

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE

1/95

AKU LEPPÄNEN ja MARTTI ESALA

**Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö
lannoitustarpeen ennustamisessa**

Esitutkimus

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 1/95

AKU LEPPÄNEN ja MARTTI ESALA

**Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö lannoitustarpeen
ennustamisessa**

Esitutkimus

***Summary: Analysis of mineral nitrogen in soil in spring for assessing
nitrogen fertilizer requirement in Finland***

A preliminary study

Maatalouden tutkimuskeskus
Kasvintuotannon tutkimuslaitos
Maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusala
31600 JOKIOINEN
Puh. (916) 1881

Jokioinen 1995
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	5
SUMMARY	6
1 JOHDANTO	7
2 KIRJALLISUUSTUTKIMUS	7
2.1 Maan typpivarat	7
2.1.1 Typen kierto maassa	7
2.1.2 Mineraalityppi	9
2.2 Keväällä maassa olevien mineraalityppivarojen vaihteluun vaikuttavat tekijät	9
2.2.1 Edeltävän vuoden viljelytoimenpiteet	11
2.2.1.1 Esikasvi	11
2.2.1.2 Karjanlanta ja muut orgaaniset lannoitteet	11
2.2.1.3 Väkilannoitteet	12
2.2.2 Maalaji ja multavuus	12
2.2.3 Sääolot	13
2.3 Mineraalityypen analysointi maasta	14
2.3.1 Näytteiden otto	14
2.3.1.1 Ajankohta	14
2.3.1.2 Syvyys	14
2.3.1.3 Näytteiden lukumäärä	15
2.3.2 Määrittäminen	15
2.3.2.1 Säilytys ja esikäsittely	15
2.3.2.2 Analysointi	15
2.3.2.3 Tulosten laskenta ja luotettavuus	16
2.4 Mineraalityypianalyysi lannoituksen perustana	16
2.4.1 Lohkokohtainen lannoitustarpeen arviointi	16
2.4.2 Alueellinen lannoitustarpeen arviointi	17
2.4.3 Mineraloitumisen ennustaminen laboratoriomenetelmillä	17
2.4.4 Pikämäärittämismenetelmät	17
2.5 Keväisen mineraalityypianalyysin ja kasvianalyysin yhteiskäyttö	18
2.6 Mallien käyttö typpilannoitustarpeen ennustamisessa	18
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	18
3.1 Näytteenottoalueiden ja tilojen valinta	18
3.2 Maanäytteiden otto	19
3.3 Mineraalityypen määrittäminen	19
4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	19
KIRJALLISUUS	25
LIITE	

LEPPÄNEN, A. ja ESALA, M. Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö lannoitustarpeen ennustamisessa. Esitutkimus. (Summary: Analysis of mineral nitrogen in soil in spring for assessing nitrogen fertilizer requirement in Finland. A preliminary study.) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 1/95. 29 p. + liite.

Avainsanat: ammoniumtyppi, nitraattityppi, mineraalityppi, epäorgaaninen typpi, typpilannoitus, typpilannoitustarpeen ennustaminen, lannoitus-suositukset

TIIVISTELMÄ

Tässä esitutkimuksessa selvitettiin onko viljelymaissa keväällä niin suuria eroja mineraalityypivaroissa, että olisi perusteltua kehittää analyysipalvelu niiden huomioon ottamiseksi typpilannoitusta mitoitettaessa. Samalla tehtiin kirjallisuustutkimus vastaavista ulkomaisista analyysipalveluista ja niiden käyttämisestä menetelmistä.

Saksassa, Hollannissa, Norjassa ja Ruotsissa on käytössä ns. N_{min} -menetelmä, jossa maassa keväällä oleva mineraalitypen määrä (kg/ha) vähennetään kasvilajikohtaisesta ohjearvosta, ja jäännöstä suositellaan lannoitemääräksi. Belgiassa ja Pohjois-Ranskassa käytetään ns. N-index-menetelmää. Menetelmässä otetaan mineraalityypipitoisuuden lisäksi huomioon myös muita maan ominaisuuksia ja aikaisempia viljelytoimia. USA:n eräissä pohjoisvaltioissa määritetään maan nitraattityypipitoisuus ennen kylvöä. Lohkokohtaisen lannoitus-suosituksen sijasta voidaan suositus tehdä myös alueellisesti, kuten esimerkiksi Tanskassa. Mineraalityypimäärityksen käyttökelpoisuutta on pyritty tarkentamaan arvioimalla kasvukauden aikana mineraloituvan typen määrää erilaisilla menetelmillä, mutta heikoin tuloksin. Laboratoriomenetelmien ohella on kehitetty erilaisia pikämääritysmenetelmiä, jotka neuvoja tai viljelijä voi tehdä suoraan tilalla.

Keväisen mineraalityypipitoisuuden määrityksen ohella on joissakin maissa käytetty kasvianalyysiä tai lehtivihreämittauksia lisälannoitustarpeen määrittämiseen. Menetelmiä on myös pyritty tarkentamaan malleilla, jotka kuvaavat typen mineraloitumista määrityshetken ja kasvin typen tarpeen välisenä aikana.

Esitutkimusta varten otettiin maanäytteitä 131 lohkolta Lounais-Suomesta ja Raahan seudulta, Pirkanmaalta, Etelä-Pohjanmaalta, Vihdistä, Lammilta ja Forssan seudulta. Näytteet analysoitiin Maatalouden tutkimuskeskuksessa Joki-oisissa.

Mineraalityypeä oli näytemaissa 60 cm:n kerroksessa 7–276 kg/ha. Tutkituista alueista 60 %:lla mineraalityypeä oli alle 30 kg/ha. Nämä maat olivat pääasiassa jatkuvassa viljanviljelyssä tai niissä oli viherkesanto esikasvina. Noin neljännes tutkituista maista sisälsi mineraalityypeä 30–50 kg/ha. Nämä maat olivat multavia maalajeja, niillä oli edellisvuonna viljelty perunaa tai sokerijuurikasta tai niillä oli esikasvina viherkesanto. Lohkoja, joilla mineraalityypeä oli yli 50 kg/ha, oli aineistosta 15 %. Tässä ryhmässä oli peltoja, joita oli avokesannoitu, ja peltoja, joille oli levitetty edellisen syksyn tai kyseisen kevään aikana karjanlantaa tai lietettä. Korkein mineraalitypen määrä, 276 kg/ha, oli luomuviljelyllä lohkolta, joka oli avokesannoitu ja jolle oli edellisenä syksynä levitetty kananlantaa.

Esitutkimuksen mukaan keväisen mineraalityypipitoisuuden määrittäminen saattaisi olla perusteltua lähinnä lannan levityksen ja pitkäikäisten nurmien sekä eräitten erikoiskasvien, kuten sokerijuurikkaan, perunan tai vihannesten jälkeen. Ana-

lyysipalvelun ohella on syytä kehittää myös pikamääritysmenetelmiä mineraali-typpipitoisuuden määrittämiseksi tilalla. Analyysipalvelua voitaisiin tarkentaa typen mineralisoitumista ja kasvien typen tarvetta kuvaavilla tietokonemalleilla sekä kasvustoanalyysillä tai lehtivihreämittauksilla. Tarvitaan tutkimusta tuloksen muuntamiseksi lannoitus-suositukseksi. Tarvitaan myös useammalta vuodelta tietoa viljelyoloista, joissa analyysi on hyödyllinen.

SUMMARY

Analysis of mineral nitrogen in soil in spring for assessing nitrogen fertilizer requirement in Finland

A preliminary study

The aim of this preliminary survey was to find out whether there is variation in the mineral nitrogen contents in the Finnish fields in spring large enough to make soil tests feasible. Foreign testing surveys were also reviewed.

A total of 131 fields of farms in western and southern Finland were sampled in spring for mineral N content. On each farm, one field on continuous cereal and a variable number of additional fields with crops leaving more residual N or fields with organic soil types were selected for sampling.

To the depth of 60 cm, 7–276 kg/ha nitrogen was found in the samples. In 60 % of the fields investigated, less than 30 kg/ha of nitrogen was found. These fields were mainly on continuous cereal or on green fallow. About 25 % of the fields investigated contained 30–50 kg/ha nitrogen. These fields were on organic soils, or potato, sugar beet or green fallow was their preceding crop. About 15 % of the fields contained more than 50 kg/ha nitrogen, including fields on bare fallow or with manure or slurry application. The highest amount of nitrogen, 276 kg/ha, was found in an organically cultivated field where chicken manure had been applied in the previous autumn after bare fallowing.

It is estimated that soil testing for mineral nitrogen in spring would be feasible after manure application or after preceding crops such as several years of grassland, sugar beet, potato or vegetables.

Key words: *ammonium nitrogen, nitrate nitrogen, mineral nitrogen, inorganic nitrogen, nitrogen fertilization, N-min method*

1 JOHDANTO

Kasveille annettava typen määrä perustuu kasvi- ja maalajikohtaisiin ohjearvoihin, jotka on laadittu erikseen Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomea varten. Näitä ohjearvoja tarkennetaan maan multavuuden, lannoitusta edeltävien viljelytoimenpiteiden sekä paikallisten olosuhteiden mukaan (Viljavuuspalvelu 1992). Ulkomailla on kehitetty erilaisia menetelmiä, joissa otetaan huomioon maan mineraalityppipitoisuus lannoitussuosituksen laatimisessa (WEHRMANN ja SCHARPF 1979, RIS ym. 1981, VANDENDRIESSCHE ym. 1992). Suomessa SIPPOLA ja YLÄRANTA (1985) ovat selvittäneet maan mineraalityppivarojen ja ohran typpilannoituksen välisiä suhteita typpilannoituksen porraskokeilla. He eivät pitäneet suomalaisissa olosuhteissa mineraalityppianalyysiä tarpeellisenä typpilannoituksen mitoittamiseksi jatkuvassa viljanviljelyssä. He arvioivat kuitenkin tarpeelliseksi selvittää erilaisten maalajien mineraalityppivaroja ja erilaisten kasvien viljelyn vaikutusta maan mineraalityppivaroihin. JAAKKOLAN (1992) mukaan viljelysmaiden suuri eloperäisen aineksen määrä vähentää kevään mineraalityppianalyysin arvoa lannoitustarpeen arvioinnissa Suomessa.

Tämän esitutkimuksen kirjallisuusosassa käsitellään kevään mineraalityppianalyysin käyttöä typpilannoituksen optimoimiseksi. Kokeellisessa osassa selvitetään tuloksia esikokeesta, jossa otettiin mineraalityppinäytteitä sekä jatkuvan viljanviljelyn lohkoilta että lohkoilta, joilla mineraalityppipitoisuuden oletettiin olevan korkeampi esimerkiksi karjanlannan käytön tai esikasvin vuoksi. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, vaihteleeko maan mineraalityppipitoisuus keväällä eri lohkoilla niin paljon, jotta olisi perusteltua kehittää analyysipalvelu ja suositukset mineraalityypen huomioon ottamiseksi typpilannoituksessa.

Tämä esitutkimus liittyy Maatalouden tutkimuskeskuksen tutkimusohjelmaan ”Typpilannoituksen ympäristöhaittojen vähentäminen ja taloudellisuuden parantaminen”. Yhteistyösapuolina ovat Kemira Oy, Viljavuuspalvelu Oy, Raision Tehtaat Oy, Saarioinen Oy, Maaseutukeskusten Liitto ja Maatalouden tutkimuskeskus.

2 KIRJALLISUUSTUTKIMUS

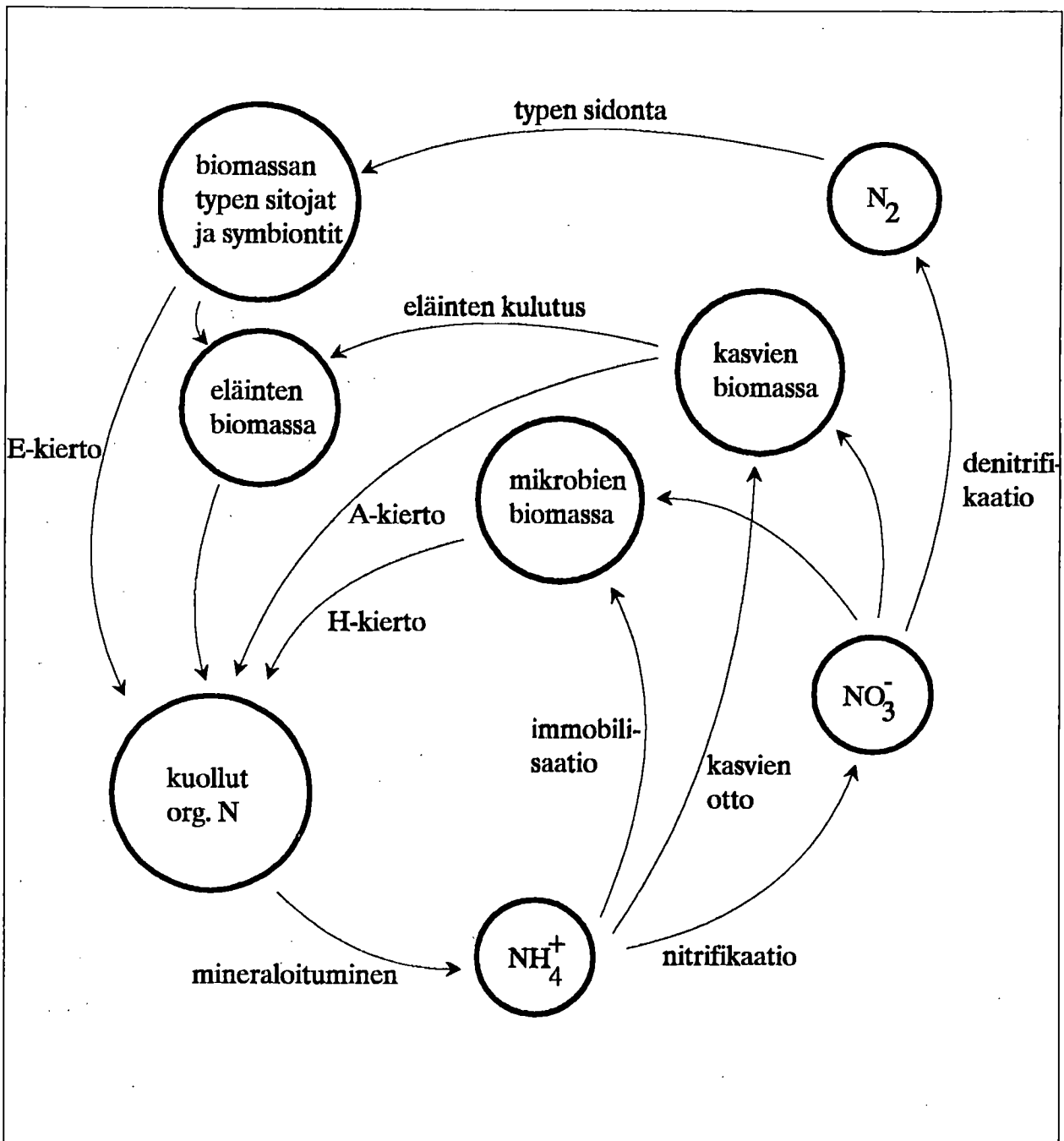
2.1 Maan typpivarat

SIPPOLAN (1981) mukaan kivennäismaissa voi olla 60 cm:n paksuisessa kerroksessa typpeä yli 10 000 kg/ha ja turvemaidella jopa 40 000–60 000 kg/ha. Maan kokonaistypestä yleensä yli 95 % on orgaanisessa muodossa — muu osa on epäorgaanista typpeä, pääasiassa ammoniumia (NH_4^+), nitraattia (NO_3^-) tai nitriittiä (NO_2^-). Kivilajien mineraaleissa typpeä on erittäin vähän. Muita typen kaasumaisia muotoja kuin typpikaasua (N_2) on maassa vain harvoin huomattavia määriä (SCHEFFER ja SCHACHTSCHABEL 1987).

2.1.1 Typen kierto maassa

Typen esiintyminen ja olomuoto maassa on usein mikro-organismien työn tulosta (Kuva 1). Typen mineraloitumisella eli mobilisaatiolla tarkoitetaan typen muuttumista orgaanisesta muodosta epäorgaaniseen muotoon. Mineraloituminen alkaa ammonifikaatiolla, jossa heterotrofiset mikroorganismit käyttävät orgaanista ainesta hengitykseen ja solusynteesiin. Jos hajoavassa aineksessa on typpeä enemmän kuin mikrobit tarvitsevat solunrakennukseensa, vapautuu ammoniumia jätetuotteena. Immobilisaatio on mineraloitumisen käänteinen ilmiö. Silloin mikrobit eivät saa tarpeeksi typpeä orgaanisesta raaka-aineesta, vaan käyttävät maan epäorgaanista typpeä. Hajoavan materiaalin hiili/typpi-suhde (C/N) on tärkein näiden kahden prosessin tasapainoon vaikuttava tekijä. Kun C/N on noin 35:1, ei typpeä mineraloidu eikä immobilisoidu nettomääräisesti (HARRIS 1988). SIPPOLAN (1986) tutkimuksen mukaan kesällä metrin syvyisessä maakerroksessa typpeä mineraloitui maalaajista riippuen 0,3–0,5 kg/ha päivässä.

Nitrifikaatiossa bakteerit hapettavat ammoniumin nitriitin kautta nitraatiksi. Nitrifikaatio riippuu maan happamuudesta, ilmavuudesta, kosteudesta, lämpötilasta ja orgaanisesta aineksestä. Nitrifioivat bakteerit eivät voi menestyä alle pH 4,5:ssä; alle 5 °C:ssa tai yli 40 °C:ssa tai maassa, jonka kaasujenvaihto on hidasta. Veden peittämässä maassa kaasujenvaihto ei enää toimi, mutta toisaalta liian kuivissakaan olosuhteissa bakteerit eivät voi kasvaa. Orgaanisen aineksen hajoaminen voi kuluttaa nitrifikaation lähtöaineita NH_4^+ :a ja O_2 :a. Ammonifikaatiota aiheuttavat mikrobit eivät ole niin



Kuva 1. Typen yleinen kierto ja kolme alakiertoa: alkuainekierto (E) ja autotrofinen (A) ja heterotrofinen (H) kierto (JANSSON ja PERSSON 1982).

vaativia maan lämpötilan ja kosteuden suhteen kuin nitrifioivat bakteerit, ja näin ollen märissä ja kosteissa maissa maahan saattaa kertyä ammoniumia (PAUL ja CLARK 1989). Yleensä pelto- maassa on kuitenkin sellaiset olosuhteet, että NH_4^+ nitrifioituu nopeasti NO_3^- :ksi (SCHMIDT 1982).

Typpeä denitrifioituu, jos bakteerit pelkistävät nitraattia ensin nitriitiksi ja sitten typpioksiduuliksi (N_2O) tai vielä edelleen typpikaasuksi (N_2). Koska denitrifikaatiota aiheuttavat useimmiten heterotro-

fiset bakteerit, maan denitrifikaatiopotentiaali kasvaa helposti hajoavan orgaanisen aineksen pitoisuuden myötä. Samoin maan vesipitoisuuden nousu lisää typen denitrifioitumisriskiä, sillä tällöin bakteerien hapensaanti vähenee ja NO_3^- :n merkitys hapettimena kasvaa. Denitrifikaatio hidastuu alle pH 5:ssä ja loppuu kokonaan pH 4:ssä. Lämpötila vaikuttaa suoraan mikrobiaktiivisuuteen, mutta myös hapen liikkeisiin maassa. Alle 5 °C:ssa tai yli 75 °C:ssa denitrifikaatio on hidasta (PAUL ja CLARK 1989). Nitriitti voi pelkistyä typen oksii-

deiksi tai typpikaasuksi myös kemiallisesti, mitä kutsutaan kemodenitrifikaatioksi. Kemodenitrifikaatio on mahdollista, jos maahan on kertynyt nitriittiä ja maa on hapan tai lievästi hapan. Maan kuivuminen, lämpötilan nousu ja orgaanisen aineksen pitoisuuden kasvu nopeuttavat kemodenitrifikaatiota (NELSON 1982).

Biologisessa typensidonnassa bakteerit tai viherlevät käyttävät typpikaasua (N_2) typenlähteenä. Mikro-organismit voivat elää joko vapaina, assosiativisina tai symbioosissa kasvien kanssa. Vapaina elävät mikrobit eivät tarvitse toista osapuolta pystyäkseen sitomaan typpeä. Assosiativisten mikro-organismien typensidontateho moninkertaistuu, jos ne elävät yhteydessä joko kasvin juuriston tai muiden kasvinosien tai toisten organismien kanssa. Symbioottisella typensidonnalla on eniten merkitystä peltoviljelyssä. Palkokasvien kanssa symbioosissa elävät bakteerit pystyvät sitomaan typpeä usein yli 100 kg/ha vuodessa (HARRIS 1988).

2.1.2 Mineraalityppi

Mineraalitypellä eli epäorgaanisella typellä tarkoitetaan maan vaihtuvaa ammonium-, nitriitti- ja nitraattityppeä. Maassa on kuitenkin harvoin nitriittiä merkittäviä määriä, ja usein mineraalitypestä puhuttaessa mainitaankin vain NH_4^+ - ja NO_3^- -N.

Kasvit ottavat maasta sekä ammonium- että nitraattityppeä ja käyttävät kumpaakin typen muotoa aineenvaihduntaansa (MENGEL ja KIRKBY 1978).

Vaihtuva ammonium on kiinnittynyt humuksen ja saven kationinvaihtopaikoille. NH_4^+ :a ei juuri huuhtoudu maan läpi painuvan veden mukana, ellei maan kationinvaihtokapasiteetti ole erityisen alhainen. Vaihtumaton eli fiksatoitunut ammonium on tiukasti sitoutunut silikaattimineraaleihin eikä ole sellaisenaan käyttökelpoista mikrobeille tai kasveille. Fiksatoitunut NH_4^+ voi kuitenkin vapautua, jos vaihtuvan NH_4^+ :n konsentraatio on alhainen (NÖMMIK ja VAHTRAS 1982). KAILAN (1966) mukaan suomalaisten peltomaiden pintakerroksessa on vaihtumatonta ammoniumia keskimäärin alle 10 % ja syvemmissä kerroksissa noin 50 % kokonaistypestä. Savimineraalilaji vaikuttaa ammoniumin fiksaatiolujuuteen (SCHERER ja MENGEL 1985). Kolmikerrosmineraalit voivat sitoa ammoniumia vaihtumattomaan muotoon (SCHEFFER

ja SCHACHTSCHABEL 1987). Suomalaisissa maissa on lähinnä kolmikerrosmineraaleja: illiittia, vermikuliittia, kloriittia ja näiden seoshilamineraaleja (BARNHISEL 1977, FANNING ja KERAMIDAS 1977, HARTIKAINEN 1992).

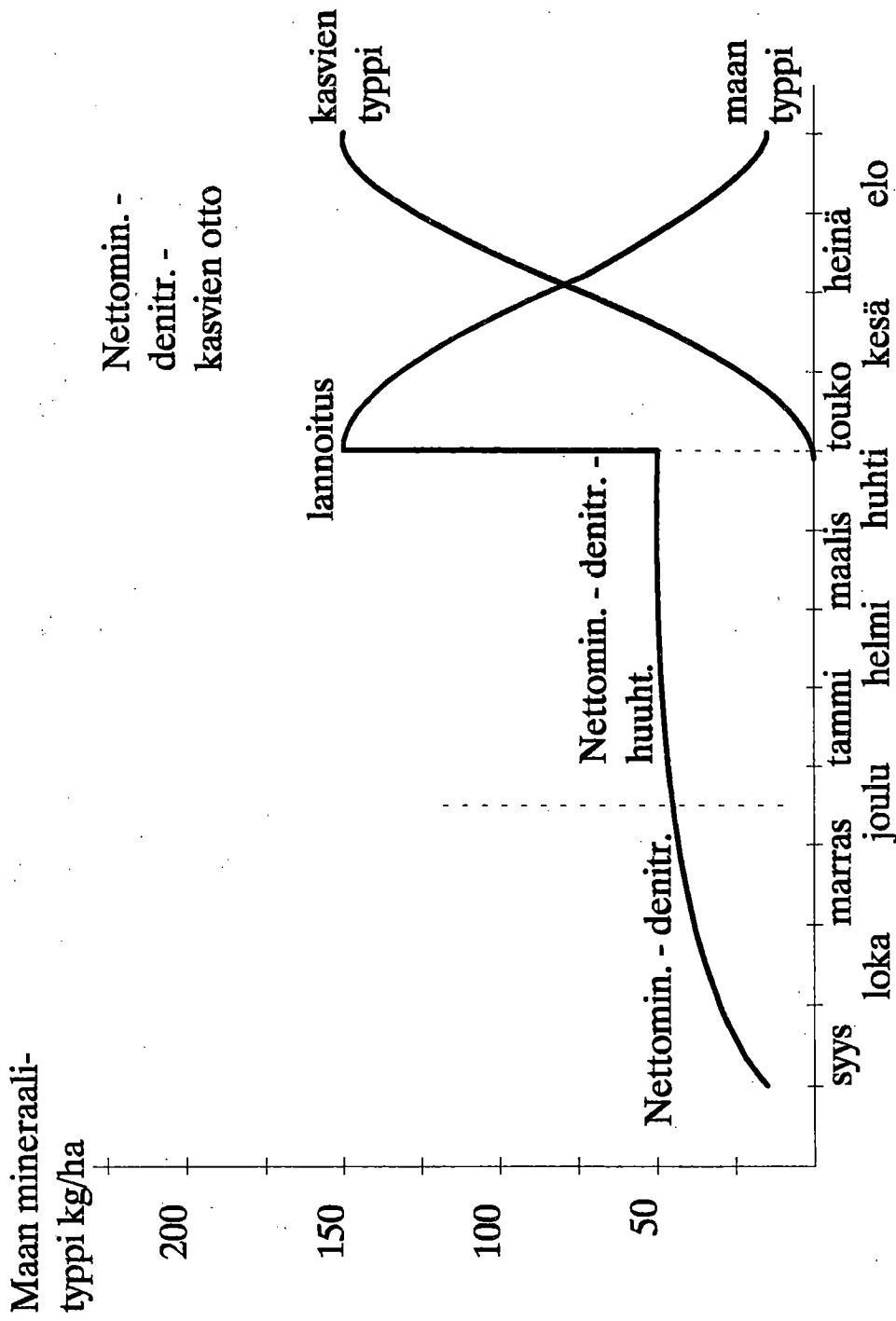
Neutraalissa tai emäksisessä ympäristössä ammoniumtyppeä voi haihtua ilmaan ammoniakkinä ja poistua siten maan mineraalityppivaroista. Toisaalta maahan saattaa tulla NH_4^+ :a laskeuman mukana (WILD 1988).

Nitraatti liikkuu helposti maassa, sillä useimmat maat eivät pidätä nitraattia eikä yksinkertaisia vaikealiukoisia nitraatteja ole olemassa. Tämän vuoksi nitraatti on yleensä maanesteessä (WILD 1988). Pääosa huuhtoutuvasta typestä on NO_3^- -muodossa. Huuhtoutuminen riippuu pellon kasvipeitteisyydestä, kasvilajista, lannoituksesta, maalajista, sadannasta, pohjaveden korkeudesta, lämpötilasta ja epäsuorasti myös kasvinsuojelusta (JÜRGENS-GSCHWIND 1989). KAUPPI (1979) on tutkinut Suomessa typen hajakuormitusta. Hänen tutkimuksensa mukaan peltoalueilta huuhtoutui typpeä vuodessa keskimäärin 12 kg/ha. Huuhtoutuneet määrät vaihtelivat vuosittain suuresti. REKOLAISEN (1989) tutkimuksen mukaan pellolta huuhtoutui typpeä vuodessa 7,6–20 kg/ha.

2.2 Keväällä maassa olevien mineraalityppivarojen vaihteluun vaikuttavat tekijät

Keväällä maassa olevan mineraalityypen määrä vaihteli SIPPOLAN ja YLÄRANNAN (1985) tutkimuksessa viidellä eri koekentällä yhden metrin kerroksessa välillä 22–78 kg/ha, kun vuotuinen typpilannoitus oli 80 kg/ha. MATTSSONIN (1986) vastaavanlaisissa tutkimuksissa Ruotsissa mineraalityppeä oli maassa 28–143 kg/ha. Yleensä mineraalityppeä on muutamista kymmenistä muutamisiin satoihin kiloihin hehtaaria kohti 90 cm:n kerroksessa (MATTSSON ja ANDERSON 1984).

Tavallisesti ammoniumtypen määrä vaihtelee vuoden aikana absoluuttisesti mitattuna (kg/ha) vähemmän kuin nitraattityypen määrä (LINDÉN 1980, MATTSSON ja BRINK 1980, MATTSSON 1986, KUHLMANN ym. 1989). Suhteellisesti vaihtelu on kuitenkin yhtä suurta (MATTSSON ja BRINK 1980).



Kuva 2. Periaatekuva mineraalityppivarojen vuotuisesta vaihtelusta vaihtelusta muokkauskerroksessa kevätiljanviljelyssä Keski-Ruotsissa (JANSSON 1983).

Lannoituksella pyritään nostamaan keväällä mineraalityypipitoisuutta siten, että tyypeä olisi kasvin käytettävissä riittävästi kasvukauden aikana huolimatta tilapäisistä (esimerkiksi immobilisaatio) tai pysyvistä (esimerkiksi denitrifikaatio, huuhtoutuminen) mineraalitypen menetyksistä viljelysmaassa (Kuva 2) (JANSSON 1983).

Keväällä ennen lannoitusta maassa olevan mineraalitypen määrä riippuu edeltävistä viljelytoimenpiteistä, maan ominaisuuksista sekä ilmastosta (Kuva 3) (HOFMAN ja van CLEEMPUT 1992).

2.2.1 Edeltävän vuoden viljelytoimenpiteet

Aikaisemmista viljelytoimenpiteistä esikasvi ja lannoitus vaikuttavat keväisiin mineraalityypivaroihin. Lannoitteena käytetystä orgaanisesta aineksestä voi mineraloitua tyypeä syksyn ja talven aikana.

2.2.1.1 Esikasvi

Viljelykasvien korjuun jälkeen voi maassa olla runsaasti mineraalityyppiä, jos kasvilla ei ole syvä ja tiheää juuristoa, jolla se olisi ottanut tyypeä tehokkaasti. Esimerkiksi peruna ja eräät vihannekset, kuten pinaatti ja selleri, jättävät maahan enemmän mineraalityyppiä harvemman juuristonsa vuoksi kuin sokerijuurikas ja syysviljat (HOFMAN ym. 1990, CHAMBERS ym. 1994). HOFMANin ym. (1990) sekä HOFMANin ja van CLEEMPUTin (1992) mukaan Keski-Euroopassa esimerkiksi perunalla ja eräillä vihanneskasveilla, joilla on matala ja harva juuristo tai voimakas kasvu sadonkorjuuvaiheeseen saakka, on maassa oltava runsaasti epäorgaanista tyypeä vielä kasvukauden lopullakin. Tästä syystä käyttämätöntä lannoitetyyppiä voi jäädä maahan runsaasti sadonkorjuun jälkeen.

Kasvinjätteistä voi vapautua huomattavia määriä mineraalityyppiä. BRUMMERin ja AURAn (1974) tutkimuksessa sokerijuurikkaan naattisadon (40 tn/ha) maahankyntö lisäsi mineraalitypen määrää noin 50 kg/ha.

Typhen mineraloituminen alkaa, kun kasvinjätteet sekoittuvat maahan muokkauksessa (BERGSTRÖM 1986, JENSEN 1994). MASKINAN ym. (1993) mukaan tuoreen kasvinjätteen lisääminen maahan lisää maan vesipitoisuutta, mikä puolestaan luo paremmat olosuhteet typhen mineralisoitumiselle. Esi-

kasvilla saattaa olla pitkäaikainen jälkivaikutus seuraavien kasvien kasvuun ja typhen saantiin. Esikasvia seuraavien kasvien parempi kasvu lisää kasvinjätteiden palautumista maahan, jolloin maan viljavuus voi parantua useaksi vuodeksi.

BERGSTRÖMin (1986) tutkimuksissa ohranviljelyssä oli syksyllä yhden metrin maakerroksessa mineraalityyppiä tavallisesti jopa 70 kg/ha, kun vuosittainen lannoitus oli 120 kg N/ha. Nurminataa (lannoitus 200 kg N/ha) ja sinimailasta (ei lannoitusta) viljeltäessä mineraalityyppiä oli maassa syksyllä yleensä alle 35 kg/ha. Nurminadan ja sinimailasen kyntäminen lisäsi maan mineraalityypipitoisuuden jopa 117 kg/haan/ha.

Suuria määriä tyyppiä voi mineraloitua nurmien kyntämisen jälkeen (RODGERS ym. 1985, SHEPHERD 1993, WEBB ja SYLVESTER-BRADLEY 1994). Mineraloituvan typhen määrät ja mineraloitumisnopeudet ovat kuitenkin vaihtelevia (SHEPHERD 1993).

Viherkesannoinnilla voidaan säästää maan typpi-varoja (TURTOLA 1989a). WALLGREN ja LINDÉN (1991) ovat tutkineet Ruotsissa yksivuotisen kessannon maahan jättämien mineraalityypivarojen merkitystä syysvehnän viljelyssä. Mekaanisen avokesannon jälkeen maassa oli mineraalityyppiä keskimäärin 45 kg/ha enemmän ja kemiallisen kessannon jälkeen 36 kg/ha enemmän kuin esikasvina olleen kevätohran jälkeen. Palkokasvikesannoista jäi maahan tyyppiä noin 30 kg/ha enemmän syysvehnän käytettäväksi kuin kevätohrapelloista. Italianraiheinällä ja ohralla esikasvina ei ollut eroa mineraalityypivarojen suhteen. Suomessa vastaavanlaista tutkimusta on tehnyt KÄNKÄNEN (1994). Hänen tutkimuksensa mukaan syksyllä kynnettyjen palkokasvikesantojen jälkeen maassa oli keväällä kyntökerroksessa mineraalityyppiä 30 kg/ha, joka oli noin 10 kg N/ha enemmän kuin avokesannon jälkeen. Viherkesantokasvustojen kynnön siirtäminen syksyllä myöhäisemmäksi lisäsi mineraalitypen määrää keväällä.

2.2.1.2 Karjanlanta ja muut orgaaniset lannoitteet

Karjanlannasta peräisin olevan mineraalitypen määrä riippuu lantalajista sekä levitystavasta, -ajankohdasta ja -määristä, jotka vaikuttavat typhen biologisiin reaktioihin maassa (SHEPHERD 1993).

Maan mineraalityypipitoisuus voi olla korkea, jos suuria määriä karjanlantaa on levitetty jatkuvasti samoille peltolohkoille (BRUMMER ja AURA 1974, VAIDYANATHAN ym. 1991).

KEMPPAINEN (1989) on selvittänyt karjanlannan keskimääräisiä ravinnepitoisuuksia Suomessa. Naudan kuivikelannan kokonaistypestä oli 26 % liukoista tyyppiä, lietelannan 56 % ja virtsan 87 %. Liukoisella tyypellä tarkoitetaan tässä laimeaan suolahappoon uuttuvaa ammoniumtyyppiä. Vastaavasti sian kuivikelannan kokonaistypestä 37 % oli liukoisessa muodossa, lietelannan 70 % ja virtsan 86 %. Lietelanta ja virtsa lisäävätkin yleensä maan mineraalityypivaroja levityksen jälkeen enemmän kuin olkipohjainen kuivikelanta, jonka tyyppi mineraloituu hitaammin (SHEPHERD 1993).

Syksyllä ja talvella levitetyn karjanlannan tyyppi on altis huuhtoutumiselle ja haihtumiselle. Syksyllä pintaan levitetyn naudnan lietelannan liukoisesta tyypistä vain 20–30 % on ohran viljelyssä keväällä annetun väkilannoitetyn veroista (KEMPPAINEN 1989). KEMPPAINEN (1992) karjanlannan huuhtoutumiskokeissa levitysajankohdalla oli selvä vaikutus kokonaistypen huuhtoutumiseen.

Kompostilannoitteen typen mineraloitumiseen vaikuttaa lannoitteen kypsyys, joka riippuu käytettyjen raaka-aineiden ominaisuuksista sekä kompostointimenetelmistä (CHÈNEBY ym. 1994). ZACCHEO ym. (1993) ovat vertailleet kuivatun raiheinän ja kompostoidun raiheinän typen mineraloitumista maassa. Kompostointi hidasti huomattavasti ammonifikaatiota, mikä johtui kompostoinnissa muodostuneiden orgaanisten yhdisteiden suuremmasta kestävydestä mikrobien hajotusta vastaan. Huonosti kompostoitu aines tai aineksen korkea C:N-suhde voi aiheuttaa typen immobilisointia maassa ja siten vähentää maan mineraalityypivaroja (PAUL ja BEAUCHAMP 1994).

2.2.1.3 Väkilannoitteet

Pitkäaikainen väkilannoitteiden käyttö ja kasvinjätteiden palauttaminen maahan lisäävät maan kokonaistypipitoisuutta ja helposti mineraloituvan typen määrää (GLENIDING ja POWLSON 1991).

ESALAN (1993) mukaan kasvit käyttävät lannoitetyypistä tavallisesti 60–70 %, mutta kuivana kasvukautena vain 40 % tai vähemmän. Maahan jäänyt

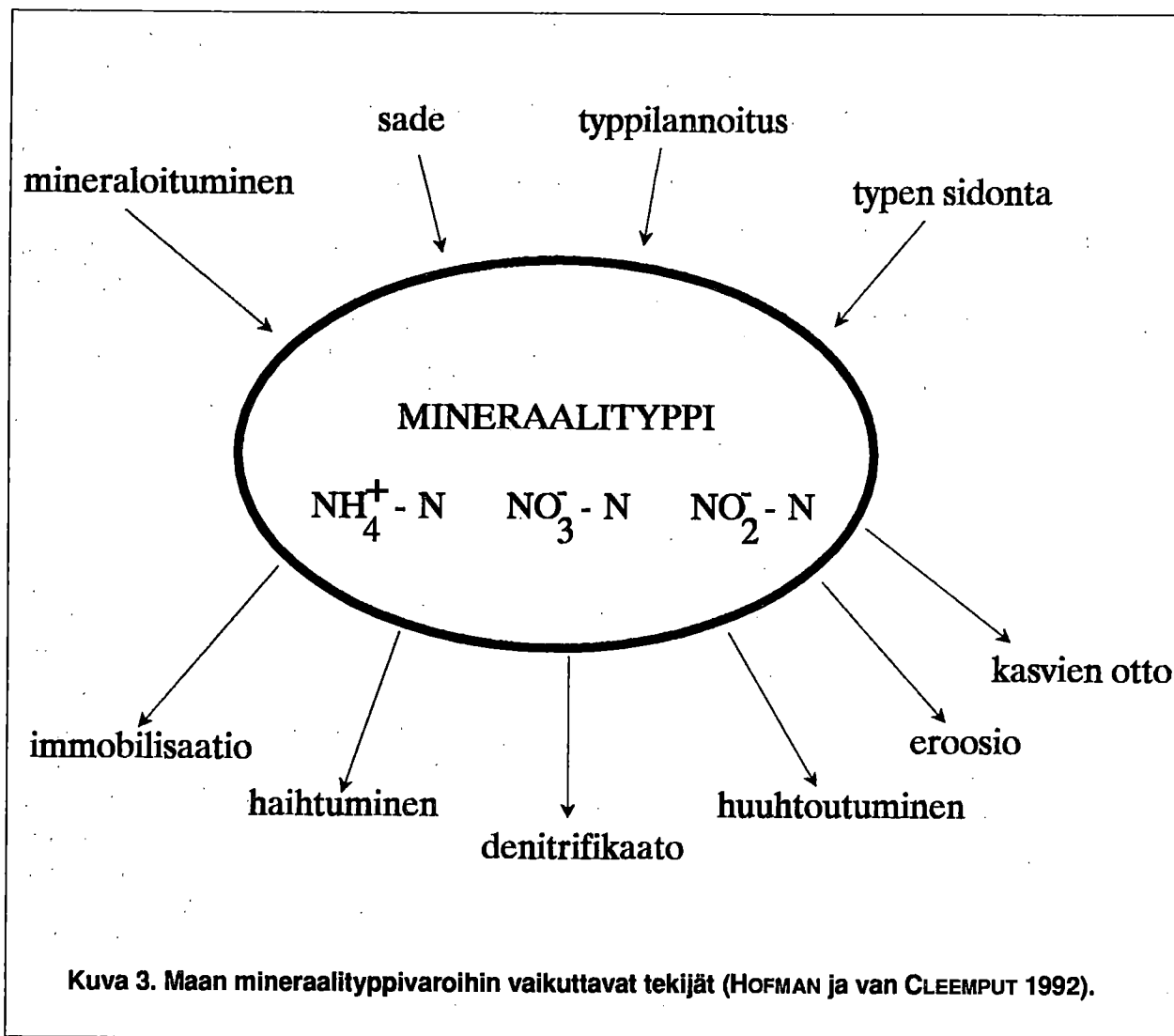
lannoitetyppi pysyy mineraalityypinä tai pidättyy orgaaniseen muotoon. Lannoitustason nostaminen lisää sadonkorjuun jälkeen maassa olevaa mineraalityypen määrää (LYNGSTAD 1975, STABBETORP ja LYNGSTAD 1988, ALBLAS ja TITULAER 1992, COUVREUR ja GUIOT 1992, ALCOZ ym. 1993). Lannoitustason vaikutus keväisiin mineraalityypivaroihin on kuitenkin epäselvempi (SIPPOLA ja YLÄRANTA 1985, STABBETORP ja LYNGSTAD 1988). Mineraalityypivarat kasvavat kuitenkin maassa, jos lannoitetta levitetään toistuvasti suuria määriä. Ruotsalaisten BERGSTRÖMIN ja BRINKIN (1986) tutkimuksessa vuosittain eri viljakasveille annettu 200 kg N/ha suuruinen lannoitus lisäsi maan mineraalityypipitoisuutta seitsemässä vuodessa kahden metrin kerroksessa jopa 325 kg N/ha asti. Alemmilla tyypilannoitustasoilla, 0 ja 100 kg N/ha, mineraalityypipitoisuus vaihteli välillä 45–70 kg/ha.

2.2.2 Maalaji ja multavuus

Maan savespitoisuuden ja mineraalityypen määrän välillä ei ole selvää yhteyttä. SIPPOLAN ja YLÄRANNAN (1985) tutkimuksessa aitosavessa oli keväällä vähemmän mineraalimuotoista tyyppiä kuin kevyemmissä kivennäismaissa ja turvemaassa. MATTSSON (1986) totesi savimaiden sisältävän keväällä enemmän mineraalityppiä kuin maat, joiden savespitoisuus oli alle 15 %. STABBETORPIN ja LYNGSTADIN (1988) tutkimuksessa savespitoisuus ja mineraalityypen määrä eivät korreloineet merkittävästi keskenään. Maissa, joissa oli savesta yli 20 %, nitraatin määrä alkoi kuitenkin kohota savespitoisuuden nousun myötä. MATTSSONIN ja BRINKIN (1980) kokeissa hieta- ja savimaiden mineraalityypipitoisuudet eivät eronneet keväällä toisistaan. Vaihtumattoman eli fiksatoituneen ammoniumin vapautumisessa voi olla eroja maalajien välillä, jos niiden savimineraalilajit poikkeavat toisistaan (SCHERER ja MENGEL 1985).

Huuhtoutuminen vähentää mineraalityypivaroja. Kevyistä kivennäismaista tyyppiä huuhtoutuu herkemmin kuin savimaista, jotka pidättävät ravinteita tehokkaammin (JÜRGENS-GSCHWIND 1989, TURTOLA 1989b). Myös turvemaista huuhtoutuu tyyppiä helposti (TURTOLA 1989b).

SIPPOLA (1986) on selvittänyt aito-, hiesu- ja hietasaven sekä multamaan typen mineraloitumisnopeuksia. Tyyppiä kertyi kesällä keskimäärin 0,3–



Kuva 3. Maan mineraalityppivaroihin vaikuttavat tekijät (HOFMAN ja van CLEEMPUT 1992).

0,5 kg/ha vuorokaudessa, joten eri maalajeilla mineraloitumisnopeudet poikkesivat vain vähän toisistaan. Aitosaven ja multamaan typpi mineraloitui hitaasti, mutta multamaalla maahan kertyi runsaasti mineraalityppeä suurten kokonaistyyppivarojen vuoksi. JANS-HAMMERMEISTER ym. (1994) ovat todenneet mineraloitumisen hidastuvan savespitoisuuden noustessa. LINDÉNin ym. (1992b) tutkimusten mukaan 1 %:n lisäys orgaanisen aineksen pitoisuudessa 0–20 cm:n syvyydessä lisää typen mineraloitumista kasvukaudella noin 5 kg/ha. Turve- ja multamailla mineraloituminen on hidasta, koska mikrobeille helposti käyttökelpoista hiiliravintoa on vähän (SIPPOLA 1986).

2.2.3 Sääolot

Ilmasto- ja sääolot vaikuttavat mineraalityppivarojen lisääntymiseen ja vähenemiseen (Kuva 3). Mikrobien kasvuolosuhteet, lähinnä lämpötila ja

kosteus, määräävät erilaisten biologisten prosessien nopeuden ja luonteen.

Pohjoismaisen ilmaston alhaiset lämpötilat ja maan jäätyminen talvella hidastavat typen mineraloitumista, minkä vuoksi mineraalityypen määrät saattavat olla täällä pienempiä kuin eteläisemmässä Euroopassa (LINDÉN 1979, SIPPOLA ja YLÄRANTA 1985). Maan jäätyminen ja sulaminen rikkoo mikro-organismien soluja, jolloin paikallisesti maan mikrobien lukumäärä voi vähentyä jyrkästi. Toisaalta orgaaninen aines pilkkoutuu jäätymis-sulamiskierrossa, mikä lisää kemiallisesti ja biologisesti aktiivista pinta-alaa (WANG ja BETTANY 1994). Typpeä saattaakin mineraloitua runsaasti maan sulamisen jälkeen (BLEKEN ja SELMER-OLSEN 1993). Kemialliset ja mikrobiologiset reaktiot ovat kuitenkin hitaita alhaisessa lämpötilassa, joten mineraloituminen kiihtyy keväällä vasta maan lämpiämisen myötä.

MATTSSON (1980) on selvittänyt Ruotsissa talvis-
ten sääolojen vaikutusta kevätiljojen typpilannoit-
ustarpeeseen. Tutkimuksessa ei voitu osoittaa,
minkä talvikuukausien lämpötila ja sadanta selit-
täisivät typpilannoitustarvetta parhaiten. Leuto ja
sateinen talvi lisäsi lannoitustarvetta. BERGSTRÖ-
Min (1986) tutkimuksen mukaan erityisesti sadanta
vaikutti mineraalitypen määrään maassa. Maahan
kertyi tyyppä kevääksi, jos edeltävän vuoden kesä
ja syksy olivat kuivia. Sen sijaan sateisen syksyn
jälkeen keväiset mineraalityppivarat olivat pie-
nemmat. LINDÉNin (1982) mukaan tyyppä minera-
loituu huomattavia määriä, kun maa kostuu sateis-
sa ankaran kuivuuden jälkeen. Runsaat sateet
huuhtovat kuitenkin nitraattia maasta (BERG-
STRÖM ja BRINK 1986).

2.3 Mineraalitypen analysointi maasta

Mineraalitypen määrittäminen maasta on muihin
ravinteisiin verrattuna hankalampaa, mikä johtuu
typen monista biologisista prosesseista. Mineraali-
typen määrä voi vaihdella maassa huomattavasti
lyhyenkin ajan sisällä. Myös paikallinen vaihtelu
voi olla suurta (LINDÉN 1981, MENGEL 1991,
PAASONEN-KIVEKÄS 1994).

2.3.1 Näytteiden otto

Näytteiden edustavuus ja arvo lannoitustarpeen en-
nustamisessa riippuvat näytteiden oton ajankoh-
dasta, syvyydestä sekä lukumäärästä pinta-alaa
kohti. Näytteiden ottoa mineraalityppianalyysiä
varten ovat käytännön kannalta käsitelleet LINDÉN
(1981) ja MATTSSON ja ANDERSON (1984).

2.3.1.1 Ajankohta

Mineraalityppinäytteiden ottamisen ajankohta riip-
puu lannoitusajankohdasta. Analyysin perusteella
tehtävä lannoitussuositus on sitä tarkempi, mitä vä-
hemmän jää aikaa näytteen ottamisen ja kasvien
typen oton välille (WEHRMANN ja SCHARPF 1979).

Kevätviljojen kylvölannoitusta varten mineraali-
typpinäytteet voidaan ottaa joko myöhään syksyllä
tai aikaisin keväällä. Syksyllä otettujen näytteiden
analysointiin jää runsaasti aikaa, mutta maan mine-
raalityppivarat voivat muuttua talven aikana. Ke-

väällä otetut näytteet olisi sen sijaan analysoitava
erittäin nopeasti, jotta analyysin perusteella ehdit-
täisiin antaa lannoitussuositukset ennen kylvöjä
(MATTSSON ja ANDERSON 1984, STABBETORP ja
LYNGSTAD 1988).

Syksyllä tehdyn mineraalityppianalyysin tuloksista
on voitu aika hyvin ennustaa keväällä maassa ole-
vaa mineraalitypen määrää (ØSTERGAARD ym.
1985). Tällaisissa ennusteissa tulisi kuitenkin aina
ottaa huomioon talviset sääolot, sillä muuten tulok-
set saattavat olla harhaanjohtavia (BERGSTRÖM
1986).

2.3.1.2 Syvyys

Lannoitustarpeen ennustamista varten mineraali-
typpinäytteitä otetaan tavallisimmin 60–100 cm
syvyyteen asti (WEHRMANN ja SCHARPF 1979,
1986, MATTSSON ja BRINK 1980, MATTSSON ja
ANDERSON 1984, NEETESON 1985, ØSTERGAARD
ym. 1985, SYLVESTER-BRADLEY 1985). Näytteet
jaetaan usein osiin joko 20–30 cm:n välein tai pin-
ta- ja pohjamaahan. Pintamaan eli muokkausker-
roksen typpivarat ovat yleensä suurimmat. Pellon
mineraalityppivaroista saadaan tarkempi määrittys-
tulos, jos pintamaata käsitellään erikseen pohja-
maasta.

Maanäytteiden otto on sitä työläämpää, mitä sy-
vemmältä näytteitä otetaan. KUHLMANN ym.
(1983) ovat selvittäneet, mitä näytteenottosyvyy-
den muuttaminen 90 cm:stä 60 cm:iin vaikuttaa
mineraalityppianalyysin arvoon lannoitustarpeen
arvioimisessa. Viljapelloilla 60 cm:n näytteenot-
tosyvyys vähensi analyysin tarkkuutta liikaa, mutta
sokerijuurikaspelloilla 60 cm:n syvyys oli riittävä,
jos esikasvina ei ollut nurmea tai vihanneksia tai ei
ollut levitetty karjanlantaa. Syvempien kerrosten
mineraalityppipitoisuudet voidaan kuitenkin laskea
ylempien kerrosten pitoisuuksien perusteella
(KUHLMANN ym. 1983, SCHMIDHALTER ym.
1991). MATTSSONin ja ANDERSONin (1984) mu-
kaan 60 cm on riittävä syvyys lannoitustar-
peen arvioimiseksi käytännössä. ADDISCOTTin ja
DARBYn (1991) mukaan taas yhden metrin näyt-
teenottosyvyys saattaa olla liian vähän syysvehnä-
mailla, sillä syysvehnän on todettu käyttävän mi-
neraalityppeä jopa 1,5 metrin syvyydestä asti.
Pohjoisella viljelyvyöhykkeellämme riittänee pie-
nempi näytteenottosyvyys, koska kasvien juuristo
jää täällä matalammaksi.

2.3.1.3 Näytteiden lukumäärä

SCHMIDHALTER ym. (1991) tutkivat mineraalityypipitoisuuden vaihtelua ottamalla yhteensä 100 maanäytettä kolmesta kerroksesta yhden hehtaarin koealalta. Mineraalityypipitoisuuden variaatiokerroin vaihteli välillä 30–47 %. Heidän mukaansa 10–15 näytteellä pitäisi saada edustava kuva pellon typpivaroista.

Suurelta peltolohkolta ei vaadita tätä useampia näytteitä, jos lohkon pintamuodot, maalaji tai lannoitus eivät muutu ratkaisevasti (LINDÉN 1981). MATTSSONin ja ANDERSONin (1984) mukaan muokkauskerroksesta tulisi ottaa 20 näytettä ja pohjamaasta 10 näytettä joko satunnaisesti lohkoa edustavalta 50 m × 50 m ruudulta tai yhdeltä linjalta lohkon yli.

Periaatteessa pohjamaasta pitäisi ottaa yhtä monta näytettä kuin muokkauskerroksesta, jos halutaan yhtä luotettava kuva jokaisen maakerroksen typpivaroista. Jos tulokset lasketaan kiloina hehtaaria kohti, pohjamaasta riittää kuitenkin pienempi näytemäärä, mikäli pohjamaassa on vähemmän mineraalityppeä kuin pintamaassa (LINDÉN 1981).

Laiduntaminen lisää mineraalityypen paikallista vaihtelua pellossa. Erityisesti virtsa kohottaa nitraattipitoisuuksia syvemmissäkin kerroksissa (AFZAL ja ADAMS 1992). Samoin epätasainen karjanlannan tai lannoitteen levitys saattaa aiheuttaa vaihtelua typpipitoisuuksissa (LINDÉN 1981).

2.3.2 Määrittäminen

Mineraalityppi määritetään maasta uuttamalla. Ihannetapauksessa määrittäminen tehdään välittömästi näytteiden ottamisen jälkeen, jolloin mineraalityypipitoisuus ei ehdi muuttua näytteessä biologisten reaktioiden seurauksena. Yleensä analyysi tehdään kuitenkin vasta laboratorioissa, joskus kaukanakin näytteenotto paikasta ja pitemmän ajan kuluttua näytteenotosta (KEENEY ja NELSON 1982).

2.3.2.1 Säilytys ja esikäsittely

Mineraalityypinäytteitä säilytetään tavallisesti joko kuivattuna tai pakastettuna (KEENEY ja NELSON 1982). LINDÉN (1981) suosittelee näytteiden pakastamista, jos maasta määritetään sekä ammonium- että nitraattityppi. Hänen mukaansa kuivaamista voidaan harkita, jos maasta analysoidaan

vain NO_3^- -N. NELSONin ja BREMNERin (1972) koikeissa maanäytteen kuivaaminen 55 °C:ssa lisäsi uuttuvan mineraalityypen määrää. Näytteet olisikin kuivattava alhaisessa lämpötilassa (KEENEY ja NELSON 1982, BLEKEN ja SELMER-OLSEN 1993). Pakastaminen hidastaa nopeasti typen mikrobiologisia prosesseja. Pakastetun näytteen sulaminen säilytyksen aikana pilaa näytteen arvon kokonaan (BLEKEN ja SELMER-OLSEN 1993).

ESALA (1990) on selvittänyt erilaisten esikäsittelyjen vaikutusta uuttuvan mineraalityypen määrään. Näytteiden sulattaminen ennen uuttamista lisäsi sekä ammoniumin että nitraatin määrää uutuksessa. Jäätyn maan jauhaaminen nosti ammoniumtyypipitoisuutta, mikä johtui oletettavasti mikrobisolujen tuhoutumisesta jauhamisessa. Jauhatuksessa maa kuitenkin sekoittuu hyvin verrattuna sulattamiseen ja käsin sekoittamiseen. Yleensä näytteiden pakastaminen ja sulattaminen mineraalityypen määrittämistä varten on luotettava menetelmä, jos sulatusaika on niin lyhyt, että maa juuri ja juuri sulaa, eikä näytteiden lämpötila nouse pidemmäksi aikaa 0 °C yläpuolelle (ESALA 1994 ja 1995).

2.3.2.2 Analysointi

Typpilannoitustarpeen arvioimista varten maasta voidaan määrittää joko nitraattityppi tai sekä nitraatti- että ammoniumtyppi (SOPER ym. 1971, DILZ 1981, NEETESON 1985, SCHARPF ja GRANTZAU 1985, MATTSSON 1990, MENGEL 1991). Nitraattimuotoista typpeä on maassa yleensä enemmän kuin ammoniumia, minkä vuoksi nitraattia pidetään tärkeämpänä mineraalityypen muotona. MATTSSON ja ANDERSON (1984) pitävät ammoniumin määrittämistä välttämättömänä, jos maahan on lisätty orgaanista lannoitetta.

Maan mineraalityppi voidaan analysoida usealla eri menetelmällä. Kaikki menetelmät vaativat typen uuttamista maasta. Uuttoliuoksena käytetään tavallisimmin kaliumkloridia (LINDÉN 1981, KEENEY ja NELSON 1982, BERGSTRÖM 1986, ESALA 1991). Lisäksi mineraalityppeä on uutettu natriumkloridilla ja natriumkloridi-kalsiumkloridilla (NEETESON ym. 1986, MÜHLING ym. 1989, MENGEL 1991). LINDÉN (1981) suosittelee uuttoajaksi vähintään yhtä tuntia ja savimaille jopa yön yli uuttamista, jotta kokkareet ehtisivät hajota. ESALAN (1990, 1994) kokeiden mukaan uuttoaika ei vaikuta merkittävästi uutteen nitraattipitoisuuksiin. Am-

moniumtyppipitoisuus kasvaa uuttoajan pidentyessä, koska tällöin ilmeisesti mikrobeista vapautuu ammoniumtyppeä uuttoliuokseen. Uuttoaika ei saisi ylittää kahta tuntia.

Mineraalityppeä voidaan mitata uutteesta kolorimetrisesti eli uuttoliuoksen värin perusteella, ionielektrodeilla, tislamalla tai mikrodiffuusiomenetelmällä (KEENEY ja NELSON 1982). Maasta on edullista analysoida nitraattipitoisuuden lisäksi myös ammoniumpitoisuus, jos mittaukseen käytetään autoanalysaattoria.

Nitraattityppi voidaan määrittää myös pikamenetelmillä. Tällöin analyysiin voidaan käyttää esimerkiksi testinauhaa, jonka väri muuttuu uutteen nitraattipitoisuuden mukaan (SCHARPF ja GRANTZAU 1985, SCHMIDHALTER ym. 1994).

2.3.2.3 Tulosten laskenta ja luotettavuus

Mineraalitypen määrän laskemiseksi (kg/ha) maa on joko punnittava uutto varten tai mitattava sen tilavuus. Jotta mineraalitypen määrä voitaisiin laskea kiloina hehtaaria kohti, on tunnettava myös maan tilavuuspaino. Maan luontainen tilavuuspaino määritetään iskemällä peltomaahan lieriö, jonka tilavuus tunnetaan, ja punnitsemalla saatu näyte. Tilavuuspainon määrittäminen voi aiheuttaa tuloksiin suuremman virheen kuin itse mineraalitypen määrittäminen (SCHMIDHALTER ym. 1991).

Luontainen tilavuuspaino riippuu orgaanisen aineksen määrästä, jolloin määrittämällä maan hiilipitoisuus voidaan laskea ”näennäinen tilavuuspaino” (HEINONEN 1960, ERVIÖ 1970). Näennäinen tilavuuspaino voidaan saada myös määrittämällä ilmakeivä ja jauhetun maan tilavuuspaino (ERVIÖ 1970). Menetelmän on todettu yliarvioivan runsaasti orgaanista ainesta sisältävän maan tilavuuspainoa ja aliarvioivan kivennäismaiden pohjamaan tilavuuspainoa. Ilmakeivän maan tilavuuspaino vaihteli suomalaisissa viljelysmaissa ERVIÖN (1970) tutkimuksessa pintamaassa välillä 0,31–1,26 g/cm³ ja pohjamaassa välillä 0,14–1,52 g/cm³. HEINONEN (1954) otannassa ilmakeivän pintamaan tilavuuspaino vaihteli välillä 0,43–1,51 g/cm³.

2.4 Mineraalityppianalyysi lannoituksen perustana

Ulkomailla on kehitetty erilaisia menetelmiä, joilla maan mineraalityppipitoisuus otetaan huomioon typpilannoituksen mitoittamisessa. Lannoitustarvetta voidaan ennustaa myös muilla menetelmillä kuin suoralla mineraalityppianalyysillä.

2.4.1 Lohkokohtainen lannoitustarpeen arviointi

Saksassa on käytössä N_{\min} -menetelmä, jossa keväällä maassa oleva mineraalitypen määrä (kg/ha) vähennetään kasvilajikohtaisesta ohjearvosta. Jäännöstä suositellaan sopivaksi lannoitusmääräksi. Ohjearvo riippuu kasvilajin lisäksi näytteiden oton ajankohdasta, lannoitustavasta sekä ennalta arvioidusta mineraalitypen kertymisestä ja väheneemisestä maassa. N_{\min} -menetelmällä voidaan määrittää lannoitustarpeen suuruus myös kaikilla lannoituskerroilla, jos käytetään jaettua typpilannoitusta. Poikkeukselliset sääolot, jotka vaikuttavat mineraloitumiseen ja huuhtoutumiseen, vähentävät N_{\min} -menetelmän luotettavuutta (WEHRMANN ja SCHARPF 1979, 1986, NEETESON 1990). N_{\min} -menetelmän on todettu toimivan käytännössä hyvin, jos tyyppiä ei mineraloidu suuria määriä. Menetelmällä on erityisesti merkitystä viljelykierroissa, joissa maahan jää suuria määriä käyttämätöntä tyyppiä (MENGEL 1991). N_{\min} -menetelmä on käytössä myös muun muassa Hollannissa ja Norjassa (PRINS 1990, RILEY ym. 1993). Myös Ruotsissa on kehitetty vastaavanlaista menetelmää kuin N_{\min} (LINDÉN 1985).

USA:n eräissä pohjoisissa osavaltioissa maan nitraattityppipitoisuus analysoidaan ennen kylvöä typpilannoitustason määrittämiseksi. Tällaisen analyysin käyttökelpoisuutta pidetään huonompana eteläisissä osavaltioissa, joissa maat pidättävät ravinteita huonommin ja sademäärä on korkea sekä talvet lämpimiä. Maan nitraattityppi voidaan analysoida uudelleen kasvien orastumisen jälkeen. Tällöin on saatu hyviä tuloksia typpilannoituksen tarkentamiseksi erityisesti silloin, kun pellolle on levitetty karjanlantaa tai muuta orgaanista lannoitetta (BOCK 1994).

Belgiassa ja Pohjois-Ranskassa käytetään empiirisesti kehitettyä N-INDEX-menetelmää typpilannoitussuosituksen laatimiseen. Maanäytteestä ana-

lysoidaan mineraalitypen määrä ja pintamaasta myös pH ja hiilipitoisuus. Lisäksi N-INDEXissä otetaan huomioon kalkitus, karjanlannan käyttö, esikasvi ja muita tekijöitä, jotka vaikuttavat maan tyyppitalouteen seuraavalla kasvukaudella (VANDENDRIESSCHE ym. 1992, GEYPENS ym. 1994).

2.4.2 Alueellinen lannoitustarpeen arviointi

Tyyppilannoitustarvetta voidaan ennustaa myös alueittain, jolloin maan mineraalitypen määrän vuosittaista vaihtelua seurataan koeruuduilla. Koeruudut valitaan edustamaan ilmasto-olosuhteiden ja maalajin puolesta yhtenäistä aluetta (MATTSSON ja ANDERSON 1984).

Tanskassa on arvioitu tyyppilannoitustarvetta alueellisesti vuodesta 1978 lähtien. Lannoitus-suositusta korjataan joko ylös- tai alaspäin riippuen mineraalitypen määrästä maassa aikaisempiin vuosiin verrattuna. Mineraalityypipitoisuus määritetään keväisin noin 600 koeruudusta (ØSTERGAARD ym. 1985, STOUGAARD ym. 1992).

2.4.3 Mineraloitumisen ennustaminen laboratoriomenetelmillä

Keväällä tehtävällä mineraalityppianalyysillä ei voida arvioida kasvukaudella mineraloituvaa tyyppiä. Tämän vuoksi on tehty useita erilaisia maan muhitus- ja uuttokokeita typen mineraloitumisen ennustamiseksi. Luotettavaa menetelmää, jolla voitaisiin ennustaa mineraloitumista pelto-olosuhteissa, ei ole kuitenkaan vielä kehitetty (KEENEY ja BREMNER 1966, SIPPOLA ja SUONURMI-RASI 1985, LINDÉN ym. 1993, McTAGGART ja SMITH 1993, SMITH ja LI 1993, REES ym. 1994).

Myös elektroultrafiltraatiota (EUF) on käytetty typen mineraloitumisen lannoitustarpeen ennustamiseen. EUF-menetelmässä maalietokseen johdetaan sähköpotentiaaliero. Tällöin anionit (nitraatti) ja kationit (ammonium) erottuvat toisistaan ja ne voidaan kerätä eri säiliöihin. Myös orgaanisen aineksen tyyppiä vapautuu EUF:ssa riippuen uuttoajasta, käytetystä lämpötilasta sekä potentiaalierosta elektrodien välillä. Tämän orgaanisesta aineksesta peräisin olevan typen oletetaan edustavan helposti mineraloituvaa tyyppiä (NÉMETH 1979, NÉMETH ym. 1988, MENGEL 1991). Menetelmän luotettavuudesta on ristiriitaisia tuloksia. KOHLIN (1989) mukaan EUF:lla voidaan tyyppilannoitustarve mää-

rittää yhtä hyvin kuin N_{\min} -menetelmällä. Sen sijaan KUHLMANNIN ym. (1986) tutkimuksessa EUF ei soveltunut typen mineraloitumisen ennustamiseen eikä syysvehnän lannoitustarpeen arvioimiseen. Etelä-Saksassa EUF:ta on käytetty kuitenkin sokerijuurikasmaiden tyyppilannoitustarpeen ennustamisessa (KUHLMANN ja SEWARD 1990).

OLFSIN ja WERNERIN (1992) mukaan typen mineraloitumista kasvukaudella ei voida ennustaa vuosittaisen vaihtelun ja paikallisten erojen vuoksi. LINDÉNIN ym. (1993) mielestä mineraloitumista voidaan arvioida luotettavammin menetelmillä, jotka perustuvat kasveille käyttökelpoisen typen suoraan mittaukseen pellolla. Tällöin mineraloituvan typen määrä peltolohkolla on mahdollista määrittää muun muassa lannoittamattomista ruuduista (LINDÉN ym. 1992a).

2.4.4 Pikamääritysmenetelmät

Pikamääritysmenetelmät perustuvat lähinnä nitraattiliuskojen ja kannettavan reflektometrin käyttöön. Maanäyte uutetaan heti ottamisen jälkeen ja nitraattiliuska kastetaan maa-uuttoliuossuspensiossa. Liuskan väri muuttuu suspension nitraattipitoisuuden mukaan ja värin tummuusaste voidaan lukea vertailuvärikartasta. Tämän menetelmän suurin virhelähde on vaikeus määrittää värieroja tarkasti värikartasta. Menetelmää voidaan kuitenkin tarkentaa mittaamalla liuskan tummuusaste reflektometrillä, joka ilmoittaa suoraan suspension nitraattipitoisuuden. Näin voidaan laskea nitraattitypen määrä maakiloa kohti tai edelleen hehtaaria kohti, jos maan tilavuuspaino tunnetaan (SCHARPF ja GRANTZAU 1985, JEMISON ja FOX 1988, BATEY 1992, SCHMIDHALTER ym. 1994).

Pikamääritysmenetelmiä käyttämällä analyysitiedot saadaan nopeasti viljelijälle. Näytteitä ei myöskään tarvitse varastoida tai kuljettaa, jolloin tyyppiä ei mineraloidu eikä häviä näytteenoton ja analyysin välisenä aikana. Lisäksi pikamääritysmenetelmät ovat yksinkertaisia ja edullisia käyttää, ja nitraattiliuskoilla voidaan määrittää myös kasvinosien nitraattipitoisuuksia (JEMISON ja FOX 1988, ROTH ym. 1991, SCHMIDHALTER ym. 1994).

SCHMIDHALTERIN (1994) mukaan nitraattiliuskojen ja reflektometriä kehittämisen myötä pikamääritysmenetelmien herkkyyks ja luotettavuus on

parantunut oleellisesti viime aikoina. Tavallisiin laboratoriomenetelmiin verrattaessa pikamääritysmenetelmillä onkin saatu erinomaisia tuloksia: uutteen nitraattipitoisuuden ollessa välillä 2–90 mg/l regression selitysaste oli 0,95 (SCHMIDHALTER ym. 1994).

2.5 Keväisen mineraalityppianalyysin ja kasvianalyysin yhteiskäyttö

Ruotsissa kehitetyssä VDG-mallissa (Växtanalysbaserade Diagnos- och Gödslingsmodell) typpilannoitustarve arvioidaan kasvukaudella sekä kasvin typpipitoisuuden että keväällä maassa olevan mineraalitypen mukaan. Lisäksi mallissa otetaan huomioon karjanlannan käyttö, maan multavuus, viherlannoitus, sääolot sekä odotettu sato ja sen typpipitoisuus (SIMÁN 1993). Pelkkä kasvin typpipitoisuuden määrittäminen ei riitä lannoitustarpeen ennustamiseen (JOHNSTON 1990, Jordbruksverket 1993, SCHARF ym. 1993).

Klorofyllimittarilla voidaan mitata lehden vihreyttä. Lehden vihreys riippuu klorofyllikonsentraatiosta, joka puolestaan korreloi lehden typpipitoisuuden ja sadon kanssa. Klorofyllimittauksella on melko hyvin kyetty tunnistamaan kasvin typenpuutostiloja kasvin tietyissä kehitysvaiheissa. Kasvianalyysillä ei kuitenkaan voida arvioida, paljonko lisätyppiä olisi annettava. Lehtivihreämittauksen kanssa pitäisikin käyttää muita menetelmiä, kuten esimerkiksi maan mineraalitypen määrittämistä (BOCK 1994). Suomessa lehtivihreämittarin käyttöä ovat selvittäneet PELTONEN ja VIRTANEN (1994).

2.6 Mallien käyttö typpilannoitustarpeen ennustamisessa

Typen reaktioista maassa ja kasvien typenotosta on tehty useita malleja (JOHNSSON ym. 1987, GREENWOOD ja DRAYCOTT 1989, ADDISCOTT ja DARBY 1991, GEGO ym. 1992, MATUS ja RODRÍGUEZ 1994). Myös typpilannoitusta varten on kehitetty omia malleja edellä esitetyn VDG-mallin lisäksi. Mallintamisen ongelmana ovat useat biologiset reaktiot sekä maan ja myös tietyn ravinteiden heterogeenisuus yhdellä peltolohkolla ja suuremmalla alueella (HOFMAN ja van CLEEMPUT 1992). Yleensä mallien odotetaan tarjoavan suuria mahdollisuuksia lähitulevaisuudessa typpilannoituksen kannalta (RILEY ym. 1993).

Hollannissa on kehitetty SANS-malli (System of Adjusted Nitrogen Supply) nurmien typpilannoitusta varten. SANSissa tavoitteena on lannoittaa typpilannoitusoptimin mukaan jokaisella lannoituskerralla ja vähentää typen tappioita ilman sadonalennusta. SANSissa arvioidaan sadon typpimäärä, maassa oleva kasville käyttökelpoinen typpi sekä osuus, jonka nurmi käyttää lannoitetyypistä. Mallin laskelmia korjataan maan mineraalityppipitoisuudella, joka määritetään koeruudulta. SANSin avulla on pystytty parantamaan nurmen typenkäytön hyötysuhdetta savimailla ja jossain määrin hietamailla (WOUTERS ja VELLINGA 1994).

RAHNin ym. (1994) Englannissa kehittämällä HRI WELL_N -mallilla voidaan ennustaa useiden pelto- ja puutarhakasvien typentarve. HRI WELL_N perustuu GREENWOODin ja DRAYCOTTin (1989) malliin, jonka käytöstä RILEY ym. (1993) ovat saaneet hyviä kokemuksia Norjassa. HRI WELL_N -mallilla on mahdollista laskea typpilannoitustarve, sadon typpisisältö ja pohjaveteen huuhtoutuvan typen potentiaalinen määrä jokaisen lannoituskerran lannoitteesta (RAHN ym. 1994).

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tämän esitutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko Suomessa peltolohkojen välillä keväällä niin suurta vaihtelua mineraalityppipitoisuuksissa, että maan mineraalityppi olisi otettava huomioon typpilannoituksen suunnittelussa. Tätä varten keväällä 1994 otettiin maanäytteitä, joista määritettiin ammonium- ja nitraattityppi.

3.1 Näytteenottoalueiden ja tilojen valinta

Maanäytteitä otettiin Raision Tehtaat Oy:n sopimusviljelijöiltä Lounais-Suomesta ja Raahan seudulta, Saarioinen Oy:n sopimustiloilta Pirkanmaalta, Etelä-Pohjanmaan maaseutukeskuksen alueelta, Kemira Oy:n Kotkaniemen koetilalta Vihdistä, Perunantutkimuslaitokselta Lammilta ja Maatalouden tutkimuskeskuksen Loimijoki-projektiin ja avomaanvihannesten lannoitustutkimukseen osallistuvilta tiloilta Forssan seudulta. Tilat ja lohkot, joilta näytteitä otettiin, jätettiin näytteenottajan harkintaan.

3.2 Maanäytteiden otto

Näytteitä otettiin yhteensä 131 lohkolta. Jokaiselta tilalta pyrittiin ottamaan näyte lohkolta, jolla on ollut pitkä viljamonokulttuuri ja lohkoilta, joilla saataisi olla korkea mineraalityypipitoisuus esimerkiksi viherkesannon, karjanlannan käytön, nurmen tai eloperäisen maalajin vuoksi. Tiloilta kysyttiin näytteitä otettaessa tietoja lohkon maalajista, karjanlannan käytöstä ja esikasvista.

Maanäytteet otettiin ennen kylvöä. Lohkolta valittiin edustava noin 50 m × 50 m alue, jolta otettiin halkaisijaltaan 3 cm:n typpikairalla 20 pistoa pinta- maasta (0–25 cm) ja 10 pistoa pohjamaasta (25–60 cm). Näyte sekoitettiin ja siitä otettiin osanäyte muovipussiin, joka laitettiin suljettuna kylmälaukuun. Tämän jälkeen näytteet pakastettiin mahdollisimman nopeasti, ja toimitettiin pakastettuina Maatalouden tutkimuskeskukseen Jokioisiin.

3.3 Mineraalityypen määrittäminen

Mineraalityppi määritettiin ESALAN (1991) käyttämällä menetelmällä. Maanäytteet sulatettiin ja uutettiin 2-molaarisella kaliumkloridilla kaksi tuntia (100 g maata/250 ml KCl). Uutteista analysoitiin ammonium- ja nitraattityppi Skalar-autoanalyysatorilla. Saaduista tuloksista voitiin laskea mineraalityypin määrä maakiloa kohti.

Näennäinen tilavuuspaino määritettiin punnitsemalla ilmakehän ja jauhetun maan paino 25 ml:n mittakauhalla ERVIÖN (1970) menetelmää mukaelleen. Näennäistä tilavuuspainoa käytettiin mineraalityypin määrän laskemiseen hehtaaria kohti.

Näytteistä 124 jaettiin kahteen ryhmään: näytteisiin, jotka oli otettu eloperäisiltä mailta ja näytteisiin, jotka olivat peräisin kivennäismailta. Nämä ryhmät jaettiin edelleen 10 luokkaan joko karjanlannan levitysajankohdan tai esikasvin mukaan. Karjanlannan levitysajankohtia olivat syksy 1993, kevät 1994 tai sekä syksy että kevät. Esikasveja olivat vilja, nurmi, viherkesanto, sokerijuurikas, peruna, muu (herne, rapsi tai vihanneskasveja) ja avokesanto. Seitsemää näytettä ei voitu luokitella, koska viljelyhistoriatiedot olivat puutteelliset. Luokista laskettiin tunnuslukuja, mutta tilastollisia analyysimenetelmiä ei käytetty aineiston heterogeenisuuden ja luokittelun vaikeuden vuoksi.

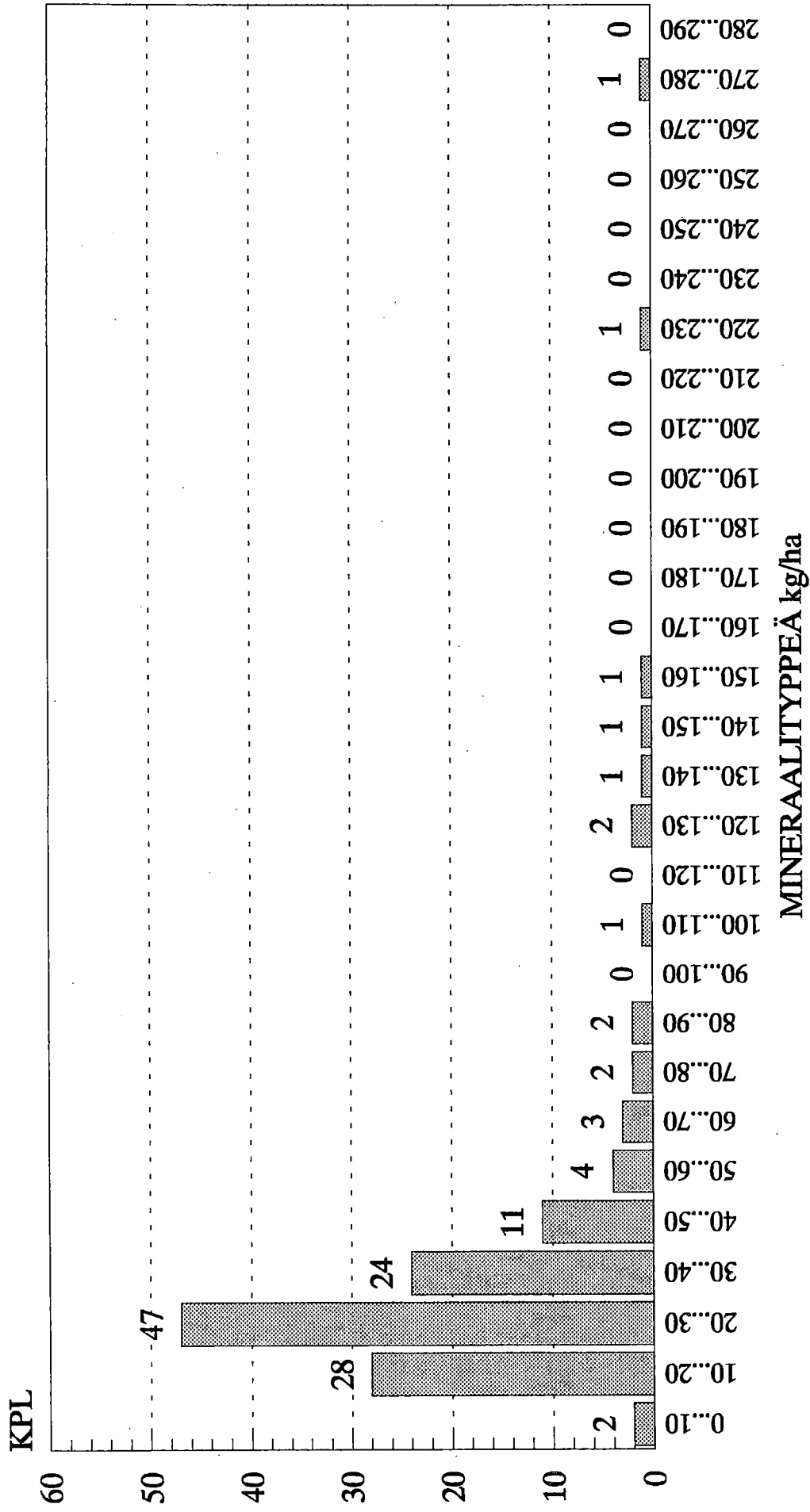
4 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Mineraalityyppeä oli näytemaissa 60 cm:n kerroksessa 7–276 kg/ha (Kuva 4 ja Liite 1). Tutkituista alueista 60 %:lla mineraalityyppeä oli alle 30 kg/ha. Tällaisilla mailla mineraalityypen määrittäminen ja huomioon ottaminen lannoituksessa tuskin on kannattavaa. Nämä maat olivat pääasiassa jatkuvassa viljanviljelyssä, tai niillä oli viherkesanto esikasvina. Varsinais-Suomessa mineraalityypipitoisuudet olivat tässä ryhmässä yleensä 10–20 kg/ha, muilla näytteenottoalueilla 20–40 kg/ha.

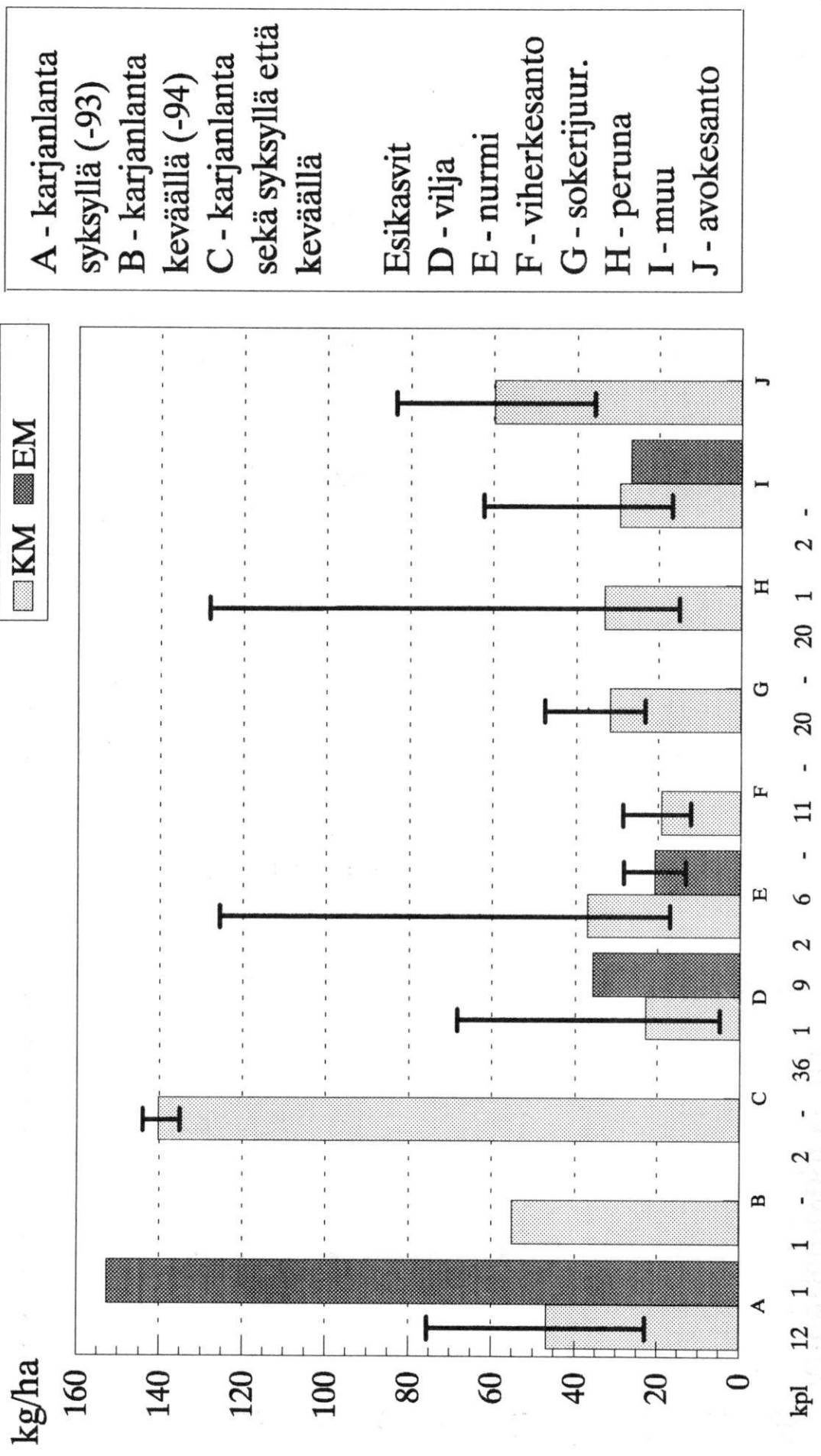
Noin neljännes tutkituista maista sisälsi mineraalityyppeä 30–50 kg/ha. Nämä maat olivat multavia maalajeja, niillä oli edellisvuonna viljelty perunaa tai sokerijuurikasta tai niillä oli esikasvina viherkesanto. Näillä mailla mineraalityypianalyysi saataisi olla perusteltu, mutta usein selvittäään myös lannoitussuosituksen esikasvitalukoilla. Lohkoja, joilla mineraalityyppeä oli yli 50 kg/ha oli aineistosta 15 %. Tässä ryhmässä oli peltoja, joita oli avokesannoitu, peltoja, joille oli levitetty edellisen syksyn tai kyseisen kevään aikana karjanlantaa tai lietettä. Korkein mineraalityypin määrä, 276 kg/ha, oli luomuviljelyllä lohkolta, joka oli avokesannoitu ja jolle oli edellisenä syksynä levitetty kananlantaa.

Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että otannassa ei pyrittykään saamaan edustavaa kuvaa mineraalityypin määrästä Suomen pelloilla tietynä keväänä. Mukana on siis suhteessa enemmän näytteitä lohkoilta, joilla mineraalityyppeä on runsaasti.

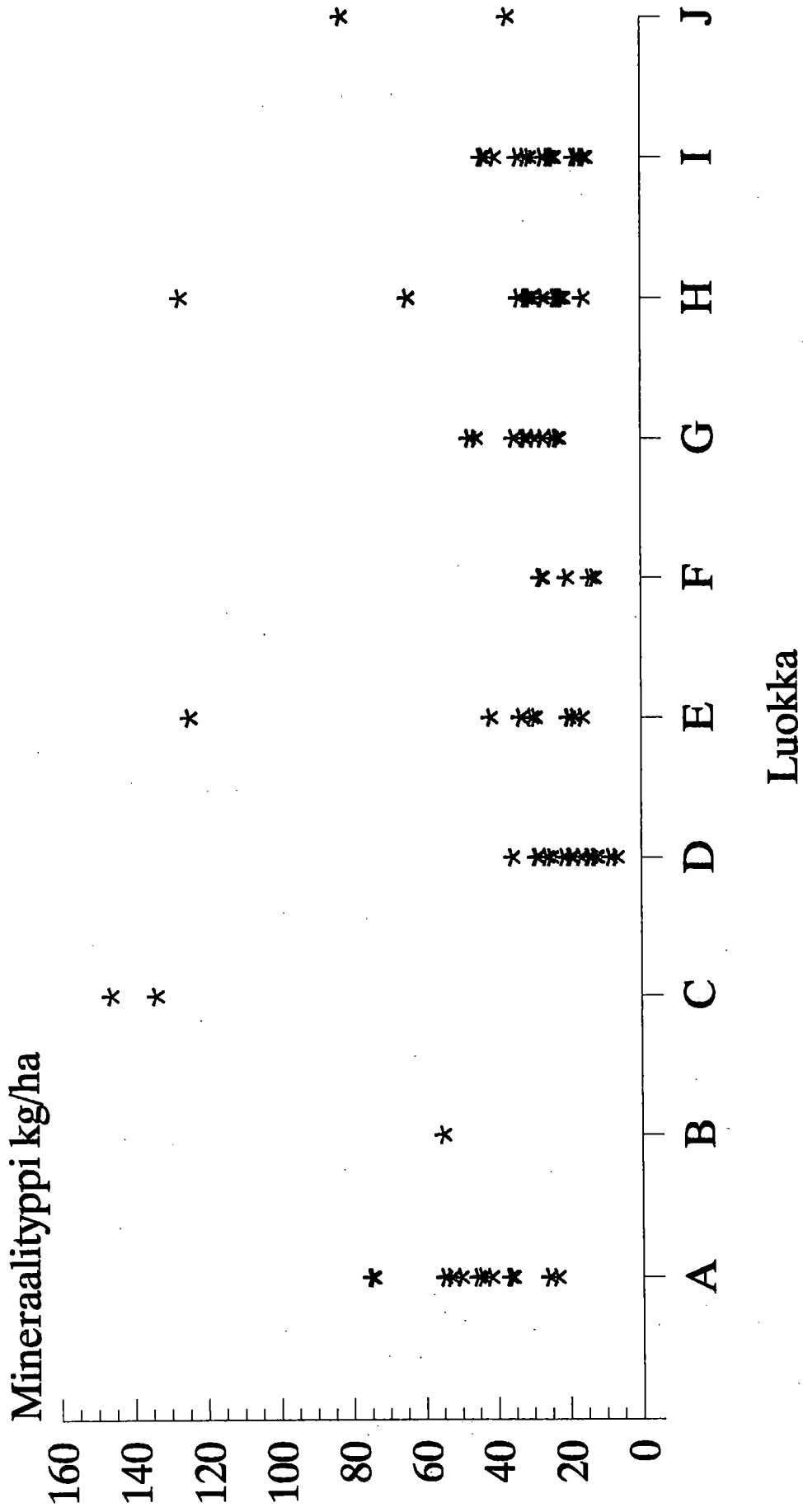
Esikasveittain tarkasteltaessa suurimmat mineraalityypipitoisuudet oli lohkoilla, joille oli levitetty karjanlantaa (Kuva 5). Seuraavaksi eniten tyyppiä oli avokesannon jälkeen. Viljan, nurmen ja muiden kasvien jälkeen mineraalityyppeä oli keskimäärin alle 40 kg/ha. Lyhytaikainen viherkesanto ei juuri lisännyt mineraalityypipitoisuuksia. Mineraalityypin määrien hajonta oli suurinta pitempi-ikäisen nurmen, perunan tai sokerijuurikkaan jälkeen. Myös ryhmässä ”muut kasvit” (herne, rapsi, vihannokset) hajonta oli huomattavaa (Kuva 6 ja Kuva 7).



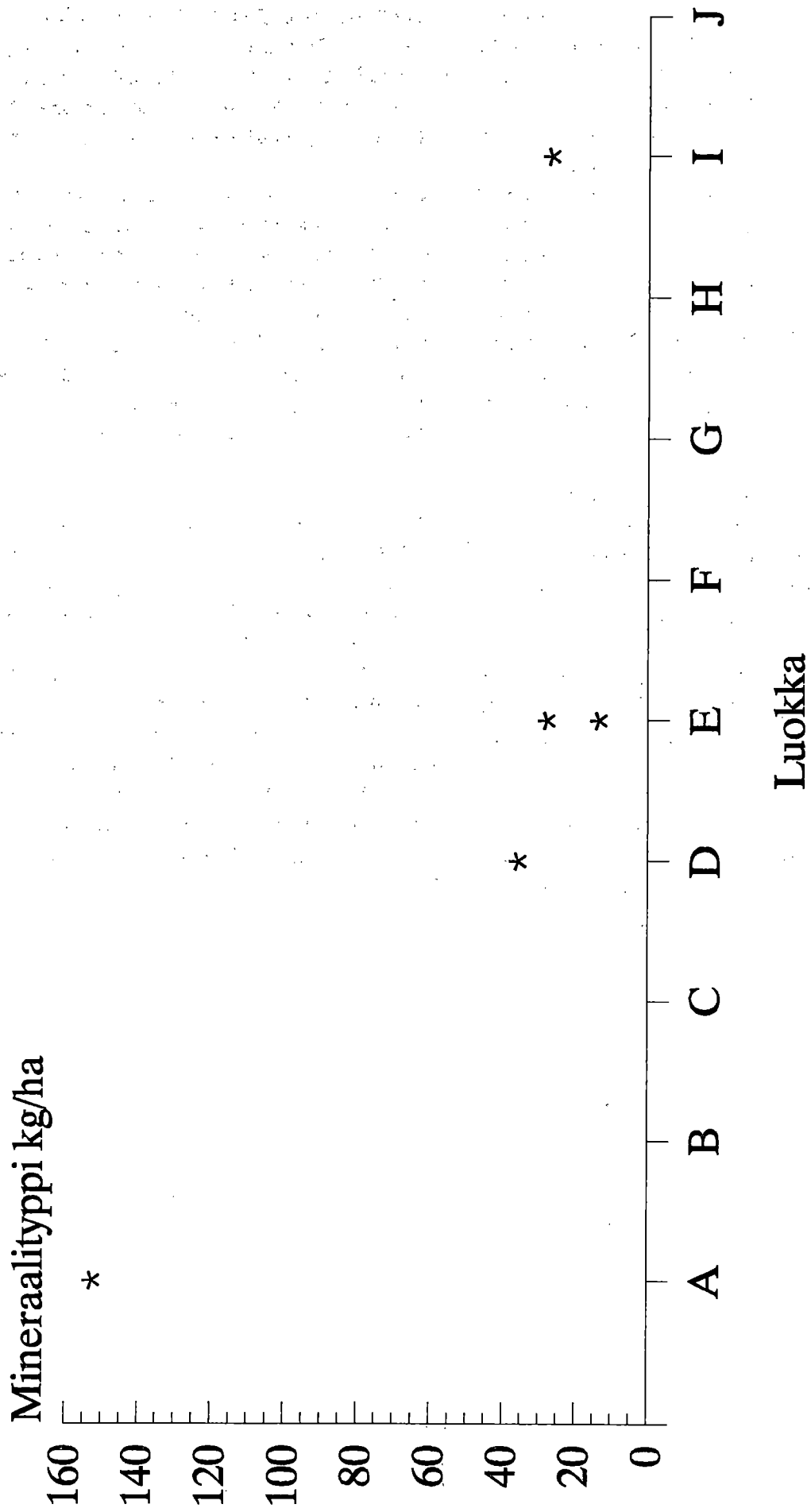
Kuva 4. Mineraalityypen määrien jakautuminen suuruusluokkiin (kpl/luokka).



Kuva 5. Esikasvin ja karjanlannan käytön vaikutus mineraalityypen määrään kg/ha kivennäismailla (KM) ja eloperäisillä mailla (EM). Minimi- ja maksimi-arvo on esitetty janana. X-akselin alla on esitetty näytteiden lukumäärä (kpl/luokka).



Kuva 6. Kivennäismailta otettujen näytteiden mineraalityypipitoisuus luokittain. Luokkajako on sama kuin kuvassa 5.



Kuva 7. Eloperäisiltä mailta otettujen näytteiden mineraalityypipitoisuus luokittain. Luokkajako on sama kuin kuvassa 5.

Esitutkimuksen tulokset osoittavat, että on tilanteita, jossa keväisen mineraalityypipitoisuuden määrittäminen on perusteltua. Jatkuvassa viljan viljelyssä se tuskin on edelleenkään tarpeellista, kuten SIPPOLA ja YLÄRANTA (1985) ovat jo aikaisemmin todenneet. Viherkesannon esikasvivaikutus tyypilannoituksen suuruuteen voitaneen jatkossakin määrittää riittävällä tarkkuudella lannoitussuosituksen esikasvikorjauksia käyttäen. Sen sijaan karjanlannan levityksen ja pitempi-ikäisten nurmen jälkeen, vihannesviljelyssä ja eräitten muiden erikoiskasvien, mm. perunan, viljelyssä analyysipalvelu saattaisi olla tarpeen. Myös mallasohran viljelyssä saattaisi olla hyödyllistä täsmentää lannoitusta ohran valkuaispitoisuuden vuoksi.

Analyysipalvelun ohella on syytä kehittää myös pikamäärittämismenetelmiä, joilla joko viljelijä itse tai neuvoja voisi määrittää mineraalityypipitoisuuden tilalla nopeasti. Tällaisia menetelmiä on kehitetty mm. Skotlannissa ja Sveitsissä (SCHARPF ja GRANTZAU 1985, JEMISON ja FOX 1988, BATEY 1992, SCHMIDHALTER ym. 1994). Myös Suomessa on Kemira kehittänyt ns. tyypilaukkua, joka sisältää välineet mineraalityypipitoisuuden määrittämiseksi.

Analyysipalvelua voitaisiin tarkentaa typen mineralisoitumista ja kasvien typen tarvetta kuvaavilla tietokonemalleilla sekä kasvustoanalyseillä tai lehtivihreämittauksilla (JOHNSSON ym. 1987,

GREENWOOD ja DRAYCOTT 1989, ADDISCOTT ja DARBY 1991, GEGO ym. 1992, SIMÁN 1993, MATUS ja RODRÍGUEZ 1994). Maatalouden tutkimuskeskuksessa kehitteillä olevaan paikkatietojärjestelmään analyysipalvelu soveltuisi erittäin hyvin.

Tilavuuspaino määritettiin tässä tutkimuksessa kuivista maanäytteistä, mikä aiheuttaa jonkin verran virhettä tuloksiin. Todellisuudessa mineraalityypen määrät lienevät hiukan korkeampia kuin näin saadut. Varsinaisessa analyysipalvelussa tilavuuspaino olisikin mahdollisesti määritettävä lohkolta erikseen. Samaa tilavuuspainomäärittäytystä voitaneen käyttää useamman vuoden ajan. Tällainen menetelmä on käytössä mm. Ruotsissa (LINDÉN, suullinen tiedonanto).

Ennen kuin keväiseen mineraalityypianalyysiin perustuvat tyypilannoitussuositukset ovat käytössä, tarvitaan tutkimusta tuloksen muuntamiseksi lannoitussuosituksiksi. Tarvitaan myös useammalta vuodelta tietoa viljelyoloista, joissa analyysi on hyödyllinen. Aineistoon tuli sattumalta mukaan yksi luonnonmukaisesti viljelty lohko, jonka mineraalityypen määrä oli huomattavan korkea. Ennen kuin tulosta voidaan yleistää, olisi luomutilojen osalta tilannetta kartoitettava tarkemmin. Aihe ei kuitenkaan kuulu tämän tutkimuksen piiriin, vaan luomutilojen tyypitaloutta olisi tarkasteltava erikseen.

KIRJALLISUUS

- ADDISCOTT, T. M. & DARBY, R. J. 1991. Relating the nitrogen fertilizer needs of winter wheat crops to the soil's mineral nitrogen. Influence of the downward movement of nitrate during winter and spring. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 117: 241–249.
- AFZAL, M. & ADAMS, W. A. 1992. Heterogeneity of soil mineral nitrogen in pasture grazed by cattle. *Soil Science Society of America Journal* 56: 1160–1166.
- ALBLAS, J. & TITULAER, H. 1992. The course of mineral nitrogen (N_{min}) in the soil profile during the successive cultivation of potatoes and winter wheat on loess soil. In: François, E., Pithan, K. & Bartiaux-Thill, N. (eds.). COST 814: Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe, Gembloux, Belgium, Commission of the European Communities. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research. p. 96–99.
- ALCOZ, M. M., HONS, F. M. & HABY, V. A. 1993. Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. *Agronomy Journal* 85: 1198–1203.
- BARNHISEL, R. I. 1977. Chlorites and hydroxy interlayered vermiculite and smectite. In: Dixon, J. B. & Weed, S. B. (eds.). *Minerals in soil environments*. Madison, Wisconsin, USA, Soil Science Society of America. p. 331–356.
- BATEY, T. 1992. On-farm measurement of soil nitrate. 7th Nitrogen Workshop, University of Edinburgh. Programme and abstracts. p. 12–13.
- BERGSTRÖM, L. 1986. Distribution and temporal changes of mineral nitrogen in soils supporting annual and perennial crops. *Swedish Journal of Agricultural Research* 16: 105–112.
- & BRINK, N. 1986. Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of inorganic N in the soil. *Plant and Soil* 93: 333–345.
- BLEKEN, M. A. & SELMER-OLSEN, A. R. 1993. Variasjon i nitrat- og ammoniumanalyser av frosne jordprøver med lavt innhold av mineral-N. *Norsk landbruksforskning* 7: 49–55.
- BOCK, B. R. 1994. Leading experiences in relation to an increased efficiency of N fertilizers. 15th World Congress of Soil Science. Transactions, Volume 5a, Commission IV: Symposia. Acapulco, Mexico. p. 632–642.
- BRUMMER, V. & AURA, E. 1974. Effect of residual nitrogen and fertilizer nitrogen on sugar beet production in Finland. *The Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 46: 143–155.
- CHAMBERS, B. J., WILLIAMS, J. R. & SMITH, K. A. 1994. Residual value of fertilizer and poultry manure nitrogen applications. 8th Nitrogen Workshop. University of Ghent, Belgium. Book of abstracts.
- CHÈNEBY, D., NICOLARDOT, B., GODDEN, B. & PENNINCKX, M. 1994. Mineralization of composted 15N-labelled farmyard manure during soil incubations. *Biological Agriculture and Horticulture* 10: 255–264.
- COUVREUR, L. & GUIOT, J. 1992. N fertilization of oil-seed rape and nitrate surplus at harvest in the loam region of Belgium. In: François, E., Pithan, K. & Bartiaux-Thill, N. (eds.). COST 814: Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe, Gembloux, Belgium, Commission of the European Communities. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research. p. 84–85.
- DILZ, K. 1981. The nitrogen fertilization of spring barley. Evaluation of fertilizer recommendations based on the analysis of mineral nitrogen in soil. *Plant and Soil* 61: 269–276.
- ERVIÖ, R. 1970. The importance of soil bulk density in soil testing. *Annales Agriculturae Fenniae* 9: 278–286.
- ESALA, M. 1990. Typpilannoitus kevätvehnän valkuaispitoisuuden ja valkuaisen leivontalaadun parantajana. *Lisensiaatintutkimus*. Jokiainen. 156 p.
- 1991. Split application of nitrogen: Effects on the protein in spring wheat and fate of 15N-labelled nitrogen in the soil-plant system. *Annales Agriculturae Fenniae* 30: 219–309.
- 1993. Lannoitustason vaikutus kuormitukseen. Maatalouden ympäristökuormituksen vähentäminen. Ympäristön tutkimuspäivät, Kuopio. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 459: 27–29.
- 1994. Deep-freezing pretreatment and time of extraction of soil samples for inorganic nitrogen determination. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 651–662.
- 1995. Changes in the extractable ammonium and nitrate nitrogen contents of soil samples during freezing and thawing. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 26, 1–2. (painossa).
- FANNING, D. S. & KERAMIDAS, V. Z. 1977. Micas. In: Dixon, J. B. & Weed, S. B. (eds.). *Minerals in soil environments*. Madison, Wisconsin, USA, Soil Science Society of America. p. 195–258.
- GEGO, E., DEBOUCHE, C. & GUIOT, J. 1992. A simulation model of mineral nitrogen in soils. In: François, E., Pithan, K. & Bartiaux-Thill, N. (eds.). COST 814: Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe, Gembloux, Belgium, Commission of the European Communities. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research. p. 70–71.
- GEYSENS, M., VANDENDRIESSCHE, H., BRIES, J. & HENDRICKX, G. 1994. The N-Index expert system, a tool for integrated N-management. 15th World Congress of Soil Science. Transactions, Volume 5a, Commission IV: Symposia. Acapulco, Mexico. p. 165–173.
- GLENDINING, M. J. & POWLSON, D. S. 1991. The effect of long-term applications of inorganic nitrogen fertilizer on soil organic nitrogen. In: Wilson, W. S. (ed.). *Advances in soil organic matter research: The impact on agriculture & the environment*. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry. p. 329–338.

- GREENWOOD, D. J. & DRAYCOTT, A. 1989. Experimental validation of an N-response model for widely different crops. *Fertilizer Research* 18: 153–174.
- HARRIS, P. J. 1988. Microbial transformations of nitrogen. In: Wild, A. (ed.). *Russell's Soil Conditions & Plant Growth*. 11th ed. Avon, UK, Longman, Scientific & Technical. p. 608–651.
- HARTIKAINEN, H. 1992. Maaperä. In: Heinonen, R. (ed.). *Maa, viljely ja ympäristö*. Helsinki, WSOY. p. 9–89.
- HEINONEN, R. 1954. Multakerroksen kosteusuhteista Suomen maalajeissa. *Agrogeologia julkaisu N:o 62*. 82 p.
- 1960. Das Volumgewicht als Kennzeichen der "normalen" Bodenstruktur. *Maataloustieteellinen Aikakauskirja* 32: 81–87.
- HOFMAN, G., DEMYTTENAERE, P., MEIRVENNE, M. van OSSEMERCT, C. & RUYMBEKE, M. van 1990. Causes and consequences of differences in latent mineral nitrogen residues in the soil profile. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 21: 1779–1791.
- & CLEEMPUT, O. van 1992. Nitrogen cycling in agricultural soils. In: François, E., Pithan, K. & Bartaux-Thill, N. (eds.). *COST 814: Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe*, Gembloux, Belgium, Commission of the European Communities. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research. p. 1–7.
- JAAKKOLA, A. 1992. Kasvinravitseemus. In: Heinonen, R. (ed.). *Maa, viljely ja ympäristö*. Helsinki, WSOY. p. 173–254.
- JANS-HAMMERMEISTER, D. C., MCGILL, W. B. & JENSEN, T. L. 1994. Nitrogen accumulations and relative rates of mineralization in two soils following legume green manuring. *Canadian Journal of Soil Science* 74: 23–28.
- JANSSON, S.L. 1983. Kvävegödslingsprognos inom jordbruket. Sammanfattande analys och vägar för fortsatt arbete. *Kungliga Skogs- och Lantbrukssakademiens Rapport* 6: 97–107.
- & PERSSON, J. 1982. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: Stevenson, F. J. (ed.). *Nitrogen in agricultural soils*. Agronomy 22. Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc. p. 229–252.
- JEMISON, J. M. & FOX, R. H. 1988. A quick-test procedure for soil and plant tissue nitrates using test strips and a hand-held reflectometer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19: 1569–1582.
- JENSEN, E. S. 1994. Availability of nitrogen in ¹⁵N-labelled mature pea residues to subsequent crops in the field. *Soil Biology & Biochemistry* 26: 465–472.
- JOHANSSON, H., BERGSTRÖM, L., JANSSON, P.-E. & PAUSTIAN, K. 1987. Simulated nitrogen dynamics and losses in a layered agricultural soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 18: 333–356.
- JOHNSTON, A. E. 1990. North European outlook of plant nutrition guidelines -experience in the UK. Plant nutrition guidelines including environmental aspects. North European outlook computer aided fertilizer recommendations. NJF Seminar 191, Sigtuna, Sweden. Jordbruksverket 1993. Riktlinjer för gödsling och kalkning 1994. Rapport 19. 31 p.
- JÜRGENS-GSCHWIND, S. 1989. Ground water nitrates in other developed countries (Europe) — relationships to land use patterns. In: Follett, R. F. (ed.). *Nitrogen management and ground water protection*. Developments in agricultural and managed-forest ecology 21. Amsterdam, Netherlands, Elsevier. p. 75–138.
- KAILA, A. 1966. Fixed ammonium in some Finnish soils. *The Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 38: 49–58.
- KAUPPI, L. 1979. Phosphorus and nitrogen input from rural population, agriculture and forest fertilization to watercourses. Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland 34: 35–46.
- KEENEY, D. R. & NELSON, D. W. 1982. Nitrogen — inorganic forms. In: Page, A. L., Miller, R. H. & Keeney, D. R. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties*. Agronomy 9 (2). 2nd ed. Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy Inc., Soil Science Society of America Inc. p. 643–698.
- & BREMNER, J. M. 1966. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen availability. *Agronomy Journal* 58: 498–503.
- KEMPPAINEN, E. 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 163–284.
- 1992. Karjanlannan typen ja fosforin huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. *Maatalous ja vesien kuormitus*. Vesi- ja Ympäristöhallituksen monistesarja 359: 153–171.
- KOHL, A. 1989. Zur Bedeutung des leicht mobilisierbaren Bodenstickstoffs bei der Prognose des N-Düngerbedarfs von Zuckerrüben unter besonderer Berücksichtigung der mittels Elektro-Ultrafiltration (EUF) erfassbaren Norg-Fraktion. *Agrikulturchemisches Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn*. Dissertation. 260 p.
- KUHLMANN, H., BARRACLOUGH, P. B. & WEIR, A. H. 1989. Utilization of mineral nitrogen in the subsoil by winter wheat. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 152: 291–295.
- , KÖHLER, J. & WEHRMANN, J. 1986. Eignung der EUF-Methode zur Ermittlung der K- und N-Versorgung von Lössböden in Südniedersachsen. *Landwirtschaftliche Forschung* 39, 1–2: 87–96.
- & SEWARD, P. H. 1990. Plant nutrition guidelines including environmental aspects — experience in West Germany. Plant nutrition guidelines including environmental aspects. North European outlook computer aided fertilizer recommendations. NJF Seminar 191, Sigtuna, Sweden. p. 3: 1–14.

- , BARTELS, H., VOGEL, M. & MENGEL, K. 1988. Organic nitrogen compounds extracted from arable and forest soils by electro-ultrafiltration and recovery rates of amino acids. *Biology and Fertility of Soils* 5: 271–275.
- NÖMMIK, H. & VAHTRAS, K. 1982. Retention and fixation of ammonium and ammonia in soils. In: Stevenson, F. J. (ed.). *Nitrogen in agricultural soils*. Agronomy 22. Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc. p. 123–171.
- OLFS, H-W. & WERNER, W. 1992. Suitability and limitations of different soil N fractions for the improvement of N fertilization recommendation to winter wheat. In: François, E., Pithan, K. & Bartiaux-Thill, N. (eds.). *COST 814: Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe*, Gembloux, Belgium, Commission of the European Communities. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research. p. 53–54.
- ØSTERGAARD, H. S., HVELPLUND, E. K. & RASMUSSEN, D. 1985. Assessment of optimum nitrogen fertilizer requirement on the basis of soil analysis and weather conditions prior to the growing season. In: Neeteson, J. J. & Dilz, K. (eds.). *Assessment of nitrogen fertilizer requirement*. Haren, Netherlands, Institute for Soil Fertility. p. 25–36.
- PAASONEN-KIVEKÄS, M. 1994. Distribution of soil nitrogen in an agricultural field. Spatial and temporal variability and interdependencies among hydrological processes. *Nordic Seminar*. Kirkkonummi, Finland.
- PAUL, E. A. & CLARK, F. E. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. San Diego, Academic Press. 273 p.
- PAUL, J. W. & BEAUCHAMP, E. G. 1994. Short-term nitrogen dynamics in soil amended with fresh and composted cattle manures. *Canadian Journal of Soil Science* 74: 147–155.
- PELTONEN, J. & VIRTANEN, A. 1994. Lehtivihreämittarin vertailuarvot omalta koelalalta. *Käytännön Maamies* 43, 5: 20–21.
- PRINS, W. H. 1990. Plant nutrition guidelines including environmental aspects. Experiences in the Netherlands. Plant nutrition guidelines including environmental aspects. North European outlook computer aided fertilizer recommendations. *NJF Seminar* 191, Sigtuna, Sweden. p. 2: 1–11.
- RAHN, C. R., GREENWOOD, D. J. & DRAYCOTT, A. 1994. Prediction of nitrogen fertilizer requirement with HRI WELL_N computer model. 8th Nitrogen Workshop. University of Ghent, Belgium. Book of abstracts.
- REES, R. M., McTAGGART, I. P. & SMITH, K. A. 1994. Potential nitrogen availability and fertilizer recommendations. 8th Nitrogen Workshop. University of Ghent, Belgium. Book of abstracts.
- REKOLAINEN, S. 1989. Phosphorus and nitrogen load from forest and agricultural areas in Finland. *Aqua Fennica* 19: 95–107.
- RILEY, H., ABRAHAMSEN, U. & FUGLEBERG, O. 1993. Prognoser av behovet for nitrogengjødsling. *Norsk landbruksforskning* 16: 78–93.
- RIS, J., SMILDE, K. & WIJNEN, G. 1981. Nitrogen fertilizer recommendations for arable crops as based on soil analysis. *Fertilizer Research* 2: 21–32.
- RODGERS, G. A., PENNY, A. & HEWITT, M. V. 1985. Effects of nitrification inhibitors on uptakes of mineralised nitrogen and on yields of winter cereals grown on sandy soil after ploughing old grassland. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 36: 915–924.
- ROTH, G. W., BEEGLE, D. B., FOX, R. H., TOTH, J. D. & PIEKIELEK, W. P. 1991. Development of a quicktest kit method to measure soil nitrate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 22: 191–200.
- SCHARF, P. C., ALLEY, M. M. & LEI, Y. Z. 1993. Spring nitrogen on winter wheat: I. Farmer-field validation of tissue test-based rate recommendations. *Agronomy Journal* 85: 1181–1186.
- SCHARPF, H. C. & GRANTZAU, E. 1985. Comparison of a quick test method (Merck) and the Nmin-method to determine soil nitrate. In: Neeteson, J. J. & Dilz, K. (eds.). *Assessment of nitrogen fertilizer requirement*. Haren, Netherlands, Institute for Soil Fertility. p. 75–81.
- SCHIEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. 1982. *Lehrbuch der Bodenkunde*. 11. Aufl. Stuttgart, Ferdinand Enke. 442 p.
- SCHERER, H. W. & MENGEL, K. 1985. Importance of soil type on the release of nonexchangeable NH₄⁺ and availability of fertilizer NH₄⁺ and fertilizer NO₃⁻. *Fertilizer Research* 8: 249–258.
- SCHMIDHALTER, U. 1994. On-farm soil nitrate test. 15th World Congress of Soil Science. Transactions, Volume 5b, Commission IV: Poster Sessions. Acapulco, Mexico. p. 115–116.
- , ALFOELDI, T., OERTLI, J. J. & HENGgeler, S. 1991. Repräsentativität von Nmin-Untersuchungen. *Landwirtschaft Schweiz* 4: 431–435.
- , RUH, R., RAUTENKRANZ, R. & RÖSCH, TH. 1994. A new quick, accurate and inexpensive on-farm soil nitrate-nitrogen test procedure. 8th Nitrogen Workshop. University of Ghent, Belgium. Book of abstracts.
- SCHMIDT, E. L. 1982. Nitrification in Soil. In: Stevenson, F. J. (ed.). *Nitrogen in agricultural soils*. Agronomy 22. Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy Inc., Crop Science Society of America Inc., Soil Science Society of America Inc. p. 253–288.
- SHEPHERD, M. A. 1993. Measurement of soil mineral nitrogen to predict the response of winter wheat to fertilizer nitrogen after applications of organic manures or after ploughed-out grass. *Journal of Agricultural Science* 121: 223–231.
- SIMÁN, G. 1993. Principen för växtanalysmodeller som grund för gödslingsrådgivning. *Växtanalys i gödslingsrådgivningens tjänst*. NJF-seminarium 215, Karlslunde, Danmark. *NJF-utredning/rapport* 81: 28–34.
- SIPPOLA, J. 1981. Viljelymaan tyypivarat. *Maaseudun Tulevaisuuden Koetoiminta ja Käytäntö -liite* 38: 51.

- 1986. Maan typpivarojen mineraloituminen. Maaseudun Tulevaisuuden Koetoiminta ja Käytäntö -liite 43: 67.
- & SUONURMI-RASI, R. 1985. Simple extraction methods as indicators of available soil nitrogen supply. *Annales Agriculturae Fenniae* 24: 125–129.
- & YLÄRANTA, T. 1985. Mineral nitrogen reserves in soil and nitrogen fertilization of barley. *Annales Agriculturae Fenniae* 24: 117–124.
- SMITH, K. A. & LI, S. 1993. Estimation of potentially mineralisable nitrogen in soil by KCl extraction. *Plant and Soil* 157: 167–174.
- SOPER, R. J., RACZ, G. J. & FEHR, P. I. 1971. Nitrate nitrogen in the soil as a means of predicting the fertilizer nitrogen requirements of barley. *Canadian Journal of Soil Science* 51: 45–49.
- STABBETORP, H. & LYGSTAD, I. 1988. Mineralnitrogen i jorda ved korndyrking på Østlandet. *Norsk landbruksforskning* 2: 83–91.
- STOUGAARD, B., JENSEN, C. & ØSTERGAARD, H. S. 1992. An approach to use modelling of N-balances for improving fertilizer recommendations. In: François, E., Pithan, K. & Bartiaux-Thill, N. (eds.). COST 814: Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe, Gembloux, Belgium, Commission of the European Communities. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research. p. 68–69.
- SYLVESTER-BRADLEY, R. 1985. Possibilities for improving prediction of fertilizer nitrogen requirement on chalky boulder clay in East Anglia from measurements of soil mineral nitrogen. In: Neeteson, J. J. & Dilz, K. (eds.). Assessment of nitrogen fertilizer requirement. Haren, Netherlands, Institute for Soil Fertility. p. 51–63.
- TURTOLA, E. 1989a. Avokesannoinnista viherkesannointiin. Maaseudun Tulevaisuuden Koetoiminta ja Käytäntö -liite 46: 34.
- 1989b. Ravinteiden huuhtoutuminen peltomaasta. Maaseudun Tulevaisuuden Koetoiminta ja Käytäntö -liite 46: 60.
- VAIDYANATHAN, L. V., SHEPHERD, M. A. & CHAMBERS, B. J. 1991. Mineral nitrogen arising from soil organic matter and organic manures related to winter wheat production. In: Wilson, W. S. (ed.). Advances in soil organic matter research: The impact on agriculture & the environment. Cambridge, UK, Royal Society of Chemistry. p. 315–327.
- VANDENDRIESSCHE, H., GEYSENS, M. & BRIES, J. 1992. N-INDEX: An expert system for nitrogen fertilization of arable crops. In: François, E., Pithan, K. & Bartiaux-Thill, N. (eds.). COST 814: Nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe, Gembloux, Belgium, Commission of the European Communities. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research. p. 55–57.
- Viljavuuspalvelu 1992. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki 64 p.
- WALLGREN, B. & LINDÉN, B. 1991. Residual nitrogen effects of green manure crops and fallow. *Swedish Journal of Agricultural Research* 21: 67–77.
- WANG, F. L. & BETTANY, J. R. 1994. Organic and inorganic nitrogen leaching from incubated soils subjected to freeze-thaw and flooding conditions. *Canadian Journal of Soil Science* 74: 201–206.
- WEBB, J. & SYLVESTER-BRADLEY, R. 1994. Effects of fertilizer nitrogen on soil nitrogen availability after a grazed grass ley and on the response of the following cereal crops to fertilizer nitrogen. *Journal of Agricultural Science* 122: 445–457.
- WEHRMANN, J. & SCHARPF, H. C. 1979. Der Mineralstickstoffgehalt des Bodens als Massstab für den Stickstoffdüngerbedarf (Nmin -methode). *Plant and soil* 52: 109–126.
- & SCHARPF, H. C. 1986. The Nmin-method — an aid to integrating various objectives of nitrogen fertilization. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 149: 428–440.
- WILD, A. 1988. Plant nutrients in soil: nitrogen. In: Wild, A. (ed.). *Russell's Soil Conditions & Plant Growth*. 11th ed. Avon, UK, Longman, Scientific & Technical. p. 652–694.
- WOUTERS, A. P. & VELLINGA, Th. V. 1994. A system of adjusted nitrogen supply per cut (SANS) for fertilisation of grassland. 8th Nitrogen Workshop. University of Ghent, Belgium. Book of abstracts.
- ZACCHEO, P., CRIPPA, L. & GENEVINI, P. L. 1993. Nitrogen transformation in soil treated with ¹⁵N labelled dried or composted ryegrass. *Plant and Soil* 148: 193–201.

Aineiston tunnuslukuja luokittain: mineraalityypipitoisuuden keskiarvo (kg N/ha), keskihajonta, minimi- ja maksimiarvot (kg N/ha) ja näytteiden lukumäärä/luokka.

A = karjanlantaa levitetty syksyllä -93

B = karjanlantaa levitetty keväällä -94

C = karjanlantaa levitetty syksyllä -93 ja keväällä -94

Esikasvit:

D = vilja

E = nurmi

F = viherkesanto

G = sokerijuurikas

H = peruna

I = muu (herne, rapsi, vihanneskasveja)

J = avokesanto

Kivennäismaat										
Luokka	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Keski-arvo, kg N/ha	46,8	55,0	140,2	22,9	37,1	19,2	31,8	33,2	29,6	59,8
Keskihajonta	16,3		8,7	11,7	33,9	6,9	8,3	24,2	11,3	32,7
Minimi, kg N/ha	23,6	55,0	134	6,8	16,3	12,9	22,6	16,0	15,1	36,7
Maksimi, kg N/ha	75,2	55,0	146,3	68,9	124,7	27,7	47,4	127,1	60,6	82,9
n (kpl)	12	1	2	36	9	6	11	20	20	2
Eloperäiset maat										
Luokka	A	D	E	I						
Keski-arvo, kg N/ha	152,6	35,7	20,7	26,8						
Keskihajonta			10,1							
Minimi, kg N/ha	152,6	35,7	13,5	26,8						
Maksimi, kg N/ha	152,6	35,7	27,8	26,8						
n (kpl)	1	1	2	1						

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-kevättrypsi. 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 kestävyYTEEN. 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 peittävyYTEEN ja kestävyYTEEN nurmikossa. 35 p. + 1 liite.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 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. Pikkukasvikoiden ruokintakoetuloja Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomien suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorehukasvien 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. Risteytyshiehot. 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., SUVITIE, 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. & TALVITIE, 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. Kasvialustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljellyn 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 lihan tuotanto. 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. Sinimailasen 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 kasvien 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 mineraalityppianalyysin 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.

JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Kirjasto
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

HINTA: 50 mk (+ alv.)