



MTTK — MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

Tiedote 23/84

SIRKKA-LIISA RINNE
Sata-Hämeen tutkimusasema

JOUKO SIPPOLA
Maantutkimusosasto

MAATALOUDEN JÄTTEIDEN KOMPOSTOINTI

- I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa
- II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineena
- III Kompostin arvo lannoitteena

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE 23/84

SIRKKA-LIISA RINNE ¹⁾ ja JOUKO SIPPOLA ²⁾

Maatalouden jätteiden kompostointi

- I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa
- II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina
- III Kompostin arvo lannoitteena

¹⁾ Sata-Hämeen tutkimusasema
38460 MOUHIJÄRVI
(932) 811 31

²⁾ Maantutkimusosasto
31600 JOKIOINEN
(916) 844 11

ISSN 0359-7652

ESIPUHE

Suomen Akatemian maatalous-metsätieteellisen toimikunnan ja MTTK:n välisessä tutkimussopimuksessa "Mahdollisuudet ulkomaisista energiapanoksista riippumattomaan, omavaraiseen maataloustuotantoon" ovat keskeisinä viljelykiertokokeet. Kokeissa verrataan tavanomaista viljelyä omavaraiseen viljelyyn. Omavaraisessa viljelyssä on eräänä koetekijänä viljelyjätteiden palauttaminen kompostoituina maahan. Tutkimushankkeeseen liittyy myös kompostin käyttömäärä- ja käyttötapakokeita.

Tässä tiedotteessa selostettujen kompostointikokeiden tarkoituksena oli hankkia kokemusta kompostoinnista sekä selvittää typpi- ja fosforilisäyksen vaikutusta oljen kompostoitumiseen ja ravinnetappioihin maatilamittaisessa kompostoinnissa. Toisessa kokeessa verrattiin erilaisia maatilanjätteitä kompostin raaka-aineena. Saadun kompostimullan arvoa lannoitteena ja maanparannusaineena arvioitiin viljavuusanalyysin ja astiakokein.

TIIVISTELMÄT

I TYPPI- JA FOSFORILISÄ OLJEN KOMPOSTOINNISSA

Heinäkuun alussa mullan ja vanhan kompostin kanssa kompostoitu siemenheinän ja viljan oljen seos (N % = 1,38) oli seuraavana keväänä maatonut typen mineraloitumisen asteelle ilman ravinnelisää. Tällöin typpihäviö oli 37 % ja kuiva-ainehäviö 53 %. Kun lisättiin typpeä (ureana) 2,5 - 10,0 kg tonnille olkea, kuiva-ainetappiot pienenevät ja typpitappiot suurenevät yli puoleen kokonaistypestä. Fosforilisällä ei ollut merkitsevää vaikutusta häviöihin.

Koska typpitappiot olivat suuret, kompostimullan typpipitoisuus ei typpeä lisäämällä merkitsevästi noussut. Kaliumin, fosforin ja magnesiumin liukoiset pitoisuudet olivat sitä pienemmät mitä enemmän typpeä lisättiin. Muiden ravinteiden kuin typen kokonaismäärissä ei kuitenkaan ollut eroa typpitasojen välillä eikä typpilisä siten ollut lisännyt niiden huuhtoutumishäviöitä. Kaliumin kokonaismäärästä oli kompostoinnin aikana hävinnyt 42 % ja fosforista 6-24 %.

Vaikka tässä kokeessa nopea kompostoituminen ja pienet tappiot saavutettiin ilman ravinnelisää, typen käyttö oljen kompostoinnissa on perusteltua silloin, kun oljen typpipitoisuus on alhainen. Tämän kokeen tulosten mukaan 1,4 - 1,5 % typpeä kuiva-aineessa on riittävä ja tätä suuremmat määrät ovat oljen kompostoitumisen kannalta turhia ja jopa haitallisia. Raakafosfaattilisä näyttää kompostoitumisen kannalta tarpeettomalta.

II MAATALOUDEN JÄTTEET KOMPOSTIN RAAKA-AINEINA

Suuria typpihäviöitä on maatilamittaisessa kompostoinnissa vaikea estää, jos raaka-aineiden typpipitoisuus on yli 1,5 prosenttia kuiva-aineessa ja jos palamislämpötilat ovat

korkeat. Tappiot nousevat nopeasti yli puoleen kokonaistypistä. Alempikaan typpipitoisuus ei estä suuria tappioita, jos raaka-aineet sisältävät runsaasti helppoliukoisia hiilihydraatteja kuten säilörehun puristeneste ja nuori ruoho.

Pyrkimys sitoa jätteiden ravinteet kompostoimalla vaikeasti huuhtoutuvaan muotoon toteutuu vain, jos kompostin käyttö ajoitetaan oikein. Helposti hajoavista jätteistä heinäkuussa tehdystä kompostista oli seuraavaan kevääseen mennessä hävinnyt keskimäärin noin puolet kaliumista ja neljännes fosforista. Jäljellä olevista ravinteista oli liukoisena puolet kaliumista ja neljännes fosforista sekä magnesiumista. Tällaista kompostia ei kannata seisottaa säiden vaikutuksille alttiina, vaan sen valmistuminen on ajoitettava siten, että komposti voidaan käyttää välittömästi kun mineraloituminen alkaa.

III KOMPOSTIN ARVO LANNOITTEENA

Kompostoitujen maatalousjätteiden arvoa lannoitteena selvitettiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maantutkimusosastolla astiakokein rypsi koekasvina. Annettu kompostimäärä vastasi 160 tonnia tuoretta kompostia hehtaarille. Kompostimullan suuresta määrästä ja suhteellisen korkeasta kokonaistypipitoisuudesta huolimatta rypsi kärsi selvästi typen puutetta. Kompostin liukoisen typen määrä oli ilmeisesti pitkän kompostoisajan ja huuhtoutumisen seurauksena suhteellisen alhainen. Kaksi kukintavaiheessa korjattua rypsi-satoa otti kompostin laadusta riippuen yhteensä vain 3,2 - 7,6 % kompostin kokonaistypistä. Muiden ravinteiden saanti oli riittävä normaaliin kasvuun.

Paras lannoitusvaikutus oli olkikompostilla, johon oli lisätty kompostoitaessa 10 kiloa typpeä olkitonnille ja jonka liukoisen typen määrä oli astiakokeen alkaessa korkein. Myös lantakompostien lannoitusvaikutus oli suhteellisen

hyvä. Heikoin lannoitusvaikutus oli sahanpurua sisältävillä komposteilla, joissa oli niukasti liukoista typpeä ja hiilen ja typen suhde oli muita komposteja korkeampi.

Tulosten mukaan kompostin typpi on niin vaikealiukoisessa muodossa, että suurikaan kompostimäärä ei ole riittävä nopeasti kasvavan, paljon typpeä vaativan kasvin tarpeisiin. Kompostin typpi on paljon vaikeammin kasvien käytettävissä kuin karjanlannan typpi, mutta se ei siten myöskään huuhtoudu helposti.

SISÄLLYSLUETTELO

	sivu
I TYPPI- JA FOSFORILISÄ OLJEN KOMPOSTOINNISSA	
JOHDANTO	1
AINEISTO JA MENETELMÄT	3
Raaka-aineet ja koejäsenet	3
Kompostien valmistus ja hoito	4
Kompostien ilmastus	5
Kompostien punnitseminen	5
Näytteiden otto	5
Lämpötilamittaukset	6
Määritykset	6
Säätila	7
TULOKSET JA TARKASTELU	7
Kompostien lämpötila	7
Kuiva-ainehäviöt	10
Typpihäviöt	12
Kalium- ja fosforitappiot	17
Typpilisän vaikutus kompostimullan laatuun	17
Fosforilisän vaikutus kompostin laatuun	21
Liukoisten ravinteiden osuus kokonaisravinteista	21
Olkikomposti verrattuna lantaan	23
II MAATALOUDEN JÄTTEET KOMPOSTIN RAAKA-AINEINA	
JOHDANTO	24
AINEISTO JA MENETELMÄT	25
Raaka-aineet ja koejäsenet	25
Kompostien valmistus ja käsittely	26
Määritykset	26
TULOKSET JA TARKASTELU	28
Kompostien lämpötilat	28
Kuiva-aine- ja typpihäviöt	29
Kalium- ja fosforihäviöt	33
Valmiin kompostin laatu	33

	sivu
III KOMPOSTIN ARVO LANNOITTEENA	
JOHDANTO	39
AINEISTO JA MENETELMÄT	40
TULOKSET JA TARKASTELU	42
Sadot	42
Sadon laatu	43
Sadon ottamat ravinteet	45
Ravinteidenoton osuus kokonaisravinteista	46
KIRJALLISUUTTA	48
LIITTEET	51

I TYPPI- JA FOSFORILISÄ OLJEN KOMPOSTOINNISSA

JOHDANTO

Kompostointi on vuosituhsia vanha jätteiden käsittelymenetelmä. Sen tarkoituksena on saada eloperäiset jätteet pieneliötoiminnan avulla nopeasti humukseksi, jossa ravinteet ovat hitaasti käyttökelpoisiksi vapautuvina orgaanisina yhdisteinä ja jota voidaan haitatta lisätä maahan suuriakin määriä. Nopean hajoituksen edellytyksiä ovat riittävä kosteus, hyvä ilmanvaihto ja kaikki pieneliöille tarpeelliset ravinteet. Erityisesti riittävä typpimäärä on välttämätön. Edullisissa oloissa pieneliöstö lisääntyy nopeasti ja sitoo typen orgaaniseen muotoon omiin valkuaisaineisiinsa. Eri eliöryhmät seuraavat toisiaan käyttäen ja hajoittaen kullekin lajille tyypillistä hiilen lähdettä ja edellisten sukupolvien kuollutta massaa. Osittain hajonnut ja hajoamatonkin eloperäinen aines, valkuaisaineet, aminohapot ja monimutkaiset hiiliyhdisteet syntetisoituvat humukseksi nimitetyksi kolloidiseksi aineeksi, jolla on kasvinviljelyssä monia merkittäviä kemiallis-fysikaalisia, mahdollisesti vielä tuntemattomiakin vaikutuksia. Eloperäinen aines hajoaa myös maassa, mutta tapahtuma on hitaampi ja alhaisissa lämpötiloissa muodostunut humus on erilaista kuin kompostin korkeissa lämpötiloissa muodostunut humus (KAILA 1952 a).

Kompostointitutkimusta ja menetelmien kehittymistä ovat viime aikoina eniten edistäneet kompostoinnin tarjoamat edut yhdyskuntajätteen käsittelyssä. Suurten jätemäärien kompostointi ja kompostin käyttö vaativat koneistuksen, paljon energiaa ja ihmistyövoimaa. Siten taloudelliset seikat rajoittavat kompostoinnin yleistymistä maatiloilla.

Kompostoinnin taloudellisuuteen vaikuttavat myös ravinnetappiot, joita syntyy aina eloperäisen aineen hajotessa. Osan hiilipitoisista yhdisteistä pieneliöt käyttävät hengitykseen, jolloin vapautuu hiilidioksidia ja vettä. Kompostin paino ja tilavuus pienenevät. Jos typen määrä on

hiileen nähden liian alhainen (C/N-suhde korkea), kuten useimmissa kasvinviljelyjätteissä, tarvitaan täydennykseksi typpipitoisia aineita. Jos taas C/N suhde on liian alhainen, ylimäärä typpeä haihtuu ammoniakkinä. Jos jätteen C/N-suhde on 20, se sisältää energian lähdeä ja typpeä suunnilleen pieneliöiden tarvitsemassa suhteissa. Yleiset suositukset liikkuvat rajoissa 20-40. Kompostoitumisen onnistumisen edellytyksistä ovat HAUKIOJA ym. (1983) laatineet käytäntöä palvelevan laajan selvityksen.

Fosforin lisäämisen ei yleensä ole todettu edistävän oljen tai puun kuoren kompostoitumista (KAILA 1952 a, BAUMANN 1967, VERDONCK et al. 1982), mutta positiivisiakin tuloksia on saatu (SOLBRAA 1972).

Aerobisessa kompostoinnissa tapahtuvia typpihäviöitä on tutkittu paljon ja tulokset ovat vaihdelleet. Kontrolloituissa laboratorio-olosuhteissa tehdyt kokeet osoittavat, että tappiot voidaan edullisissa oloissa supistaa pieniksi. Kun C/N-suhde on ollut riittävän korkea eikä lämpötila ole noussut yli 55 °C, on voitu osoittaa biologisen typensidonnin jopa lisänteen typen määrää (HUEMBELIN et al. 1982, MEYER 1982). Useimmissa laboratoriokokeissa typpihäviöt ovat olleet 10-30 % välillä (KAILA 1952 a, HOYLE ja MATTINGLY 1954, PETERSON 1973, SCHMALLFUSS ja KOLBE 1963, MEYER 1982), mutta säiden vaikutuksille alttiina olevista komposteista on todettu tyypestä ja muista pääravinteista hävinnän yli puolet (AUGSTBURGER et al. 1981). Suuria typpihäviöitä on todettu myös yhdyskuntajätteen kompostoinnissa, mutta tällöin ovat etusijalla olleet muut tavoitteet kuin ravinteiden säästäminen. Runsaasti typpeä sisältävän kotitalousjätteen kompostointi säiden vaikutuksille alttiina on aiheuttanut 56-82 prosentin typpihäviöt (LILJA 1982).

Tässä tutkimuksessa, joka jakautuu kolmeen osaan, verrattiin erilaisia typen lähteitä lähinnä oljen kompostoinnissa. Tavoitteena oli selvittää erityisesti ravinnetappioiden suuruutta silloin, kun jätteitä käsitellään kompostomalla maatilamittakaavassa. Lisäksi pyrittiin selvittämään

saadun kompostin arvoa kasvien ravinnelähteenä. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa verrattiin nousevien urea- ja raakafosfaattimäärien vaikutusta kompostoitumiseen.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Raaka-aineet ja koejäsenet

Kompostien raaka-aineina käytettiin kuivaa viljan ja siemenheinän oljen seosta. Sen typpipitoisuus oli 1,38 % ja fosforipitoisuus 0,182 %. Kaliumia siinä oli 1,54 %, kalsiumia 0,425 %, magnesiumia 0,139 % ja hiiltä 41,6 % kuiva-aineessa (87,3 %). Oljen määrä jokaisessa kompostissa oli 8 m³ (218 kg kuiva-ainetta). Lisäksi käytettiin jokaiseen kompostiin 200 litraa multaa (hiesusavea) ja vanhaa kompostia 100 litraa. Kun otetaan huomioon olki, multa ja vanha komposti, jokaisessa kompostissa oli lähtöaineena 386 kg kuiva-ainetta, 3,95 kg typpeä ja 102 kg hiiltä (Taulukko 1). Jos arvioidaan oljen sitoneen 2,5-kertaisen vesimäärän, kompostien tuorepaino kokeen alkaessa oli noin 1140 kg.

Taulukko 1. Kompostin raaka-aineina käytettyjen hiesumullan ja kompostin laatu.

	C %	N %	C/N	Liukoiset ravinteet mg/l				Liukoinen typpi mg/kg tuoretta näytettä	
				Ca	K	Mg	P	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N
Hiesu- multa	2,24	0,22	10,2	1700	95	120	13	13	137
Vanha kom- posti	35,20	2,60	13,6	2900	3000	1300	970	27	171

Lähtöaineiden keskimääräinen typpipitoisuus oli 1,02 % ja C/N-suhde 25,9. Koska kuitenkin mullan ja vanhan kompostin typpi ja hiili ovat vaikeasti hajoitettavissa humusyhdisteissä, olkiheinän C/N-suhde 30,1 kuvaa paremmin kompostoitavan eloperäisen aineen hiilen ja typen suhdetta. Kun

typpeä lisättiin, C/N-suhde pieneni siten, että kompostissa, joka sai suurimman typpilisän, olkiheinän C/N-suhde oli 17,5. Lähtöaineiden keskimääräinen C/N-suhde on pohjana kompostoitumista ja valmiin kompostin stabiilisuutta arvioitaessa.

Typen lähteenä käytettiin ureaa (46,3 % N) ja fosforin lähteenä raakafosfaattia (15 % P). Koejäsenet olivat seuraavat:

kerran-			teita		
N ₀	P ₀	1	N ₀	0	kg N tonnille olkea
N ₀	P ₁₀	1	N _{2,5}	2,5	"- "
N _{2,5}	P ₀	2	N ₅	5,0	"- "
N _{2,5}	P ₅	2	N ₁₀	10,0	"- "
N _{2,5}	P ₁₀	2	P ₀	0	kg P "- "
N ₅	P ₀	2	P ₅	5,0	"- "
N ₅	P ₅	2	P ₁₀	10,0	"- "
N ₅	P ₁₀	2			
N ₁₀	P ₀	2			
N ₁₀	P ₅	2			
N ₁₀	P ₁₀	2			

Yhteensä 20 kompostia

Kompostien valmistus ja hoito

Kompostit tehtiin tiiviille, paljaalle hiesumaakentälle 6. - 8.7.1982. Raaka-aineet levitettiin kerroksittain siten, että alimmaiseksi tuli noin 2 x 4 m alalle 30 cm kerros olkea, joka kasteltiin hyvin. Päälle levitettiin vanhaa kompostia noin 12 l ja hiesumultaa 24 l. Urea liuotettiin veteen ja levitettiin kastelukannulla niin hitaasti, että liuos ennätti imeytyä. Päällimmäiseksi levitettiin raakafosfaattia ja sen päälle jälleen olkia. Näin jatkettiin kerros kerrokselta, kunnes koko raaka-ainemäärä oli käytetty. Viimeiseen kerrokseen levitettiin kaksinkertainen määrä multaa ja vanhaa kompostia ja päällimmäiseksi olkia. Kerroksia oli seitsemän ja kompostin korkeus 1,5 m. Kaikki 20 kompostia tehtiin samalla tavalla. Suurimpana ongelmana kompostien perustamisessa oli saada tasainen ja kompostoitumisen kannalta riittävä kosteus, kun lähtöaineena oli

suuri määrä kuivaa olkea. Kompostit olivat alttiita säävaihteluille, tuulelle ja sateelle. Talveksi kompostit peitettiin noin 20 cm:n olkikerroksella.

Kompostien ilmastus

Kompostit ilmastettiin kääntämällä ne noin viiden viikon kuluttua perustamisesta (12. - 16.8.) ja vielä kerran ennen talven tuloa, noin 90 päivää kompostien perustamisesta, jonka jälkeen ne peitettiin oljilla. Heinäkuussa ja kääntämisen aikana komposteja kasteltiin.

Kompostien kääntämiseen käytettiin maatilán koneita, lannanlevittäjällä varustettua yleisperävaunua sekä traktorin takakuormajaa. Jotta kompostit voitaisiin tarkkaan rajata, rakennettiin perävaunuun kiinnitettävä muotti, johon lannanlevittäjä heitti kompostoitavan massan ja jonka avulla massa saatiin pysymään selvärajaisessa kasassa. Muotti tehtiin siten, että hitsattiin perävaunun levyinen rautakehikko, johon kiinnitettiin vanerista katto ja sivuseinät. Muotti oli auki molemmista päistä. Kehikko kiinnitettiin perävaunuun syötön ajaksi, jolloin irrallista päätyseinää käyttäen saatiin kukin komposti pysymään erillisenä tiivisseinäisenä kasana. Ilman päätyseinää kehikkoa voidaan käyttää pitkän yhtenäisen harjukompostin tekoon.

Kompostien punnitseminen

Kompostit punnittiin 15.5.1983 kuormavaa'alla, jonka punnitustarkkuus on \pm 5 kg.

Näytteiden otto

Punnitsemisen jälkeen maatunut massa sekoitettiin vielä kerran lannanlevittäjällä ja samalla otettiin noin 10 litran edustava näyte analyysijä varten.

Lämpötilamittaukset

Kompostien lämpötilat mitattiin Alnorin DTM-20 lämpömittarilla, joka oli varustettu 60 cm:n anturilla. Myöhemmin kompostien kääntämisen jälkeen käytettiin kiinteitä antureita. Lämpötilat mitattiin kompostien valmistumista seuraavasta päivästä alkaen kolmen viikon ajan joka päivä kompostin keskeltä ja molemmista päistä kustakin 40 ja 60 cm:n syvyydestä. Myöhemmin lämpötilat mitattiin keskimäärin kolme kertaa viikossa kahdesta syvyydestä kompostin keskeltä.

Määritykset

Kompostimullan ominaisuuksia tutkittiin maanäytteiden analysointiin käytetyin menetelmin. Kaikki määritykset tehtiin Maatalouden tutkimuskeskuksen maantutkimusosastolla ilmakeivista näytteistä, joiden kosteus oli n. 3 %. Kuiva-aineelle lasketut ominaisuudet perustuvat ilmakeivään materiaaliin. Näytteet valmistettiin analyysijä varten jauhamalla 2 mm seulan läpi.

Tilavuuspaino määritettiin punnitsemalla ns. viljavuusanalyysin uuttoon mitattu 25 ml erä näytettä.

Hiilipitoisuus mitattiin kuivapolttomenetelmällä LECO CR-12 laitteistolla.

Johtoluku ja pH mitattiin vesilietoksesta (1:2,5, VUORINEN ja MÄKITIE 1955).

Vaihtokapasiteetti määritettiin kyllästämällä ammoniumasetaatilla (pH 7) ja vaihtamalla pidättynyt ammonium kaliumkloridilla. Vaihtokapasiteetti laskettiin orgaanista hiiltä kohti olettamalla komposteihin lisätyn hiesusaven vaihtokapasiteetiksi 10 me/100 g.

Ravinteiden kokonaismäärät:

- Kokonaistypen määrittystä varten näyte hajotettiin Kjeldahl-menetelmän mukaisesti ja ammonium määritettiin kolorimetrisesti AKEA-laitteistolla.
- Fosforin, kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin määrittystä varten näyte hajotettiin NaCO_3 -sulatteessa. Fosfori määritettiin kolorimetrisesti ja kalium, kalsium sekä magnesium atomiabsorptiospektrometrillä.

Ravinteiden liukoiset määrät:

- Nitraatti- ja ammoniumtyppi uutettiin tuoreesta näytteestä 2 M KCl:lla (1:2,5) ja määritettiin kolorimetrisesti AKEA-laitteistolla.
- Fosfori, kalium, kalsium ja magnesium määritettiin viljavuusanalyysimenetelmän mukaan (VUORINEN ja MÄKITIE 1955).

Tilastokäsittelyssä käytettiin varianssianalyysiä ja Tukeyn testiä. Taulukoissa tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0,05$) toisistaan poikkeavat keskiarvot on osoitettu kirjaimin.

Säätila

Lämpösumma ja sademäärä 6.7.82 - 15.5.83 olivat Sata-Hämeen tutkimusaseman säähavaintojen mukaan seuraavat: Tehoisa lämpötilasumma ($> 5^\circ\text{C}$) oli 1088,7 $^\circ$ ja sademäärä 560,2 mm. Erittäin kuiva heinäkuu (sademäärä 6 mm) vaikeutti kompostien kosteuden säilyttämistä. Keskilämpötilat Sata-Hämeen tutkimusasemalla heinä-marraskuussa liitteessä 1.

TULOKSET JA TARKASTELU

Kompostien lämpötila

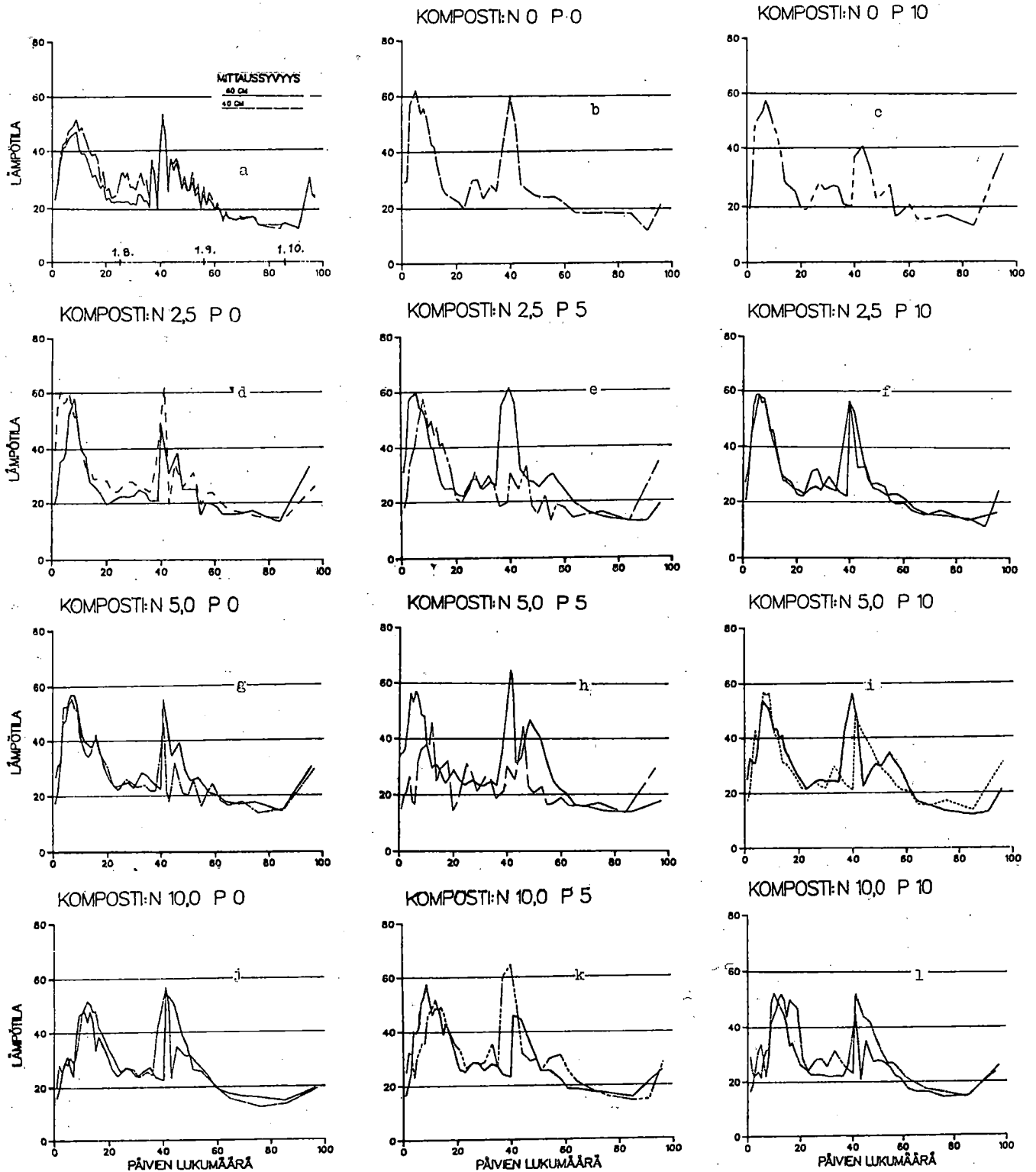
Kompostien lämpötilamittaukset antavat luotettavan kuvan kompostoitumisen edistymisestä ja sen eri vaiheista. Lämpötila on tärkein eloperäisen aineen hajoamisnopeuteen ja syntyneen tuotteen laatuun vaikuttava tekijä, sillä se määrää mitkä hajoittajaeliöstöt toimivat ja kuinka pitkän ajan. Tässä kokeessa ensimmäinen lämpötilahuippu saavutettiin 4-12 päivässä kompostien perustamisesta (Kuva 1).

Lämpötilat olivat termofiilien pieneliöiden toiminta-alueella (yli 40 °C) keskimäärin 10 päivän ajan. Yli 55 °C lämpötilat kestivät harvoin 1-3 päivää kauempaa. Kolmen viikon kuluttua lämpötila vakiintui 20-25 °C tasolle. Sen jälkeen oli havaittavissa vielä uusi lämpötilan nousu keskimäärin 30 °C:een (vaihtelu 28-47 °C) neljän ja viiden viikon kuluttua kokeen alkamisesta. Tämä nousu oli havaittavissa ainoastaan 40 cm syvyydessä. Muutokset ulkoilman lämpötiloissa samoina aikoina eivät olleet merkittäviä (Liite 1).

Kompostien kääntämisen ja ilmastuksen jälkeen lämpötila nousi jälleen jyrkästi, mikä osoittaa paitsi että hajomatonta ainesta oli vielä jäljellä (reunavaikutus), myös että kompostit ovat saattaneet kuivua liikaa. Lämpötilan nousu jäi lyhytaikaisemmaksi ja huippulämpötilat keskimäärin alemmiksi kuin ensimmäisen kuumenemisvaiheen aikana. Kompostit käännettiin vielä kerran ennen talven tuloa, mutta lämpötilojen nousu oli enää vähäistä. Kuukauden kuluttua kääntämisestä kompostien lämpötilat olivat keskimäärin 18 °C ilman lämpötilaa korkeammat ja kuuden viikon kuluttua marraskuun lopussa 5 °C nollan tienoilla olevaa ilman lämpötilaa korkeammat. Talvella kompostit jäätivät. Kun ne keväällä punnitsemisen yhteydessä vielä kerran käännettiin, lämpötila ei enää noussut.

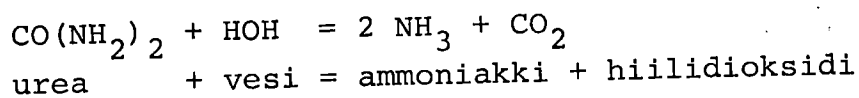
Riittämätön kosteus lienee haitannut maatumista joissakin komposteissa, mistä on osoituksena epätasainen kuumeneminen (Kuva 1 e ja h). Kun rajana pidetään 55 prosentin kosteutta lopullisessa tuotteessa, tätä kuivempia komposteja oli neljä. Ne jätettiin lopullisista tuloksista pois, jotta tappioarviot ja laadun tarkastelu perustuvat 11 koejäsenen ominaisuuksiin, joista kuudella oli kerrannekompostit.

Mittaussyvyys. Ensimmäisen lämpötilahuipun aikana mitattiin 40 cm:n syvyydestä keskimäärin kymmenen astetta korkeammat lämpötilat kuin 60 cm:n syvyydestä (Kuva 1 a). Erot olivat suurimmat jäähtymisvaiheen aikana. Kompostien kääntämisen jälkeen eri mittaussyvyyksien lämpötiloissa ei ollut eroja.



Kuva 1. Kompostien lämpötilat keskimäärin koko aineistossa (20 kompostia) kahdessa mittauksyvyudessa (a) ja erikseen jokaisessa kompostissa (b-l) mittauksyvyyksien keskiarvoina. Kuvissa d-l esitetyt kaksi lämpötilakäyrää kussakin kuvaavat saman koejäsenen kahden kerannekompostin lämpötiloja.

Typpilisäyksen vaikutus. Lämpötila nousi nopeimmin komposteissa, joihin ei lisätty ravinteita tai lisätyt määrät olivat pieniä (Kuva 1 b-f). Näissä komposteissa korkein lämpötila, 62-66 °C, saavutettiin 4-7 päivässä. Mitä enemmän typpeä lisättiin sitä kauemmin kesti maksimilämpötilan saavuttaminen ja sitä alemmaksi se jäi. Suurin typpimäärä aiheutti noin viikon viiveen ja huippulämpötila jäi noin kymmenen astetta alemmaksi (Kuva 1 j-l) verrattuna kompostiin ilman typpilisää. Korkea ureapitoisuus, urean hajotessa syntyvä ammoniakki ja sen myötä tapahtuneet äkilliset pH:n vaihtelut lienevät hidastaneet pieneliötoimintaa kompostoinnin alkuvaiheessa.



Suurimman typpimäärän saaneessa kompostissa lämpötila nousi vain harvoin 55 °C yläpuolelle. Kuitenkaan kompostien koko mittauskauden keskilämpötiloissa ei ollut suuria eroja koe-tekijöiden välillä kuten seuraava asetelma osoittaa:

	N ₀	N _{2,5}	N ₅	N ₁₀
P ₀	34,5 °C	32,5 °C	32,7 °C	31,9 °C
P ₅		33,0 °C	30,5 °C	34,2 °C
P ₁₀	30,9 °C	33,3 °C	32,5 °C	30,9 °C

Fosforilisäyksen vaikutus kompostien lämpenemiseen oli vähäinen, joskin lievää lämmönkehittymisen hidastumista on havaittavissa (Kuva 1).

Kuiva-ainehäviöt

Kaikkien kompostien tilavuus kutistui jo ensimmäisen kuumenemisvaiheen aikana huomattavasti. Toisen kuumenemisvaiheen ja kääntämisen jälkeen olki oli muuttunut jo tummaksi, helposti murenevaksi ja mullalta tuoksuvaksi massaksi. Kompostien arvioidusta tuorepainosta oli 15. päivänä toukokuuta 1983 jäljellä keskimäärin 486 kg eli 46 %. Tuotteen kuiva-ainepitoisuus oli keskimäärin 40,6 % ja kuiva-aineesta jäljellä 207 kg. Kuiva-ainetappio oli

siten keskimäärin 48 %. Tappiot ovat samaan suuruusluokkaa kuin KAILAN (1952 a) rukiin oljen maatumiskokeissa neljän kuukauden aikana tapahtunut kuiva-ainehäviö, 45-52 %, silloin kun kompostoitavan oljen typpipitoisuutta oli nostettu 1,17-1,95 %:iin. Tämän kokeen kuiva-ainehäviötä arvioitaessa on kuitenkin otettava huomioon, että jäljellä olevaan kuiva-aineeseen sisältyy myös lisätty multa, joten eloperäisen aineen todellinen kuiva-ainehäviö on suurempi. Kun kuitenkin jokaiseen kompostiin lisättiin sama määrä multaa, koetekijöiden vaikutusta arvioitaessa käytetään kuiva-aineen kokonaishäviötä.

Taulukko 2. Typpilisän vaikutus kuiva-aine- ja typpi-häviöihin. Merkitsevästi poikkeavat ($P < 0,05$) keskiarvot on osoitettu riveittäin kirjaimin.

	typpeä tonnille olkea, kg			
	0	2,5	5,0	10,0
lähtömäärä kuiva-ainetta, kg	395	400	400	400
valmista kompostia, tuorepaino	485	500	520	520
kuiva-ainetta jäljellä, kg	185	201	215	216
kuiva-ainetappio, %	53	50	46	46
lähtömäärä typpeä, kg	3,950	4,575	5,200	6,450
typpeä jäljellä, kg	2,51 ^{ab}	2,42 ^b	2,73 ^{ab}	3,04 ^a
typpihäviö, %	36,6 ^b	47,2 ^{ab}	47,4 ^{ab}	52,9 ^a

Mitä suurempi määrä typpeä lisättiin sitä pienempi oli kuiva-ainehäviö. Kun se ilman typpeä oli 53 %, eniten typpeä saaneesta kompostista kuiva-ainetta oli hävinnyt keskimäärin 46 % (Taulukko 2). Merkitseekö tämä parempaa humussaalista vai maatumisen hidastumista, ei tämän kokeen tuloksista voi päätellä. Koska tässä kokeessa pyrittiin selvittämään tiloilla yleisesti käytetyn kompostoisajan aikana tapahtuvia tappioita ja saadun tuotteen laatua, maatumisen kulkua seurattiin vain lämpötilamittauksin. Muissa kokeissa saadut tulokset antavat kuitenkin olettaa, että suurimmat typpimäärät ovat hidastaneet kompostoitumista. Silloin kun typpilisän (amm.sulfaatti, urea)

on todettu nopeuttavan maatumista (mm. KAILA 1952 a, HOYLE ja MATTINGLY 1954), lähtöaine on ollut hyvin typpiköyhää. Typpilisäys on nopeuttanut maatumista varsinkin alkuvaiheessa. Mutta silloin kun typpipitoisuus on ylittänyt 1,9 % kuiva-aineesta, maatumisen on yleensä todettu estyneen. Tässä kokeessa jo kompostoitavan raaka-aineen typpipitoisuus oli 1,38 %. Edellä mainituissa kokeissa tällainen typpipitoisuus on edistänyt maatumista. Kun vielä analyysit osoittavat, että ilman typpeäkin maatumisen on edistynyt typen mineraloitumisen asteelle (Taulukko 4), voidaan todeta, että käytetty raaka-aine on koeaikana ilman ravinnelisäystä maatunut riittävästi. Päätelmää, että typpilisäykset ovat ehkäisseet maatumista, tukevat huonompi lämmönmuodostus ja lopputuotteen alhaisempi pH (Taulukko 4) runsaasti typpeä saaneissa komposteissa. Vaikka typpi vähensi kuiva-ainetappioita, vaihtelut olivat niin suuret ja aineisto pieni, että vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Fosforin vaikutus kuiva-ainetappioihin ei ollut merkitsevä.

Taulukko 3. Fosforilisän vaikutus kuiva-aine- ja typpitappioihin.

	fosforia tonnille olkea, kg		
	0	5	10
valmista kompostia, tuorepaino	510	495	525
kuiva-ainetta jäljellä, kg	206	201	213
kuiva-ainetappio, %	47	50	48
typpeä jäljellä, kg	2,72	2,76	2,74
typpihäviö, %	48,3	50,8	46,4

Typpihäviöt

Kompostin raaka-aineet sisälsivät typpeä kuiva-aineessa keskim. 1,02 %, josta noin kolmeneljäsosaa tuli hajoitettavasta olkiheinästä. Loput sisältyivät stabiileihin humusaineisiin mullassa ja vanhassa kompostissa. Kun

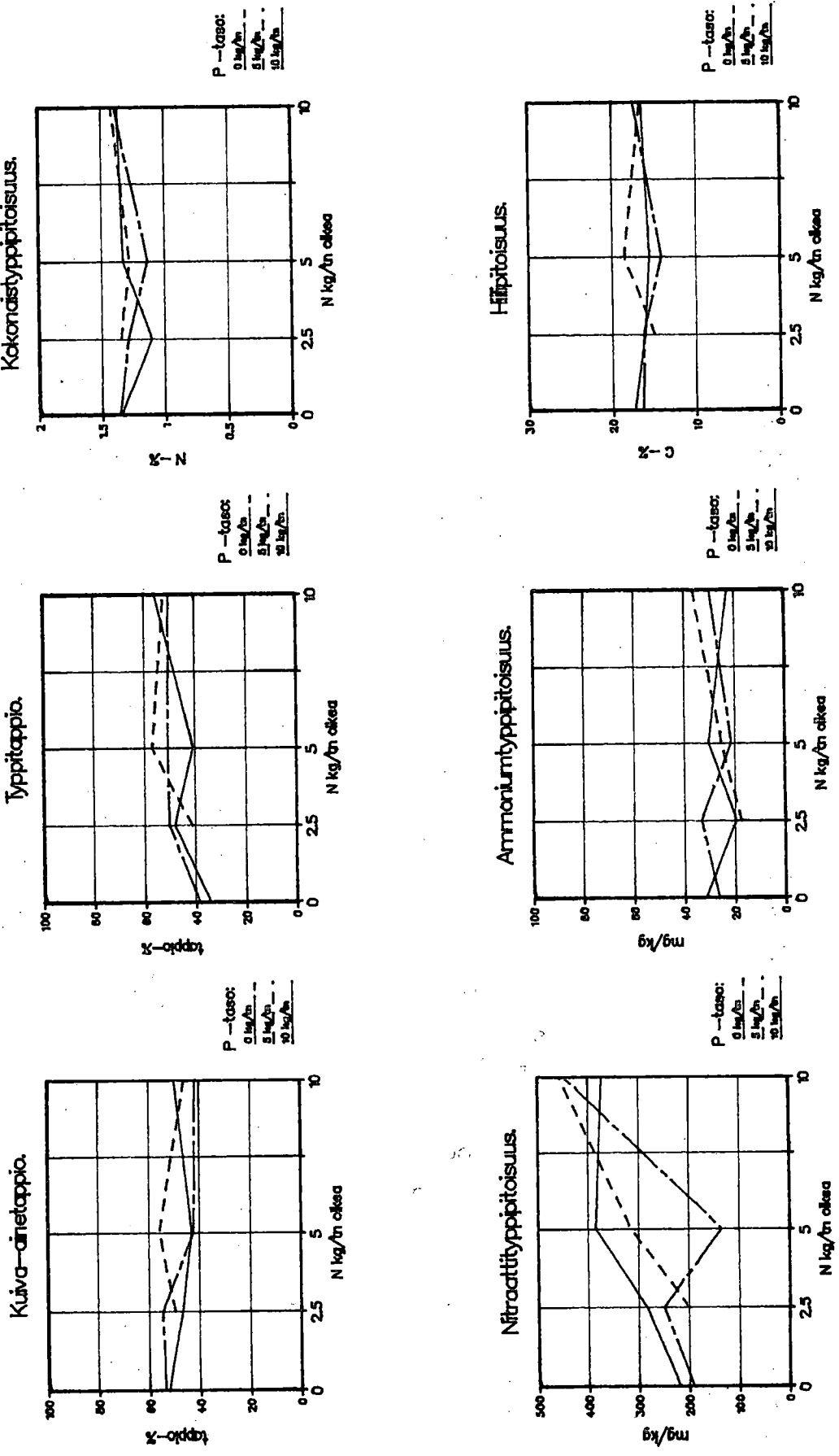
raaka-aineisiin ei lisätty typpeä, typpihäviö oli keskimäärin 37 %. Mitä enemmän typpeä lisättiin sitä suuremmiksi muodostuivat tappiot sekä määrällisesti että prosentuaalisesti. Kun typpeä lisättiin 2,5 kg tonnille olkea, tappio oli 47 % koko typpimäärästä ja kun sitä lisättiin 10 kg tonnille, tappio oli lähes 53 % (Taulukko 2, Kuva 2).

Fosforilisäykset eivät vaikuttaneet merkitsevästi typen häviöihin. Kompostoitumisen kannalta raakafosfaattilisäys näyttää tämän kokeen tulosten mukaan tarpeettomalta.

Syitä suuriin typpihäviöihin tässä kokeessa on useita. Kompostin raaka-aineena käytetty olkiheinä oli poikkeuksellisen typpirikasta. Runsaallakaan typpilannoituksella viljan oljen typpipitoisuus harvoin ylittää yhden prosentin, minkä takia typpilisän käyttö kompostoinnissa on yleensä perusteltua. Tässä kokeessa sen sijaan raaka-aineen riittävästä typpipitoisuudesta johtuen hajoitus käynnistyi nopeasti ja vilkkaan mikrobitoiminnan johdosta lämpötila nousi yli 55 °C ja selvä ammoniakkin haju tuntui kompostien ympärillä. Urean hajoaminen ammoniakiksi nosti pH:ta, mikä edelleen lisäsi ammoniakkin muodostumista ja haihtumista ja siten pahensi tappioita.

Suuri mullan määräkään ei ilmeisesti riittänyt tiivistämään komposteja eikä pidättämään ammoniakkia. Kääntämiset edelleen lisäsivät haihtumistappioita. Koska kuitenkin kaikkien kompostien käsittely ja mullan sekä vanhan kompostin määrä olivat samat, ja kun lisäksi eniten typpeä saaneiden kompostien huippulämpötilat olivat alempia, mikä olisi pitänyt vähentää typpihäviöitä, suurin syy typpihäviöihin lienee ollut liian suuri typpimäärä suhteessa käyttökelpoiseen hiiliravintoon eli liian alhainen C/N-suhde. HOYLE ja MATTINGLY (1954) osoittivat, että jos hiilenlähteenä on olki, typpipitoisuuden pitäisi olla alueella 1,35-1,97 % ja ilmastuksen mahdollisimman vähäistä, jos halutaan typpihäviöiden pysyvän pieninä. Samanlaisia tuloksia on saanut KAILA (1952 a), jonka rukiin

KUVA 2. TYYPILISÄN VAIKUTUS OLKIKOMPOSTIIN.



oljen maadutuskokeissa 1,95 % typpipitoisuus lisäsi typpitappioita. KAILAN mukaan tappioita ei synny, jos 0,4-0,5 % typpeä sisältävään olkeen lisätään typpeä 0,7 % oljen kuivapainosta, mutta maatumisen on silloin hitaampaa kuin suuremmilla typpimäärillä.

Myös tässä kokeessa on otettava huomioon aikatekijä. Noin kaksinkertaiset nitraattityppimäärät eniten typpeä saaneessa valmiissa kompostissa verrattuna kompostiin, johon typpeä ei lisätty (Taulukko 4), ovat osoituksena mahdollisesti lisääntyneistä typpihäviöistä nitraatin huuhtoutumisena. Toisaalta typpeä häviää jo kompostoitumisen alkuvaiheessa ennen selluloosan hajoamista (GRAY ja BIDDLESTONE 1981), joten lyhyellä kompostointiajallakaan ei voida tappioilta välttyä.

Typpihäviöitä voidaan pienentää säätämällä C/N-suhde korkeaksi, kosteus riittäväksi, ilmanvaihto minimiin, estämällä liian korkeat lämpötilat ja lisäämällä savea ja fosfaatteja (GRAY ja BIDDLESTONE 1981). Tiivistäminen esim. polkemalla on tehokas keino ilmanvaihdon vähentämiseksi. Samaan tähdätään Kiinassa vuosituhansia vanhalla menetelmällä. Siinä käytetään komposteja koottaessa bamburiukuja, komposti peitetään jokien ja lammikoiden pohjamudalla, riu'ut otetaan pois ja annetaan kuumentua 60-70 °C:een muutaman päivän ajan ja sen jälkeen ilmanvaihto estetään sulkemalla ilmakanavat. Olosuhteet pidetään sen jälkeen lähellä anaerobisia, millä typpihäviöt saadaan minimiin.

Pienet typpihäviöt ja kompostimullan korkea typpipitoisuus parantavat kompostin kilpailukykyä lannoitteena. Keinoja kompostin lannoitusarvon parantamiseksi on tutkittu. Kun osa tpeestä on lisätty kiihvimman hajoitusvaiheen ja typelle tuhoisan lämpötilahuipun jälkeen, se on pienentänyt häviöitä ja antanut tulokseksi tuotteen, jonka typpipitoisuus on korkea (KAILA 1952 a). Tällöin tuote on käytettävä ennen kuin mineraloituminen, typen muuttuminen helposti huuhtoutuvaan nitraattimuotoon, etenee ja aiheuttaa jälleen typpihäviöitä.

Taulukko 4. Typpi- ja fosforilisän vaikutus kompostimullan laatuun.

kg/tonni olkea	ka % til.p. vaihto- kapas.	C %	N %	C/N	pH johto- luku	Ca	K	Mg	P	Liukoinen typpi					
										NH ₄ -N mg/kg	NO ₃ -N tuoretta				
	kg/m ³	me/100	kuiva-aineesta			mg/1	kompostia			kompostia					
Typpi	0	38,6	554	203	16,9	1,36	12,5	6,8	24	1350	4200 ^a	573	361 ^a	29	205
	2,5	40,0	572	168	15,9	1,21	13,2	6,6	19	1388	3500 ^{ab}	518	291 ^{ab}	23	255
	5,0	41,1	550	166	16,0	1,27	12,6	6,5	23	1350	3262 ^{ab}	495	290 ^{ab}	27	305
	10,0	41,4	466	184	16,9	1,40	12,0	6,4	21	1242	2700 ^b	468	259 ^b	30	427
Fosfori	0	40,4	533	187	16,4	1,32	12,4	6,6	21	1380	3360	498	305	28	295
	5	40,7	543	162	16,7	1,37	12,2	6,4	23	1338	3125	520	278	29	358
	10	40,7	508	182	16,2	1,28	12,7	6,5	21	1264	3193	490	280	25	329

Kalium- ja fosforitappiot

Raaka-aineanalyysien ja valmiin kompostin kokonaisravinnemäärien perusteella voidaan laskea, että kompostoinnin aikana kaliumista oli hävinnyt keskimäärin 42 %. Kompostista, johon ei lisätty raakafosfaattia, fosforitappio oli vain kuusi prosenttia. Sen sijaan fosforilisän saaneista komposteista fosforia oli hävinnyt keskimäärin 24 %. Laskelmissa on hiesumullan ja vanhan kompostin kokonaiskaliumpitoisuutena käytetty 3 % ja fosforipitoisuutena 0,1 % kuiva-aineessa.

Typpilisän vaikutus kompostimullan laatuun

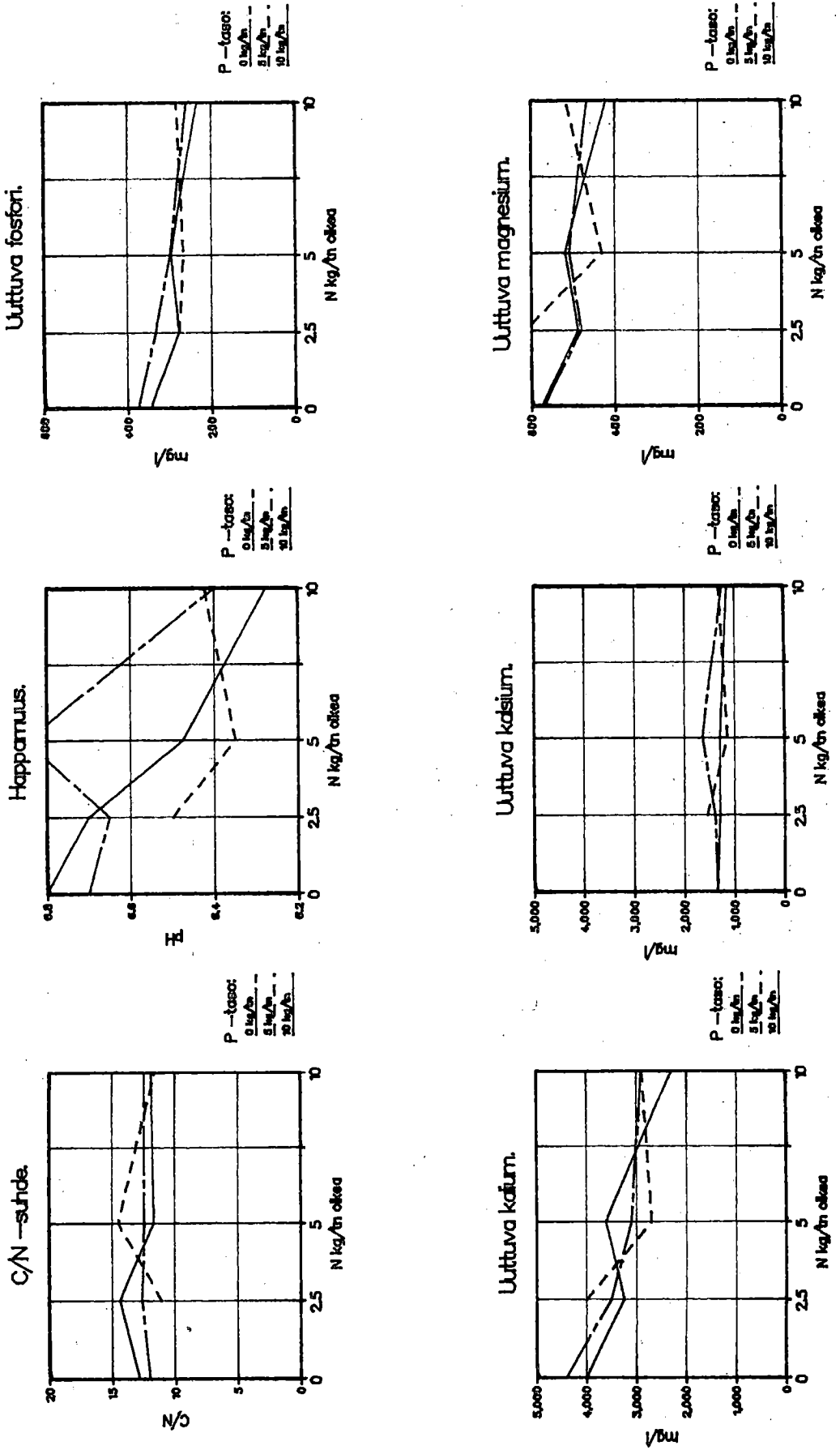
Kuiva-ainepitoisuus ja tilavuuspaino. Typpi näytti lisäävän kompostin kuiva-ainepitoisuutta ja kuohkeutta. Kun typpeä lisättiin 10 kg/t, kuiva-ainepitoisuus oli kolme prosenttiyksikköä suurempi ja tilavuuspaino 88 kg pienempi tonnia kohti verrattuna kompostiin, joka ei saanut typpeä (Taulukko 4).

Kompostien orgaanisen hiilen määrää kohti laskettu vaihtokapasiteetti oli samaa tasoa kuin maan orgaanisen aineen (HEINONEN 1960). Typpi- tai fosforilisällä ei ollut selvää vaikutusta syntyneen humuksen vaihtokapasiteettiin.

Happamuus (Kuva 3). Kun typpeä lisättiin kompostiin, näytti tuloksena olevan happamampi lopputuote. Ilman ravinne-lisää kompostimullan pH oli 6,8, mutta 10 kg N tonnille olkea alensi pH:ta keskimäärin 0,4 pH-yksikköä. Muutokset olivat tilastollisesti lähes merkitseviä. Saman suuruisen pH:n alenemisen on todennut myös KAILA (1952 a) silloin, kun typpeä on lisätty paljon. Hän katsoo runsaan typen maatumista ehkäisevän ominaisuuden liittyvän juurisen happamuutta lisäävään vaikutukseen.

Johtoluku vaihteli eikä typpilisällä ollut yksiselitteistä vaikutusta.

KUVA 3. TYYPILISÄN VAIKUTUS OLKIKOMPOSTIIN.



Kokonaistyyppipitoisuus (Kuva 2). Koska typpitappiot olivat sitä suuremmat mitä enemmän typpeä lisättiin raaka-aineisiin, suurillakaan typpimäärillä ei kompostin typpipitoisuutta voitu nostaa. Typpimäärän nelinkertaistuksessa kokonaistyyppipitoisuus nousi keskimäärin 1,2 prosentista vain 1,4 prosenttiin. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Liukoinen typpi. Sekä ammonium- että nitraattityppipitoisuudet olivat sitä suuremmat mitä enemmän olkeen lisättiin typpeä (Kuva 2). Luvut osoittavat, että mineraloituminen oli alkanut myös kompostissa, joka ei saanut typpeä. Nitraattipitoisuuden ja pH:n välillä on todettu kompostissa negatiivinen korrelaatio (KAILA 1952 a, HOYLE ja MATTINGLY 1954), mikä suunta on havaittavissa myös näissä tuloksissa.

C/N-suhde (Kuva 3). Koska sekä typpi- että hiilipitoisuudet olivat suuremmat typpeä lisättäessä, C/N-suhde ei kompostoinnin aikana muuttunut merkitsevästi. Lähtötilanteeseen verrattuna C/N-suhde oli laskenut noin puoleen kompostissa, joka ei ollut saanut ravinnelisiä.

Ravinteiden liukoiset pitoisuudet. Fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet olivat sitä pienemmät mitä suurempi oli lisätty typpimäärä (Kuva 3). Kalsiumin muutokset olivat vähäisimmät. Sen sijaan kaliumin kasveille käyttökelpoinen määrä aleni 4200 mg:sta 2700 mg:aan litrassa kompostia. Myös magnesiumpitoisuuksissa oli aleneva suunta verrattuna kompostiin, joka ei saanut typpeä. Liukoisen fosforin määrän aleneminen 361 mg:sta 259 mg:aan oli huomattavan suuri. Näin suuret erot johtuivat kuitenkin vain välillisesti tyypestä eli lisääntyneestä happamuudesta ja kuiva-ainehäviöiden sekä tilavuuspainon pienenemisestä typpeä lisättäessä.

Ravinteiden liukoiset määrät. Mikäli otetaan huomioon erot valmiin kompostin määrissä ja lasketaan kompostin sisältämien liukoisten ravinteiden kokonaismäärät, niin erot

eivät käsittelyjen välillä ole näin suuret (Taulukko 5). Näyttää jopa siltä, että liukoisten ravinteiden tappiot olisivat suurimmat typpeä saamattomassa kompostissa, vaikkakaan merkitseviä eroja käsittelyjen välillä ei ole.

Taulukko 5. Liukoisten ravinteiden kokonaismäärät grammoina kompostia kohti.

	kg/tonni olkea	P	K	Ca	Mg
Typpi	0	120	1404	453	192
	2,5	119	1423	598	216
	5,0	123	1384	577	213
	10,0	121	1274	576	218
Fosfori	0	125	1423	589	216
	5	120	1338	594	219
	10	118	1330	532	206

Ravinteiden kokonaispitoisuudet (Kuva 4). Valmiin kompostin kaliumpitoisuus oli alempi suurinta typpilisää käytettäessä verrattuna ilman typpilisää tehtyyn kompostiin. Myös fosfori- ja kalsiumpitoisuuksissa näkyy aleneva suunta typpimäärän lisääntyessä.

Ravinteiden kokonaismäärät. Koska kompostoituminen oli hitaampaa ja valmiin kompostin määrä suurempi typpeä lisäättäessä, ei kompostien sisältämässä kokonaismäärissäkään kuitenkaan ollut merkitseviä eroja eikä siten huuhtoutuminen ollut ratkaisevasti erilainen eri typpitasoilla näiden ravinteiden suhteen (Taulukko 6).

Taulukko 6. Valmiin kompostin kokonaisravinnemäärät kiloina kompostia kohti.

	kg/tonni olkea	P	K	Ca	Mg
Typpi	0	1,31	4,23	3,97	1,14
	2,5	1,43	5,30	4,44	1,66
	5,0	1,42	5,19	4,54	1,65
	10,0	1,17	4,45	3,90	1,34
Fosfori	0	0,53 ^c	5,17	2,76 ^c	1,67
	5	1,42 ^b	5,09	4,46 ^b	1,59
	10	2,23 ^a	4,48	5,88 ^a	1,28

Fosforilisän vaikutus kompostin laatuun

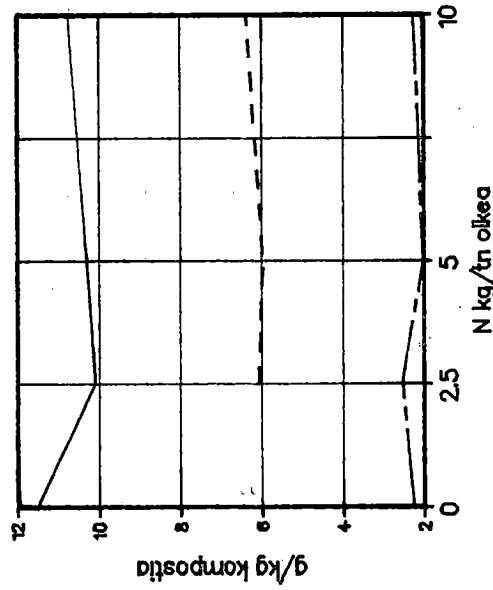
Raakafosfaattilisällä oli merkitsevä vaikutus ainoastaan kalsiumin ja fosforin kokonaispitoisuuksiin ja -määriin kompostissa. Yllättävintä oli, että suurinkaan fosforilisä ei nostanut liukoisen fosforin määrää (Kuvat 3 ja 4).

Liukoisten ravinteiden osuus kokonaisravinteista

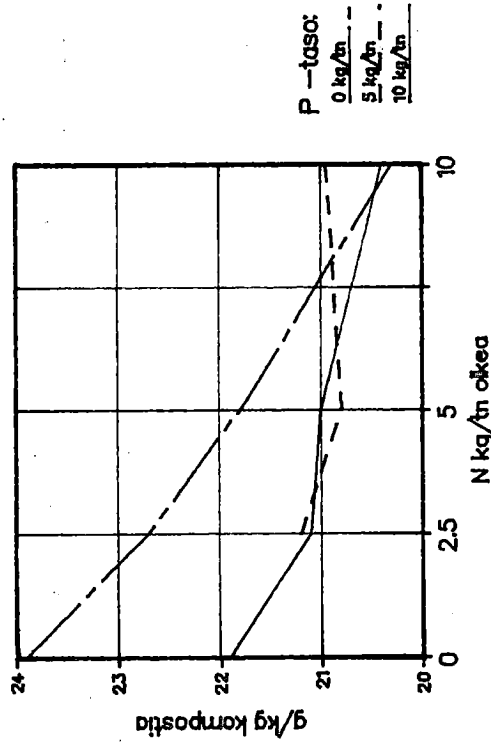
Ammoniumtypen osuus kokonaistypestä oli noin 0,6 % ja nitraattitypen osuus 4-5 % typpilisästä riippuen. Uttuvaa kaliumia oli keskimäärin 30 % ja magnesiumia 15 % näiden ravinteiden kokonaismääristä. Liukoisen fosforin osuus oli 24 % ja kalsiumin 21 % kompostissa, joka ei saanut fosfaattilisää. Koska raakafosfaatin liukoisuus ei kompostissa parantunut, suurimman fosfaattilisän saaneen kompostin fosforista oli liukoisena ainoastaan 5 % ja kalsiumista 9 % (Taulukko 7).

KUVA 4. TYPPI LISÄN VAIKUTUS OLKIKOMPOSTIN KOKONAISRAVINNEMÄÄRIIN.

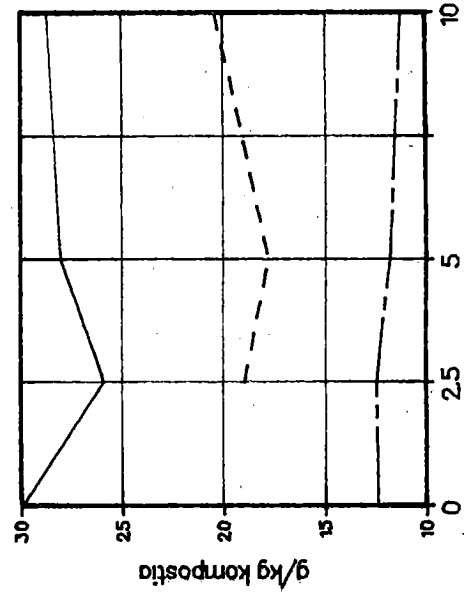
Fosfori.



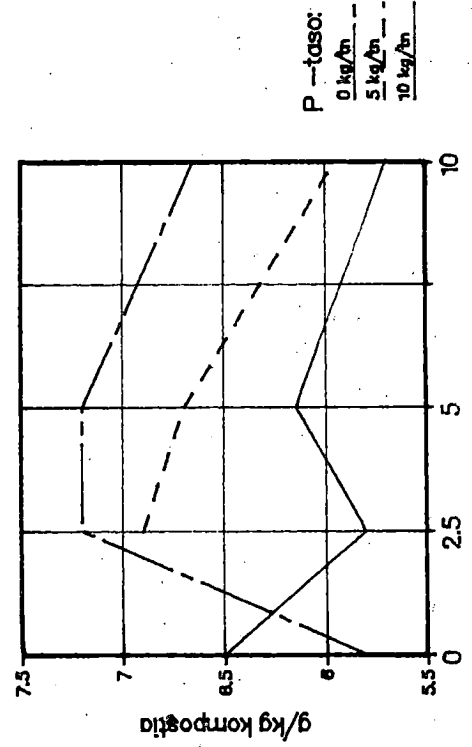
Kalium.



Kalsium.



Magnesium.



Taulukko 7. Liukoisten ravinteiden osuus prosentteina kokonaisravinnemääristä.

	kg/tonni olkea	P	K	Ca	Mg
Typpi	0	9	33	11	17
	2,5	8	27	13	13
	5,0	9	27	13	13
	10,0	10	29	15	16
Fosfori	0	24	28	21	13
	5	8	26	13	14
	10	5	30	9	16

Olkikomposti verrattuna lantaan

Jos verrataan ravinteiden kokonaispitoisuuksien perusteella olkikompostia ja karjanlantaan, kompostin typpi-pitoisuus oli noin puolet, fosforipitoisuus noin neljäsosa ja kaliumpitoisuus noin kolmasosa Sata-Hämeen tutkimusaseman lampolan olkilannan vastaavista pitoisuuksista (2,4 % N, 1,0 % P, 7,2 % K). Noin 67 kiloa raakafosfaattia (10 P) tonnille olkea nosti olkikompostin kokonaisfosforipitoisuuden lannan tasolle. Liukoisten ravinteiden osuus ravinteiden kokonaismäärästä on kompostissa alhaisempi kuin lannassa.

II MAATALOUDEN JÄTTEET KOMPOSTIN RAAKA-AINEINA

JOHDANTO

Jäteaineiden ja lannan kompostointia tutkitaan eniten maissa, joissa tuotetaan runsaasti sian ja kananlantaa ja joissa näitä ei pahojen ympäristöhaittojen takia voida enää levittää tavanomaisin menetelmin. Lannan kompostointi puuteollisuuden jätteiden, kuoren ja sahanpurun kanssa on osoittautunut hyväksi stabilointimenetelmäksi. Kananlannan osuus on voitu nostaa 25 ja sianlannan osuus 50 prosenttiin kompostista (De VLEESCHAUWER et al. 1981). Elintarvike- ja paperiteollisuuden jätteitä, puhdistamolietteitä ja suurten puutarhojen jätteitä kompostoimalla on vähennetty ympäristöhaittoja ja saatu erinomaista maanparannusainetta. Sokeriteollisuuden jätteet ja säilörehun puristeneste, jossa 25 % kuiva-aineesta on helppoliukoisia sokereita, ovat osoittautuneet edullisiksi energianlähteiksi ennen sellusoosan hajoamista. Hyviä tuloksia on saatu kompostoimalla sahanpurua yhtä suuren määrän kanssa vähintään 2 % typpeä sisältävää jätettä tai yhdistämällä yksi osa runsastyyppistä ainetta kuten kalajauhoa ja 10 osaa sahanpurua (MINNICH ja HUNT 1979). Kanadalaisessa kokeessa (McCLEAN ja HORE 1979) on saatu karjanlannan veroista keinolantaa kompostoimalla olkea puutarhalannoitteen ja kalkin kanssa. Belgiassa tehdään laajaa tutkimustyötä sekä kiinteillä että nestemäisillä jätteillä kompostisimulaattorien avulla, joilla määritetään erilaisten jätteiden optimisuhteet. Lietelannan ja oljen kompostointiin soveltuvaa tekniikkaa on Englannissa kehitetty jo 1960-luvulta lähtien (BIDDLESTONE ja GRAY 1984). Kokeissa on yleensä kiinnitetty huomiota lähinnä kompostoinnin lopputuotteen laatuun lannoitteena ja maanparannusaineena. Sen sijaan kompostoinnin aikana tapahtuvia tappioita ei aina ole selvitetty.

Kompostoinnin edut ovat kiistattomat sellaisen jätteen käsittelyssä, jota ei voida erilaisten haittojen takia levittää maahan sellaisenaan. Sen sijaan karjanlannan ja

typpirikkaan kasvimassan kompostoinnin eduista ollaan eri mieltä. On esitetty, että kompostoinnissa ravinteet sitoutuvat hitaasti vapautuvaan orgaaniseen muotoon, mikä vähentää huuhtoutumista ja levityksen yhteydessä tapahtuvia typpihäviöitä. Tähän tähtäävät luonnonmukaista viljelyä harjoittavat viljelijät, jotka kompostoivat karjanlantaa laajassa mitassa. Toisaalta itse kompostoinnin aikana tapahtuvien tappioiden on todettu olevan suurempia kuin lannan tavanomaisesta säilytyksestä johtuvat. KEMPPAISEN ja HEIMON (1981) mukaan kiinteän lannan säilytyksen aikana voidaan realistisena typpitappiona pitää 30-40 %. Ilmastuksen, joka kuuluu olennaisena kompostointiin, on osoitettu suurentavan näitä tappioita (SCHMALLFUSS ja KOLBE 1963). Komposteja käännettäessä ammoniakkin haihtuminen on oleellisin typpitappion muoto (LEHTOKARI 1980).

Typen ohella häviää kompostoinnissa myös muita ravinteita. Kompostikasan muodon on myös osoitettu vaikuttavan tappioihin. Suurimmat tappiot, typestä ja kaliumista yli puolet, tapahtuvat matalista, laakeista komposteista (AUGSTBURGER et al. 1981).

Seuraavassa tarkastellaan erilaisia maatalouden jätteitä kompostin raaka-aineina ja maatilamittaisessa kompostoinnissa tapahtuvia ravinnetappioita.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Raaka-aineet ja koejäsenet

Kompostien perusraaka-aineena oli kaikissa komposteissa kuivaa viljan ja siemenheinän oljen seosta, multaa (hiesusavea) ja vanhaa kompostia sekä raakafosfaattia. Olki oli samaa kuin kokeessa I ja sen määrä kaikissa komposteissa oli 8 m³, mullan määrä oli 144-325 l ja vanhan kompostin määrä oli 84-100 l. Fosforia lisättiin raakafosfaattina 8,9 kg/t oljen kuiva-ainetta. Typenlähteenä käytettiin lampolan olkilantaa, puhdistusniittoheinää,

pakettipeltoheinää, sekä turpeeseen ja sahanpuruun imeytettyä lietelantavettä tai säilörehun puristenestettä. Lietelanta oli pesuvesien laimentamaa, vähätyppistä kuttulan lietelantaa. Kompostien raaka-ainemäärät on esitetty taulukossa 1 ja raaka-aineiden kemiallinen koostumus taulukossa 2. Taulukossa 4 on kompostien raaka-aineiden laskennallinen hiilipitoisuus ja hiilen ja typen suhde.

Koejäsenet

Komposti nro	Kerranteita
1. olki-lietelanta-sahanpuru (LLS)	2
2. olki-lietelanta-turve (LLT)	2
3. olki-puristeneste-turve (PNT)	1
4. olki-puristeneste-sahanpuru (PNS)	1
5. olki-pakettipeltoheinä-karjanlanta (PHK)	2
6. olki-puhdistusniittoheinä-karjanlanta (NHK)	2
7. olki-puhdistusniittoheinä (NH)	2
	<hr/>
	yhteensä 12 kompostia

Kompostien valmistus ja käsittely

Kompostit tehtiin tiiviille, paljaalle hiesumaakentälle 16. - 20.7.1982. Nestemäiset typenlähteet imeytettiin sahanpuruun tai turpeeseen, joka oli levitetty olkikeon keskelle muotoiltuun syvennykseen ja johon oli sekoitettu jo raakafosfaatti, multa ja vanha komposti. Pakettipeltoheinä ja puhdistusniittoheinä otettiin niittosilpurilla. Kompostit rakennettiin asettamalla raaka-aineet kerroksittain: olkea, heinää, olkilantaa, multaa, vanhaa kompostia ja raakafosfaattia jokaiseen kerrokseen.

Määritykset

Kompostien lämpötilat mitattiin samoin kuin kokeessa I. Ilmastus, punnitseminen, näytteiden otto ja laatumääritykset tehtiin samalla tavalla ja samaan aikaan kuin tämän tiedotteen osassa I selostetussa kokeessa.

Taulukko 1. Kompostin typpilähdekoe. Kompostien raaka-aineet.

komposti	määrä	kg kuiva- ainetta	kg typpeä	N %
nro 1 lietalantavettä	1 m ³	8	0,710	
sahanpurua	1,33 m ³	130	0,233	
olkea	8 m ³	218	3,008	
raakafosfaattia	13 kg	13		
multaa	325 l	234	0,515	
vanhaa kompostia	100 l	24	0,624	
		yht. 627 kg	5,090 kg	0,8
nro 2 lietalantavettä	1 m ³	8	0,710	
turvetta	1 m ³	113	1,367	
muut kuten nro 1		489	4,147	
		610 kg	6,224 kg	1,0
nro 3 puristenestettä	1,25 m ³	112	3,147	
turvetta	1 m ³	113	1,367	
muut kuten nro 1		489	4,147	
		714 kg	8,661 kg	1,2
nro 4 puristenestettä	1,25 m ³	112	3,147	
sahanpurua	1,33 m ³	130	0,233	
muut kuten nro 1		489	4,147	
		731 kg	7,527 kg	1,0
nro 5 pakettipeltoheinää	700 kg	220	3,674	
olkilantaa	600 kg	157	3,799	
olkea	8 m ³	218	3,008	
raakafosfaattia	13 kg	13		
multaa	144 l	104	0,343	
vanhaa kompostia	84 l	20	0,520	
		732 kg	11,344 kg	1,5
nro 6 puhdistusniittoheinää	950 kg	173	5,398	
olkilantaa	600 kg	157	3,799	
muut kuten nro 5		355	3,871	
		685 kg	13,068 kg	1,9
nro 7 puhdistusniittoheinää	600 kg	109	3,400	
muut kuten nro 5		355	3,871	
		464 kg	7,271 kg	1,6

Taulukko 2. Kompostien raaka-aineiden ravinnekoostumus.

	kuiva- aine %	kuiva-aineessa g/kg				
		N	Ca	K	Mg	P
olki	87,3	13,8	4,25	15,43	1,389	1,822
sahanpuru	26,1	1,79	1,32	0,58	0,167	0,119
turve	40,5	12,10	2,19	0,51	0,672	0,640
pakettipelto- heinä 16.7.	31,33	16,70	9,16	26,82	1,833	2,905
puhdistuniitto- heinä 16.7.	18,20	31,20	9,73	45,25	2,826	4,856
puristeneste	8,94	28,10		137,70		4,480
lietelantavesi	0,80	88,80		64,20		13,190
karjanlanta (lampolan olki- lanta)	30,50	24,20		71,54		10,230

TULOKSET JA TARKASTELU

Kompostien lämpötilat

Turvetta ja sahanpurua sisältäneet kompostit lämpenivät alkuun ainoastaan pintaosista, mikä on osoituksena liiallisesta tiiviyydestä. Vasta kääntämisen jälkeen lämpötilat kohosivat. Puristenesteen kompostoitumista nopeuttava vaikutus lietelantaveteen verrattuna näkyi parempana lämpötilan kehityksenä jo ennen kääntämistä. Puristenestesahanpurukompostin keskilämpötila oli edullisempi ja lämpötilahuiput alemmat kuin vastaavan turvekompostin (Taulukko 3). Edellinen seikka nopeutti kompostoitumista, jälkimmäinen säästi typpeä, mikä ilmenee siitä, että sahanpurukompostin kuiva-ainetappio on 52 % ja typpitappio 52 %, kun vastaavat luvut puristeneste-turvekompostissa olivat 46 % ja 58 % (Taulukko 4).

Kun heinäkompostin raaka-aine niitettiin silppurilla kompostin tekoa edeltävänä päivänä, se oli alkanut kuumeta jo ennen kompostien kokoamista. Tästä syystä lämpö-

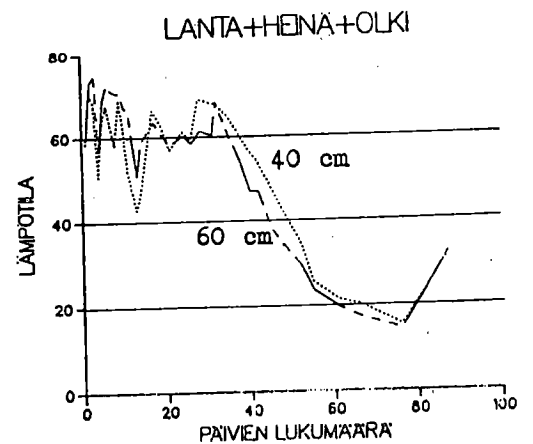
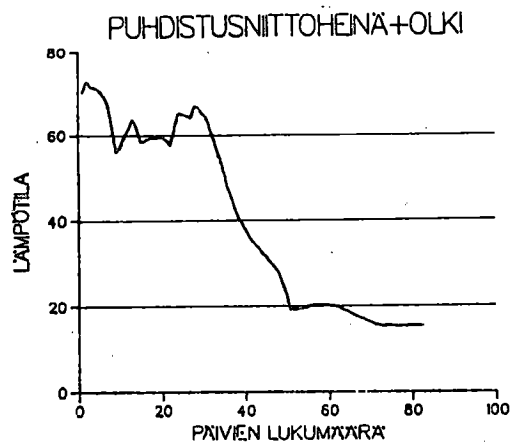
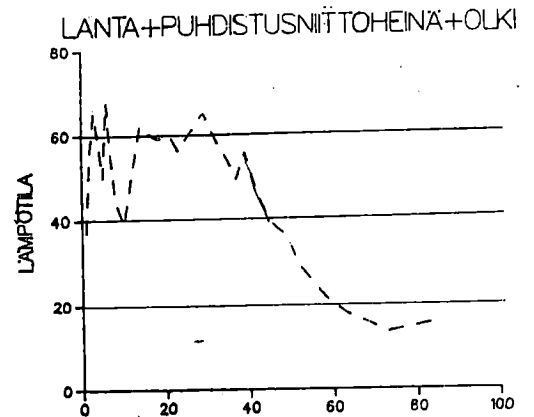
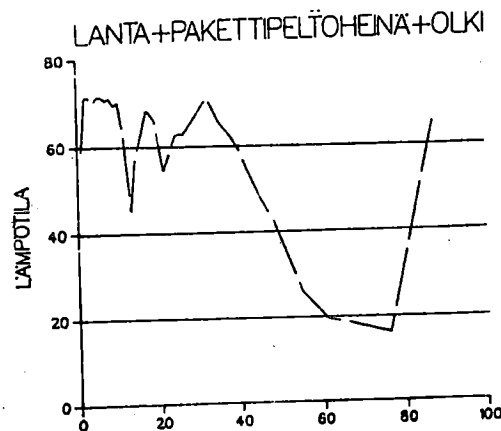
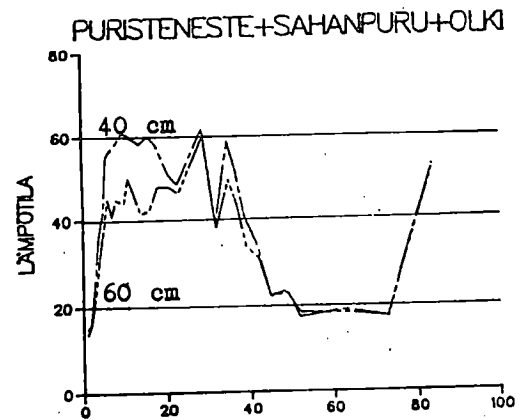
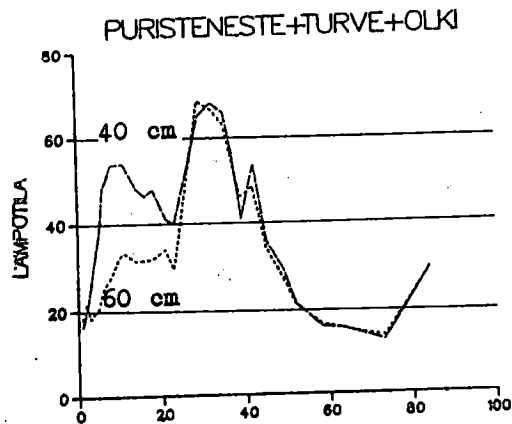
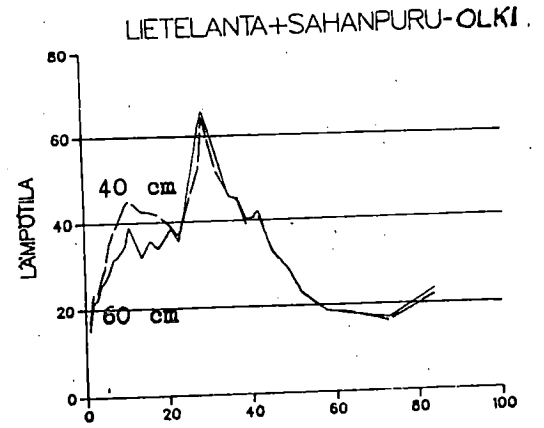
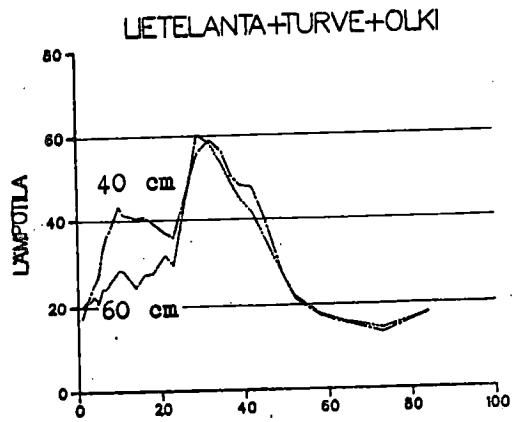
tilat, joita mitattiin kokoamista seuraavasta päivästä alkaen, lähtevät korkeista lämpötiloista. Heinän laadusta tai lannan mukanaolosta riippumatta lämpötilat pysyttelivät 40-50 päivää mesofiilisten pieneliöiden lämpötila-alueella. Maksimilämpötilat ylittivät 70°C ja keskilämpötilatkin olivat tyypelle tuhoisan, yli 50°C asteen alueella. Puhdistusniittoheinää sisältävien kompostien lämpötila ei kohonnut enää, kun kompostit ilmastettiin kolmen kuukauden kuluttua kääntämällä, mikä osoittaa, että hajoavaa materiaalia ei enää ollut kuten muissa komposteissa.

Taulukko 3. Kompostien maksimi- ja keskilämpötilat
16.7. - 11.10.1982.

	Mittaus- syvyys, cm	Maksimi- lämpötila, $^{\circ}\text{C}$	Keski- lämpötila, $^{\circ}\text{C}$
Lietelanta-sahanpuru	60	65,8	33,4
	40	64,3	35,2
Lietelanta-turve	60	60,1	29,6
	40	59,1	34,6
Puristeneste-turve	60	68,3	32,1
	40	67,6	39,8
Puristeneste-sahanpuru	60	60,1	35,6
	40	61,6	41,2
Pakettipeltoheinä-lanta	60	71,5	56,4
	40		
Puhdistusniittoheinä-lanta	60	68,1	47,1
	40		
Puhdistusniittoheinä	60	72,8	51,4
	40		

Kuiva-aine- ja typpihäviöt

Lietelantakompostit (Taulukko 4, kompostit 1 ja 2). Kuten jo lämmönkehityksestä voi päätellä, lietelantaveden alhainen



Kuva 1. Lietelanta- ja puristenestekompostien lämpötilat kahdessa mittaussyvytydessä (40 cm ja 60 cm). Lanta- ja heinäkompostien lämpötilat mittaussyvytyksien lämpötilojen keskiarvoina.

typpipitoisuus ei riittänyt oljen ja sahanpurun nopeaan kompostoitumiseen. Raaka-aineiden keskimääräinen typpipitoisuus oli vain 0,8 %. Turve lietelantaveden imeytynesteenä nosti typpiprosentin 1,0:aan ja kompostoituminen nopeutui selvästi. Tästä oli kuitenkin seurauksena typpihäviöiden suureneminen. Sahanpurukompostissa häviö oli 30 %, mutta turvekompostissa se nousi 44 %:iin.

Puristenesteen (kompostit 3 ja 4) lisääminen samoihin perusraaka-aineisiin nopeutti maatumista huomattavasti. Se osoittaa helppoliukoisten hiilihydraattien edullisen vaikutuksen etenkin vaikealiukoisia hiilen lähteitä sisältävän aineen, kuten sahanpuru, kompostoitumiseen. Kun eloperäisen aineen kuiva-ainehäviö oli lietelantavesi-sahanpurukompostissa 41 %, se oli puristeneste-sahanpurukompostissa 76 %. Maatumisen nopeutuessa typpihäviöt lisääntyivät nopeasti, eli 30 %:sta 52 %:iin.

Lanta- ja ruohokompostien raaka-aineiden korkeat typpipitoisuudet (1,5-1,9 %) ja pitkään kestäneet korkeat lämpötilat nopeuttivat maatumista ja suurensivat typpihäviöitä. Pakettipeltoheinä (komposti 5) oli heinäkuussa komposteja tehtäessä kuituista ja sen typpipitoisuus oli vain 1,67 % ja koko kompostin keskimääräinen typpipitoisuus 1,55 %. Jos kuiva-ainetappioita pidetään maatumisen mittana, tämän kompostin maatumisen oli ehtinyt pismälle. Puhdistusniittoheinä (kompostit 6 ja 7) sen sijaan oli helposti hajoavaa nuorta kasvustoa, jossa oli mm. vesiheinää, nokkosta ja valkoapilaa, ja jonka typpipitoisuus oli muiden kompostien raaka-aineita korkeampi, 3,1 %. Puhdistusniittoheinä-lantakompostin typpipitoisuus olikin kaikkein korkein (1,9 %). Näin suuri typen määrä lienee jo hidastuttanut maatumista (KAILA 1952 a, b), koska kuiva-ainetappiot olivat alemmat kuin edellisessä lantakompostissa. Typpihäviöt sen sijaan nousivat kaikkein korkeimmiksi, keskimäärin 65 prosenttiin. Olkilisän on todettu vaikuttavan edullisesti typen säilymiseen (MEYER ja STICHER 1983), mutta suuresta oljen osuudesta huolimatta tässä kokeessa kaikkien lanta- ja ruohokompostien

Taulukko 4. Kompostien kuiva-aine-, typpi-, kalium- ja fosforihäviöt.

komposti nro	raaka-aineissa		N	C	C/N	valmista kom-kuiva-		elope-		fosfori- häviö		
	kg	kuiva- ainetta				postia, kg	aineen koko-	räisen aineen	typpi- häviö		kalium- häviö	
		kuiva- ainetta	%	%		tuo- retta	kuiva- ainetta	häviö, %	häviö, %			
1 (LLS)	627	5,09	0,81	25	31	1160	466	26	41	30	10	29
2 (LLT)	610	6,22	1,02	25	24	950	393	36	58	44	33	2
3 (PNT)	714	8,66	1,21	27	22	845	383	46	69	58	63	34
4 (PNS)	731	7,53	1,03	28	27	875	354	52	76	52	68	36
5 (PHK)	732	11,34	1,55	34	22	800	330	55	64	57	57	22
6 (NHK)	685	13,07	1,91	34	18	840	346	50	58	65	62	25
7 (NH)	464	7,27	1,57	31	20	615	258	44	57	53	42	20

typpitappiot olivat suuret. Tuore vihermassa osoittautui kuivaoljen kompostoinnissa sopivaksi typenlähteeksi siinä mielessä, että sillä oli helppo saada kompostin kosteus riittäväksi.

Kalium- ja fosforihäviöt

Raaka-aineanalyysien ja valmiin kompostin ravinteiden kokonaismäärien perusteella on osoitettavissa, että nopeasti hajoavista jätteistä tehdystä kompostista oli hävinnyt kompostoinnin aikana keskimäärin puolet kaliumista ja neljännes fosforista. Laskelmissa hiesumullan ja vanhan kompostin kokonaiskaliumpitoisuutena käytettiin 3 % ja fosforipitoisuutena 0,1 % kuiva-aineessa. Kaikkein suurimmat tappiot olivat silloin, kun raaka-aineissa oli säilörehun puristenestettä. Tällöin ravinteiden häviöitä tapahtui myös huuhtoutumalla ja puristamalla pitkän kompostointiajan kuluessa. Komposteista, joiden valmistuksessa käytettiin säilörehun puristenestettä, ravinteita hävisi mahdollisesti myös valumalla kompostien kokoamisvaiheessa. Yleensä viljelijöiden käyttämä kompostoimisaika on jätteiden laadusta ja käyttötarkoituksesta riippuen kahdesta viikosta neljään kuukauteen (GRAY ja BIDDLESTONE 1981). Tämän kokeen tulokset osoittavat, että ravinteet eivät säily kompostissa pitkään.

Valmiin kompostin laatu

Kompostien kuiva-ainepitoisuus vaihteli verraten vähän (Taulukko 5). Tilavuuspainoissa oli eroja siten, että kevyintä oli puristeneste-sahanpurukomposti, jonka tilavuuspaino oli vain noin 2/3 lantakompostin arvoista. Hiilipitoisuudet olivat keskimäärin 13,6 % eli noin puolet raaka-aineiden hiilipitoisuudesta. Typpipitoisuuksissa näyttivät erot suuremmilta. Esim. lietelantavesi-sahanpurukompostin typpipitoisuus oli vain noin puolet pakettipeltoheinä-lantakompostin typpipitoisuudesta. Valmiin kompostin typpipitoisuus oli sitä suurempi mitä enemmän oli typpeä raaka-aineissa. Typpipitoisuus ei kuitenkaan noussut yhtä

Taulukko 5. Kompostimullan laatu. Merkitsevästi poikkeavat keskiarvot ($P < 0,05$) on merkitty sarakkeittain kirjaimin.

komposti nro	ka %	tilav. paino kg/m ³	% ka:ssa		C/N	pH	johto- luku	liukoiset ravinteet, mg/l				liukoista tyypeä org. aineen mg/kg tuoretta kationin- kompostia vaihtokapa- pasiteetti		
			C	N				Ca	K	Mg	P	NH ₄ ⁺ -N	NO ₃ ⁻ -N	
1 (LLS)	40,1	624 ^c	12,6	0,77	16,3 ^a	6,8 ^{cd}	38,9	1515 ^b	2000	403 ^b	202 ^b	23	20 ^b	160
2 (LLT)	41,4	728 ^{bc}	11,9	0,90	13,4 ^{bc}	6,6 ^d	20,4	1925 ^{ab}	3325	598 ^b	303 ^b	9	185 ^a	201
3 (PNT)	45,3	788 ^{abc}	11,5	0,95	12,1 ^{cd}	7,1 ^{bcd}	27,4	2500 ^{ab}	4900	745 ^b	590 ^{ab}	11	203 ^a	200
4 (PNS)	40,4	548 ^c	16,5	1,02	16,2 ^{ab}	7,2 ^{abcd}	19,6	1800 ^{ab}	3300	550 ^b	379 ^{ab}	19	114 ^{ab}	184
5 (PHK)	41,3	788 ^{abc}	15,7	1,47	10,7 ^d	7,8 ^{ab}	47,3	2850 ^{ab}	11350	1475 ^a	1795 ^{ab}	36	135 ^a	178
6 (NHK)	41,0	962 ^a	13,4	1,34	10,0 ^d	8,0 ^a	41,2	3250 ^a	11600	1650 ^a	2275 ^a	17	179 ^a	144
7 (NH)	41,9	856 ^{ab}	13,8	1,35	10,2 ^d	7,7 ^{ab}	35,6	3100 ^a	8400	1325 ^a	1445 ^{ab}	18	225 ^a	158

tyrkästi kuin raaka-aineiden typpipitoisuus ja nousua tapahtui vain määrättyyn rajaan, tässä tapauksessa lähtöaineiden 1,5 %:n typpipitoisuuteen saakka. Kun raaka-aineiden typpipitoisuus oli 1,9 %, kompostin typpipitoisuus ei enää noussut. Samanlaisia tuloksia saatiin oljen kompostointikokeessa (osa I).

Kompostin kypsyiden mittana pidetään hiilen ja typen suhdetta. Yleensä katsotaan, että jos on kysymyksessä helposti hajoava jäte, komposti on kypsää, jos C/N-suhde on 10-14 tienoilla. Kaikkien lanta- ja heinäkompostien C/N-suhde vastasi kypsän kompostin ominaisuuksia, kun sen sijaan sahanpurua sisältävien kompostien korkeampi C/N-suhde vahvisti olettamusta, että kompostoituminen ei koeaikana ollut riittävä. On kuitenkin otettava huomioon, että sahanpuru sisältää paljon vaikeasti hajoavia yhdisteitä kuten ligniiniä, jolloin kypsänkin kompostin C/N-suhde voi olla korkeampi.

Kypsälle kompostille on ominaista lähellä neutraalia oleva pH-luku. Aineistossa suurin poikkeama oli yksi pH-yksikkö emäksiseen suuntaan. Johtoluvut olivat korkeita kaikissa komposteissa, mutta erityisesti lantakomposteissa. Vaihtelu oli kuitenkin rinnakkaiskompostienkin välillä niin suuri, että merkitseviä eroja ei ollut.

Liukoisten ravinteiden pitoisuudet valmiissa kompostissa kuvastavat raaka-aineiden ravinnepitoisuuksia ja maatumisastetta. Typenlähteiden kaliumpitoisuuksissa oli suuria eroja. Kun esim. lanta-heinäkomposteissa kaliumia tuli typenlähteistä 17-19 kg (2,1-2,8 % kompostin kuiva-aineesta), puristenestekomposteissa määrä oli noin 15 kg (2,1 %), heinäkomposteissa ilman lantaa noin 5 kg (1,1 %) ja lietelantavesi/turve/sahanpurukomposteissa määrä oli vain 0,5 kg (0,1 %).

Myös typenlähteiden fosforipitoisuuksissa oli eroja, jotka heijastuvat valmiin kompostin uuttuvissa fosforimäärissä. Esim. heinä-lantakomposteissa typenlähteistä tuli fosforia 2,2-2,4 kg, kun määrät puristenestekomposteissa olivat noin 0,5 kg ja lietelantavesikomposteissa 0,1-0,2 kg. Sahanpurun ja turpeen merkitys kaliumin ja fosforin lähteinä oli merkityksetön.

Uuttuvien ravinteiden pitoisuuksissa ei eri kompostien välillä ollut yhtä suuria eroja kuin raaka-aineiden pitoisuuksissa. Kompostit voidaan jakaa ravinteiden suhteen kolmeen ryhmään. Lanta-heinäkomposteissa kaikkien ravinteiden määrät litrassa kompostia ovat 2-10-kertaiset verrattuna huonompiin, lietelantavesi-turve/sahanpurukompostiin. Puristenestekompostit jäävät tähän välille.

Koeajan päättyessä kaikissa komposteissa oli typpeä nitraattimuodossa, mikä osoittaa, että kompostit ovat valmiita. Liukoisen typen määrissä oli kuitenkin suuria eroja. Nitraattityppeä oli vähiten sahanpurukomposteissa ja eniten lanta- ja heinäkomposteissa.

Turvetta raaka-aineenaan sisältävien kompostien orgaanisen aineen vaihtokapasiteetti näytti olevan suurempi kuin muiden kompostien. Vaihtokapasiteetti oli samaa suuruusluokkaa kuin maan orgaanisen aineen vaihtokapasiteetti (HEINONEN 1960).

Ravinteiden kokonaismäärissä, jotka on ilmoitettu grammoina kompostia kohti, ei ollut yhtä suurta eroa kuin liukoisten ravinteiden pitoisuuksissa, koska tällöin erot tilavuuspainoissa eliminoituvat (Taulukko 6).

Taulukko 6. Valmiiden kompostien ravinteiden kokonaismäärät.

komposti nro	kokonaismäärä kg/komposti				
	N	P	K	Ca	Mg
1 (LLS)	3,6	1,9	10,5	7,5	3,5
2 (LLT)	3,5	2,7	7,8	7,0	2,4
3 (PNT)	3,6	2,1	9,8	7,7	3,0
4 (PNS)	3,6	2,0	8,4	6,4	2,4
5 (PHK)	4,9	3,7	10,5	8,2	2,3
6 (NHK)	4,6	3,7	10,0	8,3	2,7
7 (NH)	3,4	2,4	7,0	7,1	1,8

Liukoisen, kasveille käyttökelpoisen typen osuus kokonaistypestä oli keskimäärin vajaa 4 % (Taulukko 7).

Taulukko 7. Ravinteiden liukoisen määrän osuus kunkin ravinteen kokonaismäärästä, %.

komposti nro	liukoisen määrän osuus kunkin ravinteen kokonaismäärästä, %				
	N	P	K	Ca	Mg
1 (LLS)	1	8	14	45	9
2 (LLT)	5	6	22	15	13
3 (PNT)	5	14	24	16	12
4 (PNS)	3	12	25	18	15
5 (PHK)	3	20	46	15	27
6 (NHK)	4	22	41	14	22
7 (NH)	4	18	36	13	22

Fosforista oli liukoisena 6-22 %, magnesiumista 9-27 % ja kaliumista 14-46 %. Lanta-heinäkomposteissa liukoisten ravinteiden osuus oli suurin. Luvut osoittavat, että

nopeasti hajoavista aineista tehtyä kompostia ei kannata seisottaa säille alttiina, vaan sen käyttö on ajoitettava siten, että komposti voidaan käyttää välittömästi, kun ravinteiden mineraloituminen alkaa. Nopea mineraloituminen on edellytys varsinkin typen kannalta, sillä kompostin ravinnevaroja voivat kasvit vain siten hyödyntää (Taulukko 8).

Taulukko 8. Ravinnemäärät kiloina kymmenessä tonnissa tuoretta kompostia.

komposti					
nro	N	P	K	Ca	Mg
1 (LLS)	31	16	91	65	30
2 (LLT)	37	28	82	74	25
3 (PNT)	43	25	116	91	36
4 (PNS)	41	23	96	73	27
5 (PHK)	61	46	131	103	29
6 (NHK)	55	44	119	99	32
7 (NH)	55	39	114	115	29

III KOMPOSTIN ARVO LANNOITTEENA

JOHDANTO

Kompostimullan laatuvaatimukset riippuvat käyttötarkoituksesta. Viljelykäyttöön tarkoitettun kompostin tulee olla biologisesti stabilia, toisin sanoen sen tulee olla riittävästi maatunutta ja se ei saa sisältää kasveille haitallisia aineita. Sellaisenaan kasvualustaksi sopivan kompostin laadulle on asetettu tarkat vaatimukset. Ihanteellisen kasvualustan pH(H₂O) on 4,0-6,5, kokonaistyyppipitoisuus 1,2-2,5 %, nitraattityypipitoisuus > 100 mg/100 g, ammoniumtyypipitoisuus < 150 mg/100 g ja suolapitoisuus alhainen (VERDONCK et al. 1983). Lannoitteena ja maanparannusaineena käytettävän kompostin laadun vaihtelu voi olla suurempi, mutta usein liian korkea suolapitoisuus rajoittaa käyttöä.

Kompostilannoituksen satoa lisäävästä vaikutuksesta on runsaasti selvityksiä (mm. DLOUHY 1977, EGGERT 1977, HUHTA et al. 1978, SCHUDEL et al. 1979, DeHAAN 1980, DevLEESCHAUWER et al. 1981, VERDONCK et al. 1983, DAUDIN ja MICHELOT 1984, VERDONCK et al. 1984). Kompostin lannoitusvaikutusta on kuitenkin vaikea erottaa sen maanparannusvaikutuksesta. Esim. kompostista kasvien käyttöön vapautuvan typen määrästä on vähän tutkimustietoa. Eri selvitysten mukaan se on ensimmäisenä kasvukautena 14-35 % (JAHRESBERICHT 1983), 25 % (DALZELL et al. 1979) tai jopa 40 % kokonaistypestä (MAAS ja BELAU 1978). Testikasvina on usein ollut pitkän kasvukauden kasvi kuten raiheinä, ja selvitykset on tehty oloissa, joissa keskilämpötilat ovat pieneliöiden tyypeä vapauttavalle hajoitustoiminnalle edulliset. Kompostin typen nopea mineraloituminen maassa vaatii suuren biologisen aktiivisuuden. Vaikka edellytykset vilkkaalle pieneliötoiminnalle olisivat hyvät, kylmät säät esim. keväällä hidastavat vaikealiukoisten tyyppiyhdisteiden hajoamista ja näin typpi muodostuu lyhyen kasvukauden kasvien kasvun minimitekijäksi. Seuraavassa selvitetään erilaisten kompostien lannoitusvaikutusta astiakokeilla.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Astiakokeessa käytetyt kompostit saatiin kompostointikokeista, jotka on selostettu tämän tiedotteen osissa I ja II. Kutakin kompostilaatua otettiin kokeeseen vain yksi erä, minkä takia kompostien kerranteista otettiin yhdistetty näyte. Astiakoemaaksi valittiin hieta, jonka orgaanisen aineen ja kokonaistypen pitoisuudet olivat pienet (Taulukko 1).

Taulukko 1. Astiakoemaan ominaisuudet.

N %	C %	pH	Liukoiset ravinteet mg/l maata			
			Ca	K	Mg	P
0,081	1,02	6,25	1150	170	85	32

Kompostien kivennäisainepitoisuudet ovat liitteessä 2. Kompostin kuiva-ainetta punnittiin astiaa kohti 400 g. Määrä vastaa pelto-oloihin muunnettuna noin 160 tonnia hehtaarille tuoretta kompostia. Kokonaistyyppipitoisuuden vaihtelusta johtuen astiaa kohti tulleen kokonaistypen määrä oli 3,2-5,3 g. Komposti sekoitettiin huolellisesti astiaa kohti tulevaan 7,5 litran (8,5 kg) maa-erään, minkä jälkeen se pakattiin koeastiaan. "Emma"-rypsi kylvettiin koekasviksi ja maa kasteltiin 60 % kosteuteen kenttäkapasiteetista. Tämä kosteus pyrittiin ylläpitämään koko kasvatuskauden ajan kastelemalla astiat kaksi kertaa viikossa.

Ensimmäistä satoa varten kasvatus aloitettiin tammikuun lopulla kasvihuoneessa keinolisävaloa hyväksi käyttäen. Lämpötila säädettiin päivän ajaksi 18 °C ja yön ajaksi 14 °C. Taimettumisen jälkeen rypsi harvennettiin 16 yksilöön astiaa kohti. Sato korjattiin rypsin kukkiessa 8 viikon kuluttua kylvöstä. Toinen sato kasvatettiin ulkona astiakoehallissa kesä-heinäkuussa ja se korjattiin

ensimmäisen sadon tapaan kukkivana 7 viikon kuluttua kylvöstä. Koeastiat säilytettiin kasvatusten välisen ajan huoneenlämmössä, jolloin ne hitaasti kuivuivat. Kosteusolosuhteet eivät siten olleet suotuisat kompostin mineraloitumiselle.

Koejäsenet ja kompostien tärkeimmät ominaisuudet kokeen alkaessa olivat seuraavat:

		N %	C/N	kompostissa annettu NO ₃ ⁻ -N mg/astia
Olkikompostit				
N ja P lisäyksillä				
N ₀		1,03	12,6	105
N _{2,5}		0,95	13,3	146
N ₅		1,02	13,2	253
N ₁₀		1,08	12,8	309
P ₀		1,01	13,0	215
P ₅		1,02	13,1	231
P ₁₀		1,02	12,9	196
Jätekompostit				
1. olki-lietelanta-sahanpuru	LLS	0,81	14,4	72
2. olki-lietelanta-turve	LLT	0,77	12,9	143
3. olki-puristeneste-turve	PNT	1,02	12,1	177
4. olki-puristeneste-sahanpuru	PNS	0,96	14,6	72
5. olki-pakettipeltoheinä- karjanlanta	PHK	1,32	10,9	219
6. olki-puhdistusniittoheinä- karjanlanta	NHK	1,25	10,7	158
7. olki-puhdistusniittoheinä	NH	1,06	13,2	94

Kokeessa oli neljä kerrannetta sekä lisäksi koejäsenet joihin kompostia ei lisätty pelkän maan ravinteidenluovutuskyvyn selvittämiseksi. Rypsin kuiva-ainesato punnittiin sekä sen typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja

magnesiumpitoisuus määritettiin, jotta voitiin laskea minkä verran kompostin ravinteita mobilisoitui kasvin käyttöön. Ilman kompostia kasvaneiden satojen ottamat ravinteet vähennettiin kompostilannoituksen saaneiden satojen ravinteidenotosta.

TULOKSET JA TARKASTELU

Sadot

Rypsin ensimmäisen kylvön kuiva-ainesato oli ilman kompostilannoitusta keskimäärin 2,9 g/astia. Ilman typpilannoitusta maadutetulla olkikompostilla saatiin yli kolminkertainen sato (Taulukko 2). Kun olkea kompostoitaisiin oli lisätty 5-10 kiloa typpeä olkitonnille, kompostin lannoitusvaikutus oli merkittävästi parempi. Sadot olivat viisinkertaiset verrattuna satoihin ilman kompostia. Rypsin toisen kylvön sadot olivat noin puolet ensimmäisen kylvön sadoista, mutta erot eri kompostien välillä olivat samanlaiset kuin ensimmäisessä sadossa. Fosforilisällä ei ollut merkittävä vaikutusta kompostin lannoitusvaikutukseen.

Taulukko 2. Rypsin kahden sadon määrät ja ravinnepitoisuudet typpilisäkomposteilla.

N-lisä	Sato g/astia			N %		P %	
	I	II	yht.	I	II	I	II
N 0	9,3 ^b	5,0 ^c	14,3 ^b	1,54	1,88	,448	,535 ^a
N 2,5	10,6 ^b	5,3 ^c	15,9 ^b	1,50	1,81	,441	,511 ^b
N 5	14,4 ^a	7,2 ^b	21,7 ^a	1,53	1,79	,440	,490 ^b
N 10	15,7 ^a	9,6 ^a	25,2 ^a	1,62	1,80	,443	,494 ^b

Jätekomposteista paras lannoitusvaikutus oli lantaa sisältävillä komposteilla ja huonoin sahanpurukomposteilla (Taulukko 3). Hehtaaria kohti laskettuna sadot vaihtelivat noin 4 tonnista 7,2 tonniin kuiva-ainetta.

Taulukko 3. Rypsin kahden sadon määrät ja ravinnepitoisuudet kompostityypeittäin.

Kom- posti- tyyppi	Sato g/astia			N %		K %		Ca %	
	I	II	yht.	I	II	I	II	I	II
1. LLS	8,1 ^e	5,9 ^b	14,0 ^c	1,46	1,63	3,14 ^b	2,48 ^c	2,06 ^{ab}	1,82
2. LLT	10,1 ^{cd}	5,3 ^b	15,4 ^{bc}	1,50	1,72	3,03 ^b	2,63 ^{bc}	1,82 ^{ab}	1,90
3. PNT	11,6 ^{bc}	6,3 ^b	17,9 ^b	1,50	1,68	3,09 ^b	2,64 ^{bc}	1,95 ^{ab}	1,88
4. PNS	8,6 ^d	7,1 ^{ab}	15,7 ^{bc}	1,48	1,67	3,16 ^{ab}	2,65 ^{bc}	2,11 ^a	1,85
5. PHK	14,1 ^a	9,8 ^a	23,9 ^a	1,67	1,71	3,45 ^{ab}	2,73 ^{ab}	1,76 ^{ab}	1,75
6. NHK	12,4 ^b	10,0 ^a	22,4 ^a	1,64	1,82	3,62 ^a	2,92 ^a	1,62 ^b	1,82
7. NH	9,6 ^{de}	8,9 ^{ab}	18,4 ^b	1,55	1,66	3,35 ^{ab}	2,76 ^{ab}	1,87 ^{ab}	1,93

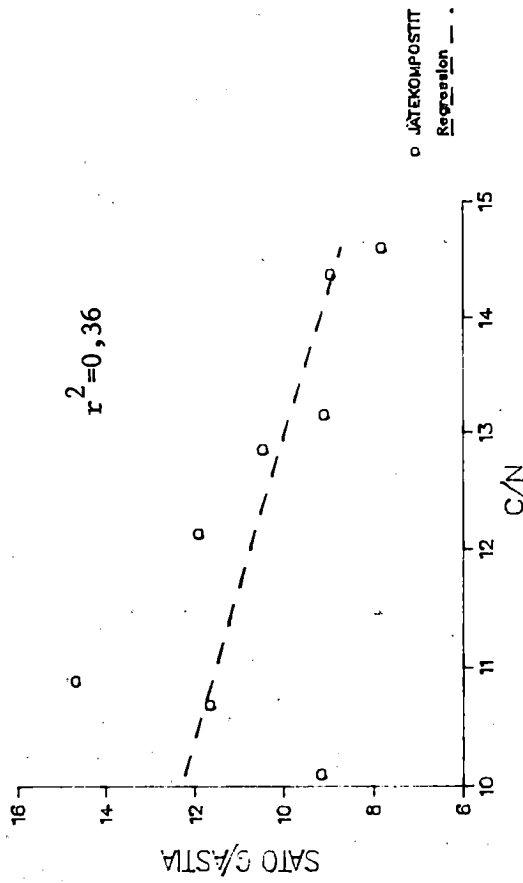
Ensimmäisen rypsisadon määrä oli suorassa suhteessa kompostin sisältämän liukoisen typen määrän kanssa (Kuva 1). Vaikka kaikkien kompostien hiilen ja typen suhde oli alueella, jonka katsotaan osoittavan kompostin riittävää kypsyttä, selvä negatiivinen korrelaatio vallitsi ensimmäisen sadon ja C/N-suhteen välillä. Toisessa sadossa riippuvuudet olivat heikkommat.

Sadon laatu

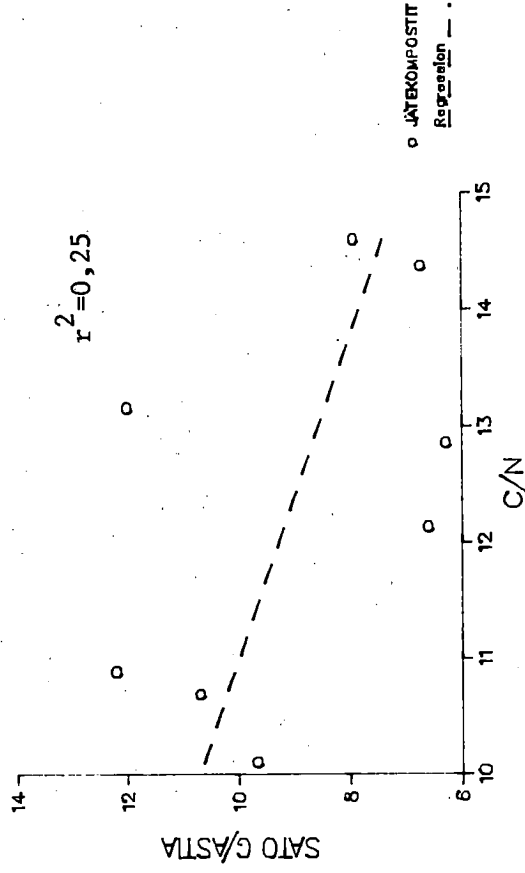
Rypsin alhaiset typpipitoisuudet ovat osoituksena typen riittämättömästä saannista. Ensimmäisen sadon typpipitoisuus oli keskimäärin vain 1,54 % (vaihtelurajat 1,46-1,67 %) ja toisen sadon 1,74 (1,63-1,88 %) (Taulukko 2-3), kun riittävänä pitoisuutena pidetään 2,4-3,0 % (BERGMANN ja NEUBERT 1976). Typen niukkuus on siten muodostunut kasvua rajoittavaksi tekijäksi. Sen sijaan muiden ravinteiden pitoisuudet olivat riittäviä rypsin normaaliin kasvuun. Fosforipitoisuus oli ensimmäisessä sadossa keskimäärin 0,449 % (0,434-0,468 %) ja toisessa sadossa 0,508 % (0,481-0,554 %) eikä eri kompostien vaikutuksen välillä ollut merkitseviä eroja. Samoin kaliumin saanti oli riittävä

KUVA 1. RYPSISADON RIIPPUVUUS LIUK. TYPEN MÄÄRÄSTÄ JA KOMPOSTIN C/N SUHTEESTA.

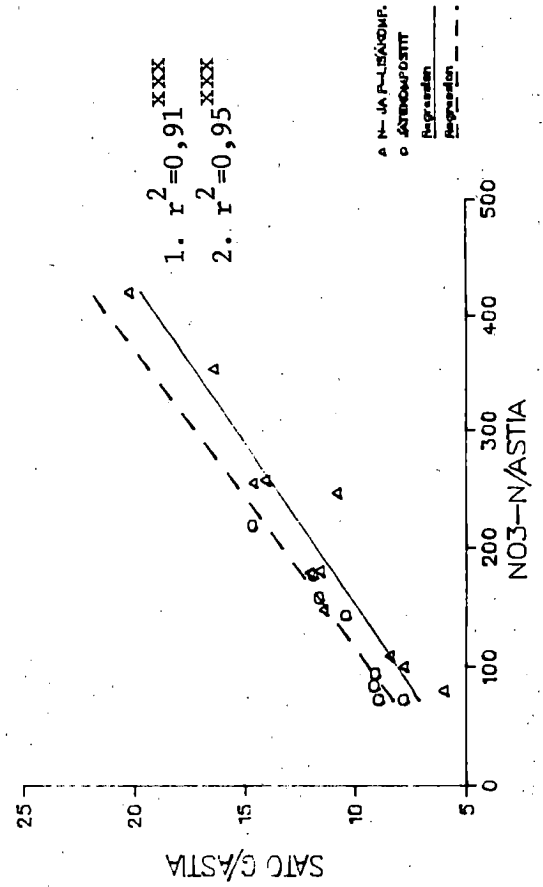
1. SATO



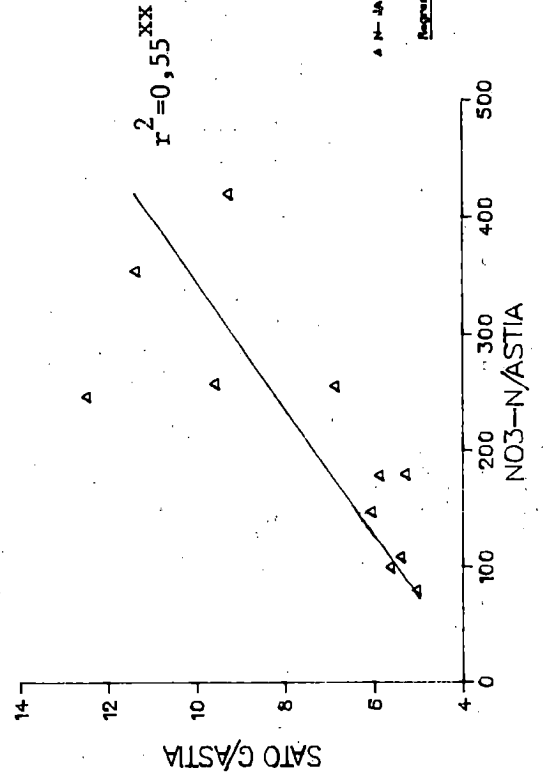
2. SATO



1. SATO



2. SATO



ensimmäisen sadon pitoisuuden ollessa keskimäärin 3,21 % ja toisen sadon 2,66 % (2,48-3,62 %). Lantakompostilla lannoitetun rypsin kaliumpitoisuus oli korkein. Magnesiumpitoisuus oli keskimäärin 0,262 % (0,238-0,285 %) eikä kompostien vaikutuksen välillä ollut merkitseviä eroja. Kalsiumpitoisuuden vaihtelut olivat pienet (1,82-2,27 %). Ainoastaan puristeneste-sahanpurukompostilla lannoitetun rypsin kalsiumpitoisuus oli ensimmäisessä sadossa merkitsevästi korkeampi kuin puhdistusniittoheinä-karjanlanta-kompostilla lannoitetun (Taulukko 3).

Sadon ottamat ravinteet

Rypsin typpi- ja kivennäisainepitoisuuksissa oli vain pieniä eroja, joten erot satojen ottamien ravinteiden määrissä olivat samanlaiset kuin erot satojen välillä (Taulukko 4 ja 5). 0-astiasta rypsi otti typpeä 102 mg eli 1,5 % koemaan kokonaistypestä. Kun vähennettiin 0-astian sadon ottama typpimäärä, rypsin ensimmäinen sato oli vain harvoin ottanut typpeä enemmän kuin kompostissa liukoisena typpenä esiintyvän typen verran.

Taulukko 4. Rypsin kahden sadon ravinteiden otto typpilisäkompostilla.

N-lisä	mg/astia ^(x)						
	N			P	K	Ca	Mg
	I	II	yht.	I-II yht.	I-II yht.	I-II yht.	I-II yht.
N 0	142 ^b	92,4 ^b	234 ^c	68,0 ^c	413 ^b	295 ^b	39,0 ^b
N 2,5	160 ^b	95,4 ^b	255 ^c	73,9 ^c	463 ^b	315 ^b	41,5 ^b
N 5	222 ^a	128,8 ^b	350 ^b	98,6 ^b	642 ^a	465 ^a	59,7 ^a
N 10	255 ^a	171,5 ^a	427 ^a	116,6 ^a	751 ^a	535 ^a	69,7 ^a

x) astian maamäärä 7,5 l

Taulukko 5. Rypsin sadon ravinteiden otto kompostityypeittäin.

Kom- posti- tyyppi	mg/astia						
	N			P	K	Ca	Mg
	I	II	yht.	I-II yht.	I-II yht.	I-II yht.	I-II yht.
1. LLS	118 ^e	96,1 ^d	214 ^d	66,0 ^d	400 ^d	273 ^d	37,0 ^d
2. LLT	152 ^{cd}	90,8 ^d	242 ^{cd}	74,6 ^{cd}	446 ^{cd}	284 ^d	38,3 ^{cd}
3. PNT	172 ^c	105,6 ^d	278 ^{bc}	82,0 ^{bc}	523 ^{bc}	341 ^{bc}	44,5 ^{bc}
4. PNS	128 ^{de}	116,3 ^{cd}	244 ^{cd}	73,7 ^{cd}	462 ^{cd}	310 ^{cd}	41,9 ^{bcd}
5. PHK	235 ^a	165,8 ^{ab}	400 ^a	113,2 ^a	752 ^a	420 ^a	61,3 ^a
6. NHK	203 ^b	182,4 ^a	385 ^a	104,8 ^a	742 ^a	383 ^{ab}	56,1 ^a
7. NH	148 ^d	144,2 ^{bc}	292 ^b	89,9 ^b	565 ^b	344 ^{bc}	48,3 ^b

Ravinteidenoton osuus kokonaisravinteista

Kahden rypsisadon ottaman typen osuus kompostin kokonaisytyyppistä oli keskimäärin 4,9 %. Otto oli alhaisin sahanpurua sisältävistä komposteista (3,8-4,3 %), korkein typpilisän avulla kompostoiduista olkikomposteista (7,6 %) (Taulukot 6 ja 7).

Kun rypsin toinen sato kasvatettiin noin puoli vuotta ensimmäisen jälkeen, typpeä oli mineraloitunut parhaiten lanta-heinäkomposteista, mutta yhteensäkin kaksi rypsisatoa oli pystynyt käyttämään vain korkeintaan 5,6 % lantakompostin typen kokonaismäärästä. Määrä on selvästi pienempi kuin karjanlannasta kasvukauden aikana kasvien käyttöön tulevan typen osuus, minkä arvioidaan olevan 30-40 % (ERIKSSON et al. 1979, ref. KEMPPAINEN ja HEIMO 1981).

Typen saannin niukkuuden johdosta myös muiden ravinteiden otto jäi alhaiseksi. Kaksi rypsisatoa otti keskimäärin 2,5 % fosforia, 4,3 % kaliumia, 3,5 % kalsiumia ja 1,2 % magnesiumia kompostilisän sisältämistä kokonaismäärästä.

Taulukko 6. Rypsin kahden sadon ravinteiden otto kompos-
tissa lisätyistä typpilisäkomposteilla.

N- lisä	otto prosenttia lisätystä							
	N			P	K	Ca	Mg	
	sadot			I-II	I-II	I-II	I-II	
	I	II	yht.	yht.	yht.	yht.	yht.	
N 0	2,1	1,0	3,2	1,9	2,4 ^b	2,8	0,7 ^b	
N 2,5	2,6	1,2	3,8	2,2	3,2 ^{ab}	3,2	0,9 ^b	
N 5	4,2	2,0	6,2	3,4	5,3 ^{ab}	5,1	1,6 ^{ab}	
N 10	4,5	3,1	7,6	5,4	6,6 ^a	6,7	2,0 ^a	

Taulukko 7. Rypsin kahden sadon ravinteiden otto kompos-
tissa lisätyistä kompostityypeittäin.

Kom- posti- tyyppi	otto prosenttia lisätystä							
	N			P	K	Ca	Mg	
	sadot			I-II	I-II	I-II	I-II	
	I	II	yht.	yht.	yht.	yht.	yht.	
1. LLS	2,5	1,8	4,3	2,1	2,9	2,4	0,8	
2. LLT	3,6	1,6	5,2	2,7	3,2	2,5	0,8	
3. PNT	3,1	1,2	4,3	2,3	3,8	3,3	1,0	
4. PNS	1,9	1,9	3,8	1,6	3,0	3,1	0,8	
5. PHK	3,4	2,1	5,6	2,2	5,4	3,4	1,6	
6. NHK	2,9	2,4	5,2	2,0	4,8	3,1	1,2	
7. NH	2,3	2,5	4,8	1,6	5,2	2,4	1,3	

KIRJALLISUUTTA

- AUGSTBURGER, F., WIDMER, R., VOGTMANN, H. & OTT, P. 1981. Praxisversuche zur Kompostierung von Stallmist in Mieten. Lebendige Erde. 1981: 1-12.
- BAUMANN, E. 1967. Die Verwendung von Entrindungsabfällen zur Verbesserung gemüsebaulich genutzten Böden und Erde. Wiss. Z. Humboldt, Univ. Berlin, 16. s. 483-497.
- BERGMANN, W. & NEUBERT, P. 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. 711 s. Jena.
- BERTOLDI, M. de, VALLINI, G. & PERA, A. 1983. The biology of composting: A Review. Waste Management and Res. 1: 157-176.
- BIDDLESTONE, A. J. & GRAY, K. R. 1984. Practical experience with farm scale systems. Seminar on composting of agric. and other wastes, 19.-22.3.1984, Oxford.
- DALZELL, H. W., GRAY, K. R. & BIDDLESTONE, A. J. 1979. Composting in tropical agriculture. The intern. inst. biol. husbandry. Stowmarket. (Ref. GRAY & BIDDLESTONE 1981.)
- DAUDIN, D. & MICHELOT, P. 1984. Experimental use of organic by-products as culture substrates. Seminar on composting agric. and other wastes, 19.-22.3.1984, Oxford.
- DLOUHY, J. 1977. Alternativa odlingsformer - växtprodukters kvalitet vid konventionell och biodynamisk odling. Swedish Univ. Agr. Sci., Dept. Plant Husb., Rapp. 91.
- EGGERT, P. F. 1977. Preliminary results from plot trials to compare the efficacy of several soil management systems as determined by a number of soil parameters and the yields of some vegetable crops. Intern. conf. Sissach "Towards a sustainable agriculture". s. 77-86.
- ERIKSSON, J., HAMMAR, O., HÖGBORG, E., JANSSON, S. L., VAHTRAS, K. & WALLEN, C. C. 1977. Växtodlingslära 1, Marken. 381 s. 11. painos. Borås.
- GRAY, K. R. & BIDDLESTONE, A. J. 1981. The composting of agricultural wastes. Biological husbandry. s. 99-111.
- HAAN, S. de 1980. Einfluss von organischer Düngung auf das maximal erreichbare Ertragsniveau in langjährigen niederländischen Feldversuchen. Landw. Forsch. Sonderheft 36: 389-404.

- HAUKIOJA, M., HOVI, A. & RAJALA, J. 1983. Komposti. 116 s.
- HEINONEN, R. 1960. Über die Umtauschkapazität des Bodens und verschiedener Bodenbestandteile. Z. Pfl.ernähr. Düng. Bodenkunde 88: 49-59.
- HOYLE, D. A. & MATTINGLY, G. E. G. 1954. Studies on composts prepared from waste materials. I. J. Sci. Food Agric. 5: 54-64.
- HUEMBELIN, M., MEYER, M. & STICHER, H. 1982. Stickstoffumsatz und Stickstoff-fixierung bei der Kompostierung von Rindermist. Bulletin BGS 6. s. 63-68.
- HUHTA, V., SUNDMAN, V., IKONEN, E., SIVELÄ, S., WARTIOVAARA, T. & VILKAMAA, P. 1978. Jäteliete-kuorirouheseosten maatumisen biologia. Jyväskylän yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 11.
- JAHRESBERICHT 1983. Fachgebiet Methoden des alternativen Landbaus, GhK Kassel, Witzenhausen.
- KAILA, A. 1952 a. Observations on the effect of nitrogen and phosphorus upon the humification of straw. Acta Agr. Fennica 78, 2. 27 s.
- 1952 b. Humification of straw at various temperatures. Ibid. 78, 3. 32 s.
- KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. 1981. Karjanlannan hyväksikäytön tehostaminen. Kirjallisuustutkimus. MTTK:n maanviljelyskemian ja -fysiikan laitoksen tiedote 14. 89 s.
- LEHTOKARI, M. 1980. Jätevesipuhdistamolietteen ja puunkuoren kompostointi. Raportti kenttäkokeesta. Turun yliopiston biokemian lab.
- LILJA, R. 1982. Taajamien talousjätteen kompostoinnin kannattavuus. Karjalan tutkimuslaitoksen julk. 49.
- MAAS, G. & BELAU, L. 1978. Untersuchungen zum Abbauverhalten von Rinderschweine- und Hühnergülle. Arch. Acker- u. Pfl.bau u. Bodenkunde 22: 253-258.
- MACLEAN, A. J. & HORE, F. R. 1979. Manures and compost. Canada Agric. Publ. 868.

- MEYER, M. & STICHER, H. 1983. Die Bedeutung des Stroh-
gehaltes für die Erhaltung des Stickstoffs während
der Kompostierung von Rindermist. Z. Pfl.ernähr. Düng.
Bodenkunde 146: 199-206.
- MEYER, P. 1982. Stickstoffumsatz bei der Kompostierung
von Rindermist. Diss. ETH Nr. 7180. Zürich.
- MINNICH, J. & HUNT, M. 1979. Rodale guide to composting.
405 s. Emmaus.
- POINGELOT, R. P. 1974. A scientific examination of the
principles and practice of composting. Compost
Science 15: 24-31.
- PETTERSON, B. 1973. Untersuchungen am Kompostierungs-
prozess. Lebendige Erde 1973: 216-220.
- SCHMALLFUSS, K. & KOLBE, G. 1963. Der Dunger Stallmist,
Allbrecht-Thaer-Archiv 7: 199-213. (Ref. KEMPPAINEN
1981.)
- SCHUDEL, P., EICHENBERGER, M., AUGSTBURGER, F., KLÄY, R.
& VOGTMANN, H. 1979. Über die Einfluss von Kompost-
und NPK-Düngung auf Ertrag, Vitamin-C und Nitratge-
halt von Spinat und Schnittmangold. Schw. landw. Forsch.
18: 337-350.
- SOLBRAA, K. 1972. Die Anwendung von Rinde in Pflanzenbau.
Det. Norske Skoforsöksvezen. Ås.
- VERDONCK, O., VLEESSCHAUWER, D. de, PENNICK, R. & BOODT,
M. de 1982. The determination of optimal parameters
for the composting of solid organic wastes. State Univ.
Ghent. Moniste. 20 s.
- , VLEESSCHAUWER, D. de & PENNICK, R. 1983. Barkcompost,
a new accepted growing medium for plants. Acta Hort.
133: 221-226.
- , BOODT, M. de, STRADIOT, P. & PENNICK, R. 1984. The
use of tree bark and tobacco waste in agriculture and
horticulture. Seminar on composting agric. and other
wastes, 19.-22.3.1984, Oxford.
- VLEESSCHAUWER, D. de, VERDONCK, O. & BOODT, M. de 1981.
The use of chicken and piggery manure in compost.
Acta Hort. 126: 105-111.
- VUORINEN, J. & MÄKITIE, O. 1955. The method of soil testing
in use in Finland. Agrogeol. julk. 63: 1-44.

Keskilämpötilat Sata-Hämeen tutkimusasemalla, °C,
1.7. - 30.11.82.

päivä	heinä	elo	syys	loka	marras
1	13,4	21,0	12,6	8,7	0,6
2	13,9	20,5	11,3	7,9	5,8
3	14,6	21,3	8,5	9,6	3,5
4	13,6	20,4	8,6	10,3	-0,3
5	13,8	18,8	7,3	8,6	-4,4
6	12,8	18,6	8,0	4,6	-3,0
7	14,6	17,3	7,2	5,2	1,1
8	16,3	18,6	8,6	6,2	1,2
9	18,5	18,0	10,5	2,5	4,3
10	18,0	16,5	8,4	-0,2	7,6
11	20,8	14,4	11,6	-1,9	8,2
12	20,0	15,1	9,0	2,5	5,4
13	17,2	15,2	8,7	4,5	7,5
14	17,0	15,4	6,0	2,3	4,2
15	19,3	14,2	11,0	1,4	1,6
16	21,0	15,6	11,8	-0,3	2,1
17	21,6	15,4	10,0	-2,2	3,1
18	19,3	15,2	11,3	-4,8	1,5
19	17,1	14,2	13,2	-1,8	2,0
20	17,6	12,5	9,9	2,4	4,0
21	13,3	10,6	15,6	3,8	0,1
22	12,7	12,5	13,8	6,5	2,4
23	13,9	13,7	9,3	7,6	5,3
24	16,7	12,8	5,8	2,0	5,7
25	17,9	13,1	5,8	4,3	2,3
26	17,1	14,0	7,6	3,7	4,1
27	15,7	13,1	9,7	4,6	4,5
28	14,8	13,8	9,0	6,4	3,8
29	16,7	12,1	7,6	6,6	1,2
30	19,0	11,8	7,5	4,7	-1,5
31	20,0	13,7			

Kompostimullan hiili- ja kivennäisainepitoisuudet.

	C	P	K	Ca	Mg
	%	mg/g			
Typpilisäkompostit					
N ₀	13,0	6,29	19,9	17,5	6,95
N _{2,5}	12,6	6,51	20,4	18,0	7,03
N ₅	13,4	5,81	20,4	17,5	6,73
N ₁₀	13,8	5,75	20,5	17,9	6,37
Fosforilisäkompostit					
P ₀	13,2	2,28 ^c	21,0	10,9 ^c	6,93
P ₅	13,3	6,28 ^b	20,5	18,9 ^b	6,77
P ₁₀	13,2	9,71 ^a	19,6	23,7 ^a	6,58
Jätekompostit					
LLS	11,6	4,89	21,5	16,7	7,40
LLT	9,9	4,27	22,4	17,6	7,80
PNT	12,4	5,33	22,4	18,8	7,10
PNS	14,0	5,80	22,3	18,6	7,30
PHK	14,4	9,77	27,1	24,9	7,60
NHK	13,4	8,74	28,2	22,0	8,00
NH	14,0	11,02	22,7	25,9	7,20

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

1983

1. Maatalouden tutkimuskeskuksen yksiköiden tiedotteet 1975-1982. 48 p.
2. KONTTURI, M. Mallasohra - kirjallisuuskatsaus. 42 p.
3. NORDLUND, A. & ESALA, M. Maatalouden sääpalvelut ulkomailta. Kirjallisuustutkimus. 66 p.
4. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1975-1982. 186 p. + 4 liitettä.
5. SUONURMI-RASI, R. & HUOKUNA, E. Kaliumin lannoitustason ja -tavan vaikutus tuorerehunurmien satoihin ja maiden K-pitoisuuksiin. 13 p. + 8 liitettä.
6. KEMPPAINEN, E. & HEIMO, M. Förbättring av stallgödselns utnyttjande. Litteraturöversikt. 81 p.
7. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset läjikkeet. 10 p.
8. LÖFSTRÖM, I. Kasvien sisältämät aineet tuholaiistorjunnassa. 26 p.
9. HEIKINHEIMO, O. Kirvojen preparointi ja määritys. 67 p. + 12 liitettä.
10. SAARELA, I. Soklin fosforimalmi fosforilannoitteena. p. 1-13. Humuspitoiset lannoitteet. p. 14-20.
11. YLÄRANTA, T. Jordanalysetoder i de nordiska länderna. 13 p.
12. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Avomaan vihanneskasvien lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1979-82. 21 p.
13. KIVISAARI, S. & LARPES, G. Kylvöajankohdan vaikutus keväthevän, ohran ja kauran satoon 10-vuotiskautena 1970-1979 Tikkurilassa. 54 p.
14. ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys. ESPOO - INKOO. 26 p.
15. BREMER, K. Ydinkasvien tuottaminen kasvisolukkoviljelyn avulla. 63 p.

1984

1. Tiivistelmät eräistä MTTK :n julkaisuista 1983. 74 p.
2. ESALA, M. & LARPES, G. Kevätviljojen sijoituslannoitus savimailta. 35 p.
3. ETTALA, E. Ayrshire-, friisiläis- ja suomenkarjalehmien vertailu kotoisilla rehuilla. 7 p. + 18 liitettä.

4. LUOMA, S. & HAKKOLA, H. Keräkaalin lajikekokeiden tuloksia vuosilta 1975-83. 22 p.
5. KURKI, L. Tomaattilajikkeet ja hiilidioksidin lisäys. Kasvihuonetomaatin viljelylämpötiloista. Kasvihuonekurkun tuentamenetelmien vertailua. Sijoituslannoitus ja kasvualueen ilmastus kasvihuonekurkulla ja tomaattilla. 21 p.
6. VUORINEN, M. Italianraiheinä ja viljat tuorerehuna. 17 p.
7. ANISZEWSKI, T. Lupiini viherlannoituskasvina. Arviointeja esikokeiden ja kirjallisuuden pohjalta. 11 p.
8. HUOKUNA, E. & HAKKOLA, H. Koiranheinän ja timotein kasvu ja rehuarvon muutokset säilörehuasteella. 54 p.
9. VALMARI, A. Roudan kehittymisen tilastollinen malli. 33 p.
10. HAKKOLA, H. Kuonakalkituskoekokeiden tuloksia 1978-83. 42 p.
11. SIPPOLA, J. & SAARELA, I. Eräät maa-analyysimenetelmät fosforilannoitustarpeen ilmaisijoina. 20 p.
12. RAVANTTI, S. Terhi-punanata. 37 p.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Kolme ravinnesuhdetta Suomen maalajeissa. 10 p.
14. ANSALEHTO, A., ELOMAA, E., ESALA, M., KERSALO, J. & NORDLUND, A. Maatalouden sääpalvelukokeilu kesällä 1983. 101 p.
15. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1976-1983. 202 p. + 4 liitettä.
16. JUNNILA, S. Ympäristötekijöiden vaikutus herbisidien käyttäytymiseen maassa. Kirjallisuustutkimus. 15 p. + 4 liitettä.
17. PESSALA, R., HAKKOLA, H. & VALMARI, A. Kylvöajan merkitys porkkanan viljelyssä. 22 p.
18. NISULA, H. Uusimpia tuloksia Ruukin lihanautakokeista. 39 p.
19. SAARELA, I. Kevätöljykasvien boorilannoitus. 122 p. + 2 liitettä.
20. URVAS, L. Maaperäkarttaselitys. PORI - HARJAVALTA. 28 p. + 14 liitettä.
21. LEHTINEN, S. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. 62 p. + 17 liitettä.
22. ANISZEWSKI, T. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima eräillä MTTK:n kiertokoealueilla. Kirjallisuustutkimus ja MTTK:n kolmen tutkimusaseman näytteiden analyysi. p. 1-38.
- PALDANIUS, E. & SIMOJOKI, P. Rikkakasvien siementen määrä ja elinvoima Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan tutkimusasemien maanäytteissä. p. 39-56.

23. RINNE, S-L. & SIPPOLA, J. Maatalouden jätteiden kompostointi. 52 p.
- I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa
 - II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineina
 - III Kompostin arvo lannoitteena

