli 15 % humusta sisältäviä maita nimettiin multamaiksi, joita aineistossa olivat PSA 2 ja TIK. Nykyisin multamaalajin alarajana pidetään 20 % humusta.

Koalojen kyntökerrosten paksuudet mitattiin vuonna 1960 näytteenoton yhteydessä, ja seuranta vuosien kyntösyvyydet ovat tiloilta saatujen arvioiden mukaisia (Taulukko 3).

## 2.2 Maanäytteet ja humuksen määrittäminen

Koalojen kahdeksalta koeruudulta koottiin maanäytteet kasvukauden jälkeen. Ruutunäytteen muodostaa kahdeksan kairalla koko muokkauskerroksen syvyydeltä pistettyä osanäytettä. Tutkimuksessa esitetyt koepaikkojen humusarvot ovat kahdeksan ruudun keskiarvotuloksia.

Eri vuosina otetuista koeruutujen maanäytteistä, jotka oli kuivattu ja jauhettu, niin että ne läpäisivät 2 mm:n seulan, määritettiin orgaanisen hiilen pitoisuudet polttamalla näytteet happivirrassa LECO CR-12 laitteessa 1370° C:ssa. Laitteen automaattinen mikroprosessori antoi infrapunadetektorilla

saadun hiilidioksidimäärän. Saatua orgaaninen hiili muutettiin humuspitoisuudeksi kertoimella 1,72.

Kuivassa varastossa säilytetyistä vuoden 1960 näytteistä määritettiin hiili samalla kertaa vuoden 1981 näytteiden kanssa kuivapoltton menetelmällä. Käytetyn menetelmän ja tunnetun ns. märkäpoltton menetelmän välisestä tasoerosta ja luotettavuudesta suomalaisilla mailla on tehty selvitys (SIPPOLA 1982). Niiden välillä todettiin positiivinen riippuvuus.

Seuranta-alojen humuspitoisuuden muutoksen merkitsevyys tutkittiin t-testillä seuranta-alan 8 ruudun parivertailulla.

## 3 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 3.1 Humuspitoisuuden muuttuminen

Vuosien 1960 ja 1981 välillä tapahtunut seuranta-alojen muokkauskerroksen humuspitoisuuden muutos on esitetty Maatalouden tutkimuskeskuksen tiedotteessa (ERVIÖ 1982). Aineistossa oli mukana yksi ala Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalta, jota nyt ei voitu käsitellä alueen kivi- ja puutöiden vuoksi. Tässä aineistossa taas on mukana Jokioisten alue, jota silloin ei käsitelty.

Vuosien 1960 ja 1991 välillä humuspitoisuus on alentunut kolmellatoista koelalla tilastollisella (99,9 %:n) luotettavuudella ja kahdella ei muutosta todettu (Taulukko 2). Humuspitoisuuden alenema vaihteli 0,2 :sta 3,5 %-yksikköön 31 vuoden aikavälillä. Alkuperäisestä humuksesta oli hävinnyt 3-44 % ja keskimäärin 26 %.

### 3.2 Syyt humuspitoisuuden muutoksiin

Seuranta-ala JKA piti hyvin puolensa humuksen häviötä vastaan. Sen maalaji on erittäin jäykkää savea ja se on myös saanut seuranta-aikana karjanlanta ja lisäksi ollut miltei puolet ajasta nurmella. HEINONEN (1974) totesi humuspitoisuuden säilyvän sitä paremmin mitä korkeampi maan savipitoisuus on. Myös USA:n keskivaltioissa tehdyssä 300 viljelyksen tutkimuksessa todettiin orgaanisen aineksen häviön olleen vähäisintä savimailla (BURKE ym. 1989). Apila-timoteinurmesta todettiin jäävän juuristona maahan 3,4 kertaa enemmän or-

gaanista ainesta kuin kevätviljoista (SALONEN 1949). Jatkuva vehnänviljely jätti Rothamstedin kenttäkokeessa Englannissa juurimassana vain 1000 kg orgaanista ainesta kuiva-aineena hehtaarille, mutta jatkuva nurmenviljely 2000–2500 kg (JENKINSON 1969). CLEMENT ja WILLIAMS (1964) havaitsivat humuspitoisuuden nousseen 15 kenttäkokeessa keskimäärin 16 %:lla jo neljän vuoden aikana maan ollessa jatkuvasti apila-heinänurmella.

PTL:n seurantapaikka menetti humustasostaan kaikkein suurimpia osuuksia. Se näyttäisi johtuvan huomattavasta avokesantojen käytöstä, mikä ilmeni jo vuosien 1960 ja 1981 välisessä vertailussa; tuolla aikavälillä avokesannoitinta tehtiin 15 kertaa. Humuksen taso oli silloin pudonnut jo 29 % (ERVIÖ 1982). Avokesannoitinta ja sen sisältymisen viljelykiertoon on todettu lukuisissa tutkimuksissa (esim. RIDLEY ja HEDLIN 1968, CHRISTIENSEN 1990, MONREAL ja JANZEN 1993) vaikuttavan voimakkaasti humuksen vähenemiseen verrattuna vilja- tai vihanniskasvien, viljelykiertoihin.

Seuranta-alan HÄM 1 humuspitoisuuden vähäinen (ei tilastollisesti merkitsevä) nousu on johtunut suuresta orgaanisen lannoituksen määrästä jo vuosien 1960 ja 1981 välillä, jolloin muutoskin todettiin tilastollisesti merkitseväksi (ERVIÖ 1982). On luonnollista, että kaikkalainen orgaanisen aineksen lisääminen edesauttaa humuksen säilymistä ja jopa lisääntymistä maassa. Orgaanisten maanparannusaineiden paremmuudesta humuksen lisääjinä on, PERSSON (1980) saanut seuraavan järjestyksen; turve > viemäriete > karjanlanta > oljet.

Yllättävää on, että seuranta-alojen PSA 1 ja PSA 2 humuspitoisuudet ovat laskeneet selvästi huolimatta siitä, että ne ovat saaneet runsaasti karjanlantaa ja viljelykierrossa on ollut huomattavasti myös heinänurmea. Tosin taulukkoon merkittyjen PSA:n lietelantamäärien kuiva-ainepitoisuus oli vain noin 15 %.

### 3.3 Humuksen säilyttäminen

Humuksen hajoamista, mineralisointumista, edistävät: maan korkea lämpötila, sopiva kosteus, ilmaisuus, hyvä tuuletus, maan muokkaus ja helposti mikrobien hajoitettavissa oleva orgaanisen jätteen (hiili-tyyppisuhde alhainen) osuus maassa. Maan orgaanisen aineksen määrä lisääntyi sademäärän kas-

vaessa ja maan savipitoisuuden ollessa suuri, mutta aleni ilmaston lämpötilan noustessa USA:n keski-valtioiden alueilla tehdyssä laajassa selvityksessä (BURKE ym. 1989).

Kaikkalainen orgaanisen aineksen lisääminen maahan edistää luonnollisesti humuksen säilymistä. LARSON ym. (1972) totesivat, että vasta kuuden tonnin kuiva-ainemäärä maissin olkia hehtaarille piti maan orgaanisen aineksen tason ennallaan. RASMUSSENIN ym. (1980) mukaan samaan riittää jo viisi tonnia tuleentunutta kasvinjätettä.

Erilaiset orgaaniset ainekset mineralisoituvat kuitenkin erilaisella nopeudella. Puolet vihantalannoitusaineksesta ja olkilannasta mineralisoitui jo 3 kk:ssa, puolet oljista 12 kk:ssa, puolet maatuneesta turpeesta 22 vuodessa ja puolet selluloosateollisuuden ligniinistä 36 vuodessa (FREI 1971).

Viljelyyn otetun maan humustason muutosta - tavallisimmin vähenemistä - on seurattu eri puolilla maailmaa lukuisilla pitkäaikaisilla kokeilla. Kuu-luisimmat lienevät Englannin Rothamstedin yli 100-vuotiset kokeet (JENKINSON ja JOHNSTON 1977). Ruotsin Maatalouskorkeakoulun Ultunan ja Kungsängenin pelloilla humuspitoisuuden todettiin tilastollisella varmuudella alentuneen 30 vuoden viljelyn jälkeen (PERSSON 1974). Skånessa 27 vuotta seuratuissa 24 kenttäkokeessa maan hiilipitoisuus laski keskimäärin 55 tonnista hehtaarilla noin 45 tn:iin/ha (BJARNASON 1989).

Tanskan Ascovissa 30 vuotta kestäneessä kenttäkokeessa kyntökerroksen humus väheni 16 % viljelykierrossa, jossa oli vilja, juurikasvi, vilja ja apila-heinänurmi. Kesannolla humus väheni peräti 35 % (CHRISTIENSEN 1990).

Rostockissa tehdyssä 20 vuotta kestäneessä kenttäkokeessa todettiin orgaanista lannoitusta saaneen maan humuspitoisuuden kasvaneen. Vain mineraalilannoitusta saaneen ruudun humuspitoisuus pysyi ennallaan ja ilman lannoitusta jätetyn ruudun laski noin 20 % (REUTER 1981). Edellistä tukevan tuloksen sai HEGE (1980). Hän totesi humuspitoisuuden laskeneen 24 vuodessa lähes alkuperäiselle tasolle vihantalannoituksen karjanlannan lisäyksen jälkeen, mutta maatumutta mutaturvetta saaneiden ruutujen humuspitoisuuden säilyneen noin 50 % lähtötilannetta suurempana.

KORTLEVEN (1963) määritteli ns. humifioitumiskertoimet ( $K_i$ ) erilaisille orgaanisille aineksille sen mukaan, mitä niistä oli hajoamatta yhden vuoden kuluttua. Nopeimmin maatuva aines, kasvien lehdet, sai kertoimen 0,20, viherlannoitus 0,25, viljan oljet 0,30, kasvien juuret ja karjanlanta 0,50, sahanpuru 0,75 ja rahkaturve 0,85.

Monet tutkijat ovat tehneet maan orgaanisen aineksen hajoamisnopeudesta yhtälöitä ja malleja. BOUWMAN (1990) on esittänyt tällaisiin aineistoihin perustuvan yhtälön humuksen hajoamisnopeudesta:  $CE = h \times A/k, \times (1 - e^{-kt})$ . Siinä  $CE =$

orgaanisen hiilen vakiintunut, määrä,  $h =$  humifioitumiskerroin,  $k =$  hajoantumiskerroin,  $t =$  aika,  $A =$  lisätty orgaaninen aines ja  $e =$  luonnollisen logaritmin kantaluku.

Useissa humuksen muutoksen seurannoissa on viljelymaan humuksen vähenemisessä päädytty noin yhden prosentin vuotuisen alenemaan, mikä vastaa myös omaa tulostani.

### Kiitokset

Parhaat kiitokset mukana olleille MTT:n tutkimusasemille maanäytteen otosta eri vuosina. Raimo Erviö

## KIRJALLISUUS

- ALEXANDER, M. 1977. Introduction to soil microbiology. 2nd ed. John Wiley & Sons, New York. 467 p.
- BJARNASON, S. 1989. The long-term soil fertility experiments in Southern Sweden. III. Soil carbon and nitrogen dynamics. Acta Agricultural Scandinavica 39: 361–371.
- BOUWMAN, A. F. 1990. Soils and the greenhouse effect sources and sinks of greenhouse gases. John Wiley and Sons. West Sussex. 575 p.
- BURKE, I. C., YONKER, C. M., PARTON, W.J., COLE, C. V., FLACH, K. & SCHIMMEL, D. S. 1989. Texture, climate, and cultivation effect on soil organic matter content in US grassland soils. Soil Science Society of America Journal. 53: 800–805.
- CHRISTENSEN, B. T. 1990. Saedskiftets inflydelse på jordens inhold af organisk stof. II. Markforsog på grov sandblandet lerjord. (JB5), 1956–1985. Tidsskrift for Planteavl. 94: 161–169.
- CLEMENT, C.R. & WILLIAMS, T.E. 1964. Leys and soil organic matter. I. The accumulation of organic carbon in soils under different leys. Journal Agricultural Science 63: 377–383.
- ERVIO, R. 1963. Hivenravinteiden vertailuruutujen sätuloksia. Summary: An experiment with trace element fertilizing and liming. Maatalous ja Koetointiminta 17: 17–21.
- 1982. Muokkauskerroksen humuksen muutos eräissä koeasemien lohkoissa. Maatalouden tutkimuskeskus, Maantutkimuslaitos. Tiedote n:o 17: 1–11.
- 1984. Viljelymaiden humuspitoisuus ja sen säilyttäminen. Jyväskylän yliopiston Biologian laitoksen Tiedonantoja 40: 32–36.
- FREI, E. 1971. Der Einfluss der organischen Dünger und der Vegetation auf den Humuszustand des Bodens. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung 10: 352–373.
- HEINONEN, R. 1974. Humusversorgung, Bodenstruktur und Wasserhaushalt. Landwirtschaftliche Forschung 30: 123–126.
- HEGE, U. 1980. Einfluss kurzfristig starker humusanreicherung und regelmässiger organischer Düngung auf Humusgehalt und Ertrag. Landwirtschaftliche Forschung 33: 290–302.
- JENKINSON, D. S. 1969. Radiocarbon dating of soil organic matter. Repint Rothamsted Experimental, Station 1968. Part 1: 73.
- & JOHNSTON, A. E. 1977. Soil organic matter in the Hoosfield continuous barley experiment. Rothamsted experimental station. Report for 1976. Part 2: 87–101.

- LARSON, W.E., CLAPP, C.E., PIERRE, W.H. & MORACHAN, Y.B. 1972. Effects of increasing amounts of organic residues on continuous corn. II. Organic carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur. *Agronomy Journal* 64: 204–208.
- KORTLEVEN, J. 1963. The quantitative aspects of humus formation and humus decomposition. *Verlagen van Landbouwkundige Onderzoekingen* 69: 1–109.
- MONREAL, C. M. & JANZEN, H. H. 1993. Soil organic carbon dynamics after 80 years of cropping a Dark Brown Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* 73: 133–136.
- PERSSON, G. 1980. Detaljstudium av den organiska substansens omsättning i ett fastliggande ramförsök. Sveriges Lantbruksuniversitet. Avdelning för Växtnäringslära. Rapport 128: 1–9.
- PERSSON, J. 1974. Humusbalans i odlad jord. Summary: Humus balance in cultivated soil. *Maataloustieteellinen Aikakauskirja* 46: 247–263.
- RASMUSSEN, P. E. & ALLMARAS, R. R. & ROHDE, C. R. & ROAGER, N. C., Jr. 1980. Crop residue influences soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Science Society of America Journal* 44: 596–600.
- REUTER, G. 1981. Zwanzig Jahre Rostocker Dauerversuche für Humusbildung im Boden. *Archiv für Archives Acker- und Pflanzenbau of Agronomy und Bodenkunde. Soil Science* 25: 277–285.
- RIDLEY, A. O. & HEDLIN, R. A. 1968. Soil organic matter and crop yields as influenced by the frequency of summerfallowing. *Canadian Journal of Soil Science* 48: 315–322.
- SALONEN, M. 1949. Tutkimuksia viljelyskasvien juurten sijainnista Suomen maalajeissa. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Julkaisuja* 70: 1–91.
- SCHNITZER, M. 1978. Humic substances: Chemistry and reactions. In: Schnitzer et al. (eds.). *Soil organic matter*. Amsterdam. p. 1–64.
- SIPPOLA, J. 1982. A comparison between a drycombustion method and a rapid wetcombustion method for determining soil organic carbon. *Selostus: Vertailu maan orgaanisen hiilen määrittämisestä kuivaja, märkäpoltton menetelmällä. Annales Agriculturae Fenniae* 21: 146–148.
- VORONEY, R.P., PAUL, E. A. & ANDERSON, D. W. 1989. Decomposition of wheat straw and stabilization of microbial products. *Canadian Journal of Soil Science* 69: 63–77.
- WOLLNY, E. 1897. *Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen*. Heidelberg (Ref. Jenny, H. 1930. Study on the influence of climate upon the nitrogen and organic matter content of the soil. *University of Missouri. Research Bulletin* 152: 14–65.)

ERVIÖ, R ja TALVITE, H .Viljelymaan humuspitoisuuteen ja fysikaaliseen rakenteeseen vaikuttaminen viljelyn keinoin. (*Summary: Affecting the humus content and physical structure of arable land by cultivation*) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 11/95. p. 13–18 + 1 liite.

Avainsanat: apila-timoteinurmi, maamuruanalyysi, tilavuuspaino, viljakierto

## TIIVISTELMÄ

Maan fysikaalista rakennetta kuvaavien vettä kestävien maamurujen määrät olivat savimaalla selvästi suurempia kuin hiesumaalla. Lämpimältä yli 2 mm:n ja 1–2 mm:n murujen osuudet olivat apila-timoteinurmella olleessa koejäsenessä monta kertaa suurempia kuin viljalla jatkuvasti olleissa koejäsenissä. Savimaalla nurmiruutujen kestävien murujen osuudet olivat viimeisenä tutkimusvuonna 54 % ja viljalla olleilla 26 % sekä hiesumaalla vastaavasti 9 % ja 2 %. Karjanlannan tai turpeen lisäys ei sen sijaan lisännyt tilastollisella varmuudella kestävien murujen määrää.

Maan humuspitoisuus oli kymmenen vuoden mittaisena seuranta-aikana suurentunut vain turvetta saaneessa koejäsenessä, savimaan kokeessa 1,7 ja hiesumaan kokeessa 0,5 %-yksikköä. Maan tiiviyyttä kuvaavista tilavuuspainoista ainoastaan turvetta saaneen savimaan muokkauskerroksen tilavuuspaino oli pienempi kuin koejäsenen, josta oljet oli poistettu.

## SUMMARY

### *Affecting the humus content and physical structure of arable land by cultivation*

*This study investigated the changes in soil organic matter content, soil structure, bulk density and water-stable aggregate caused by different management systems. Field trials were conducted over a period of 10 years in clay (64% clay fraction) and silt (60% silt fraction) soils in southwestern Finland.*

*Grass cultivation and the addition of straw, farmyard manure and peat were compared. The amounts of water-stable aggregates, >2 mm and 1–2 mm, in a clay-soil field were several times greater than those in silt soil. Stable aggregates were most abundant in sward treatment in both clay and silt soils.*

*Bulk density was highest in the grain cultivation parcels without the addition of organic material and lowest in the parcels to which peat was added, but only in clay soil.*

*Key words: bulk density, clover-timothy sward, manure, peat, soil aggregate analyse*

## 1 JOHDANTO

Riittävä humuspitoisuus on välttämätön maan hyvän kasvukunnan säilyttämiseksi. Humus lisää maan ravinteiden- ja vedenpidätyskykyä varsinkin karkeilla kivennäismailla. Lisäksi se parantaa maan fysikaalista rakennetta vähentämällä tiivistymistä hienoilla kivennäismailla, kuten savella ja hiesulla. Humuksen sisältämä hiili luo edellytykset mikrobitoiminnalle. Ravinteiden kierto mahdollistuu, ja hierojen elinmahdollisuudet paranevat, mikä seurauksena veden painuminen ja maan tuuletuminen paranevat.

Vaikka suomalaisten viljelymaiden humustaso on säilynyt korkeana, yleisesti 5–7 %, verrattuna monien lämpimämmän ja kuivemman ilmaston maatalousmaiden tilanteeseen, ovat mittaustulokset osoittaneet humuksen vähenemistä (ERVIÖ 1982 ja 1995). Suomalaisen viljelytavan muuttuminen viljavaltaiseksi on pääsyy humuksen vähenemiseen. Karjanlantaa ei viljatililla ole käytettävissä eikä nurmiakaan, jotka runsaan juurimassansa ansiosta takaisivat humustason säilymisen (SALONEN 1949). Myös Ruotsissa on mittauksin todettu peltojen humuksen vähenemistä 30 vuoden havaintoajalta (PERSSON 1974).

Tässä tutkimuksessa seurattiin kenttäkokein maan humuksen sekä rakenteen muutoksia kymmenen vuoden aikana nurmenviljelyssä ja viljanviljelyssä, kun eloperäistä ainesta lisättiin määrävuosin maahan. Monissa tutkimuksissa on todettu, että eloperäistä ainesta lisäämällä pystytään maan humustaso säilyttämään tai jopa parantamaan sitä (esim. WICKE 1967, FREI 1971, PERSSON 1980, HEGE 1980).

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Koepaikat ja -jäsenet

Jokioisiin ja Satakunnan tutkimusasemalle perustettiin 1984 kenttäkokeet tarkoituksena selvittää jatkuvan viljanviljelyn ja nurmen vaikutusta humuksen säilymiseen ja maan fysikaalisen rakenteen muutoksiin. Lisäksi tutkittiin olkisadon sisäänkynnön, karjanlannan ja turvelisäyksen vaikutusta maan humuspitoisuuden kohottajana. Koejäsenet olivat 1. kevätilja, olkisato poistettu, 2. kevätilja, olkisato kynnetty, 3. apila-timo-

teinurmi, 4. kevätilja, 50 tn/ha karjanlantaa joka toinen vuosi ja 5. kevätilja, 200 m<sup>3</sup> turvetta hehtaarille joka neljäs vuosi.

Jokioisten kenttä sijaitsee kartanoiden ns. Kalakosken loholla aitosavimaalla, jonka savipitoisuus oli 64 %. Satakunnan kenttä sijaitsee hiesumaalla, jossa hiesuainesta oli 60 %. Jokioisten koalueen humuspitoisuus vaihteli ruuduittain 4,8:sta 7,8:aan prosenttiin ollen keskimäärin 5,9 %. Satakunnan tutkimusaseman kokeissa humuspitoisuudet vaihtelivat 3,9:stä 6,6:een prosenttiin ja olivat keskimäärin 5,4 %. Koeruutujen koko oli 6 × 20 m ja kerranteita oli neljä.

Koejakson aikana kertyi maahan karjanlannassa noin 30 tonnia ja turpeessa noin 75 tn kuiva-ainetta hehtaarille. Jokioisten kokeessa karjanlanta oli puupurusekoitteista ja Satakunnan kokeessa olkisekoitteista. Jokioisten kenttäkokeessa käytetty turve oli peräisin Jokioisten Pellilän suolta ja Satakunnan tutkimusasemalla käytetty turve oli tuotu Vapon Punkalaitumen suolta. Molemmat turpeet olivat rahkavaltaisia ja niiden pH oli vähän alle 5,0.

Neljä vuotta jatkuneen vilja- ja nurmikierron jälkeen kylvettiin kaikkiin ruutuihin ohraa. Korjuun jälkeen otettiin ruuduista maanäytteet erikseen viljavuustutkimusta, maan tilavuuspainon määrittämistä ja kestävien murujen määrittämistä varten. Viljavuusnäyte koottiin ruudulta kymmenestä osanäytteestä yhdistämällä. Tilavuuspainonäyte otettiin lieriöllä (tilavuus 0,4 dm<sup>3</sup>) muokkauskerroksen keskisyvyydeltä 5–15 cm, joka ruudulta ennalta määrätystä kolmesta kohdasta ja näyte muruanalyysiä varten maan rakennetta särkemättä hellävaraisesti kahdesta kohdasta ruutua. Tutkittavat maanäytteet otettiin 5 ja 10 vuotta kokeen alusta, vuosina 1989 ja 1994. Maan muutosten seuranta on tehty näiden ja vuonna 1984 otettujen lähtötilannetta kuvaavien viljavuusnäytteiden perusteella.

Kenttäkokeissa viljaruuduilla kasvatettiin viitenä vuotena kauraa, neljänä ohraa ja kahtena vehnää.

### 2.2 Vettä kestävien maamurujen analyysimenetelmä

Noin yhden litran kokoinen maanäyte kuivattiin huonekuivaksi hitaasti ja murennettiin hellävarai-

sesti sormin vähintään yhden senttimetrin läpimitaisiksi muruiksi. Ilmakuivattua ja murennettua maata punnittiin 50 grammaa. Siitä oli poistettu sorarakeet ja havaittavat juuri- ja korsijätteet. Maanerä levitettiin halkaisijaltaan 200 mm:n ja reikäkooltaan 2 mm:n seulalle, joka oli kiinnitetty 1 mm:n seulan päälle, ja seulat asennettiin huiskutuslaitteeseen. Seulat upotettiin laitteeseen kytkettyinä vesialtaaseen, jossa veden lämpötila oli säädetty +20° C:ksi. Maa sai kostua 30 minuutin ajan.

Maata huiskutettiin ylös-alas -liikkeellä laitteessa siten, että seulat upotettiin veteen ja nostettiin pinnan yläpuolelle. Laitteen heilahdukset tapahtuivat 43 kertaa minuutissa. Huiskutus kesti 2 minuuttia. Seuloille jääneet vettä kestävät murut huuhdeltiin suodatinsuppiloihin. Maamurut kuivattiin suodatinpapereilla 105° C:ssa. Kuivatut murut punnittiin sen jälkeen, kun mahdolliset sorarakeet oli eroteltu pois ja punnittu niiden huomioimiseksi lopputuloksessa. Käytetty muruanalyysimenetelmä oli pääpiirteiltään sellainen, jonka HEINONEN (1953) on esittänyt.

### 3 VILJELYKIERRON JA ELOPERÄISEN AINEKSEN LISÄÄMISEN VAIKUTUS MAAN RAKENTEeseen

Maan humuspitoisuudessa todettiin tilastollisesti merkitsevä nousu vuodesta 1984 vuoteen 1994 vain turvetta saaneessa koejäsenessä, ja lasku koejäsenessä, josta oljet oli poistettu molemmissa kenttäkokeissa (Taulukko 1). JAAKKOLA ja TALVI-TIE (1983) eivät havainneet merkitsevää eroa maan eloperäisessä hiilipitoisuudessa 21 vuotta jatkuneissa savi- ja hietamaiden kokeissaan, joissa oljet oli poistettu tai maahan oli kynnetty normaali tai kaksinkertainen olkiannos. Omassa hiesumaan kokeessamme totesimme humuspitoisuuden laskeeneen myös nurmella olleessa ja karjanlantaa saaneissa koejäsenissä, vaikka karjanlannan tiedetään stimuloivan mikrobitoimintaa ja edistävän siten humuksen hajoamista. Savimaan kokeessa humuspitoisuuden muutos oli nurmella ja karjanlantalisäyksellä kyllä viitteellisesti positiivinen. Humuksen pitoisuuksiin on osittain vaikuttanut alentavasti myös se, että kynnessä joinakin syksyi-

**Taulukko 1. Maan humuspitoisuudet koejäsenittäin tutkimusvuosina.**  
*Table 1. Soil humus content in study years.*

Koejäsen <i>Treatment</i>	Maan humus-% <i>Organic matter content %</i>			Muutos <sup>1)</sup> <i>Change<sup>1)</sup></i> 1984→1994
	1984	1989	1994	
<i>Savimaa, Jokioinen – Clay soil</i>				
1. Vilja, oljet poistettu <i>Grain, straw removed</i>	6,30	5,86	5,44	*(-)
2. Vilja, oljet kynnetty <i>Grain, straw ploughed in</i>	5,66	5,85	5,80	
3. Apila-timoteinurmi <i>Sward (red clover + timothy)</i>	5,58	6,01	5,90	
4. Vilja, karjanlantaa 4 × 50 t/ha <i>Grain, farm manure 4 × 50 t/ha</i>	6,24	6,35	6,76	
5. Vilja, turvetta 2 × 200 m <sup>3</sup> /ha <i>Grain, peat 2 × 200 m<sup>3</sup>/ha</i>	5,78	6,98	7,46	*(+)
<i>Hiesumaa, Satakunnan tutkimusasema – Silt soil</i>				
1. Vilja, oljet poistettu <i>Grain, straw removed</i>	5,54	5,22	4,96	**(-)
2. Vilja, oljet kynnetty <i>Grain, straw ploughed in</i>	5,19	5,16	4,91	
3. Apila-timoteinurmi <i>Sward (red clover + timothy)</i>	5,50	5,40	5,32	*(-)
4. Vilja, karjanlantaa 4 × 50 t/ha <i>Grain, farm manure 4 × 50 t/ha</i>	5,48	5,22	5,04	***(-)
5. Vilja, turvetta 2 × 200 m <sup>3</sup> /ha <i>Grain, peat 2 × 200 m<sup>3</sup>/ha</i>	5,21	5,93	5,68	*(+)

<sup>1)</sup> Muutoksen tilastollinen luotettavuus: \*\*\* = 99,9 %, \*\* = 99 %, \* = 95 %

<sup>1)</sup> Statistical significance of change: \*\*\* = 99.9%, \*\* = 99%, \* = 95%

**Taulukko 2. Maan tilavuuspaino.**  
**Table 2. Bulk density of soil.**

Koejäsen Treatment	Tilavuuspaino kg/dm <sup>3</sup> Soil bulk density	
	1989	1994
<b>Savimaa – Clay soil</b>		
1. Vilja, oljet poistettu Grain, straw removed	1,21	1,27
2. Vilja, oljet kynnetty Grain, straw ploughed in	1,26	1,19
3. Apila-timoteinurmi Sward (red clover + timothy)	1,15	1,19
4. Vilja, karjanlanta 4 × 50 t/ha Grain, farm manure 4 × 50 t/ha	1,11	1,15
5. Vilja, turvetta 2 × 200 m <sup>3</sup> /ha Grain, peat 2 × 200 m <sup>3</sup> /ha	1,06	1,12
<b>Hiesumaa – Silt soil</b>		
1. Vilja, oljet poistettu Grain, straw removed	1,18	1,14
2. Vilja, oljet kynnetty Grain, straw ploughed in	1,14	1,15
3. Apila-timoteinurmi Sward (red clover + timothy)	1,10	1,13
4. Vilja, karjanlanta 4 × 50 t/ha Grain, farm manure 4 × 50 t/ha	1,12	1,12
5. Vilja, turvetta 2 × 200 m <sup>3</sup> /ha Grain, peat 2 × 200 m <sup>3</sup> /ha	1,10	1,14

**Taulukko 3. Vettä kestävien maamurujen osuudet v. 1994.**

*Proportions of stable aggregates in 1994.*

Koejäsen Treatment	Maamurut % Stable aggregates %		
	1–2 mm	> 2 mm	Yhteensä Total
<b>Savimaa – Clay soil</b>			
1. Oljet poistettu Straw removed	14,3 <sup>a</sup>	12,1 <sup>b</sup>	26,4 <sup>b</sup>
2. Oljet kynnetty Straw ploughed in	14,2 <sup>a</sup>	14,9 <sup>b</sup>	29,1 <sup>b</sup>
3. Nurmi Sward	15,6 <sup>a</sup>	18,5 <sup>a</sup>	54,1 <sup>a</sup>
4. Karjanlantisäys Farm manure	14,2 <sup>a</sup>	21,1 <sup>b</sup>	35,3 <sup>b</sup>
5. Turvelisäys Peat	14,7 <sup>a</sup>	16,6 <sup>b</sup>	31,3 <sup>b</sup>
<b>Hiesumaa – Silt soil</b>			
1. Oljet poistettu Straw removed	1,4 <sup>b</sup>	0,6 <sup>b</sup>	2,0 <sup>b</sup>
2. Oljet kynnetty Straw ploughed in	1,9 <sup>b</sup>	0,7 <sup>b</sup>	2,6 <sup>b</sup>
3. Nurmi Sward	5,0 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	8,8 <sup>a</sup>
4. Karjanlantisäys Farm manure	2,2 <sup>b</sup>	1,1 <sup>b</sup>	3,3 <sup>b</sup>
5. Turvelisäys Peat	2,7 <sup>b</sup>	1,1 <sup>b</sup>	3,8 <sup>b</sup>

Eri yläindeksillä varustetut arvot poikkeavat koejäsenten välillä tilastollisella 99,9 %:n luotettavuudella toisistaan  
*Different superscripts indicate significant differences between treatments*

nä tuli valitettavasti käännettyksi vähähumuksista jankkoa ylös. Näin tapahtui ainakin Satakunnan kenttäkokeessa.

Maan tilavuuspaino kuvaa myös osaltaan humuksen osuutta maassa, koska orgaaninen aines on mineraaliainesta kevyempää, ja myös maan rakenne on orgaanisen aineksen johdosta huokoisempaa. Tilavuuspainonäytteitä vuodelta 1984 ei ole vastaavalla tavalla määritetty, joten taulukossa 2 on esitetty vain vuosien 1989 ja 1994 tulokset. Tilavuuspainoissa ei ollut koejäsenten eikä vuosien välillä juuri eroja.

Vettä kestävien pienten maamurujen määrittystulokset kahdessa kokoluokassa on esitetty taulukossa 3. Tutkimuksen selkein tulos saatiin tässä muruanalyysissä, sillä neljän vuoden apila-timoteinurmen jälkeen sekä savi- että hiesumaa olivat saaneet hyvän mururakenteen. Molemmissa murujen kokoluokissa murujen määrä oli viljanviljelyssä olleita koejäseniä selvästi suurempi. Vuosien 1989 ja 1994 murumääritykset antoivat hyvin vastaavanlaisen tuloksen.

Savimaalla erikokoisten murujen yhteisosuus oli nurmella 54–57 %, mutta viljalla olleilla eri koejäsenillä 26–43 % (Taulukko 3). Hiesumaalla murujen osuus oli huomattavasti savimaita pienempi, mutta nurmen vaikutus maan rakenteeseen näkyi sielläkin selvästi. Hiesumaan nurmiruutujen murujen osuus maan koko määrästä oli 8,8 % vuonna 1989 ja 14,1 % vuonna 1994. Viljaa kasvaneiden ruutujen murujen painoprosentit vaihtelivat vain 2,0:sta 6,0 prosenttiin.

## 4 SATOTULOKSET

Vuosien väliset viljasadot vaihtelivat molemmissa kenttäkokeissa kasvukauden sääoloista johtuen melkoisesti, eikä koejäsenten välillä vuosittain ollut merkittäviä eroja (Liite 1). Savimaan kymmenen vuoden koekaudelta keskimääräiset viljasadot 3846 ja 3900 kg/ha karjanlanta- ja turvelisäyksen koejäsenissä olivat merkitsevästi suurempia kuin ”oljet poistettu” -koejäsenessä (3465 kg/ha).

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kymmenen vuoden jaksolla ei maan humuksen muutosta olkien poiston tai maahan kynnön seurauksena pystytty näissä kenttäkokeissa osoittamaan. Olkisato oli kuiva-aineena mitattuna vuosittain keskimäärin 5419 kg/ha Jokioisten kenttäkokeessa. Sen osuus laskettuna 20 cm:n muokkauskerrokseen merkitsisi maan humuksena noin 0,12 %-yksikköä, kun oljen hiilipitoisuutena pidetään 45 %. Humuspitoisuuden ero ei kuitenkaan ollut merkitsevä, kun verrattiin koejäseniä, joista olkisato oli poistettu jäseniin, joissa se oli kynnetty maahan. Olkien maahankyntö nosti humuspitoisuutta keskimäärin 0,14 %-yksikköä. Olkien poisto alensi humuspitoisuutta merkitsevästi, savimaalla 0,86 ja hiesumaalla 0,58 %-yksikköä. SALOSEN ym. (1971) mukaan olkien maahankynnön ei voitu kuitenkaan osoittaa 8:sta 16 vuoteen kestäneissä kenttäkokeissa lisänneen maan humuspitoisuutta. Peltoon käytettävistä eloperäisistä aineksista olki on helpoimmin hajoavaa (mm. KOHLENBRANDER 1974, PERSSON 1980).

Savimaan tiedetään olevan erinomainen vettäkestävien murujen muodostumisessa. HEINONEN (1955) sai suomalaisten peltomaiden tutkimukseensa vettäkestävien murujen osuudeksi savimailla 33 % ja hiesumailla ainoastaan 9 %. Tämän tutkimuksen keskimääräiset arvot, savimaa 31–54 % ja hiesumaa 2–9 %, vastasivat hyvin HEINONEN tuloja. Parhaimman murujen osuuden, 39 %, HEINONEN sai multamaissa ja heikoimman 7 % hieka-hietamaissa. Hän totesi humuksella olevan hyvin edullisen vaikutuksen savimaiden muruisuuteen noin 6 %:n humuspitoisuuteen saakka, mutta sen korkeammassa humuspitoisuuksissa ei riippuvuutta enää ollut.

Karjanlannan vaikutuksesta kestävien murujen määrään saivat FRANKEN ja HURTMANN (1985) positiivisen tuloksen. DUCH (1979) totesi, että karjanlanta ei parantanut merkittävästi maan fysikaalisia ominaisuuksia, sen sijaan turve lisäsi vedenpidätyskykyä ja huokoisuutta.

## KIRJALLISUUS

- DUCH, J. 1979. Effects of fertilizing with composted municipal refuse, with powered peat and with farmyard manure on vegetable productivity and on the structure of compact soil. Part II. Changes in physico-chemical properties of the soil and in its structure brought about organic-mineral manuring. *Biuletyn Warzywniczy*, no 23: 271–391.
- ERVIO, R. 1982. Muokkauskerroksen humustason muutos eräissä koeasemien lohkoissa. Maatalouden tutkimuskeskus, Maantutkimuslaitos. *Tiedote* 17: 1–11.
- ERVIO, R. 1995. Viljelymaan humuksen väheneminen kolmen vuosikymmenen aikana. Maatalouden tutkimuskeskus, *Tiedote* 12/95 p. 1–12.
- FRANKEN, H. & HURTMANN, F. 1985. Der Einfluss langjähriger Düngungsmassnahmen auf die Dynamik der Bodenstruktur. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 148:169–178.
- FREI, E. 1971. Der Einfluss der organischen Dünger und der Vegetation auf den Humuszustand des Bodens. *Landwirtschaftliche Forschung* 10: 352–373.
- HEGE, U. 1980. Einfluss kurzfristig starker Humusanreicherung und regelmäßiger organischer Düngung auf Humusgehalt und Ertrag. *Landwirtschaftliche Forschung* 33: 290–302.
- HEINONEN, R. 1953. Maaperän vaikutuksesta laitumen tuoton jatkuvuuteen. Summary: Soil factors affecting the permanence of pasture growth. *Agrogeologia Julkaisuja* 61: 1–24.
- HEINONEN, R. 1955. Soil aggregation in relation to texture and organic matter. Selostus: Maan tekstuuriin ja humuspitoisuuden vaikutuksesta mururakenteeseen. *Agrogeologia Julkaisuja* 64: 1–17.
- JAAKKOLA, A. & TALVITIE, H. 1983. Olkien maahankyntö. *Kehittyvä Maatalous* 50: 3–21.
- KOHLNBRANDER, G. J. 1974. Deficiency of organic manure in increasing soil organic matter content. *Transactions of the 10th International Congress of Soil Science, Moscow, USSR. Volume II*: 129–133.
- PERSSON, G. 1980. Detaljstudium av den organiska substansens omsättning i ett fastliggande ramförsök. Sveriges Lantbruksuniversitet. Avdelning för Växtnäringslära. Rapport 128: 1–9.
- PERSSON, J. 1974. Humusbalans i odlad jord. Summary: Humus balance in cultivated soil. *Maataloustieteellinen Aikakauskirja* 46: 247–263.
- SALONEN, M. 1949. Tutkimuksia viljelykasvien juurten sijainnista Suomen maalajeissa. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Julkaisuja* 70: 1–91.
- SALONEN, M., KÖYLIÄRVI, J. & TEITTINEN, P. 1971. Olkien maahan kyntö toistuvana viljelytoimenpiteenä. *Kehittyvä Maatalous* 2: 3–10.
- WICKE, H.-J. 1967. Die Wirkung einer Düngung mit Stroh bzw. Stalldung auf den Ertrag sowie auf den Humusgehalt des Bodens im Fruchtfolgedüngungsversuch Seehausen. *Albrecht-Thaer-Archiv* 11: 635–647.

Vuosi	Humuskokeen viljasadot kg/ha <i>Grain yields kg/ha</i>				
	Oljet pois <i>Straw removed</i>	Oljet kynnetyt <i>Straw ploughed in</i>	Nurmi <i>Sward</i>	Karjanlanta <i>Farm manure</i>	Turve <i>Peat</i>
<b>Jokioinen</b>					
1985	4039	3898	4009	2915	3971
1986	*	*	*	*	*
1987	3678	3761		3810	3731
1988	3408	3662		3610	3558
1989	3642	3479	2995	3877	3789
1990	2423	2528	4043	4127	3345
1991	3989	3852		4272	4110
1992	1602	1838		2276	2464
1993	4608	4968		5899	6090
1994	3797	3775	4006	3828	4041
Keskim.	3465	3529		3846	3900
<b>Satakunta</b>					
1985	3830	3810	3760	3930	3790
1986	3350	3560		3450	3530
1987	2150	2230		2430	2130
1988	3520	3630		3310	3490
1989	4760	4870	4700	5080	5030
1990	3820	3970	3910	4220	3810
1991	3610	3670		3900	3690
1992	3560	3490		4130	3800
1993	3410	3760		3550	3550
1994	3510	3450	4080	3540	3350
Keskim.	3552	3664		3754	3617

\* Satoa ei voitu korjata

\* Crop could not be harvested

## MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–90 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyys. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
15. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E., NISSINEN, O., AHVENNIEMI, P., LAURILA, A. & RAVANTTI, S. Lannoituksen ja leikkuukorkeuden vaikutus nata- ja niittynurmikkalajikkeiden peittävyys ja kestävyys nurmikossa. 35 p. + 1 liite.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvialustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.

18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus-asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kainuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***  
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.  
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfiointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970–90. 116 p.

## 1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuoreherukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Pohjois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyötykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984–1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.

11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. **Hiehoikasvatuskokeiden tuloksia.**  
SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyschiehot. P. 4–23.  
KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.  
KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.  
Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. Lapinlahti. 13 p. + 2 liitettä.
14. **Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91.** 57 p. + 1 liite.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.  
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.  
Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuisista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

## 1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.
3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
4. RINNE, S-L., SIPPOLA, J. & SIMOJOKI, P. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. (*Summary: Effect of self-sufficient cultivation on soil properties.*) 26 p. + 12 liitettä.

5. RINNE, K., SUVTIE, M. & RINNE, S-L. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu–vilja- ja heinä–vilja–urearuokinnalla. Lehmien rehunkulutus, ravinnonsaanti, tuotokset, maidon koostumus sekä hedelmällisyys ja kestävyys 4.–6. lypsykausina. *Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on grass silage-cereal and hay-urea-cereal diets. Feed intake and nutrient supply, production and composition of milk, fertility and culling of the cows during the 4th–6th production years.* 48 p. + 1 liite.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvintuotannon osaraportti esitutkimukseen “Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautuvalla peltoalalla.” *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled “Energy production in the areas released from food production.”* 38 p.
9. GALAMBOSI, B., KEMPPAINEN, R., SIKKILÄ, J. & TALVTIE, H. Maustekasvien merkitys mehiläisille. ( *Summary: The significance of culinary herbs to bees.* ) 62 p. + 9 liitettä.
10. URONEN, K.R., TAHVONEN, R., JOKINEN, R. & BARTOSIK, M-L. Kasvualustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljelyyn tomaatin satoon ja sadon laatuun. ( *Summary; Sammanfattning.* ) 34 p. + 3 liitettä.
11. ARONEN, I., LAMPILA, M. & HEPOLA, H. Säilörehu, heinä ja olki kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. ( *English summary.* ) 24 p.
12. SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotisen karitsoinnin merkitys lihan tuotantoon ja kannattavuuteen. *Effect of out-of-season lambing on meat production and profitability.* 52 p. + 3 liitettä.  
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotinen karitsointi ja lihantuotanto. P. 7–43.  
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Tiheän ja normaalin karitsoinnin vertailu. P. 44–52.
13. SIMOJOKI, P. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. ( *Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill.* ) 17 p. + 2 liitettä.
14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.  
MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. ( *Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.* ) p. 7–23.  
RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. ( *Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.* ) p. 25–33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. ( *Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.* ) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvaliitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasan viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. ( *Summary: Management of alfalfa.* ) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.

17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristönhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.
20. HUHTA, H. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87. 66 p. + 7 liitettä.

## 1994

1. LINNA, P. & JANSSON, H. Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena. (*Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production.*) 13 p. + 18 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., SANKARI, H., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1986–1993. 112 p. + 1 liite.
3. HAKKOLA, H. Turpeeseen sekoitetun naudanlietelannan lannoitusvaikutus ja varastoinnin aikaiset ravinnehävikit. (*Summary: The fertilization effect of peat manure and nutrient losses during storage.*) 20 p. + 1 liite.
4. EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvisten ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (*Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.*) 22 p.
5. KEMPPAINEN, R. Lannoitustavan vaikutus porkkana-, peruna- ja ohralajikkeiden satoon ja sadon laatuun. Komposti- ja väkilannoituksen vertailu. (*Summary: Effect of fertilization method on yield and yield quality of carrot, potato and barley. Comparison between compost and mineral fertilizer.*) 29 p. + 5 liitettä.
6. KANGAS, A., SIMOJOKI, P. & TALVITIE, H. Kevätviljojen kylvösiemenen taantuminen. (*Summary: Deterioration of the yielding capacity of cereal seed.*) 17 p.
7. VÄNNINEN, I. Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja torjunta-aineiden käyttö. Vuoden 1992 kyselytutkimuksen tulokset. (*Summary: Pests and pesticide usage on greenhouse cultivations. Results of a questionnaire survey from 1992.*) 30 p.
8. VIRKAJÄRVI, P. & KARVONEN, K. Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. 21 p. + 1 liite.
9. RANTALA, M., UUSIVIRTA, R., ULMANEN, S. & HANNUKKALA, A. Sellutehtaan kuorijäte lietelannan, sakokaivolietteen ja jätevesien käsittelyssä. (*Summary: The barking waste from a pulp mill in the treatment of cow slurry, septic tank sludge and waste water.*) 54 p.

10. KALLIO, M. & SAIRANEN, S. Kotieläinten luonnonmukainen ruokinta. Kirjallisuuskatsaus. 20 p.
11. REGÅRDH, E. & NIEMELÄINEN, O. Luonnonvaraisten ruohovartisten kasvien siemenlisäyksen kehittäminen. Kirjallisuusselvitys. (*Summary: Developing the seed multiplication of herbaceous wild plants. A literature survey.*) 50 p. + 2 liitettä.
12. PAHKALA, K., MELA, T. & LAAMANEN, L. Agrokuidun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. Alustavan tutkimuksen loppuraportti 1990–1992. (*Summary: Prospects for the production and use of agrofibre in Finland. Final report of the preliminary study in 1990–1992.*) 56 p. + 2 liitettä.
13. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA, H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timoteinurmen kaliumlannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. (*Summary: Grass production on cut-away peatlands. Potassium fertilization of timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.*) 23 p. + 10 liitettä.
14. LAITINEN, P. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuorovaikutus. Kirjallisuustutkimus. 44 p.
15. URVAS, L. Salaojavesien ravinnehuuhtoutumat karjatiljoilla. (*Summary: Leached nutrients in drain water on livestock farms.*) 32 p.
16. KEMPPAINEN, E. Naudan lietelannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. (*Summary: Leaching of nutrients from cow slurry and fox manure in a lysimeter trial.*) 46 p. + 2 liitettä.
17. ALAKUKKU, L. & ELONEN, P. Syksyn kuljetusajon aiheuttama savimaan tiivistyminen. (*Summary: Compaction of a heavy clay soil by transport traffic in autumn.*) 30 p. + 13 liitettä.
18. KOIKKALAINEN, K. Luonnonmukaisen viljelyn talousseuranta. (*Summary: Economic follow-up of ecological farming.*) 23 p.
19. NISSINEN, O. & HAKKOLA, H. Korjuutavan ja kasvilajin vaikutus nurmen tuottokykyyn Pohjois-Suomessa. (*Summary: The effect of the harvesting method and plant species on the grassland productivity in North Finland.*) 48 p.

## 1995

1. LEPPÄNEN, A. & ESALA, M. Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö lannoitustarpeen enustamisessa. Esitutkimus. (*Summary: Analysis of mineral nitrogen in soil in spring for assessing nitrogen fertilizer requirement in Finland. A preliminary study.*) 29 p. + 1 liite.
2. JÄRVI, A., KANGAS, A., MUSTONEN, L., SALO, Y., TALVITIE, H., VUORINEN, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1987–1994. 126 p.
3. AULA, S. & TALVITIE, H. Ruis- ja kevävehnälaajikkeiden soveltuvuus luonnonmukaiseen viljelyyn. (*Summary: The suitability of rye and spring wheat varieties for ecological cultivation.*) 46 p. + 6 liitettä.

4. **Lammas ja laidun.** (*Summary: Sheep production on pasture.*) (*Sammandrag: Får på betet.*) 60 p.  
SAIRANEN, S. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Laidun lampaiden ruokinnassa. Kirjallisuuskat-  
saus. (*Sheep grazing. Literature review.*) p. 8–40.  
SORMUNEN-CRISTIAN, R., SAIRANEN, S. & PAASIKALLIO, A. Lampaiden ruokintatutkimuk-  
set laitumella. (*Grazing experiments with sheep.*) p. 41–60.
5. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maiseman- ja ympäristöhoito osana maaseudun kehittämistä. Delfoi-tutkimuksen tulokset. (*Abstract: Landscape and environmental management as a part of the rural development. Results of the Delphoi study.*) 33 p. + 2 liitettä
6. JUHANOJA, S. & HEIKKILÄ, M. Hallitusti liukenevan lannoitteen käyttö alppiruusujen taimikasvatuksessa. (*Summary: Effect of three modifications of controlled-release fertilizer (Osmocote) on the growth and flowering of micropropagated plantlets of rhododendrons.*) 22 p. + 4 liitettä.
7. HUOKUNA, E., DALMAN, P., NYKÄNEN-KURKI, P., GALAMBOSI, B., HÄKKINEN, S. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Etelä-Savon tutkimusasema 75 vuotta. Tutkimusta ja koetoimintaa viljelijän hyväksi vuodesta 1919. 69 p.
8. **Kasvunsäätteiden käyttökelpoisuus rukiilla.** (*Summary: The effect of plant growth regulators on rye.*) 31 p.  
ERVIÖ, L.-R., VANHALA, P., KONTTURI, M. & KANGAS, A. Kasvunsäätteiden käyttökelpoisuus rukiilla. (*Summary: The effect of plant growth regulators on rye.*) p. 1–19.  
JUNNILA, S. Moddus 250 EC rukiin kasvunsäätteenä. (*Summary: Moddus 250 EC as a plant growth regulator in rye.*) p. 21–27.  
Viljojen kasvunsäätteitä käsittelevää kirjallisuutta. (*Literature concerning plant growth regulators in cereals.*)
9. ERVIÖ, R. Sokerijuurikas raskasmetalleilla saastuneen maan puhdistajana. Kirjallisuuskat-  
saus. (*Summary: Sugar beet as a cleaner of contaminated arable soil. A literature survey.*)  
14 p
10. KEMPPAINEN, R. Biotiitti ja raakafosfaatti apilanurmen lannoitteina. (*Summary: Biotite and rock phosphate as fertilizers for clover-containing grass leys.*) 21 p.
11. **Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen ja siihen vaikuttaminen.** (*Summary: Change in and ways of affecting the humus content of arable land.*) 18 p. + liite.  
ERVIÖ, R. Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen ja siihen vaikuttaminen. (*Summary: Change in and ways of affecting the humus content of arable land.*) p. 1–12.  
ERVIÖ, R. ja TALVITIE, H. Viljelymaan humuspitoisuuteen ja fysikaaliseen rakenteeseen vaikuttaminen viljelyn keinoin. (*Summary: Affecting the humus content and physical structure of arable land by cultivation.*) p. 13–18 + liite.

---

**JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
Kirjasto  
31600 JOKIOINEN  
puh. (916) 41881, telekopio (916) 4188 339

**HINTA: 50 mk (+ alv.)**