

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE

16/92

TAPIO SALO

**Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus
punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 16/92

TAPIO SALO

**Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus
punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon**

*The effect of nitrogen and chloride fertilization
on the nitrate content and yield of beetroot*

Maatalouden tutkimuskeskus
Kasvintuotannon tutkimuslaitos
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881

Jokioinen 1992
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

ESIPUHE	1
TIIVISTELMÄ	3
ENGLISH SUMMARY	4
I JOHDANTO	7
II KIRJALLISUUSOSA	7
1 Typpiyhdisteiden terveyshaitat	7
2 Nitraatti kasvissa	8
3 Nitraatin kertymisen syyt	9
3.1 Perinnölliset tekijät	9
3.2 Kasvin eri osat	10
3.3 Valo	10
3.4 Lämpötila, hiilidioksidi ja kosteus	11
3.5 Maan typpitaso	11
3.5.1 Nitraatti ja ammonium	11
3.5.2 Nitrifikaatioinhibiittorit	11
3.6 Maan muiden ravinteiden vaikutus	12
3.6.1 Makroravinteet	12
3.6.2 Mikroravinteet	12
3.7 Muut tekijät	13
4 Punajuurikkaan lannoitus	13
4.1 Typpilannoituksen vaikutus punajuurikkaan kasvuun ja nitraatin kertymiseen	13
4.2 Kloridi- ja sulfaattilannoituksen vaikutus punajuurikkaan kasvuun ja nitraatin kertymiseen	14
III KOKEELLINEN OSA	15
1 Aineisto ja menetelmät	15
1.1 Astiakoe	15
1.2 Kenttäkoe	16
1.2.1 Koejärjestelyt	16
1.2.2 Näytteenotto	17
1.3 Laboratoriotutkimukset	18
1.4 Tulosten käsittely	19
2 Tulokset	20
2.1 Astiakoe	20
2.2 Kenttäkoe	22
2.2.1 Maan ravinnepitoisuudet	22
2.2.2 Satotulokset	24
2.2.3 Nitraattipitoisuudet	28
2.2.4 Kuiva-ainepitoisuudet	29
3 Tulosten tarkastelu	31
3.1 Typpilannoituksen vaikutukset	31
3.2 Kloridilannoituksen vaikutukset	32
3.3 Johtopäätökset	34
KIRJALLISUUS	35
LIITTEET	

ESIPUHE

Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusalalla aloitettiin vuonna 1989 avomaan vihannesten kasvualustatutkimukset. Laajin tutkimuskohde oli maan fysikaalisten ominaisuuksien vaikutus porkkanan laatuun. Sen lisäksi tutkittiin ruokasipulin typpilannoitusta ja punajuurikkaan kloridilannoitusta.

Kloridilannoituksen vaikutusta punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon selvitettiin astia- ja kenttäkokeessa 1989-1990. Tämän kokeen alkuperäinen idea on peräisin Raili Jokiselta, joka myös osallistui astiakokeen suunnitteluun ja tulosten käsittelyyn tarkastamalla käsikirjoitukset. Raili Jokisen lisäksi esitän kiitokseni Liisa Pietolalle astiakokeen suunnittelusta ja toteutuksesta sekä avusta käsikirjoitusten tarkastuksessa.

Kiitokseni esitän myös professori Paavo Eloselle hyvistä tutkimusedellytyksistä kasvintuotannon tutkimuslaitoksella, Risto Tannille kenttäkokeiden viljelytoimien hoitamisesta ja Erja Äijälälle kokeiden hoidosta ja laboratorioanalyseistä.

Jokioinen, elokuussa 1992

Tapio Salo

TIIVISTELMÄ

Ravinnon korkeat nitraattipitoisuudet ovat ihmiselle haitallisia. Ihmiset saavat tuoreista vihanneksista noin 80 % päivittäisestä nitraatin saannistaan. Pinaatti, punajuurikas, retiisi ja salaattit sisältävät yleensä runsaasti nitraattia.

Nitraatin kertymiseen kasviin vaikuttavat kasvin perimä, kasvukauden sää ja maan ravinnetila. Maan korkea typpipitoisuus lisää nitraatin kertymistä. Muista ravinteista kloridi on toisinaan vähentänyt nitraatin kertymistä.

Punajuurikkaan typpilannoituksen tulisi olla melko alhainen, jotta nitraattipitoisuus ei nousisi liian korkeaksi. Kloridin käyttö verrattuna sulfaattiin ei olennaisesti vaikuttanut punajuurikkaan laatuun tai satoon. Hinnaltaan edullisempi kaliumkloridi voi tuottaa hieman parempia satoja ja ehkä pienempiä nitraattipitoisuuksia kuin kaliumsulfaattilannoitus. Kuiva-ainepitoisuuden laskeminen saattaa kuitenkin joinakin vuosina aiheuttaa varastointiongelmia.

Koska juurikkaiden nitraattipitoisuudet laskevat kasvukauden kuluessa, nitraattipitoisuus saattaa olla ongelmana lähinnä elokuussa käytettävissä tuorevihanneksissa. Tällöin kloridilannoitus voi vähentää nitraatin ottoa, jos maassa on saatavilla typpeä myös ammoniumina. Tämä on mahdollista multa- ja turvemaileden typen runsaan mineralisoitumisen vuoksi ja kivennäismailla, mikäli typpeä on annettu täydennyslannoituksena ammoniummuodossa.

Astiakokeessa tutkittiin kesällä 1989 erilaisten kloridi- ja typpilannoitustasojen vaikutusta punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen multamaalla. Lisäksi määritettiin sato, mehu- ja kuiva-ainepitoisuus. Typpilannoitukset olivat 0, 250, 500, 750 ja 500+250 mg/kg maata (ammoniumnitraattina). Kloridia lisättiin 0, 250 ja 500 mg/kg maata (natriumkloridina). Yhtä suuret natriummäärät lisättiin natriumsulfaattina astioihin, jotka eivät saaneet kloridia. Näin sulfaattilannoitus toimi kloridilannoituksen kontrollina.

Korkeimmat nitraattipitoisuudet mitattiin kasvun keskivaiheessa korkeimmalla typpilannoituksella. Näissä käsittelyissä korkein natriumkloridilannoitus vähensi nitraatin kertymistä juurikkaisiin verrattuna runsaaseen natriumsulfaattilannoitukseen. Alhaisilla typpilannoituksilla kloridi ei näyttänyt vähentävän nitraatin kertymistä. Sen sijaan korkea natriumlannoitus lisäsi nitraatin kertymistä. Varsinkin runsas natriumsulfaattilannoitus nosti maan johtokykyä, mikä saattoi kohottaa nitraattipitoisuuksia.

Sadonkorjuuvaiheessa nitraattipitoisuudet olivat hyvin alhaisia, eivätkä kloridi- ja sulfaattilannoitustasot vaikuttaneet nitraatin kertymiseen. Sekä naattien että juurikkaiden sadot olivat korkeita runsaasti kloridia saaneissa astioissa. Kloridilannoitus ei vaikuttanut kuiva-aine- tai mehupitoisuuksiin. Typpilannoitus laski punajuurikkaiden kuiva-ainepitoisuutta.

Jokioisissa tehtiin kesällä 1990 punajuurikkaalla kenttäkoe, jossa verrattiin kaliumkloridia ja kaliumsulfaattia typpilannoitustasoilla 100 ja 200 kg/ha. Kentältä otettiin maanäytteitä maan nitraatti-, ammonium- ja kloridipitoisuuksien seuraamiseksi ja kasvustonäytteitä punajuurikkaan nitraatti- ja kuiva-ainepitoisuuksien selvittämiseksi.

Punajuurikkaan nitraattipitoisuus väheni selvästi kasvukauden edetessä syksyä kohti. Pitoisuudet laskivat sekä juurikkaissa että naateissa. Korkea typpilannoitus lisäsi punajuurikkaan nitraattipi-

toisuutta. Kloridi- ja sulfaattilannoitukset eivät vaikuttaneet nitraattipitoisuuksiin toista näytteenottokertaa lukuun ottamatta. Silloin kloridikäsittelyt vähensivät nitraatin kertymistä punajuurikkaaseen.

Korkea typpilannoitus laskee kuiva-ainepitoisuuksia. Myös kloridilannoitus verrattuna sulfaattilannoitukseen laskee kuiva-ainepitoisuutta. Korkea typpilannoitus lisäsi punajuurikkaan satoa selvästi. Varastoinnissa runsaasti typpeä saaneet juurikkaat säilyivät hieman huonommin kuin alhaisen typpilannoituksen juurikkaat. Kloridilannoitus nosti jonkin verran tuoretta naattisatoa.

ENGLISH SUMMARY

High nitrate levels in human food are undesirable. In the Finnish diet vegetables are the main source of nitrate, with beetroot, lettuce, radish and spinach often accumulating nitrate at rates over 2500 mg/kg FW.

Accumulation of nitrate is dependent on the genetic makeup of the plant, its environmental conditions, and the nutrient supply of the soil. High nitrate-supplying power of the soil causes nitrate accumulation. Chloride in the soil is, however, antagonistic to nitrate uptake and has on some occasions reduced nitrate accumulation.

The pot experiment using an organic soil was carried out in summer 1989 to investigate the effects of different nitrogen and chloride fertilizer levels on the nitrate content of beetroot. Yield, juice and dry matter content of beetroot were also determined. Nitrogen fertilizer levels were 0, 250, 500, 750 and 500 + 250 mg/kg soil, and ammonium nitrate was used. Chloride was used at 0, 250 and 500 mg/kg soil as sodium chloride. Treatments without sodium chloride contained equal amounts of sodium as sodium sulphate.

The highest nitrate concentrations were measured towards the middle of the growing season, in the pots to which high amounts of nitrogen had been added. When nitrogen fertilization was high, the highest sodium chloride fertilization decreased nitrate accumulation in beetroots more than did the highest sodium sulphate addition. When nitrogen fertilization was low, chloride had no effect on nitrate concentrations. Sodium fertilization increased nitrate accumulation. High sodium sulphate fertilization, in particular, increased soil electrical conductivity (EC), which can explain high nitrate accumulation in the plant.

Nitrate concentrations were very low in the yield, and there were no differences between plants receiving chloride or sulphate. When chloride was used, both the shoot and the root yields were high. Chloride fertilization had no effect on dry matter or juice content, whereas nitrogen fertilization decreased dry matter content.

The field experiment was carried out during the growing season 1990. Potassium chloride and potassium sulphate were compared at nitrogen fertilizer levels of 100 and 200 kg/ha. Soil samples were analyzed for soil nutrient levels of ammonium, nitrate and chloride. Plant samples were analyzed for nitrate, and dry matter content.

During the sampling period the nitrate content in plants decreased significantly over time. High nitrogen fertilization increased nitrate accumulation. Chloride and sulphate fertilizations had no clear effect on nitrate accumulation, with the exception of the second plant sampling, in which chloride treatments decreased nitrate accumulation about 20 %.

High nitrate fertilization caused low dry matter content, and chloride fertilization also decreased dry matter content. The yield of beetroot was high with a high nitrogen supply. The storability of roots with a high nitrogen supply was slightly less than that of roots with lower supply. Chloride fertilization increased fresh shoot yield.

The nitrogen fertilization of beetroot should be rather low in order to keep nitrate content low. In these experiments chloride fertilization compared with sulphate had no significant effect on either beetroot yield or quality. The advantages of potassium chloride were low price, possible yield increase and possible decrease in nitrate accumulation. The disadvantage is associated with decrease in dry matter content, which may cause problems in storability, although these problems were not found in the experiment.

Because nitrate content of roots falls during the growing season, nitrate content may be a problem in beetroot used for early marketing in summer. Then chloride could decrease nitrate uptake if the soil contains nitrogen also in ammonium. This situation is possible in peat soils because of nitrogen mineralization, and in other soils if split application with ammonium-nitrogen is used.

I JOHDANTO

Ravinnoksi käytettävien kasvien korkeat nitraattipitoisuudet ovat terveydelle haitallisia. Nitraatti voi muuttua elimistössä nitriitiksi, joka heikentää punasolujen hapen kuljetusta, ja N-nitrosoyhdisteiksi, joilla epäillään olevan ainakin karsinogeenisia vaikutuksia (ELINKEINOHALLITUS 1983).

Nitraatin kertymiseen kasviin vaikuttavat perintötekijät, kasvukauden sääolot ja kasvualustan ravinnepitoisuus (MAYNARD ym. 1976). Riittävä valon määrä pitää nitraattipitoisuuden yleensä alhaisena. Kasvualustan ravinteista suurin merkitys nitraatin kertymiseen on typellä. Kloorin vaikutusta nitraatin kertymiseen on tutkittu runsaasti viime vuosina, koska kloridin tiedetään kilpailevan nitraatin kanssa pääsystä kasviin. Kloridilannoitus onkin alentanut pinaatin ja keräsalaatin nitraatin kertymistä sekä kasviuoneviljelyssä että pelto-oloissa (HÄHNDEL ja WEHRMANN 1986 b). Kloridin käytöllä saatu nitraattipitoisuuden aleneminen on kuitenkin ollut usein vaihteleva ja yhdistynyt toisinaan satotappioihin (ROORDA van EYSINGA 1984, BURGHARDT ja ELLERING 1988).

Maatalouden tutkimuskeskuksen maanviljelyskemian ja -fysiikan tutkimusalalla tehtiin vuosina 1989 astiakoe ja 1990 kenttäkoe, joissa tutkittiin kloridilannoituksen vaikutusta punajuurikkaan eli punajuuren (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) nitraattipitoisuuteen ja satoon eri typpilannoituksilla.

II KIRJALLISUUSOSA

1 TYPPIYHDISTEIDEN TERVEYSHAITAT

Nitraatti itsessään ei ole kovin myrkyllinen ihmiselle. Sen haitallinen vaikutus perustuu muuttumiselle nitriitiksi. Nitriitti on haitallinen ihmiselle, koska se voi muuttaa veren hemoglobiinin methemoglobiiniksi, joka ei pysty kuljettamaan happea. Nitriitti voi myös reagoida amiinien, amidien, alkyyliurean tai peptidisidosten kanssa, jolloin voi muodostua N-nitrosoyhdisteitä (ELINKEINOHALLITUS 1983).

N-nitrosoyhdisteet voivat aiheuttaa syöpää, perimävaurioita ja sikiöepämuodostumia. CRADDOCKin (1990) mukaan ruokavalio voi säädellä nitrosoamiinien synteesiä ja vähentää muodostuneiden yhdisteiden karsinogeenisuutta, mutta toisaalta ravinto voi myös olla nitrosoamiinien, amiinien ja nitriitin lähde.

Maailman terveysjärjestö (WHO) on määritellyt hyväksyttävän päivittäisen saannin eli ADI-arvon (Acceptable Daily Intake) vain ruokaan lisäaineena lisätylle nitraatille ja nitriitille. Kalium- ja natriumnitraatin ADI-arvo on 0–5 (nitraattina 0–3,65) mg henkilön painokiloa kohti ja kalium- ja natriumnitriitin 0–0,2 mg (ELINKEINOHALLITUS 1983). ADI-arvoon eivät sisälly ruoan luonnolliset nitraatit ja nitriitit. ADI-arvoa pidetään kuitenkin yleisesti sopivana mittarina nitriitin ja nitraatin hyväksyttävälle kokonaissaannille (CORRE ja BREIMER 1979).

PENTTILÄ ym. (1990) ovat arvioineet suomalaisten saavan ravinnostaan 55 mg nitraattia ja 1,88 mg nitriittiä päivässä. Lasten nitriitin saanti on 1,07 mg päivässä. Nitraatista saadaan 80 % vihan-

neksista ja nitriitistä 97 % lihasta. Nitraattia ja nitriittiä lisätään lihavalmisteisiin ruokamyrkytyksiä aiheuttavien bakteerien torjumiseksi. Verrattaessa nitraatin ja nitriitin saantia ADI-arvoon saadaan nitraatin osuudeksi 25 % ja nitriitin 23 % ADI-arvosta.

2 NITRAATTI KASVISSA

Ravintona käytettävien kasvien nitraattipitoisuudet vaihtelevat suuresti sekä lajien välillä että sisälläkin. Nitriittiä tai N-nitrosoyhdisteitä kasveissa on yleensä hyvin vähän. Koska ravintotuotteiden jalostus ja käsittely laskevat nitraattipitoisuutta, suurimmat pitoisuudet syötävistä tuotteista löytyvät tuoreista vihanneksista. Säilytyksen aikana nitraattia voi muuttua nitriitiksi bakteerien tai kasvin nitraattireduktaasin vuoksi (CORRE ja BREIMER 1979).

Maailmassa on todettu muutamia kymmeniä vihannesten aiheuttamia nitraattimyrkytyksiä, ja niistä useissa syynä on ollut tuoreesta pinaatista tai porkkanasta valmistettu vauvanruoka, jota on säilytetty pakastamatta vähintään yksi vuorokausi (MAYNARD ym. 1976). Kaikki muutkin vihannesten aiheuttamat myrkytystapaukset on todettu alle 1-vuotiailla (MAYNARD ym. 1976).

Taulukko 1. Vihannesten nitraattirajoituksia (SCHARPF 1991).

Table 1. Nitrate limits of different vegetables of some countries (SCHARPF 1991).

Tuote Product	Venäjä Russian		Saksa Germany	Hollanti Holland	Itävalta Austria	Sveitsi Switzerland
	avomaa outdoor	kasvihuone glasshouse	(mg NO ₃ /kg tuoretta ainetta / fresh matter)			
salaatti lettuce	2000	3000	3000	3000(s) 2500(1992) 4500(w) 3500(1995)	3000(s) 4000(w)	3500-4000
jäävuorisalaatti crisphead lettuce				3000(s) 4500(w)	3000(s) 4000(w)	
maissisalaatti corn salad			2500			3500
pinaatti spinach	2000	3000	2000	3500 2500(1995) 4500(w)	2000(<7) 3000(<7)	3500
punajuuri red beet	1400		3000	3500(7-3) 4000(4-6)	3500(s) 4500(w)	3000
retiisi radish			3000		3500(s) 4500(w)	
endiivi endive				3000(s)	2500(s)	
kaali cabbage	900(s) 500(w)			1500	875	
porkkana carrot	400(s) 250(w)			1500		
vauvanruoka baby food			250	250	250	

s=kesä (summer); w=talvi (winter); <7=sato ennen heinäkuuta (harvest till June); >7=sato heinäkuun jälkeen (harvest from July); 7-3=heinäkuusta maaliskuuhun (July till March); 4-6=huhtikuusta kesäkuuhun (April till June).

Euroopassa on annettu jonkin verran raja-arvoja tai suosituksia tuoreiden vihannesten nitraattipitoisuuksille (Taulukko 1). Raja-arvot ovat kuitenkin viranomaisten laatimia ja niiden perusteet ovat epämääräisiä. Ruokateollisuus, joka valmistaa vauvanruokaa ja erikoistuotteita, joutuu kuitenkin ottamaan raja-arvot vakavasti.

3 NITRAATIN KERTYMISEN SYYT

3.1 Perinnölliset tekijät

Kasvilajien välillä on nitraatin kertymisessä selviä eroja. CORRE ja BREIMER (1979) jakoivat vihannekset viiteen luokkaan niiden nitraattipitoisuuksien tavallisten ylärajojen mukaan (Taulukko 2).

Kasvilajien eri lajikkeiden välillä on todettu selviä eroja nitraattipitoisuuksissa ainakin pinaatilla (MAYNARD ja BARKER 1972), keräsalaatilla (BEHR ja WIEBE 1988) ja retiisillä (NIEUWHOF ja GIESEN 1988). Havaittavia, kuitenkin suhteellisen pieniä lajike-eroja on todettu kauralla, maissilla, sokerijuurikkaalla, yksivuotisella raiheinällä, timoteilla ja puuvillalla (MAYNARD ym. 1976).

Lajien ja lajikkeiden väliset erot nitraatin kertymisessä voivat johtua useista eri syistä. Juurten nitraatin oton tehokkuus voi vaihdella, samoin kuin assimilatio ja nitraatin kuljetus pelkistymispaikoille. BEHR ja WIEBE (1988) ovat havainneet salaattilajikkeiden välillä eroja siinä, miten tehokkaasti orgaaniset anionit ja kloridi pystyvät korvaamaan nitraattia osmoottisissa tehtävissä. He otaksuvat myös lajikkeiden, jotka keräävät vain vähän nitraattia, olevan tehokkaita fotosynteesissään. Näin nämä lajikkeet saavuttavat korkean sokeripitoisuuden, joka johtaa malaatti- ja

Taulukko 2. Vihannesten luokittelu tuoreen aineksen nitraattipitoisuuden mukaan (CORRE ja BREIMER 1979).

Table 2. Classification of vegetables according to nitrate content of the fresh product (CORRE and BREIMER 1979).

Nitraattipitoisuuden yleinen yläraja – Common upper limit of the nitrate content		
mg NO ₃ /kg tuoretta ainesta – mg NO ₃ /kg fresh matter		
(mg NO ₃ -N/kg tuoretta ainesta – mg NO ₃ -N/kg fresh matter)		
1.	< 200 (< 46)	Papu, herne, paprika, parsi, peruna, salaattisikuri, tomaatti <i>Garden pea, bean, sweet pepper, asparagus, potato, chicory, tomato</i>
2.	200–500 (45–115)	Kukkakaali, kurkku, lanttu, meloni, parsakaali, sipuli <i>Cauliflower, cucumber, turnip, melon, broccoli, onion</i>
3.	500–1000 (115–230)	Juuripersilja, keräkaali, kurpitsa, kurtukaali, lehtikaali, porkkana, punakaali <i>Parsley (root), cabbage (white, red and savoy), pumpkin, curly kale, carrot</i>
4.	1000–2500 (230–575)	Kyssäkaali, kähäräpersilja, mukulaselleri, purjo, raparperi, suippokaali <i>Turnip cabbage, parsley (leaves), celeriac, leek, rhubarb, cabbage (oxheart)</i>
5.	> 2500 (> 575)	Lehtiselleri, pinaatti, punajuurikas, retiisi, salaatti <i>Celery, spinach, beetroot, radish, lettuce</i>

kloridikonsentraatioiden nousuun ja samalla nitraatin tarve osmoottisen potentiaalin ylläpitoon vähenee. Myös HUCKLESBY ja BLANKE (1987) ovat arvioineet nitraatin kertymisen riippuvan fotosynteesin tehokkuudesta eri lajien välillä verrattaessa pinaattia esim. kurkkuun ja tomaattiin.

ROORDA van EYSINGA (1984) korostaa jalostuksen mahdollisuuksia laskea nitraatin kertymistä. Keräsalaatin nitraattipitoisuutta on kuitenkin ollut vaikea saada alhaiseksi ilman sadon laadun heikkenemistä (BENOIT ja CEUSTERMANS 1989). NIEUWHOF ja GIESEN (1988) arvelevat jalostuksen avulla voitavan laskea retiisin nitraattipitoisuus alle 2000 mg tuorepainokiloa kohti. Ongelmana on toistaiseksi ollut heikko periytyvyys.

3.2 Kasvin eri osat

Nitraatti ei ole jakautunut kasvissa tasaisesti vaan se kerääntyy tiettyihin osiin. MAYNARD ym. (1976) ovat eri lähteiden perusteella todenneet nitraattipitoisuuden kasvavan kasvissa yleensä järjestyksessä kukat, hedelmät/jyvät, lehdet, juuret ja lehtiruodit tai varsi. Kasvin samoista osista nitraattia sisältävät eniten vanhimmat osat (MAYNARD ym. 1976).

Kasvinosien sisäistä nitraattipitoisuuksien jakautumista on tutkittu myös jonkin verran. Retiisin juurikkaan nitraattipitoisuudet ovat suurimmat juurikkaan päissä (NIEUWHOF ym. 1988). PECHOVAN ym. (1990) mukaan porkkanan nitraattipitoisuudet ovat korkeimmat ytimessä ja ylemmässä kolmanneksessa. Saman tutkimuksen mukaan salaatin sisus sisältää vain noin puolet uloimpien eli samalla vanhimpien lehtien pitoisuuksista. KALLION ym. (1982) mukaan punajuurikkaan nitraattipitoisuus lisääntyy pinnasta ytimeen päin, ja juurikkaan kärjen pitoisuus on suurempi kuin juurikkaassa keskimäärin.

3.3 Valo

Valon määrä on paljolti syynä päivän ja vuodenaikojen välisiin nitraattipitoisuuksien eroihin. MENGELIN ja KIRKBYN (1987, p.177) mukaan nitraatin pelkistyksen nopea heikkeneminen pimeässä johtuu pelkistysvoiman eli NADH:n puutteesta. STEINGRÖVER ym. (1986 b) ovat todenneet, että valossa kasvit siirtävät vakuoleihin varastoimaansa nitraattia solulimaan, jossa pelkistyminen tapahtuu. Pimeässä kasvi puolestaan ottaa nitraattia osmoottisiin tarpeisiinsa, koska orgaanisista anioneista on puutetta. Lisäksi vakuoleihin varastoituneita anioneja käytetään yön aikana aineenvaihdunnassa, jolloin nitraatti korvaa vakuoleista poistuvat anionit (STEINGRÖVER ym. 1986 a).

Nitraattikonsentraatio on suurimmillaan aamulla, koska yöllä otto on jatkunut, mutta pelkistymistä ei ole tapahtunut. Päivän kuluessa nitraattipitoisuus laskee pelkistymisen myötä. Punajuurikkaalla tämän ovat todenneet MINOTTI ja STANKEY (1973) ja Suomen olosuhteissa KALLIO ym. (1984), jotka havaitsivat vaihtelun olevan lehdissä juurikasta suuremman ja vähenevän syksyllä kasvun pysähtyessä. Tämä saattaa selittää sen, ettei retiisisadon nostaminen aamulla tai iltapäivällä vaikuttanut nitraattipitoisuuksiin (NIEUWHOF ym. 1988). Valon merkitys salaatin ja muiden runsaslehtisten kasvien nitraattipitoisuuksiin on erityisen suuri (ROORDA van EYSINGA 1984).

Verrattaessa valon intensiteettejä $1,08 \times 10^4$ ja $3,23 \times 10^4$ lux saatiin korkeammalla intensiteetillä selvästi matalampia nitraattipitoisuuksia (CANTLIFFE 1973). Kesällä valon korkea intensiteetti ja suuri kokonaismäärä johtavat kevättä ja etenkin talvea matalampiin nitraattipitoisuuksiin.

3.4 Lämpötila, hiilidioksidi ja kosteus

Lämpötilan vaikutusta nitraatin kertymiseen on MAYNARDin ym. (1976) mukaan vaikea määrittää, koska se vaikuttaa nitraatin ottoon, kuljetukseen ja assimilatioon. Lisäksi yhteisvaikutukset valon, kosteuden ja typhen saatavuuden kanssa ovat moninaiset.

MINOTTI ja STANKEY (1973) arvioivat matalan yölämpötilan vähentävän enemmän nitraatin assimilatiota kuin ottoa kasviin. Korkeat ilman ja ravinneliuksen lämpötilat ovat aiheuttaneet korkeita salaatin nitraattipitoisuuksia kasviuoneissa (van der BOON ym. 1988, 1990).

Ravinneliukseen lisätty hiilidioksidi on laskenut vain muutamissa tapauksissa salaatin nitraattipitoisuutta (BENOIT ja CEUSTERMANS 1989). Hiilidioksidin puuttuminen ilmasta estää nitraatin pelkistymisen pinaatissa täysin (KAISER ja FÖRSTER 1989). Heidän kokeessaan veden puute vähensi nitraatin pelkistymistä, koska ilmaraot sulkeutuivat ja hiilidioksidia ei päässyt kasviin. Kuivuus laskee sekä nitraatin assimilatiota että fotosynteesiä ennen kuin nitraatin otto vähenee, mikä johtaa kohonneisiin nitraattipitoisuuksiin (MAYNARD ym. 1976). Kuivuus voi johtaa laidunkasveissa karjalle myrkyllisiin nitraattikonsentraatioihin (MAY ym. 1990). Jos ilman kosteus on niin korkea, että haihdutusvirtaus estyy, nitraatin pelkistys hidastuu ja pitoisuus lisääntyy (MAYNARD ym. 1976).

3.5 Maan typpitaso

3.5.1 Nitraatti ja ammonium

Pelto-oloissa ammoniumpohjaiset lannoitteet antavat yleensä hieman pienempiä nitraattipitoisuuksia kuin nitraattipohjaiset. PECK ym. (1971) saivat kaliumnitraatilla kaksinkertaisen pinaatin nitraattipitoisuuden verrattuna ammoniumnitraattiin ja ureaan. Punajuurikkaan ollessa koekasvina ammoniumnitraatti ja urea eivät vaikuttaneet nitraattipitoisuuteen merkittävästi. Pelto-olosuhteissa ammoniumlannoitteiden nitraattia vähentävä vaikutus menetetään nopeasti nitrifikaation vuoksi.

Vesiviljelytekniikalla voidaan ammoniumia ja nitraattia verrata keskenään helposti ja etsiä sopivaa ravintoliuosta nitraattipitoisuuksien alentamiseksi. Pelkkä ammoniumravinto johtaa polttovoituksiin ja heikkoihin satoihin (HARWARD ym. 1956, HÄHNDEL ja WEHRMANN 1986 a, BENOIT ja CEUSTERMANS 1989). Ravinneliuos, joka sisältää sekä ammoniumia että nitraattia, tuottaa pienempiä nitraattipitoisuuksia kuin pelkkä nitraattiliuos (van der BOON ym. 1988). Ammoniumpitoisuuden lisääminen viikkoa tai kahta ennen sadonkorjuuta laskee myös tehokkaasti kasvin nitraattipitoisuutta (HÄHNDEL ja WEHRMANN 1986 a, van der BOON ym. 1988).

3.5.2 Nitrifikaatioinhibiittorit

Ammoniumin nitrifioitumista pelto-oloissa voidaan vähentää käyttämällä nitrifikaatiota estäviä aineita. HÄHNDEL ja WEHRMANN (1986 a) saivat ammoniumsulfaatilla ja disyaanidiamidilla 25 % pienempiä nitraattikonsentraatioita pinaatissa ja keräsalaatissa kuin ilman inhibiittoria, mutta toisaalta pinaatin sato laski noin 25 %. Samanlaiseen tulokseen päätyivät pinaatilla BURGHARDT ja ELLERING (1988). Suomessa KALLIO ym. (1980) kokeilivat nitrapyriiniä punajuurikkaan urealannoituksessa onnistuen laskemaan juurikkaan nitraattipitoisuutta. ROORDA van EYSINGA (1984) otaksuu inhibiittoreista olevan hyötyä vain, jos maan alkuperäiset nitraattivarat ovat vähäiset, mikä on todennäköistä vain kevyellä, huuhtoutumiselle alttiilla maalla.

3.6 Maan muiden ravinteiden vaikutus

3.6.1 Makroravinteet

VLADIMIROV (1935) totesi sokerijuurikkaan nitraatin oton lisääntyvän, jos maassa on runsaasti helposti otettavaa kationia kuten kaliumia tai hitaasti otettavaa anionia esim. sulfaattia. Runsas kaliumlannoitus saattaa johtaa nitraatin kertymiseen varsinkin käytettäessä kaliumsulfaattia (CANTLIFFE 1973, BREIMER 1982). Sulfaatin puute voi puolestaan haitata nitraattireduktaasin toimintaa (MAYNARD ym. 1976).

Fosforilla ei näytä olevan merkittävää vaikutusta nitraatin kertymiseen (CANTLIFFE 1973). Kaliumilla ja magnesiumilla ei ole havaittu selvää vaikutusta nitraatin kertymiseen (MAYNARD ym. 1976).

3.6.2 Mikroravinteet

Molybdeeni on nitraattireduktaasin rakenneosa, joten sen puute johtaa nitraattipitoisuuden kasvuun (MERKEL ym. 1975). Boorin (HULEWICZ ja MOKRZECKA 1971) samoin kuin kuparin ja mangaanin puute (HILDEBRANDT 1976) saattavat myös lisätä kasvin nitraattipitoisuutta.

Kloridin nitraatin kertymistä vähentävä vaikutus on tiedetty jo VLADIMIROVIN (1935) sokerijuurikkakokeista lähtien. Sen jälkeen kasvin kloridipitoisuuden nousun aiheuttamaa nitraattipitoisuuden laskua on havaittu ainakin perunalla (HARVARD ym. 1956), pensaspavulla ja tattarilla (BUCHNER 1951), yksivuotisella raiheinällä, pavulla ja tomaatilla (JAMES ym. 1970), pinaatilla ja keräsalaatilla (HÄHNDEL ja WEHRMANN 1986 b) ja punajuurikkaalla (CANTLIFFE ja GOODWIN 1974, NURZYNSKI 1976).

Kloridin arvioidaan korvaavan osittain nitraattia osmoottisen potentiaalın ylläpidossa. Kloridi korvaa vakuoleihin varastoitunutta nitraattia, joka vapautuu sytoplasmaan ja on siellä pelkistettävissä (BLOM-ZANDSTRA 1989). GLASS ym. (1985) tekivät kokeita juurisoluilla ja totesivat kloridi- tai nitraattitason kohoamisen vakuolissa johtavan nitraattikonsentraation nousuun solulimassa, nitraattikuljetuksen lisääntymiseen versoon ja nitraatin ulosvirtaukseen juuresta. ALLEN ja SMITH (1986) otaksuvat kloridin myös osittain korvaavan nitraattia kationien vastaionina ravinteiden kuljetuksessa.

Kloridin käyttö ei ole kuitenkaan ongelmaton. Jotta kloridilannoitus laskisi nitraattipitoisuutta, kasvin on saatava osa tyypestä ammoniumina (van der BOON ym. 1988, 1990). Tällöin kloridi poistaa nitraatin oton vähenemisestä seuranneen anioneiden puutteen. Liiallinen kloridi- ja ammoniumpitoisuus laskevat helposti satoa etenkin kloridinaroilla kasveilla (BUCHNER 1951). Pelto-oloissa kloridimäärän olisi alitettava 150 kg/ha 0–30 cm syvyydessä keräsalaatin ja 300 kg/ha pinaatin viljelyssä taimettumisvaurioiden ehkäisemiseksi (HÄHNDEL ja WEHRMANN 1986 b).

Pinaatin ja keräsalaatin nitraattipitoisuuksia on onnistuttu laskemaan kloridin avulla jopa 50 % (HÄHNDEL ja WEHRMANN 1986 b). Tässä kokeessa saatiin kloridin käytöllä tehostettua tyypen hyväksikäyttöä. Tätä ei ole kuitenkaan onnistuttu toistamaan, ja muissa kokeissa pitoisuudet ovat laskeneet vain noin 15 % (ROORDA van EYSINGA 1984, BURGHARDT ja ELLERING 1988).

3.7 Muut tekijät

Pelto-oloissa on lannoitteen levitystapojen välillä havaittu jonkin verran eroja. Jos typpilannoitus jaetaan usealla levityskerralla ja otetaan samalla huomioon kasvin kasvukauden aikana vaihteleva typen tarve, voidaan vähentää nitraatin kertymistä (van DIEST 1986). Lähellä kasvukauden päättymistä annettu täydennyslannoitus saattaa kuitenkin nostaa sadonnitraattipitoisuutta ilman, että sato lisääntyy (PECK ym. 1974). Lehtilannoituksella sen sijaan tuskin on vaikutusta nitraattipitoisuuden verrattuna muihin lannoitusmenetelmiin (BURGHART ja ELLERING 1986).

Erilaiset kasviin kohdistuvat stressitekijät nostavat helposti nitraattipitoisuutta. Hyönteisvauriot ovat aiheuttaneet nitraatin kertymistä (CANTLIFFE 1973). Rikkakasvien torjunta-aine 2,4-D:llä käsiteltyjen kasvien nitraattipitoisuus nousi huomattavasti, mutta laski neljän päivän kuluttua alkuperäiselle tasolle (HARRADINE 1990).

Juurikasvien nostopäivän aamuna tapahtuva maan kuohkeutus juurten alapuolelta katkaisee juuret, jolloin nitraattia ei enää siirry kasviin mutta pelkistyminen jatkuu illalla tapahtuvaan nostoon asti (MANSS ja MANSS 1990).

Vesiviljelytekniikalla voidaan säädellä ravinneliuoksen johtokykyä. Johtoluvun kohottaminen, kun kaikki liuoksen typpi oli nitraattina, johti nitraattipitoisuuden kasvuun, mutta jos osa typestä oli ammoniumina, johtokyvyn nousulla ei ollut vaikutusta (van der BOON ym. 1988) tai se jopa laski nitraattipitoisuutta (STEENHUIZEN 1987).

4 PUNAJUURIKKAAN LANNOITUS

4.1 Typpilannoituksen vaikutus punajuurikkaan kasvuun ja nitraatin kertymiseen

Typpilannoitusta voidaan pitää tärkeimpänä nitraattipitoisuutta säätelevänä tekijänä (MAYNARD ym. 1976). Nitraattipitoisuus lisääntyy yleensä kertymiselle otollisissa kasveissa kuten punajuurikkaassa lineaarisesti typpilannoituksen noustessa. Kasveilla on ns. kriittinen typpitaso, jonka alapuolella typpi käytetään aineenvaihduntaan ja yläpuolella tyypeä kertyy nitraattina (CANTLIFFE 1972). CANTLIFFEN (1973) mielestä punajuurikkaassa tämä taso on 1,7 % kuiva-aineesta. Maan typpitaso pitäisi kohdistaa niin, että kasvin kriittinen typpitaso tavoitetaan, mutta ei ylitetä.

ROLL-HANSEN (1977) on todennut punajuurikkaan sisältävän tyypeä 2,5–3,0 kg tonnissa tuorepainoa. Monivuotisten Norjassa tehtyjen lannoituskokeiden perusteella hän suositteli punajuurikkaalle tyypeä 150–250 kg/ha. Yhdysvalloissa puolestaan PECK ym. (1971) saivat sadonlisäyksiä runsaasti tyypeä sisältävällä hietamaalla typpilannoitustasolle 225 kg/ha asti. PECK ym:n (1974) mukaan käyttämällä tyypeä 112 kg/ha saatiin riittävän hyviä satoja, joiden nitraattipitoisuus oli alhainen. Englannissa GREENWOOD ja HUNT (1986) määrittivät typen optimimääräksi 184 kg/ha, jolloin keskimääräinen kokonaissato oli 56 tn/ha. Tämän kokeen ravinteiden hyvästä lähtötilanteesta kertoo ilman typpilannoitusta saavutettu 29 tn/ha sato. Englannin ja Yhdysvaltojen lannoitemääriä tarkasteltaessa on huomioitava niiden viljelyalueiden suotuisimmat kasvuolosuhteet Suomeen verrattuna.

Suomessa tehdyissä hietamaan kokeissa saatiin sopivaksi typpilannoitukseksi 60–120 kg/ha (LEHTINEN 1984). Tässä kokeessa sato jo toisinaan laski yli 120 kg/ha lannoituksella. AURAN (1985) kokeessa typpilannoitus 160 kg/ha lisäsi vielä selvästi satoa. VUORINEN ja TAKALA (1987) saivat hienolla hiekkamaalla selvän sadonlisäyksen kohotettaessa typpilannoitusta 60

kg/ha:sta 120 kg/ha:iin, mutta 180 kg/ha typpilannoitus ei enää nostanut satoa merkitsevästi. Kokeissa saadut sadot ovat vaihdelleet runsaasti kasvukauden suotuisuuden mukaan. Pienimmät kokonaissadot ovat noin 20 tn/ha ja suurimmat jopa yli 60 tn/ha.

Pyrittäessä punajuurikkaalla mahdollisimman hyvään satoon Suomen olosuhteissa näyttäisi typpilannoitustarve olevan jonkin verran yli 100 kg/ha. Laatutekijät ja niistä ennen kaikkea nitraattipitoisuus estävät runsaan typpilannoituksen. Nitraatin kertymiseen vaikuttavat hyvin monet seikat, joten liiallista typpilannoitusta on hyvin vaikea arvioida. TAKALA (1983) arvioi 70 kg/ha olevan sopiva typpilannoitus, jos halutaan pitää nitraattipitoisuus alle 710 (nitraattityypinä 160) mg tuorepainokiloa kohti. Kasvukausien ja -olojen aiheuttama vaihtelu on kuitenkin huomattavaa. Esim. AURAN (1985) kokeissa typpilannoitus 80 kg/ha on antanut eri kasvukausina nitraattipitoisuudeksi 470–760 (nitraattityypinä 106–171) mg tuorepainokiloa kohti, VUORINEN ja TAKALA (1987) mittasivat samalla typpilannoituksella 106–910 (nitraattityypinä 24–206) mg nitraattia tuorepainokiloa kohti. LEHTINEN (1984) sai kolmen vuoden kenttäkokeissa nitraattia keskimäärin 1970 (nitraattityypinä 444) mg tuorepainokiloa kohti typpilannoituksen ollessa vain 60 kg/ha.

Kuiva-ainepitoisuus on laskenut typpilannoituksen lisääntyessä (AURA 1985, VUORINEN ja TAKALA 1987). Pienentynyt kuiva-ainepitoisuus ei ole heikentänyt varastointikestävyyttä (AURA 1985).

4.2 Kloridi- ja sulfaattilannoituksen vaikutus punajuurikkaan kasvuun ja nitraatin kertymiseen

ROLL-HANSENIN (1977) mukaan 1000 kg tuoreita punajuurikkaita sisältää 3–4 kg kaliumia. Saman tutkijan mukaan 160 kg/ha kaliumia riittää punajuurikkaan lannoitukseen. GREENWOOD ym. (1980) sitä vastoin saivat kaliumin optimilannoitukseksi vain 87 kg/ha. Suomessa suositellaan punajuurikkaalle kaliumia 40–110 kg/ha maan kaliumpitoisuudesta riippuen (VILJAVUUSPALVELU 1990).

Erilaisia kaliumlannoitteita on vertailtu melko vähän. NURZYNSKI (1976) vertasi turvemaan astiakokeessa kaliumkloridia ja -sulfaattia ja onnistui kaliumkloridin käytöllä laskemaan sadon nitraattipitoisuuksia jopa 90 %. Satoon eri kaliummuodot eivät vaikuttaneet. CANTLIFFE ja GOODWIN (1974) käyttivät hietamaan kenttäkokeessa 0, 112 tai 224 kg/ha typpeä ja 224 kg/ha kaliumia tai natriumia. Kalium ja natrium annettiin joko sulfaattina tai kloridina. Kaliumkloridi alensi hiekan nitraattipitoisuuksia sadonkorjuuaikana, mutta ero oli tilastollisesti merkitsevä vain johtojännteissä. Natrium- tai kaliumlannoituksen muodolla ei ollut vaikutusta satoon.

MAGAT ja GOH (1990) vertasivat mm. kaliumkloridia ja -sulfaattia rehujuurikkaalla (*Beta vulgaris* L.). Kaliumkloridi antoi kaliumsulfaattia korkeamman sadon, kun kaliumkloridia annettiin 755 kg/ha tai vastaavasti kaliumsulfaattia 875 kg/ha. Nitraattipitoisuuksiin kloridilla tai sulfaatilla ei ollut vaikutusta.

III KOKEELLINEN OSA

1 AINEISTO JA MENETELMÄT

1.1 Astiakoe

Astiakoe tehtiin Jokioisissa kesällä 1989. Astiakokeen maalaji oli multamaa, jonka ominaisuudet ovat taulukossa 3. Ennen koekäsittelyjä maa kalkittiin ja siihen lisättiin peruslannoitukseksi PK-lannoitetta (7,0–16,6) 10 grammaa/4 kg maata. PK-lannoitteen muut ravinteet olivat prosentteina seuraavat: N 2,0, Ca 5,4, S 12,0, Mg 2,5, Fe 0,1, Cl 0,7, B 0,15, Cu 0,1, Mn 0,7, Zn 0,1, Mo 0,01, ja Se 0,0016. Lisäksi booria lisättiin 10 mg/4 kg maata. Kasvatusastiaan punnittiin 4 kg maata. Maan tilavuuspaino oli 0,8 kg/l, joten yhteen kasvatusastiaan tuli 5 litraa maata. Kasvatusastiana olivat 6 litran muoviämpärit.

Taulukko 3. Astiakoemaan ominaisuudet.

Table 3. Characteristics of experimental soil in the pot experiment.

Org. hiili (C) / Organic carbon (C), %	15,3
Kivennäisaineksen lajitekoostumus	
Particle size distribution	
< 2 µm, %	81
2-20 µm, %	10
> 20 µm, %	9
pH _w .	5,4
EC, 10 × mS/cm	1,1
Helppoliukoiset ravinnemäärät	
Contents of easily soluble nutrients	
P, mg/l	8,2
K, mg/l	403
Ca, mg/l	2710
Mg, mg/l	294
B, mg/l	0,6

Taulukko 4. Astiakokeen koekäsittelyt.

Table 4. Fertilization treatments in the pot experiment.

Typpilannoitus mg/kg maata		Kloridi- ja sulfaattilannoitus mg/kg
Nitrogen fertilization mg/kg soil		Chloride and sulphate fertilization mg/kg soil
N ₀	0	S ₁₁₃ (Na 163 mg, S 113 mg)
N ₂₅₀	250	S ₂₂₅ (Na 325 mg, S 225 mg)
N ₅₀₀	500	Cl ₂₅₀ (Na 163 mg, Cl 250 mg)
N ₇₅₀	750	Cl ₅₀₀ (Na 325 mg, Cl 500 mg)
N ₅₀₀₊₂₅₀	500 + 250 mg	

Varsinaiset koekäsittelyt ilmenevät taulukosta 4. Osaruutukokeen mukaisessa koemallissa typpi-käsittelyt olivat pääruuduissa ja kloridikäsittelyt osaruuduissa. Typpi annettiin ammoniumnitraat-tina ja kloridikäsittelyt natriumkloridina. Samat natriummäärät annettiin natriumsulfaattina astioi-hin, jotka eivät saaneet natriumkloridia.

Kasvatusastiaan kylvettiin 20 siementä ja ne peitettiin kahden sentin maakerroksella. Käytetty lajike oli Little Ball SG. Viikko taimettumisen jälkeen astian taimet harvennettiin kahteentoista kappaleeseen. Kasteluun käytettiin deionisoitua vettä kerran tai kahdesti päivässä.

Ensimmäiset kasvinäytteet otettiin harventamalla astian kahdestatoista taimesta kuusi kappaletta näytteeseen 54 vrk kylvön jälkeen. Toinen näytteenotto tehtiin 80 vrk kylvön jälkeen korjaamalla yksi kerranne kokonaisuudessaan. Loput neljä kerrannetta korjattiin 96 vrk kylvön jälkeen.

Naatti- ja juurikassadot punnittiin. Juurikkaat hienonnettiin ja pakastettiin (-20 °C) laboratorioanalyysijä varten. Nitraattipitoisuus määritettiin Orion-elektrodilla (AURA 1985). Mehupitoisuus määritettiin erottamalla mehu juurikkaista mehulingolla. Kuiva-ainepitoisuuden määrittämisessä näytteet kuivattiin ensin 48 tuntia 60 °C:ssa ja sen jälkeen 105 °C:ssa, kunnes paino ei enää laskenut (virallisissa lajikekokeissa käytetty menetelmä). Maan johtokyky määritettiin kasvukauden jälkeen, jotta saatiin selville lannoituskäsittelyjen vaikutus maan suolapitoisuuteen.

Tulosten tilastollinen käsittely suoritettiin varianssianalyysillä ja Tukeyn HSD-testillä, jolla etsittiin merkitsevät erot ryhmien keskiarvojen välille (STEEL ja TORRIE 1981, RANTA ym. 1989).

1.2 KENTTÄKOE

1.2.1 Koejärjestelyt

Yksivuotinen kenttäkoe perustettiin keväällä 1990. Koekenttä sijaitsi Jokioisissa Ojaisten pelto-lohkolla ja oli kooltaan 20×50 m². Kentän maalaji oli pääosin hiuesavea, ja ravinnepitoisuudet olivat viljavuuslukujen perusteella vähintään tyydyttäviä (Liite 1).

Kenttäkoe perustettiin osaruutukokeeksi, jossa pääruutuna oli typpilannoitus ja osaruutuna kloridi- tai sulfaattilannoitus. Koekenttä muodostui neljästä kerranteesta. Pääruutujen typpilannoitus annettiin oulunsalpietarina (ammoniumnitraattina), ja typpitasot olivat 100 kg/ha (N100) ja 200 kg/ha (N200). Typpilannoitus jaettiin kahteen osaan, jotta kasveilla olisi maassa saatavilla pitemmän aikaa ammoniumia. Van der BOONin ym. (1988) mukaan kloridi vähentää nitraatin kertymistä vain ammoniumia sisältävässä kasvualustassa.

Taulukko 5. Koekäsittelyjen ravinne määrät.

Table 5. Fertilizations of the field experiment.

	Ravinnetta/Nutrient	kg/ha	Lannoitetta/Fertilizer	kg/ha
N ₁₀₀	70 + 30 N		Oulunsalpietari/Ammoniumnitrate limestone	255 + 110
N ₂₀₀	140 + 60 N		Oulunsalpietari/Ammoniumnitrate limestone	510 + 230
S ₄₄	100K + 44 SO ₄ -S		Kaliumsulfaatti/Potassiumsulfate	240
S ₈₈	200K + 88 SO ₄ -S		Kaliumsulfaatti/Potassiumsulfate	480
Cl ₉₅	100K + 95 Cl		Kaliumkloridi/Potassiumchloride	200
Cl ₁₉₀	200K + 190 Cl		Kaliumkloridi/Potassiumchloride	400

Osaruututekijöinä olivat kaliumsulfaattitasot 240 kg/ha (S₄₄) ja 480 kg/ha (S₈₈), sekä kaliumkloriditasot 200 kg/ha (Cl₉₅) ja 400 kg/ha (Cl₁₉₀). Käytetyillä kaliumkloridimäärillä Cl₉₅-ruudut saivat kloridia 95 kg/ha ja Cl₁₉₀-ruudut 190 kg/ha. Kaliumsulfaattia käytettiin siten, että kaliumia tuli sulfaattiruuduille sama määrä kuin kloridiruuduillekin (Taulukko 5). Varsinaisten lannoitus-

käsittelyjen lisäksi kentälle levitettiin 200 kg/ha kaksoissuperfosfaattia. Viljavuusmäärittystulosten (Liite 1) perusteella muuta lannoitusta ei pidetty tarpeellisena maan hyvän ravinnetilan vuoksi (VILJAVUUSPALVELU 1990). Lannoitteet levitettiin pintaan ja ne sekoittuivat maahan äestyksen yhteydessä.

Osaruudun leveys oli kaksi metriä ja siinä oli neljä taimiriviä. Pituus oli kahdeksan metriä, josta varattiin kaksi metriä kummastakin päästä näytteiden ottoon ja keskeltä neljä metriä satoa varten. Näytteiden ottoon ja sadonkorjuuseen käytettiin vain keskirivejä.

Kylvö tehtiin 18.5. Nipex-kylvökoneella. Kylvötiheydeksi pyrittiin saamaan 50 kpl/m, mutta osittain kylvöstä tuli tiheämpi. Käytetty lajike oli Little Ball.

Punajuurikas itää alhaisissakin lämpötiloissa, mutta tällöin sen itämisaika on pitkä (SUHONEN 1984). Kokeen taimettuminen olikin aluksi viileydestä johtuen ja sään lämmentyä kuivan kylvöalustan takia hidasta. Taimettumisen parantamiseksi kentälle annettiin 5.6. ja 13.6. molemmilla kerroilla noin 10 mm:n sadetus. Kasvustot harvennettiin 25–26.6. neljän sentin taimiväliin.

Peltoluteita torjuttiin dimetooattivalmisteella (Roxion) 31.5., 8.6. ja 11.6. Rikkakasveja vastaan käytettiin fenmedifaamia (Kemifam) 15.6.

Heinäkuun aikana typpilannoitusten välillä oli nähtävissä selvä ero, runsas lannoitus antoi nopean ja rehevän kasvun. Jonkin verran kasvustoissa oli havaittavissa juurikaskärpäsen ja *Ramularia*-laikkutaudin aiheuttamaa vioitusta. Kasvustoille annettiin täydennyslannoitus eli 110 tai 230 kg/ha oulunsalpietaria 24.7.

Sato korjattiin 28.8., jotta juurikkaat eivät kasvaisi liian suuriksi. Myös nostoajankohtana typpilannoitusten välinen ero oli näkyvissä.

Varastointikoe tehtiin reiällisissä muovisäkeissä. Varaston lämpötila oli +1 °C ja suhteellinen kosteus 95 %.

1.2.2 Näytteenotto

Kasvukauden aikana otettiin maanäytteitä maan mineraalityppi- ja kloridipitoisuuksien seuraamiseksi. Kasvustonäytteitä otettiin juurikkaiden ja naattien nitraatti- ja kuiva-ainepitoisuuksien muutoksien selvittämiseksi.

Maanäytteet otettiin halkaisijaltaan 20 mm:n maanäytekairalla. Yhdestä ruudusta otettiin kahdeksan pistoa muokkauskerroksen syvyyteen eli noin 25 cm:iin. Maanäytteitä otettiin kaikista kerranteista 29.5., 3.8., 17.8. ja 6.9. Lisäksi otettiin III ja IV kerranteesta maanäytteet 23.7. ja 12.10.

Kasvustonäytteitä otettiin yhteensä seitsemän kertaa. Ajankohdat olivat 18.7., 1.8., 8.8., 15.8., 23.8., 28.8. ja 13.9. Tavoitteena oli seurata nitraattipitoisuuden muutoksia viikon välein, kun juurikkaat olivat kasvaneet halkaisijaltaan yli 2 cm:n suuruisiksi. Ensimmäinen näytteenottokerta 18.7. sisälsi vain III ja IV kerranteen, koska ainoastaan niiden juurikkaat olivat riittävän isoja.

Punajuurikkaat haettiin kentältä aamupäivän aikana. Naatit irrotettiin juurikkaista, punnittiin tuoreena ja kuivattiin 60 °C:ssa, kunnes kosteus oli poistunut. Sen jälkeen naatit punnittiin ja varas-

toitiin nitraattimääritystä varten. Juurikkaat pestiin näytteenottopäivänä ja säilytettiin yön yli kylmähuoneessa.

Seuraavana päivänä pääjuurten kärjet poistettiin juurikkaista, ja juurikkaat hienonnettiin vihannesmyllyssä. Juurikkaita, joiden halkaisija oli alle 3 cm, ei käytetty määrittäisiin, koska haluttiin selvittää hyödynnettäväksi kelpaavien juurikkaiden ominaisuuksia.

Satotulosten avulla tutkittiin eri lannoituskäsittelyjen vaikutusta sadon määrään ja laatuun. Netto-ruutuna olleet keskirivien 2×4 m korjattiin 28.8. Naateista otettiin kasvustonäyte (VI) kuiva-ainepitoisuuden ja nitraatin määritystä varten.

Nostoa seuraavana päivänä juurikkaat seulottiin alle 4 cm, 4–8 ja yli 8 cm:n luokkiin. Pyöreämuotoinen punajuuri on I luokkaa, kun sen halkaisija on 4–8 cm. Kunkin luokan painot punnittiin, ja I luokan juurikkaista otettiin kasvustonäyte (VI), joka hienonnettiin ja pakastettiin nitraattimääritystä varten. Jäljelle jääneiden punajuurien annettiin hieman kuivahtaa verkkosäkeissä, minkä jälkeen ne siirrettiin takaisin muovisäkkeihin varastointikoetta varten. Varastoidut punajuurikkaat eroteltiin terveisiin ja pilaantuneisiin 8.3.1991.

1.3 Laboratoriotutkimukset

Vihannesmyllyllä hienonnettua juurikasnäytettä punnittiin nitraattipitoisuuden määrittäystä varten 20 g. Näyte uutettiin 100 ml:lla uuttonestettä, jona käytettiin $10,00 \text{ g Al}(\text{SO}_4)_3 \times 16 \text{ H}_2\text{O}$ ja 1 g $\text{Ag}(\text{SO}_4)_3$ yhdessä litrassa deionisoitua vettä. Alumiinisulfaattia käytettiin orgaanisten happojen saostamiseksi ja suolapitoisuuden vakioimiseksi ja hopeasulfaattia kloridin saostamiseksi (AURA 1985). Uuttonesteen ja näytteen seosta sekoitettiin Bamix-tehosekoittimessa minuutin ajan, jonka jälkeen suspensio suodatettiin Schleicher & Schuell 595 suodatinpaperin läpi. Saadusta tummanpunaisesta suodoksesta määritettiin nitraattipitoisuus Orion-elektrodilla käyttäen standardisarjaa, jossa oli 1, 10, 100 ja 1000 ppm nitraattityyppiä.

Nitraattimääritystä varten kuivatut naatit jauhettiin yhden millimetrin seulan läpäiseviksi ja otettiin kahden gramman näyte, joka uutettiin 100 millilitraan uuttonestettä ja mitattiin samalla tavalla kuin juurikasnäyte (ORION 1978).

Tässä tiedotteessa nitraattipitoisuudet on yleensä esitetty nitraattina. Toinen yleisesti käytetty tapa on esittää pitoisuudet nitraattityyppinä. Kertoimia nitraattiarvojen muuttamiseksi esitetään taulukossa 6.

Taulukko 6. Kertoimia erilaisten nitraattilaatujen muuttamiseksi nitraattityypeksi tai nitraatiksi.

Table 6. Multiplication factors for the conversion of nitrogenous substances.

$\text{NO}_3\text{-N-pitoisuus/content}$	$= 0,23 \times \text{NO}_3\text{-pitoisuus/content}$
$\text{NO}_3\text{-N-pitoisuus/content}$	$= 0,16 \times \text{NaNO}_3\text{-N-pitoisuus/content}$
$\text{NO}_3\text{-pitoisuus/content}$	$= 4,43 \times \text{NO}_3\text{-N-pitoisuus/content}$
$\text{NO}_3\text{-pitoisuus/content}$	$= 0,73 \times \text{NaNO}_3\text{-pitoisuus/content}$

Juurikkaiden kuiva-ainepitoisuuden määrittystä varten punnittiin kuiva-ainemaljoihin nitraattimäärityksen yhteydessä näytteen riittävyuden mukaan 20–70 g hienonnettua ainesta, jota kuivatettiin 60 °C:ssa kunnes paino ei enää muuttunut. Naattien kuiva-ainepitoisuus määritettiin kuivamalla ne lämpökaapissa 60 °C:ssa.

Mineraalityppi- ja kloridimääritystä varten kasvukauden aikana otetut maanäytteet hienonnettiin edustavan laboratorionäytteen saamiseksi. Näytteestä punnittiin 100 g mineraalityppi- ja 40 g kuiva-ainemääritystä varten.

Mineraalityypimääritystä varten 100 g maata huiskutettiin yli yön 250 ml:ssa kaksi molaarista kaliumkloridia. Sen jälkeen suspensio suodatettiin ja suodoksesta määritettiin nitraatti- ja ammoniumtyppi Skalar-autoanalysaattorilla. Menetelmää on käyttänyt mm. ESALA (1991). Kuiva-ainemäärityksen maa pidettiin yön yli lämpökaapissa 105 °C:ssa.

Kloridimääritystä varten maata punnittiin 50 g koeputkeen, lisättiin 100 ml deionisoitua vettä, huiskutettiin 2 tuntia, sentrifugoitiin (15 min, 2500 r/min) ja liuos erotettiin dekanterilasiin mitausta varten. Mittaus tehtiin Orion 94-17 -elektrodilla (ORION 1983).

1.4 Tulosten käsittely

Kasvustonäytteiden tarkastelussa keskityttiin 1.8.–13.9. otettuihin näytteisiin (II–VII). I näytettä, joka sisälsi vain kaksi kerrannetta, tarkastellaan vain yksittäisenä näytteenä, ja sitä ei oteta huomioon monimuuttuja-analyysissä. Myöskään tuloksia esittävissä kuvissa ei esitetä I näytettä sen muita kasvustonäytteitä huonomman luotettavuuden takia.

Tyyppi- ja kloridilannoituskäsittelyjen vaikutusta kasvustonäytteiden juurikkaiden ja naattien nitraatti- ja kuiva-ainepitoisuuksiin tutkittiin SAS-tilasto-ohjelman monimuuttuja-analyysillä käyttäen aineistona näytekertoja II–VII (SAS 1985). Monimuuttuja-analyysin avulla voidaan tutkia toisistaan riippuvia näytekertoja.

Lannoituskäsittelyjen vaikutusta yksittäisten kasvustonäytteiden nitraatti- ja kuiva-ainepitoisuuksiin tutkittiin osaruutukoemallin mukaisella varianssianalyysillä käyttäen MSTAT-C-tilasto-ohjelmaa (Michigan State University 1989). Lannoituskäsittelyjen vaikutusta satoon ja säilymiseen varastossa tutkittiin myös MSTAT-C-tilasto-ohjelman osaruutukoemallin varianssianalyysillä. Mikäli varianssianalyysissä todettiin eroja, toisistaan eroavat keskiarvot etsittiin Tukeyn HSD-testillä 95 % merkitsevyystasolla (STEEL ja TORRIE 1981).

Varianssianalyysin osoittamat erot merkittiin taulukoihin käyttäen tähtiä (*). Tällöin yksi tähti (*) tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää ($p < 0,05$), kaksi tähteä (**) hyvin merkitsevää ($p < 0,01$) ja kolme tähteä (***) erittäin merkitsevää ($p < 0,001$) eroa.

Maanäytteiden tarkastelussa keskityttiin toteamaan, miten eri lannoituskäsittelyjen nitraatti-, ammonium- ja kloridipitoisuudet muuttuivat maassa kasvukauden kuluessa. Kuvissa esitettiin maan ravinnepitoisuudet vain III ja IV kerranteesta, jotta voitiin seurata ajan kuluessa tapahtuneita ravinnepitoisuuksien muutoksia kaikkien kuuden näytteenotokerran maanäytteistä.

2 TULOKSET

2.1 Astiakoe

Astiakokeen nitraattipitoisuudet jäivät kokonaisuudessaan alhaisiksi (Taulukko 7). Kasvun keski-
vaiheessa, 54 vrk kylvön jälkeen, nitraattipitoisuudet olivat kymmenkertaiset sadon nitraattipitoi-
suuksiin verrattuna. Typpilannoitus lisäsi selvästi nitraatin kertymistä.

**Taulukko 7. Lannoituskäsittelyjen vaikutus maan johtokykyyn ja punajuurikkaan nitraattipitoisuu-
teen, satoon sekä kuiva-aine- ja mehupitoisuuteen.**

*Table 7. Effect of different fertilization treatments on soil EC, and nitrate content, yield, dry matter content
and juice content of beetroots.*

Lannoitus mg/kg maata Fertilization mg/kg soil	Maan johtokyky 10×mS/cm Soil EC 10×mS/cm	Juurikkaiden nitraattipitoi- suus mg/kg tuoretta ainesta Nitrate content of fresh roots mg/kg fresh weight kylvön jälkeen vrk days after sowing			Sadon tuorepaino Juuri Verso g/6 kasvia Fresh yield Root Shoot g/6 plants		Kuiva-ainepitoisuus % juurikassadosta Dry matter content % in root yield	Mehupitoisuus Juice content	
		54	80*	96					
N ₀	Cl ₀ (S ₁₁₃)	6,4 ^b	14	15	22	35	39		
	Cl ₀ (S ₂₂₅)	8,0 ^a	14	16	45	37	42		
	Cl ₂₅₀	6,2 ^b	29	155	31	33	48		
	Cl ₅₀₀	8,5 ^a	47	38	32	35	52		
N ₂₅₀	Cl ₀ (S ₁₁₃)	4,9 ^b	78	17	17	235	89	16,8	45,7
	Cl ₀ (S ₂₂₅)	6,8 ^a	107	14	23	260	91	15,9	50,2
	Cl ₂₅₀	4,4 ^b	61	38	25	255	89	15,8	50,3
	Cl ₅₀₀	4,9 ^b	124	36	27	305	120	17,0	47,9
N ₅₀₀	Cl ₀ (S ₁₁₃)	5,0 ^b	951	252	31	396	165	15,5	51,5
	Cl ₀ (S ₂₂₅)	7,2 ^a	1220	23	54	379	173	15,0	50,7
	Cl ₂₅₀	4,3 ^b	896	34	26	443	205	14,6	51,1
	Cl ₅₀₀	4,3 ^b	1360	47	36	413	202	14,1	53,1
N ₇₅₀	Cl ₀ (S ₁₁₃)	5,3 ^b	2240 ^{ab}	51	124	496	239 ^b	13,6	52,4
	Cl ₀ (S ₂₂₅)	7,3 ^a	2760 ^a	42	192	495	247 ^{ab}	12,2	53,0
	Cl ₂₅₀	3,9 ^c	2320 ^{ab}	71	98	535	249 ^{ab}	13,4	53,5
	Cl ₅₀₀	3,7 ^c	1880 ^b	49	144	573	294 ^a	13,6	51,7
N ₅₀₀₊₂₅₀	Cl ₀ (S ₁₁₃)	4,8 ^b		172	196 ^a	519	243	13,3	55,3
	Cl ₀ (S ₂₂₅)	6,1 ^a		172	168 ^a	528	248	13,8	53,6
	Cl ₂₅₀	3,6 ^c		69	66 ^{ab}	583	224	13,8	53,7
	Cl ₅₀₀	3,8 ^c		69	40 ^b	579	259	13,3	54,8
	N ₀	7,3 ^a	26 ^c	56	32	35 ^d	45 ^d		
	N ₂₅₀	5,2 ^b	93 ^c	26	23	264 ^c	97 ^c	16,4 ^a	48,5 ^{ab}
	N ₅₀₀	5,2 ^b	1110 ^b	89	37	408 ^b	186 ^b	14,8 ^{ab}	51,6 ^b
	N ₇₅₀	5,1 ^b	2300 ^a	53	139	525 ^a	257 ^a	13,2 ^b	52,7 ^b
	N ₅₀₀₊₂₅₀	4,6 ^b		121	117	552 ^a	243 ^a	13,5 ^{ab}	54,3 ^b
	Cl ₀ (S ₁₁₃)	5,3 ^b	820	101	78	336	155 ^b	14,8	51,2
	Cl ₀ (S ₂₂₅)	7,1 ^a	1020	53	96	340	160 ^b	14,2	51,9
	Cl ₂₅₀	4,5 ^c	830	73	49	370	163 ^b	14,4	52,2
	Cl ₅₀₀	5,0 ^{bc}	850	48	56	381	186 ^a	14,5	51,9

* yksi kerranne/one replicate

Käsittelyjen keskiarvot, joiden yläindeksinä ei ole yhteistä kirjainta, eroavat toisistaan Tukeyn HSD-testin mukaan merkittävästi ($p=0,05$). Figures without common superscript letter are significantly different ($p=0,05$) according to Tukey's test.

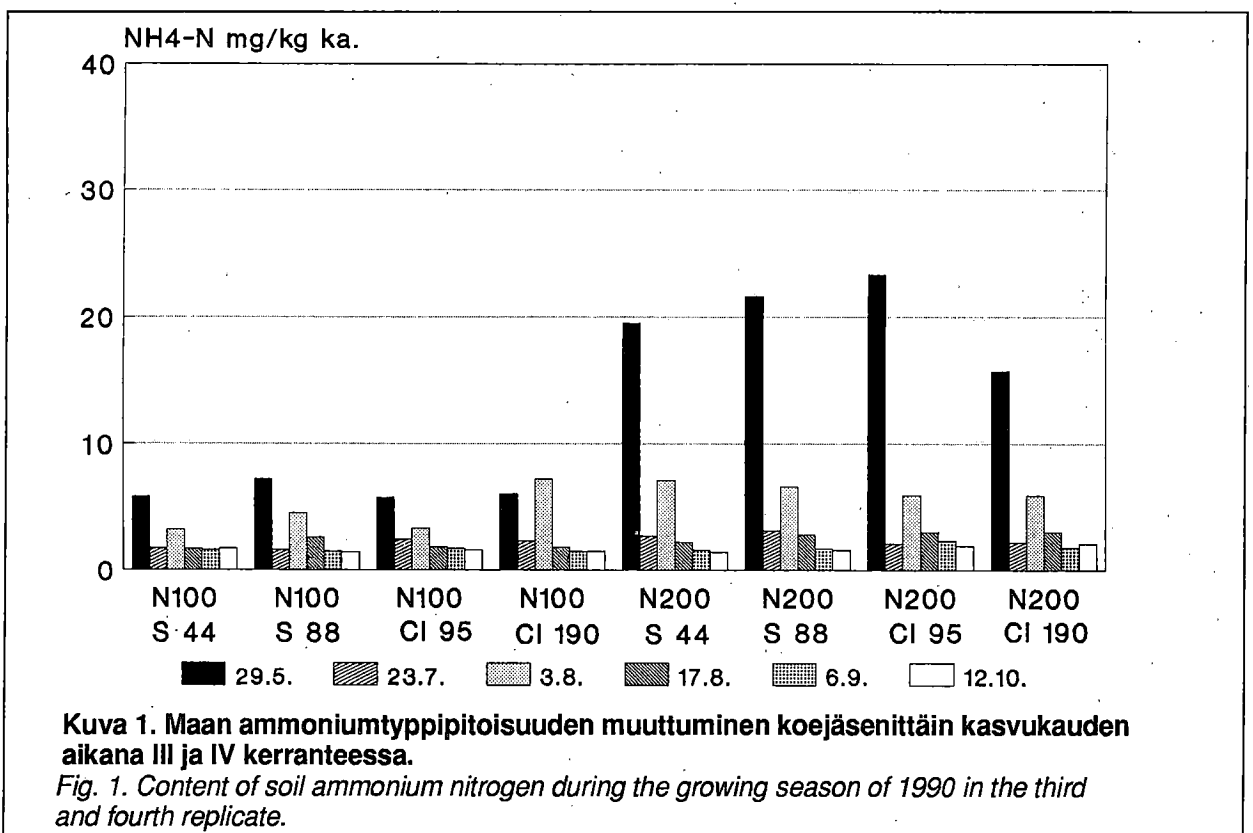
Kloridin vaikutus nitraatin kertymiseen ei ollut selvä. Kasvun keskivaiheessa kloridi vähensi nitraatin kertymistä tilastollisesti merkitsevästi vain korkeimman typpi- ja kloridilannoituksen saaneissa astioissa. Näissä astioissa nitraattipitoisuudet olivat 2200-2800 mg/kg tuorepainoa kohti ilman suurinta kloridilisäystä ja 1900 mg/kg tuorepainoa kohti suurimman kloridilisäyksen saaneissa astioissa.

Kaksi viikkoa ennen sadonkorjuuta ja sadossa nitraattipitoisuudet olivat hyvin alhaisia. Tämän seurauksena edes typpilannoitustaso ei vaikuttanut nitraatin kertymiseen. Kuitenkin käsittelyssä, jossa tyyppiä lisättiin 54 vrk kylvön jälkeen, kloridilannoitus aiheutti pienempiä nitraattipitoisuuksia verrattuna sulfaattilannoitukseen. Erot olivat parhaiten havaittavissa suurimman kloridilisäyksen ja pienimmän sulfaattilisäyksen välillä.

Kasvun keskivaiheissa, typpilannoituksilla 250 ja 500 mg/kg maata, suurin natriumlannoitus lisäsi nitraatin kertymistä. Mahdollisesti nitraattipitoisuuden lisääntyminen johtui johtokyvyn kasvusta natriumsulfaattia saaneissa astioissa.

Vaikka taimien kasvu oli hitaampaa astioissa, joihin lisättiin eniten natriumkloridia, sekä juurikkaiden että naattien sadot olivat korkeimpia näissä astioissa. Selvin ero oli alhaisen natriumsulfaattilannoituksen ja korkean natriumkloridilannoituksen välillä naattisadossa. Typpilannoitus lisäsi selvästi satoa. Suurin lannoitemäärä näytti tuottavan jaettuna hieman paremman sadon kuin kerralla kylvön yhteydessä annettuna.

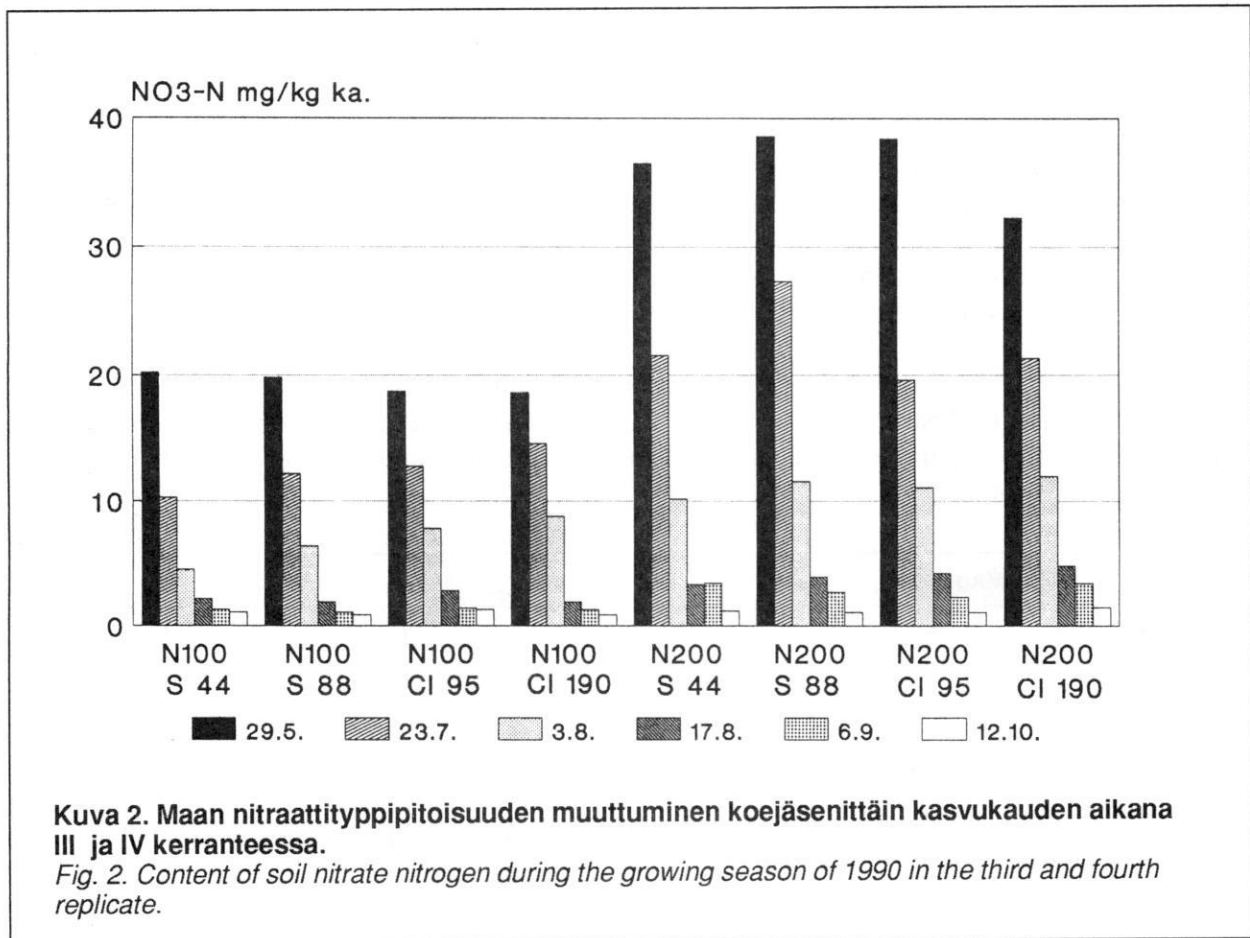
Mehupitoisuudet vaihtelivat 48-54 % tuorepainoa typpilannoituksesta riippuen. Mitä suurempi typpilannoitus sitä korkeampi oli juurikkaiden mehupitoisuus. Kuiva-ainepitoisuus puolestaan laski typpilannoituksen lisääntyessä. Kloridi- ja sulfaattilannoitus eivät vaikuttaneet mehu- tai kuiva-ainepitoisuuksiin.



2.2 Kenttäkoe

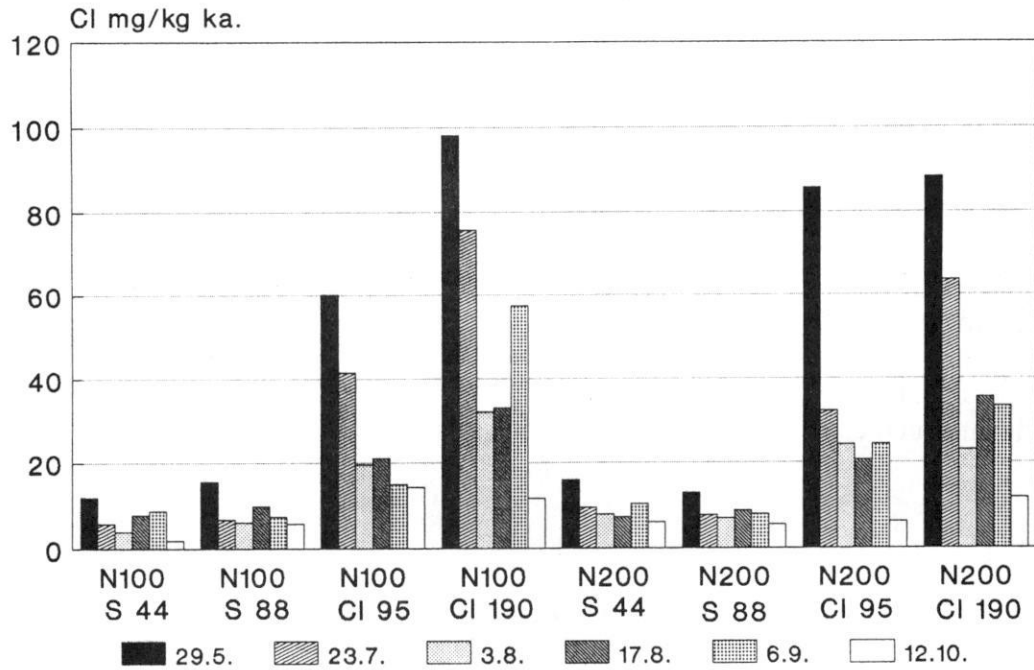
2.2.1 Maan ravinnepitoisuudet

Kuvasta 1 havaitaan ammoniumtyppipitoisuuksien olleen korkeimmillaan toukokuun lopulla, kahden viikon kuluttua perustamislannoituksesta. Ammoniumtyppipitoisuus laski pohjalukemiinsa 23.7. (II näytteenottokerta), josta sen nosti seuraavana päivänä annettu ammoniumnitraattilannoitus. Elokuun puoliväliin mennessä nitrifioituminen ja kasvien otto laskivat ammoniumtyppipitoisuuden jälleen 2-3 mg/kg kuivaa maata, jossa pitoisuus pysyikin lokakuuhun asti. Typpilannoituksen määrä vaikutti maan ammoniumtyppipitoisuuteen vain lannoitusten jälkeen ja tällöinkin vain muutaman viikon ajan.



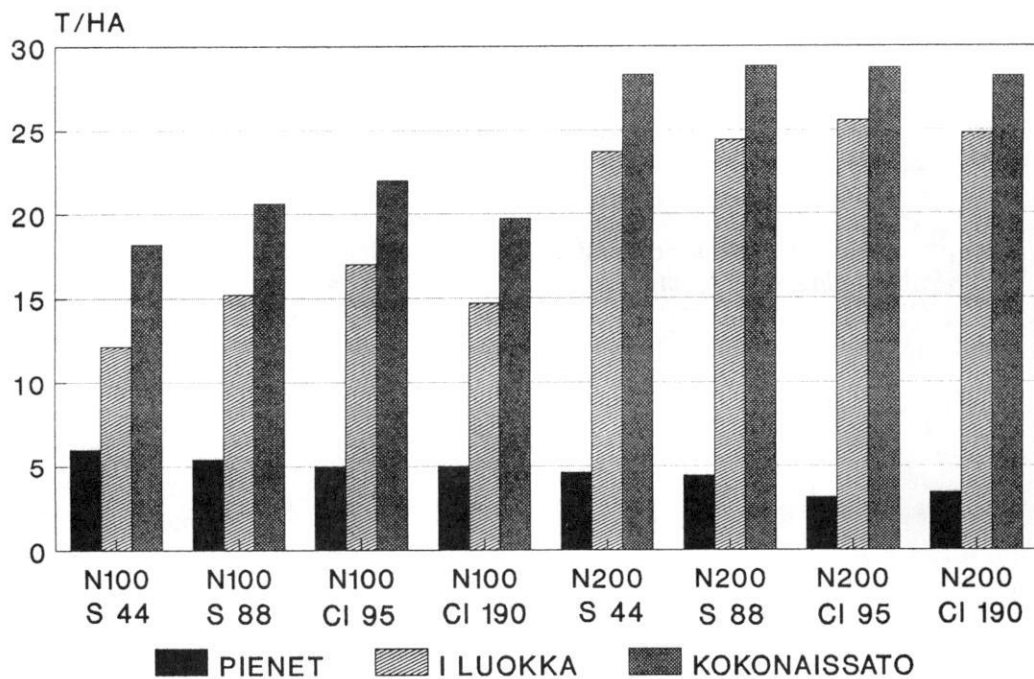
Kuvasta 2 nähdään, että maan nitraattityppipitoisuus pieneni tasaisesti perustamislannoituksesta lähtien. Toisen ja kolmannen näytteenottokerran välissä annettu täydennyslannoitus ei erottunut näytteissä. Ilmeisesti nitrifioituminen piti maan nitraattitypen määrän korkeana täydennyslannoitukseen asti. Typeä 100 kg/ha saaneiden ruutujen nitraattityppipitoisuus putosi alhaiseksi elokuun puolivälissä (IV näytteenottokerta) ja 200 kg/ha saaneiden ruutujen vasta syyskuun alussa (V näytteenottokerta).

Kaksinkertainen typpilannoitus piti myös maassa vastaavaa suhdetta lokakuuhun asti. Vasta lokakuun puolella molempien typpilannoituskäsittelyjen nitraattipitoisuudet laskivat yhtä pieniksi.



Kuva 3. Maan kloridipitoisuuden muuttuminen koejäsenittäin kasvukauden aikana III ja IV kerranteessa.

Fig. 3. Content of soil chloride during the growing season of 1990 in the third and fourth replicate.



Kuva 4. Pienten (alle 4 cm) ja I luokan sadon sekä kokonaissadon keskiarvot t/ha eri koejäsenissä.

Fig. 4. The yield of small and first class beetroots t/ha.

Kuvasta 3 nähdään, että kloridipitoisuudet pysyivät kaliumkloridilla lannoitetuissa koejäsenissä selvästi korkeampina syyskuuhun asti. Vasta lokakuun näytteenottokerta antoi vihjeitä erojen taantumisesta. Pitoisuudet laskivat lannoituksen jälkeen elokuun alkuun mennessä selvästi. Elo- ja syyskuun aikana näytteiden tulokset vaihtelivat runsaasti, ja vasta lokakuussa maan kloridipitoisuus laski alle elokuun alussa vallinneen tason.

2.2.2 Satotulokset

Punajuurikkaiden ensimmäisen laatuluokan sadot vaihtelivat 6–24 tn/ha typpilannoituksella 100 kg/ha ja 11–35 tn/ha typpilannoitustasolla 200 kg/ha. Typpilannoituksella 100 kg/ha sadon keskiarvo oli 15 tn/ha ja tasolla 200 kg/ha 25 tn/ha. Korkeampi typpimäärä antoi siis keskimäärin 1,7-kertaisen I luokan sadon alempaan verrattuna. Kaliumkloridin käyttö verrattuna kaliumsulfaattiin näytti antavan hieman parempia satoja. Ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,144$).

Taulukko 8. Lannoituksen vaikutus pienten juurikkaiden (alle 4 cm) ja I luokan (4-8 cm) määrään sekä kokonaissatoon (pienet + I luokka).

Table 8. The effect of fertilizing on the yield of small (< 4 cm) and I class (4-8 cm) beetroots and total yield.

Käsittely Treatment	< 4 cm tn/ha – t/ha	4-8 cm tn/ha – t/ha	Yhteensä tn/ha Total t/ha
N100	5,3	14,7	20,1
N200	3,8 *	24,6 **	28,4 *
S44	5,3	17,9	23,2
S88	4,8	19,8	24,6
Cl95	4,0	21,3	25,3
Cl190	4,1	19,7	23,9

Taulukko 9. Lannoituksen vaikutus naattisatoon.

Table 9. The effect of fertilizing on the shoot yield.

Käsittely Treatment	tn/ha tuoreena t/ha fresh matter	tn/ha kuivana t/ha dry matter
N100	12,0	1,4
N200	19,2 **	2,0 **
S44	13,7 ^c	1,6 ^a
S88	14,4 ^{bc}	1,7 ^a
Cl95	16,2 ^{ab}	1,7 ^a
Cl190	18,0 ^a ***	1,9 ^a *

S- ja Cl-käsittelyjen keskiarvot, joiden yläindeksinä ei ole yhteistä kirjainta, eroavat toisistaan Tukeyn HSD-testin mukaan merkitsevästi ($p=0,05$).

Means of S- and Cl-treatments without a common superscript letter are significantly different ($p<0.05$). Means without superscript letters have no significant differences.

Typpilannoitus 200 kg/ha vähensi pienten punajuurikkaiden määrää (Taulukko 8 ja Kuva 4). Myös kloridikäsittelyt näyttivät hieman vähentäneen pieniä juurikkaita ($p < 0,052$). Pienten juurikkaiden määrät eivät eronneet kerranteiden välillä niin paljon kuin I luokan juurikkaiden määrät.

Juurikkaiden kokonaissadosta havaittiin kerranteiden välinen ero (Liite 2). Hehtaarisato lisääntyi lähes lineaarisesti I kerranteen 18 tonnista IV kerranteen 32 tonniin. Syynä lienee maan hietapitoisuuden lisääntyminen I:stä IV:nteen kerranteeseen (Liite 1). Korkea hietapitoisuus sai aikaan paremman taimettumisen ja taimien kasvun hyvien kosteusolosuhteidensa ansiosta. Typpilannoituskäsittely 200 kg/ha antoi noin 8 tonnia korkeamman kokonaissadon hehtaaria kohti kuin typpilannoituskäsittely 100 kg/ha. Kloridi- ja sulfaattikäsittelyt eivät vaikuttaneet yhteenlaskettuihin kokonaissatutuloksiin.

Typpilannoitus 200 kg/ha tuotti tuoreen naattisadon keskiarvoksi 19 tn/ha ja 100 kg/ha typpimäärä 12 tn/ha (Taulukko 9). Kloridilannoitustasot tuottivat korkeampia naattien tuoresatoja kuin sulfaattilannoitustasot. Kuiva-aineeksi muutettuna kloridi- ja sulfaattilannoituksille saatiin vielä ero varianssianalyyseissä ($p < 0,049$), mutta Tukeyn testi ei enää havainnut eroja (Taulukko 9).

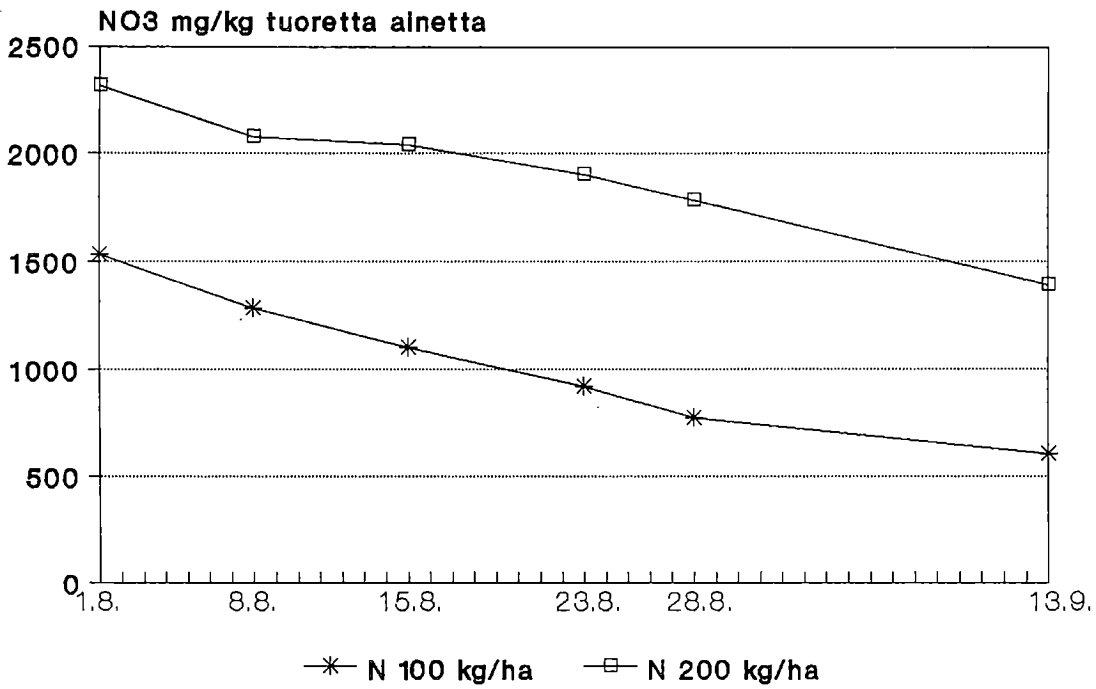
Varastointitappiot vaihtelivat 6 kk:n varastointiaikana 20:stä jopa 70:een prosenttiin. Maatalouden tutkimuskeskuksen kasvitautien tutkimusosalalla pilaantumisen aiheuttajaksi tunnistettiin *Phoma*-sieni. *Phoma*-sieni on lähtöisin maasta ja se tarttuu nostossa, lajittelussa tai muussa käsittelyssä syntyviin vioituksiin. Sieni oli tunkeutunut juurikkaaseen kannasta tai kärjestä. Se pehmiti ensiksi tartuntakohdan ja tuotti vahvistuttuaan valkoista seittiä. *Phoma*-sieni on yleinen perunan varastotauti, mutta punajuurikkaan varastoinnissa siitä ei ole yleensä ollut haittaa.

Typpilannoitus 200 kg/ha laski säilyvyyttä varastossa noin 5 % (Taulukko 10). Säilyvyyden laskeminen oli myös tilastollisesti hyvin merkitsevää. Kloridi- ja sulfaattilannoitukset eivät vaikuttaneet varastointikestävyyteen. Sulfaattilannoitus 88 kg/ha rikkiä antoi keskiarvon perusteella muita hieman paremman säilyvyyden, mutta vaihtelut olivat niin suuria, ettei mitään tilastollisia eroja saatu.

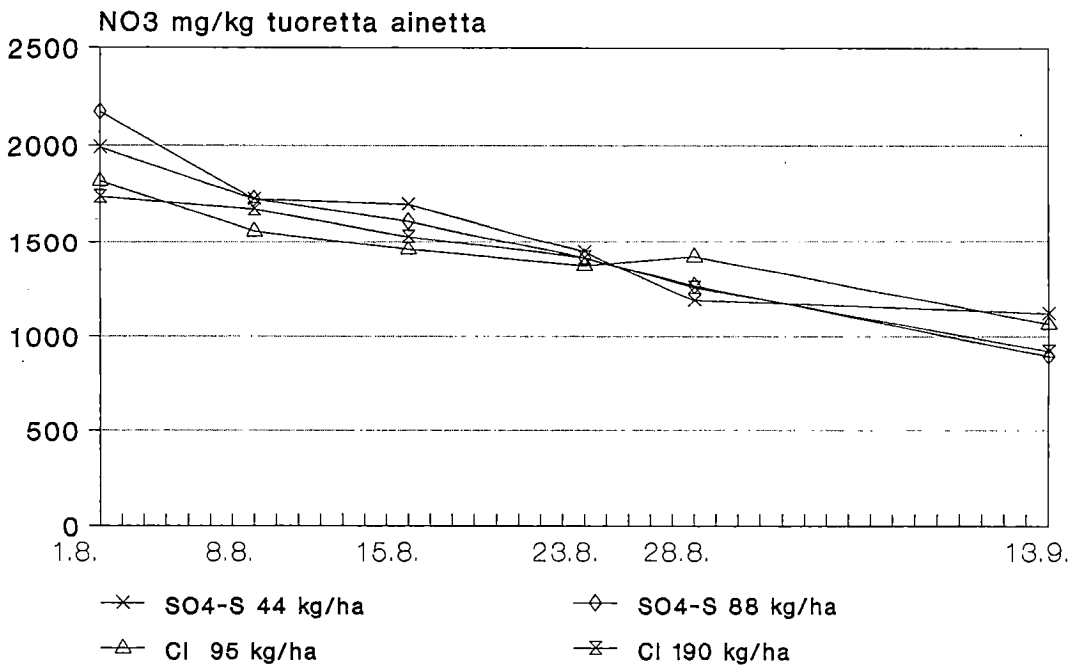
Taulukko 10. Lannoituksen vaikutus varastointikestävyyteen.

Table 10. The effect of fertilizing treatments on the storability.

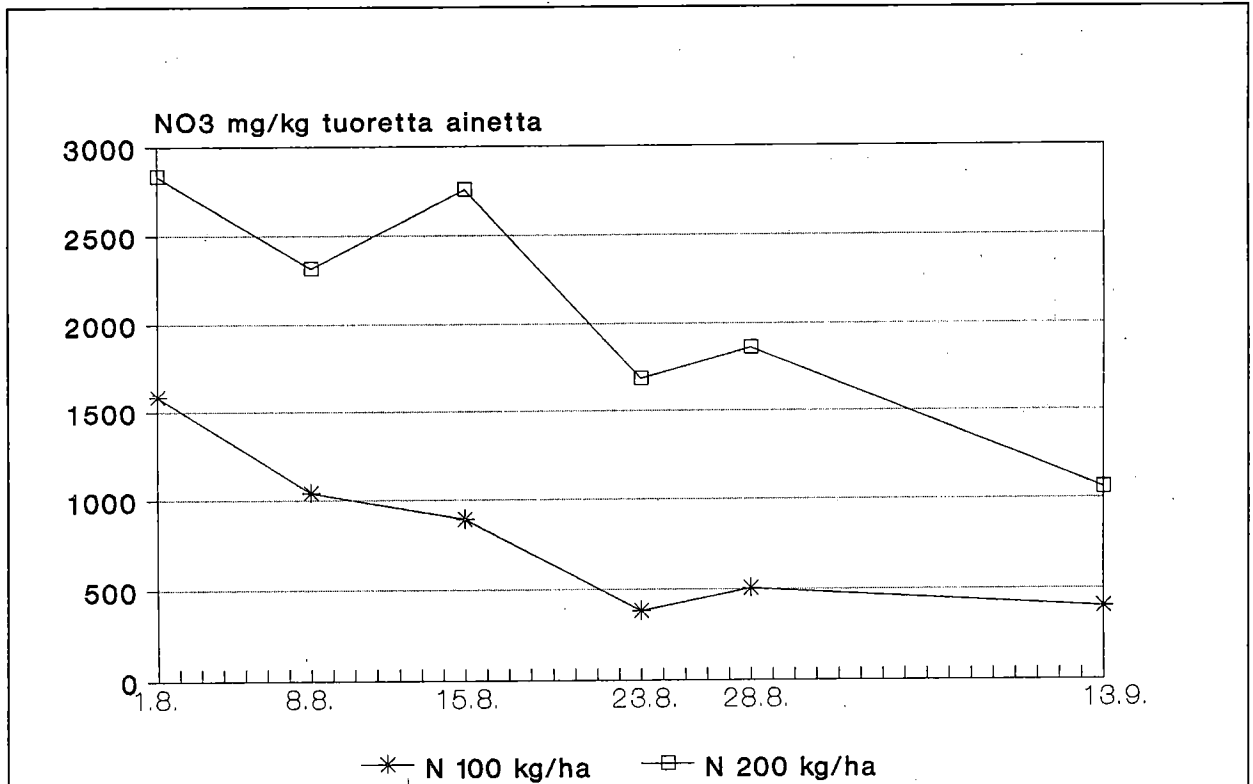
Käsittely Treatment	Kauppakelpoinen osuus % Percentage of healthy
N ₁₀₀	67,2
N ₂₀₀	61,7 **
S ₄₄	64,0
S ₈₈	68,4
Cl ₉₅	62,8
Cl ₁₉₀	62,6



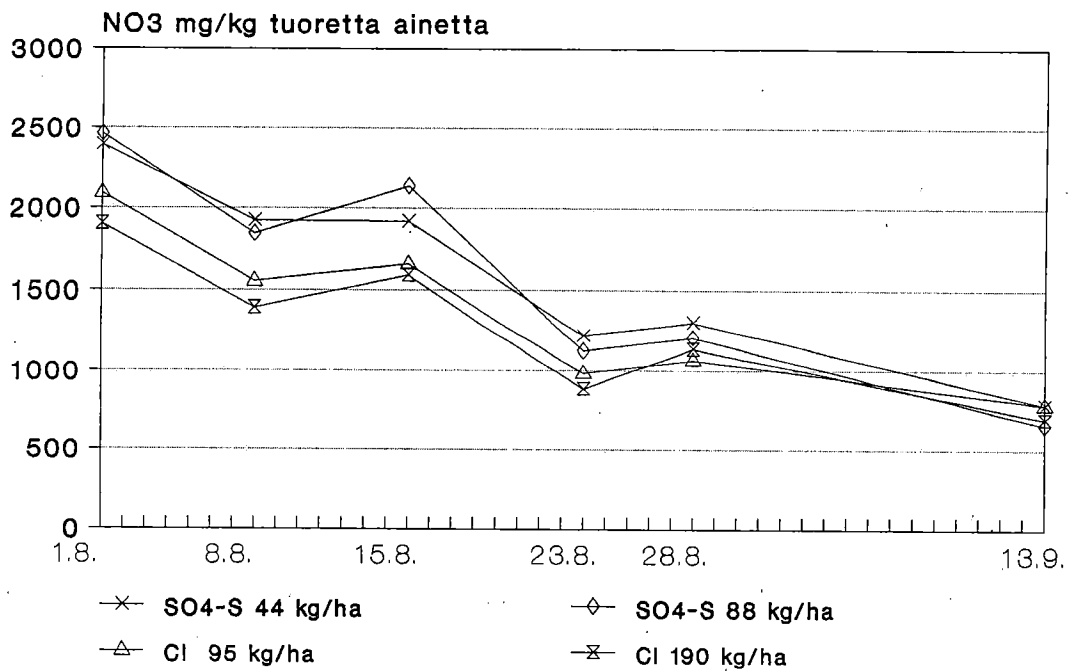
Kuva 5. Typpilannoituksen vaikutus juurikkaiden nitraattipitoisuuteen.
Fig. 5. Nitrate content in roots of beetroot during the growing season of 1990 at two rates of nitrogen fertilization.



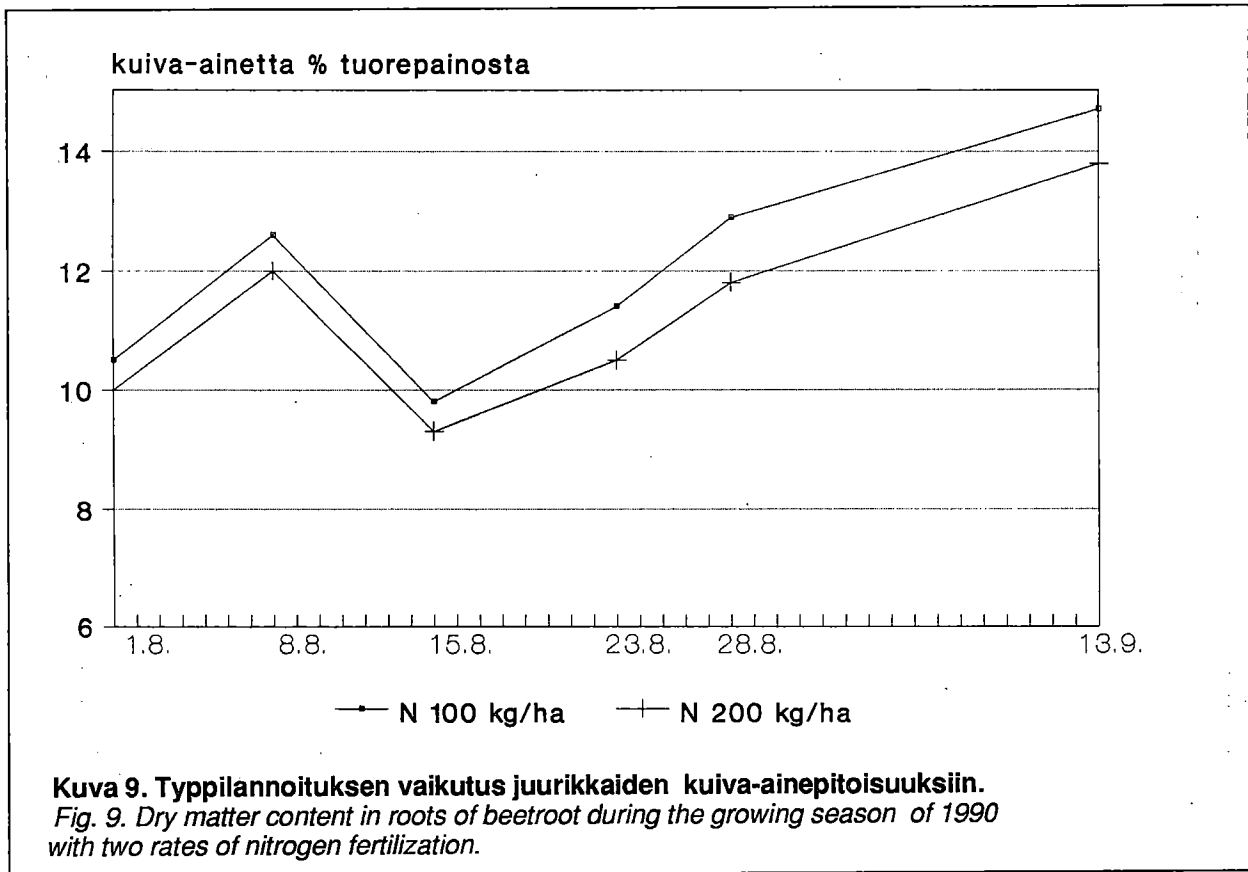
Kuva 6. Kloridi- ja sulfaattilannoituksen vaikutus juurikkaiden nitraattipitoisuuteen.
Fig. 6. Nitrate content in roots of beetroot during the growing season of 1990 at different rates chloride and sulphate fertilization.



Kuva 7. Typpilannoituksen vaikutus naattien nitraattipitoisuuteen.
Fig. 7. Nitrate content in shoots of beetroot during the growing season of 1990 at two rates of nitrogen fertilizer.



Kuva 8. Kloridi- ja sulfaattilannoituksen vaikutus naattien nitraattipitoisuuksiin.
Fig. 8. Nitrate content in roots of beetroot during the growing season of 1990 at different rates of chloride and sulphate fertilization.

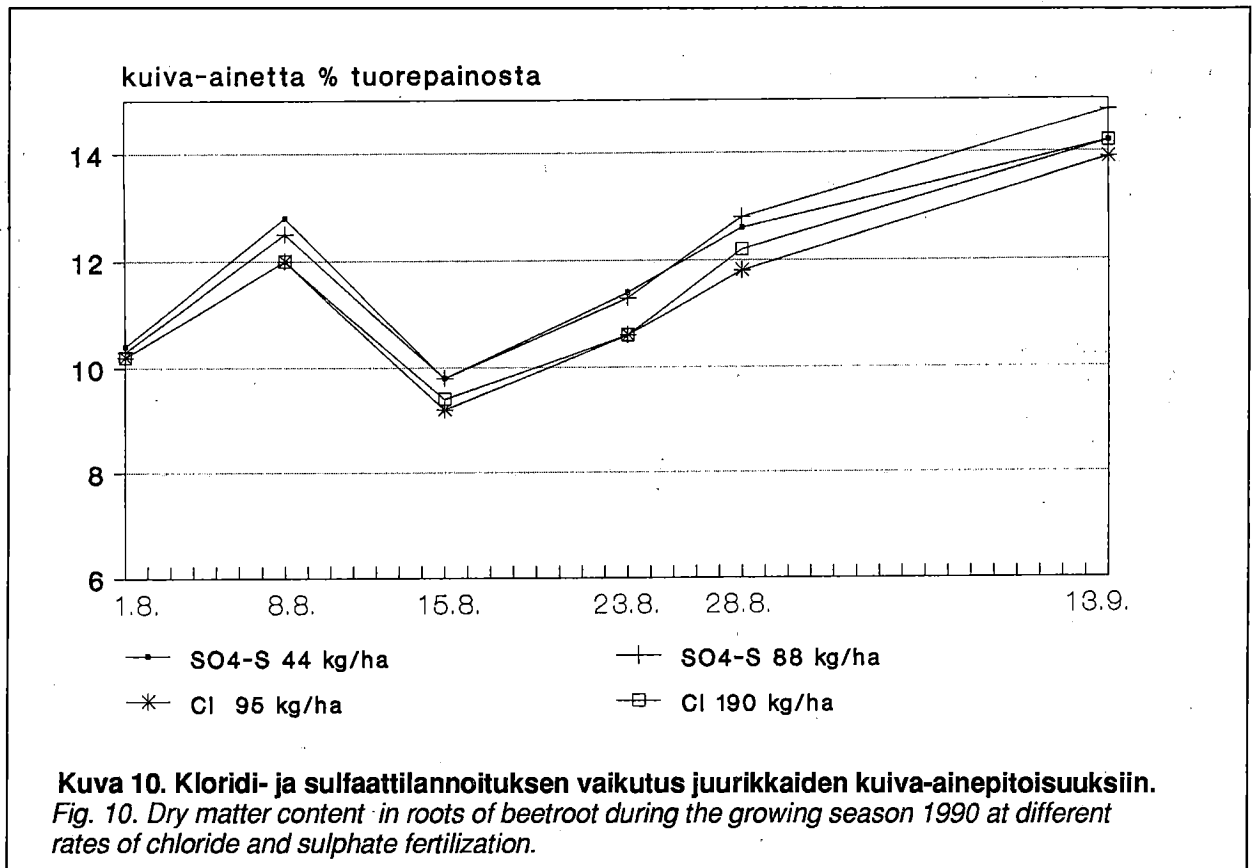


2.2.3 Nitraattipitoisuudet

Juurikkaiden nitraattipitoisuus laski elokuun alusta syyskuun puoliväliin mentäessä noin 900 mg tuorepainokiloa kohti. Korkea typpilannoitus nosti juurikkaiden nitraattipitoisuutta selvästi. Tyyppeä 200 kg/ha saaneiden juurikkaiden nitraattipitoisuudet olivat koko elokuun ajan noin 900 mg tuorepainokiloa kohti korkeammat kuin typpilannoitustason 100 kg/ha juurikkaiden pitoisuudet. Molempien typpitasojen juurikkaiden nitraattipitoisuudet laskivat elokuun aikana selvästi (Kuva 5).

Kloridi- ja sulfaattikäsittelyillä ei ollut selvää vaikutusta nitraatin kertymiseen (Kuva 6). Elokuun kuluessa juurikkaiden nitraattipitoisuudet laskivat samansuuntaisesti kaikissa osaruutukäsittelyissä. Kloridi- ja sulfaattikäsittelyjen välille saatiin ainoa tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01$) ero toisella näytteenotokerralla. Tällöin sulfaattilannoitus 88 kg/ha rikkiä aiheutti kloridikäsittelyjä korkeampia nitraattipitoisuuksia. Liitteessä 3 on esitetty juurikkaiden nitraattipitoisuudet koejäsenittäin ja käsittelyittäin.

Naattien nitraattipitoisuus laski elokuun alusta syyskuun puoleenväliin noin 1300 mg tuorepainokiloa kohti. Typpimäärä 200 kg/ha aiheutti naatteihin keskimäärin 1150 mg tuorepainokiloa kohti suuremman nitraattipitoisuuden kuin 100 kg/ha (Kuva 7). Typpilannoitus 200 kg/ha aiheutti ajan kuluessa suurempaa vaihtelua nitraattipitoisuuksissa kuin 100 kg/ha. Typpilannoitustasojen nitraattipitoisuudet erosivat toisistaan sekä suuruudeltaan että muuttumiseltaan ajan kuluessa selvästi.



Verrattaessa eri kloridi- ja sulfaattilannoitustasojen nitraattipitoisuuksia naateissa kloridikäsittelyt näyttivät laskevan pitoisuuksia, vaikkei ero ollut aivan tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,057$) (Kuva 8). Naattien nitraattipitoisuuksien muuttuminen ajan kuluessa oli yhdenmukaista kaikissa kloridi- ja sulfaattikäsittelyissä.

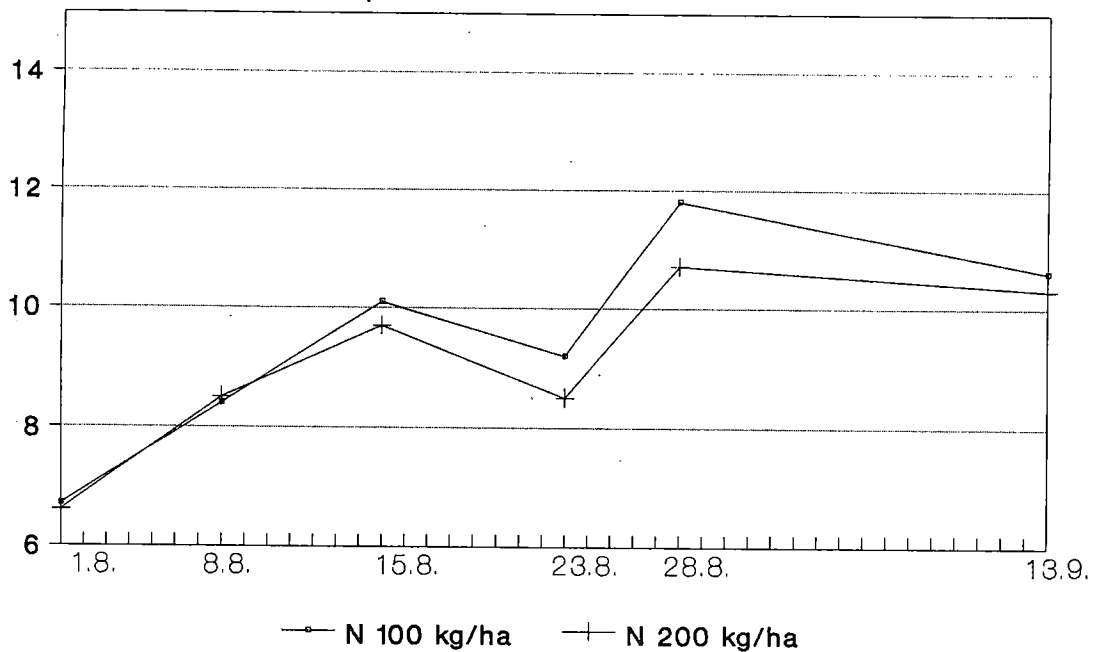
Typpi- ja kloridikäsittelyjen välistä yhdysvaikutusta esiintyi V ja VI näytteenotokerralla. Viidennessä näytteenotokerralla naattien nitraattipitoisuudet olivat pienempiä kloridilannoituskäsittelyssä 190 kg/ha kuin sulfaattilannoitustasoilla, kun typpilannoitus oli runsasta (200 kg/ha). Samoin kuudennella näytteenotokerralla naattien nitraattipitoisuudet olivat pienempiä kloridilannoituskäsittelyssä 90 kg/ha verrattuna sulfaattilannoitukseen 44 kg/ha rikkiä, kun typpilannoitus oli 200 kg/ha.

2.2.4 Kuiva-ainepitoisuudet

Juurikkaiden kuiva-ainepitoisuus nousi elokuun alussa, mutta todennäköisesti 8.-15.8. välisen ajanjakson yli 30 mm:n sateiden vuoksi kuiva-ainepitoisuus putosi 15.8. otetuissa näytteissä uudelleen alas (Kuva 9). Elokuun puolenvälin jälkeen kuiva-ainepitoisuus nousi tasaisesti. Ajan vaikutus kuiva-ainepitoisuuteen oli tilastollisesti erittäin merkitsevä.

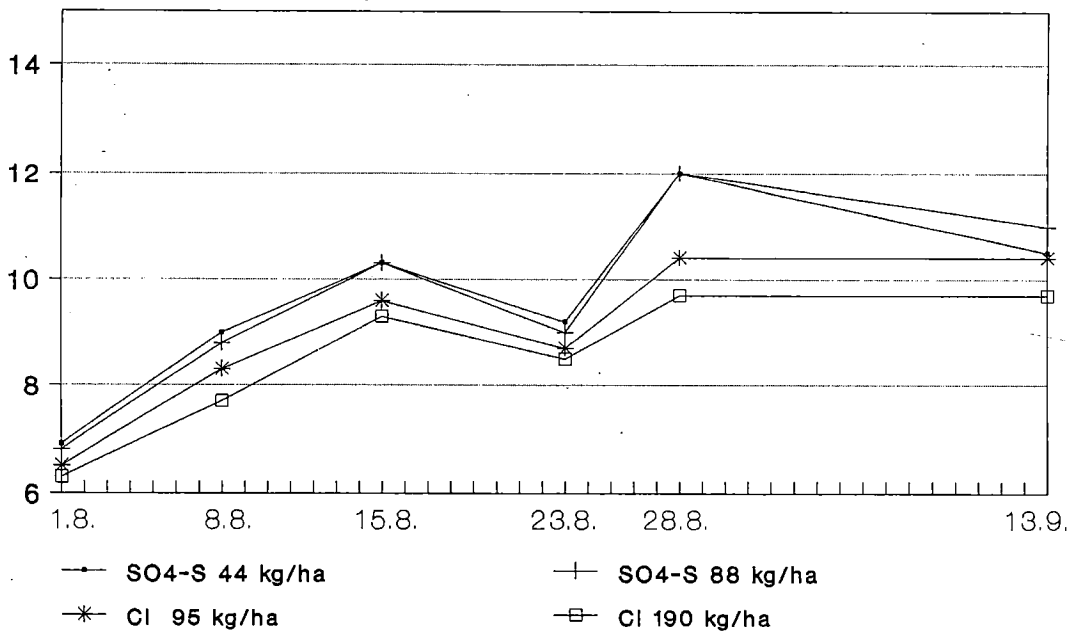
Kun typpilannoitus oli 100 kg/ha, juurikkaiden kuiva-ainepitoisuus oli noin 0,5 prosenttiyksikköä korkeampi kuin typpilannoitustasolla 200 kg/ha. Molempien typpilannoitustasojen kuiva-ainepitoisuudet muuttuivat samansuuntaisesti ajan kuluessa (Kuva 9).

kuiva-ainetta % tuorepainosta



Kuva 11. Typpilannoituksen vaikutus naattien kuiva-ainepitoisuuksiin.
Fig. 11. Dry matter content in shoots of beetroot during the growing season of 1990 at two rates of nitrogen fertilization.

kuiva-ainetta % tuorepainosta



Kuva 12. Kloridi- ja sulfaattilannoituksen vaikutus naattien kuiva-ainepitoisuuksiin.
Fig. 12. Dry matter content in shoots of beetroot during the growing season of 1990 at different rates of chloride and sulphate fertilization.

Kloridikäsittelyt laskivat juurikkaiden kuiva-ainepitoisuutta noin 0,5 prosenttiyksikköä verrattuna sulfaattikäsittelyihin. Kloridi- ja sulfaattikäsittelyjen kuiva-ainepitoisuuksien muutokset ajan kuluessa olivat samansuuntaisia (Kuva 10).

Naattien kuiva-ainepitoisuus nousi heinäkuun puolivälistä elokuun puoliväliin asti. Ilmeisesti 8.8. alkaneiden sateiden takia kuiva-ainepitoisuus laski hieman 23.8. (V näytteenottokerta). Tämän jälkeen nousu näytti jatkuvan, tosin vaihtelevasti.

Typpilannoitustasot eivät vaikuttaneet naattien kuiva-ainepitoisuuksiin elokuun alkupuolella. Elokuun loppupuolen ja syyskuun alun aikana typpilannoitus 200 kg/ha laski naattien kuiva-ainepitoisuutta (Kuva 11). Kuiva-ainepitoisuudet nousivat elokuun aikana noin 5 %.

Kloridikäsittelyt tuottivat seurannan aikana lähes 1 prosenttiyksikön pienempiä naattien kuiva-ainepitoisuuksia kuin sulfaattikäsittelyt. Kloridi- ja sulfaattikäsittelyjen kuiva-ainepitoisuuksien muutokset olivat ajan kuluessa samansuuntaisia (Kuva 12).

3 TULOSTEN TARKASTELU

3.1 Typpilannoituksen vaikutukset

Astiakokeessa tulivat esille typpilannoituksen satoa ja nitraattipitoisuutta kohottava vaikutus (PECK ym. 1971, AURA 1985) sekä nitraattipitoisuuden laskeminen kasvukauden kuluessa (PECK ym. 1971, KALLIO ym. 1980). Astiakokeen optimaaliset kasvuolosuhteet johtivat sadonkorjuuvaiheessa siihen, että typpi oli käytetty niin tarkoin hyväksi, ettei nitraattiakaan ollut kertynyt juurikkaisiin.

Kenttäkokeessa korkea typpilannoitus lisäsi satoa selvästi. Sekä I luokan sato että kokonaissato erosivat typpikäsittelyjen välillä noin 10 tn hehtaaria kohti. Alempi typpilannoitus tuotti enemmän pieniä juurikkaita kuin typpilannoituskäsittely 200 kg/ha, joten runsas typpilannoitus sai aikaan juurikkaiden tasaisen kehittymisen. Sadonkorjuun siirtäminen syyskuuhun olisi mahdollisesti kasvattanut alhaisen typpilannoituksen alimittaisia juurikkaita kaupunkuntoisiksi ja toisaalta aiheuttanut korkealla typpilannoitustasolla suurimpien juurikkaiden liikakasvua ja laadun heikentämistä.

Saadut tulokset pitävät yhtä AURAN (1985) tulosten kanssa. AURA (1985) totesi typpilannoituksen kohottavan voimakkaasti punajuurikkaan satoa ja tuottavan helposti suurikokoisia juurikkaita. Typpimäärällä 80 kg/ha kokonaissato oli 35 tn/ha ja kaksinkertaisella typpimäärällä yli 45 tn/ha. Korkean lannoituksen myötä lisääntyi kuitenkin myös ylisuurien ja haljenneiden juurikkaiden osuus. LEHTISEN (1984) mukaan punajuurikkaalle sopiva typpimäärä olisi 60-120 kg/ha, koska yli 120 kg/ha typpimäärä johti kokeissa toisinaan jo sadonalennuksiin. Samaa 60-120 kg/ha typpitarpeeseen päätyivät myös VUORINEN ja TAKALA (1987). Kasvukauden suotuisuudella näyttää olevan hyvin suuri osuus punajuurikkaan sadon muodostukseen. Joinakin vuosina 60 kg/ha typpimäärä on riittävä, ja toisina vuosina hyvinkin runsas typpilannoitus lisää kaupunkel-poista satoa.

Kasvukaudella annettava täydennyslannoitus lisää satoa, mikäli peruslannoituksena annettu typpimäärä ei ole riittävä. Täydennyslannoitus olisi kuitenkin annettava tarpeeksi aikaisin, jotta typ-

pi liukenisi ja tulisi punajuurikkaan käytettäväksi. Täydennyslannoitustarve saattaa kuitenkin olla vaikea arvioida riittävän aikaisin.

Typpilannoitus laski sekä juurikkaiden että naattien kuiva-ainepitoisuutta kenttäkokeessa. Juurikkaiden kuiva-ainepitoisuudet erosivat toisistaan selvemmin kuin naattien. Naateissa korkeamman typpilannoituksen vaikutus alkoi näkyä vasta elokuun puolivälissä. Myös astiakokeessa typpilannoitus laski juurikkaiden kuiva-ainepitoisuutta.

Juurikkaissa kuiva-ainepitoisuuden ero lannoitustasojen välillä vaihteli näytteissä yleensä 0,5-1 prosenttiyksikön välillä. AURAN (1985) kolmen vuoden kokeissa sadon kuiva-ainepitoisuus laski 80, 120 ja 160 kg/ha typpilannoituksen myötä vastaavasti 16,2, 15,5 ja 14,8 prosenttiin. Kenttäkokeen typpilannoitus 200 kg/ha laski hieman juurikkaiden varastointikestävyyttä. Varastointikestävyyden heikkenemiseen vaikuttaa todennäköisesti osaltaan kuiva-ainepitoisuus, mutta toisaalta korkea typpilannoitus voi heikentää muillakin tavoin juurikkaiden säilyvyyttä. AURAN (1985) kokeissa eri typpilannoitusmäärät eivät vaikuttaneet juurikkaiden säilyvyyteen varastossa.

Runsas typpilannoitus nosti selvästi nitraattipitoisuutta sekä juurikkaissa että naateissa. Naateissa pitoisuudet vaihtelivat enemmän kuin juurikkaissa. Kenttäkokeessa nitraattipitoisuuksien ero typpilannoitusten välillä pysyi suunnilleen samana elokuun alusta syyskuun puoleenväliin. Sitä vastoin maan nitraattityppipitoisuudet laskivat molemmilla lannoitustasoilla elokuun puolivälissä lähelle toisiaan. Ilmeisesti punajuurikas otti nitraattia runsaasti sisältävästä alustasta nitraattityppeä yli oman tarpeensa kesäkuun aikana ja varastoi sen myöhempää käyttöä varten.

Elokuun alussa sekä juurikkaiden että naattien nitraattipitoisuudet olivat kentällä yli 800 mg tuorepainokiloa kohti korkeammat kuin syyskuun puolivälissä. Kasvukauden kuluessa tapahtuvan nitraattipitoisuuden alenemisen punajuurikkaassa ovat havainneet myös mm. PECK ym. (1974) ja KALLIO ym. (1980).

AURA (1985) käytti typpilannoitustasoja 80, 120 ja 160 kg/ha, jotka tuottivat vastaavasti juurikkaiden nitraattipitoisuuksiksi 607, 1032 ja 1613 mg nitraattia tuorepainokiloa kohti. Tulokset vastaavat melko hyvin juurikassadon tässä kokeessa sisältämiä nitraattipitoisuuksia, jotka olivat tuorepainokiloa kohti 775 mg typpilannoituksella 100 kg/ha ja 1790 mg typpilannoituksella 200 kg/ha.

Punajuurikkaan typpilannoitussuositus 70 kg/ha (VILJAVUUSPALVELU 1990) lienee sopiva, jotta nitraattia ei kertyisi paljoa yli 400 mg tuorepainokiloa kohti. Mikäli maa sisältää runsaasti mineraalityppeä, olisi harkittava pienempiä typpimääriä kuin 70 kg/ha.

Typpilannoituksen jakaminen kahteen tai useampaan osaan antaisi mahdollisuuden kohdistaa typpilannoitus kasvukauden suotuisuuden mukaan. Huonoina kasvukausina, kun peruslannoituksena annettu typpimäärä on riittävä, täydennyslannoituksesta voitaisiin luopua ja toteuttaa se vain suotuisina kasvukausina, kun lisätyppeä tarvitaan.

3.2 Kloridilannoituksen vaikutukset

HÄHNDEL ja WEHRMANN (1986 b) saivat kloridilannoituksella hieman parempia pinaatti- ja salaattisatoja kuin sulfaattilannoituksella. Maan korkea kloridipitoisuus voi nousta kuitenkin hel-

posti kasvua haittaavaksi tekijäksi. Tässä kokeessa punajuurisadot lisääntyivät hieman kloridilannoituksella. Punajuuri ei myöskään ole arka kloorille vaan se kestää korkeita suolapitoisuuksia.

Astiakokeen hyvien kasvuolojen vuoksi nitraatin kertyminen ei muodostunut ongelmaksi. Kasvun keskivaiheilla kloridilannoitus näytti kuitenkin alentavan nitraatin kertymistä. Näin ollen seuraavana vuonna päätettiin selvittää kloridin vaikutusta pelto-olosuhteissa.

Kaliumkloridin ja -sulfaatin käyttö ei aiheuttanut eroja kokonaissatoon kentällä, kun taas astiakokeessa kloridilannoitus näytti hieman lisäävän satoa. Näin sulfaattia vähemmän maksavaa kaliumkloridia voitaisiin käyttää punajuurikkaan lannoitteena ilman, että satotaso laskee. Naattisatoa kaliumkloridi lisäsi, mutta syynä oli suurimmaksi osaksi vesipitoisuuden lisääntyminen.

Kloridikäsittelyt laskivat juurikkaiden kuiva-ainepitoisuutta neljänä ja naattien kuutena kertana seitsemästä näytteenottokerrasta. Näin kaliumkloridin käyttö verrattuna kaliumsulfaattiin nosti kasvin vesipitoisuutta kentäkokeessa. Astiakokeessa kloridin lisääminen ei laskenut juurikkaiden kuiva-ainepitoisuutta.

Kloridi- ja sulfaattilannoitukset eivät vaikuttaneet juurikkaiden säilyvyyteen varastossa. Kloridin mahdollisesti aiheuttama vesipitoisuuden lisääntyminen saattaa kuitenkin joissain olosuhteissa heikentää varastointitulosta.

Astiakokeessa kloridin vaikutus nitraattipitoisuuteen ajoittui ainoastaan kasvun keskivaiheisiin, jolloin nitraattipitoisuus oli 400 mg tuorepainokiloa kohti alempi kloridikäsittelyssä 500 mg/kg maata kuin sulfaattikäsittelyissä. NURZYNSKIN (1976) astiakokeessa turvemaalla kaliumkloridi laski sadon nitraattipitoisuutta selvästi kaliumsulfaattiin verrattuna. Tyypeä maahan annettiin 600 mg/l ja kaliumia 400 (360 Cl), 800 (720 Cl) tai 1600 (1440 Cl) mg/l kaliumkloridina tai -sulfaattina. Kaliumkloridilla lannoitetut juurikkaat sisälsivät nitraattia alle 100 mg tuorepainokiloa kohti, kun taas kaliumsulfaattia saaneet sisälsivät 700-2300 mg tuorepainokiloa kohti.

Erojen syynä saattaa olla turvemaan suurempi typen mineralisaatio, joka tuottaa riittävästi ammoniumtyyppiä. Van der BOONIN ym. (1988) mukaan kasvin on saatava osa tyypeä ammoniummuodossa, jotta kloridi korvaisi nitraattia. NURZYNSKIN (1976) kokeessa käytettiin myös tätä astiakoetta korkeampia kloridi- ja sulfaattimääriä, mikä todennäköisesti tehostaa kloridin vaikutusta. Kasvin ottamista anioneista kloridi ja nitraatti ovat nopeasti otettavissa, kun taas sulfaatin otto on huomattavasti hitaampaa.

Kloridin nitraatin kertymistä vähentävä vaikutus on viime vuosien aikana todettu useilla vihannekasveilla. Saavutetut vähennykset ovat kuitenkin olleet melko vaihtelevia. Tässä kokeessa kloridi vähensi nitraatin kertymistä juurikkaisiin tilastollisesti merkitsevästi vain II näytteenottokerralla (1.8.). CANTLIFFEN ja GOODWININ (1974) kokeessa kaliumkloridi näytti laskevan sadon nitraattipitoisuutta verrattuna kaliumkloridiin, mutta ero oli tilastollisesti merkitsevä vain johtojänteissä. Johtojänteissä kloridi vähensi nitraatin kertymistä noin 30 %.

Maanäytteistä havaitaan kloridipitoisuuksien olleen koko kasvukauden ajan korkeampia kloridilla lannoitetuissa ruuduissa verrattuna sulfaatilla lannoitettuihin ruutuihin. Syy onkin ilmeisesti ammoniumin määrässä. Mikäli nitraatti oli kasvin ainoa typen lähde, kloridi ei vaikuttanut nitraatin kertymiseen. Ammoniumia oli täydennyslannoituksen jälkeen maassa vielä riittävästi 1.8., mutta jo viikon kuluttua nitrifioituminen ja kasvien otto olivat laskeneet ammoniumin määrän niin alas, ettei kloridi enää vaikuttanut nitraatin kertymiseen.

Syitä, miksi ammoniumia tarvitaan, jotta kloridi vähentäisi nitraatin kertymistä, ei ole täysin selvitetty. Van der BOON ym. (1988) otaksuvat ammoniumtarjonnan helpottavan kloridin pääsyä kasviin. Ammonium vähentää nitraatin ottoa (DEANE-DRUMMOND 1985), ja kun kasvin nitraatin otto laskee, kasvi tarvitsee muita anioneja tasapainottamaan kationien positiivista varausta. Näin kloridi-ioneja pääsee kasviin ja ne voivat korvata nitraattia osmoottisen potentiaalini ylläpitämisessä ja kationien vasta-ionina.

Kloridin kasvin nitraattipitoisuutta laskeva vaikutus vaatisi ilmeisesti nitrifikaatioinhibiittorien käyttöä. Tällöinkään vaikutus ei välttämättä olisi kovin suuri. Kokeen II näytteenotokerran juurikkaiden nitraattipitoisuus laski 1730 mg:sta 1330 mg:aan tuorepainokiloa kohti kloridin ansios- ta, kun typpilannoitus oli 100 kg/ha, mutta typpilannoitustasolla 200 kg/ha vaikutus näkyi vain runsaasti kaliumsulfaattia saaneen käsittelyn muita korkeampana nitraattipitoisuutena.

Tarkasteltaessa nitraatin kertymistä naatteihin tuorepainokiloa kohti kloridi vähensi kertymistä toisesta näytteenotokerrasta viidenteen. Tämä vähennys johtui suureksi osaksi kloridin aiheuttamasta vesipitoisuuden lisääntymisestä. Kuiva-ainetta kohti laskettaessa tilastollisesti merkitsevä ero saatiin vain II näytteenotokerralla. Tästä huolimatta voitaneen todeta kloridin nitraatin kertymistä vähentävän vaikutuksen näkyvän helpommin naateissa kuin juurikkaissa. Samansuuntaisen tuloksen saivat kenttäkokeessaan CANTLIFFE ja GOODWIN (1974).

3.3 Johtopäätökset

Typpilannoitus lisää suotuisana kasvukautena helposti punajuurikkaan satoa, mutta ongelmana on samalla tapahtuva nitraattipitoisuuden nousu. Ainoa tapa välttää nitraatin liiallinen kertyminen näyttää edelleenkin olevan alhainen typpilannoitus, jolla tosin ei päästä huippusatoihin, mutta saadaan laadultaan hyvää punajuurta.

Kaliumkloridin tai -sulfaatin käyttö ei aiheuttanut eroja punajuurikkaan sadon määrään tai laatuun. Hinnaltaan edullisempi kaliumkloridi voi tuottaa jopa hieman parempia satoja ja ehkä pienempiä nitraattipitoisuuksia kuin kaliumsulfaattilannoitus. Kuiva-ainepitoisuuden laskeminen saattaa kuitenkin joinakin vuosina aiheuttaa varastointiongelmia.

Koska juurikkaiden nitraattipitoisuudet laskevat kasvukauden kuluessa, nitraattipitoisuus saattaa olla ongelmana lähinnä elokuussa käytettävissä tuorevihanneksissa. Tällöin kloridilannoitus voi vähentää mahdollisen täydennyslannoituksen aiheuttamaa nitraatin ottoa. Koska kloridi ilmeisesti tarvitsee nitraatin kertymistä vähentääkseen ammoniumtyypeä, typen täydennyslannoituksen antaminen ammoniumpitoisena lannoitteena on suositeltavaa. Multa- ja turvemaille ammoniumia on maassa koko kasvukauden ajan typen mineralisoitumisen ansiosta, joten näillä maalajeilla kloridin käyttö voi laskea tehokkaasti nitraattipitoisuuksia.

KIRJALLISUUS

- ALLEN, S. & SMITH, J.A.C. 1986. Ammonium nutrition in *Ricinis Communis*: Its effects on plant growth and the chemical composition of the whole plant, xylem and phloem saps. *J. Exp. Bot.* 37: 1599-1610.
- AURA, E. 1985. Avomaanvihannesten veden ja typen tarve. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 7/85: 1-61.
- BEHR, U. & WIEBE, H.-J. 1988. Beziehungen zwischen dem Gehalt an Nitrat und der Osmotica des Zellsaftes bei Kopfsalatorten (*Lactuca sativa* L.) *Gartenbauwissenschaft* 53: 206-210.
- BENOIT, F. & CEUSTERMANS, N. 1989. Recommendations for the commercial production of butterhead lettuce in NFT. *Soilless culture* 5: 1-12.
- BLOM-ZANDSTRA, M. 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann. appl. Biol.* 115: 553-561.
- BOON, J. van der, STEENHUIZEN, J.W. & STEINGRÖVER, E. 1988. Effect of EC, and Cl and NH₄ concentration of nutrient solutions on nitrate accumulation in lettuce. *Acta Horticulturae* 222: 35-42.
- , STEENHUIZEN, J.W. & STEINGRÖVER, E.G. 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH₄/NO₃ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *J. Hortic. Sci.* 65: 309-321.
- BREIMER, T. 1982. Environmental factors and cultural means affecting the nitrate content of spinach. *Fert. Res.* 3: 191-292.
- BUCHNER, A. von 1951. Über die Änderung des Mineralstoffhaushaltes durch Chloriddüngung bei Ammoniak- bzw. Nitraternahrung. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk.* 55: 124-143.
- BURGHARDT, H. & ELLERING, K. 1988. Verträglichkeit und Wirkung von Blattdüngungsmaßnahmen bei Gemüsekulturen. *Gartenbauwissenschaft* 51: 58-62.
- & ELLERING, K. 1986. Beeinflussung des Nitratgehaltes von Spinat durch unterschiedliche Kulturbedingungen. *Gartenbauwissenschaft* 53: 201-205.
- CANTLIFFE, D.J. 1972. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. *J. Amer. Soc. Hort.Sci.* 97: 414-418. -1973. Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorus, and potassium nutrition and light intensity. *Agron. J.* 65: 563-565.
- & GOODWIN, P.R. 1974. Effects of nitrogen rate, source, and various anions and cations on NO₃ accumulation and nutrient constituents of table beets. *Agron. J.* 66: 779-783.
- CORRE, W.J. & BREIMER, T. 1979. Nitrate and nitrite in vegetables. 85 p. Wageningen.
- CRADDOCK, V.M. 1990. Nitrosamines, food and cancer: Assessment in Lyon. *Food and Chemical Toxicology.* 28: 63-65.
- DEANE-DRUMMOND, C.E. 1985. Regulation of nitrate uptake into *Chara corallina* cells via NH₄⁺ stimulation of NO₃⁻ efflux. *Plant, Cell and Environment* 8: 105-110.
- DIEST, A. van 1986. Means of preventing nitrate accumulation in vegetable and pasture plants. Fundamental, ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higher plants. Eds. Lambers, H., Neeteson, J.J. & Stulen, I. p. 455-471. Dordrecht.
- ELINKEINOHALLITUS. 1983. NONO-työryhmän mietintö. Nitraatti, nitriitti ja N-nitrosoyhdisteet elintarvikkeissa. 66 p. Helsinki.
- ESALA, M. 1991. Split application of nitrogen: Effects on the protein in spring wheat and fate of ¹⁵N-labelled nitrogen in the soil-plant system. *Ann. Agric. Fenn.* 30: 219-309.
- GLASS, A.D.M., THOMPSON, R.G. & BORDELAU, L. 1985. Regulation of NO₃-influx in barley. *Plant Physiol.* 77: 379-381.

- GREENWOOD, D.J., CLEAVER, T.J., TURNER, M.K., HUNT, J., NIENDORF, K.B. & LOQUENS, S.M.H. 1980. Comparison of the effects of potassium fertilizer on the yield, potassium content and quality of 22 different vegetable and agricultural crops. *J. Agric. Sci., Camb.* 95: 441-456.
- & HUNT, J. 1986. Effect of nitrogen fertilizer on the nitrate contents of field vegetables grown in Britain. *J. Sci. Food Agric.* 37: 373-383.
- HARRADINE, A.R. 1990. Effect of 2,4-D ester on the nitrate concentration of variegated thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) *Austr. J. Exp. Agric.* 30: 221-226.
- HARWARD, M.E., JACKSON, W.A., PILAND, J.R. & MASON, D.D. 1956. The relationship of chloride and sulfate ions to form of nitrogen in the nutrition of irish potatoes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20: 231-236.
- HILDEBRANDT, E.A. 1976. Zur Problematik der Nitrosoamine in der Pflanzenernährung. Diss. Justus Liebig Universität. 211 p. Giessen.
- HUCKLESBY, D.P. & BLANKE, M.M. 1987. Limitation of nitrogen assimilation in plants. I: Photosynthesis, nitrate content and distribution and pH-optima of nitrate reductase in apple, citrus, cucumber, spinach and tomato. *Gartenbauwissenschaft* 52: 176-180.
- HULEWICZ, D. & MOKRZECKA, E. 1971. Ertragsabhängigkeit des Spinats und einiger seiner wertbestimmender Bestandteile von der Düngung. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 130: 214-224.
- HÄHNDEL, R & WEHRMANN, J. 1986 a. Einfluss der NO₃-Ernährung auf Ertrag und Nitratgehalt von Spinat und Kopfsalat. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 149: 290-302.
- & WEHRMANN, J. 1986 b. Einfluss der Cl-ernährung auf Ertrag und Nitratgehalt von Spinat und Kopfsalat. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 149: 303-313.
- JAMES, D.W., KIDMAN, D.C., WEAWER, W.H. & REEDER, R.L. 1970. Factors affecting chloride uptake and implications of the chloride-nitrate antagonism in sugarbeet mineral nutrition. *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol.* 15: 647-656.
- KAISER, W.M. & FÖRSTER, J. 1989. Low CO₂ prevents nitrate reduction in leaves. *Plant Physiol.* 91: 970-974.
- KALLIO, H., LINKO, R.R., TIKANMÄKI, E. & PUNTARI, I. 1980. Effect of nitrapyrin on nitrapyrin residues and nitrate content in red beet roots fertilised with urea. *J. Sci. Food Agric.* 31: 701-708.
- , KYRÖ, M., EVERS, A-M. & KORKMAN, J. 1982. Distribution of nitrate in red beet roots and leaves fertilized with urea or ammonium nitrate. *Ann. Agric. Fenn.* 21: 131-136.
- , ROUSKU, R., SALMINEN, A. & TIKANMÄKI, E. 1984. Diurnal variations in nitrate content of red beets. *J. Agric. Sci. Finland.* 56: 239-243.
- LEHTINEN, S. 1984. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978-1983. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 21/84. 1-62.
- MAGAT, S.S. & GOH, K.M. 1990. Effects of chloride fertilisers on ionic composition and cation-anion balance and ratio of fodder beet (*Beta vulgaris* L.) grown under field conditions. *N. Z. J. Agric. Res.* 33: 29-40.
- MANSS, H. & MANSS, F. 1989. Absenkung des Nitratgehaltes in Wurzelgemüse. *Gemüse (München)* 25: 377-379. (Ref. Hort. Abstr. 60: 6264.)
- MAY, M.L., PHILLIPS, J.M. & CLOUD, G.L. 1990. Drought-induced accumulation of nitrate in grain sorghum. *J. Prod. Agric.* 3: 238-241.
- MAYNARD, D.N. & BARKER, A.V. 1972. Nitrate content of vegetables crops. *Hortscience* 7: 224-226.
- , BARKER, A.V., MINOTTI, P.L. & PECK, N.H. 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agron.* 28: 71-114.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. 1987. Principles of plant nutrition. 685 p. 4th ed. Bern.
- MERKEL, D., WITT, H.H. & JUNGK, A. 1975. Effect of molybdenum on the cation-anion balance of tomato plants at different nitrogen nutrition. *Plant and Soil* 42: 131-143.

- MINOTTI, P.L. & STANKEY, D.L. 1973. Diurnal variation in the nitrate concentration of beets. *Hortscience*. 8: 33-34.
- MICHIGAN STATE UNIVERSITY. 1989. User's guide to MSTAT-C. Michigan.
- NIEUWHOF, M. & GIESEN, S. 1988. Genotypical variation in nitrate content of radish roots and prospects for reducing nitrate content by breeding. *Acta Horticulturae* 222: 101-104.
- , KEULEN, H.A. van & HOOGENDIJK, J.M. 1988. Non genetic variation in nitrate content of radish. *Acta Horticulturae* 222: 93-100.
- NURZYNSKI, J. 1976. Effect of the chloride and sulphate form of potassium on the quantitative and qualitative aspects and the yields of some vegetable crops grown on garden peat. English summary. *Biuletyn Warzywnictwa* 19: 105-118.
- ORION. 1978. Methods manual, 93 series electrodes. 31p. Massachusetts.
- ORION. 1983. Guide to ion analysis. 45 p. Massachusetts.
- PECHOVA, B., PRUGAR, J., PRUGAROVA, A. & DOBROVICKA, Z. 1989. Distribution of nitrates in vegetables. *Sbornik UVTIZ, Zahradnictvi* 16, 2: 125-130. (Ref. Hort. Abstr. 60, 6: 4259.)
- PECK, N.H., BARKER, A.V., MacDONALD, G.E. & SHALLENBERGER, R.S. 1971. Nitrate accumulation in vegetables. II. Table beets grown in upland soils. *Agron J.* 63: 130-132.
- , CANTLIFFE, D.J., SHALLENBERGER, R.S. & BOURKE, J.B. 1974. Table beet and nitrogen. N.Y. Agric. Exp. Sta, Geneva. *Search Agric.* 4, 6: 25 p.
- PENTTILÄ, P-L., RÄSÄNEN, L. & KIMPPA, S. 1990. Nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds in Finnish foods and the estimation of the dietary intakes. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 190: 336-340.
- RANTA, E., RITA, H. & KOUKI, J. 1989. *Biometria, tilastotiedettä ekologeille. Yliopistopaino.* 569 p. Helsinki.
- ROLL-HANSEN, J. 1977. Gjødslingsforsøk med rodbet. *Forskn. Fors. Landbr.* 24: 1-31.
- ROORDA van EYSINGA, J.P.N.L. 1984. Nitrate and glasshouse vegetables. *Fert. Res.* 5: 149-156.
- SAS. 1985. SAS User's guide: Statistics, Version 5 Edition. 956 p. Cary, North Carolina.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. 1981. *Principles and Procedures of Statistics.* 633 p. 2nd Ed. Singapore.
- STEENHUISEN, J.W. 1987. Het nitraatgehalte van sla op voedingsfilm. 6. EC-waarde en Ca/Mg-verhouding van de voedingsoplossing. (Summary). *Inst. Bodem-vruchtbaarheid, Rapp.* 8-87. 89 p.
- STEINGRÖVER, E., RATERING, P. & SIESLING, J. 1986 a. Daily changes in uptake, reduction and storage of nitrate in spinach grown at low light intensity. *Physiol. Plant.* 66: 550-556.
- , SIESLING, J. & RATERING, P. 1986 b. Effect of one night with "low light" on uptake, reduction and storage of nitrate in spinach. *Physiol. Plant.* 66: 557-562.
- SUHONEN, I. 1984. *Vihannesviljely avomaalla.* 162 p. Helsinki.
- TAKALA, M. 1983. Inverkan av N-gödsling på skörd och nitralhalten av morot och rödbeta. *Nord. Jordbr. Forskn.* 65: 559-560.
- VILJAVUUSPALVELU. 1990. Viljavuustulosten tulkinta avomaan puutarha-viljelyssä. 16 p.
- VLADIMIROV, A.V. 1935. The influence of chlorides and sulfates on the intake of ammonia and nitrate nitrogen by plants. *Khimizatziya Sotzialist. Zemledeliya (Moscow).* 3: 14-21. (Ref. *Chem. Abstr.* 30: 1089.)
- VUORINEN, M. & TAKALA, M. 1987. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote* 10/87. 1-30.

Liite 1. Maan ominaisuudet kenttäkokeessa.
Soil characteristics of the field experiment.

Kerranne Replicate	pH	JL EC 10 ⁻¹ S/cm	Ca	K	Mg	P	S	B	Humus	Org.C
									%	%
I										
0-25	6,70	0,57	3122	271	583	24,2	10,0	1,18	4,49	2,60
25-50	6,70	0,44	2828	230	626	22,0	9,5	1,09	3,39	1,96
II										
0-25	6,75	0,59	3184	268	423	48,0	8,9	1,72	4,61	2,67
25-50	6,95	0,52	2910	256	808	11,5	13,3	1,35	2,99	1,73
III										
0-25	6,55	0,55	3157	278	362	53,0	9,6	1,72	4,89	2,83
25-50	7,00	0,54	3127	215	895	2,2	16,4	1,05	1,92	1,11
IV										
0-25	6,85	0,64	3564	222	286	62,0	9,0	1,31	4,86	2,82
25-50	7,05	0,90	2988	181	756	3,2	12,4	0,84	2,30	1,33

Kivennäisaineksen lajitekoostumus, %
Particle size distribution, %

	<0,002				0,002-0,02				0,02-0,2				0,2-2 mm			
I																
0-25	46,9				28,1				17,7				7,3			
25-50	46,9				27,6				17,3				8,2			
II																
0-25	43,1				28,9				18,7				9,3			
25-50	51,7				28,7				13,7				5,9			
III																
0-25	38,8				25,0				23,8				12,4			
25-50	50,6				24,3				18,6				6,5			
IV																
0-25	33,0				21,1				28,0				17,9			
25-50	42,8				22,1				24,5				10,6			

Liite 2. Lannoituksen vaikutus I luokan (4-8 cm) juurikassatoihin kerranteittain.
Effect of different fertilization treatments on the first class (4-8 cm) yield
classified by replicates.

	KERRANNE/ REPLICATE				\bar{X}
	I	II	III	IV	
	t / ha				
$N_{100}S_{44}$	6,95	8,11	14,94	18,61	12,15
$N_{100}S_{88}$	9,34	13,22	17,16	21,21	15,23
$N_{100}Cl_{95}$	11,44	12,19	20,30	24,06	17,00
$N_{100}Cl_{190}$	6,07	10,78	20,45	21,66	14,74
$N_{200}S_{44}$	20,43	23,29	20,13	30,84	23,67
$N_{200}S_{88}$	19,39	28,12	20,62	29,62	24,44
$N_{200}Cl_{95}$	19,75	24,69	23,37	34,59	25,60
$N_{200}Cl_{190}$	11,08	26,47	27,30	34,43	24,82
\bar{X}	13,06	18,36	20,53	26,88	

N_{100}	14,78
N_{200}	24,63
	**

S_{44}	17,91
S_{88}	19,84
Cl_{95}	21,30
Cl_{190}	19,78

Liite 3. Lannoituksen vaikutus juurikkaiden NO₃-pitoisuuksiin tuoreessa kasviaineksessa. (I näytteenottokerran tulokset vain III ja IV kerranteesta.)
Effect of different fertilization treatments on nitrate contents of beetroots. The first sampling is only from the third and fourth replicate.

Näytteenottokerta / Sampling							
	I	II	III	IV	V	VI	VII
	18.7.	1.8.	8.8.	15.8.	23.8.	28.8.	13.9.
<hr/>							
Koejäsen							
Treatment	mg/kg tuoretta ainetta / fresh matter						
N ₁₀₀ S ₄₄	1600	1760	1560	1100	970	660	670
N ₁₀₀ S ₈₈	1530	1720	1390	1140	700	650	520
N ₁₀₀ Cl ₉₅	1560	1330	980	1100	910	990	690
N ₁₀₀ Cl ₁₉₀	1790	1350	1230	1090	1100	800	550
N ₂₀₀ S ₄₄	1900	2220	2010	2300	1920	1710	1570
N ₂₀₀ S ₈₈	2100	2620	2060	2070	2130	1880	1270
N ₂₀₀ Cl ₉₅	1680	2310	2140	1820	1840	1850	1440
N ₂₀₀ Cl ₁₉₀	1790	2130	2110	1970	1730	1710	1300
<hr/>							
X pääruudut							
main plots							
N ₁₀₀	1620	1540	1290	1100	920	780	610
N ₂₀₀	1870	2320	2080	2040	1910	1790	1390
		*	***	**	**	*	**
<hr/>							
X osaruudut							
sub plots							
S ₄₄	1750	1990 ^{ab}	1720	1700	1440	1190	1120
S ₈₈	1810	2170 ^a	1720	1610	1413	1270	900
Cl ₉₅	1620	1820 ^b	1560	1460	1370	1420	1060
Cl ₁₉₀	1790	1740 ^b	1670	1530	1413	1260	920
		**					
<hr/>							
X	1740	1930	1680	1570	1410	1290	1000
<hr/>							

Osaruutukäsittelyjen keskiarvot, joiden yläindeksinä ei ole yhteistä kirjainta eroavat toisistaan Tukeyn HSD-testin mukaan merkitsevästi (p < 0,05).
Sub plot means without a common superscript letter are significantly different (p < 0.05).
Means without superscript letters have no significant differences.

Liite 4. Lannoituksen vaikutus naattien NO₃-pitoisuuksiin. (I näytteenottokerran tulokset ovat vain III ja IV kerranteesta.)

Effect of different fertilization treatments on nitrate contents of beetroot shoots. (The first sampling is only from the third and fourth replicate.)

Näytteenottokerta / Sampling

I	II	III	IV	V	VI	VII
18.7.	1.8.	8.8.	15.8.	23.8.	28.8.	13.9.

Koejäsen

Treatment

mg/kg tuoretta ainetta / fresh matter

N ₁₀₀ S ₄₄	1540	1860	1250	840	490	470	310
N ₁₀₀ S ₄₄	1660	1740	1100	1090	300	310	320
N ₁₀₀ Cl ₉₅	1700	1460	960	860	480	570	470
N ₁₀₀ Cl ₁₉₀	1580	1290	860	780	390	670	510
N ₂₀₀ S ₄₄	2120	2920	2610	2990	1960	2110	1250
N ₂₀₀ S ₈₈	2100	3190	2580	3180	1960	2110	990
N ₂₀₀ Cl ₉₅	1830	2720	2140	2460	1490	1560	1100
N ₂₀₀ Cl ₁₉₀	1790	2510	1930	2410	1330	1620	880

X̄ pääruudut

main plots

N ₁₀₀	1620	1590	1040	890	380	510	400
N ₂₀₀	1960	2840	2320	2760	1680	1860	1060
		**	***	**	**	***	*

X̄ osaruudut

sub plots

S ₄₄	1830	2390 ^a	1920 ^a	1920 ^{ab}	1220 ^a	1340	780
S ₈₈	1880	2460 ^a	1840 ^a	2140 ^a	1130 ^{ab}	1210	660
Cl ₉₅	1770	2090 ^b	1560 ^a	1660 ^b	980 ^{ab}	1070	780
Cl ₁₉₀	1680	1900 ^b	1400 ^a	1590 ^b	890 ^b	1140	700
		***	*	**	*		

X̄	1790	2210	1680	1830	1050	1180	730
----	------	------	------	------	------	------	-----

Osaruutukäsittelyjen keskiarvot, joiden yläindeksinä ei ole yhteistä kirjainta, eroavat toisistaan Tukeyn HSD-testin mukaan merkitsevästi (p<0,05).

Sub plot means without a common superscript letter are significantly different (p<0.05).

Means without superscript letters have no significant differences.

Liite 5. Lannoituksen vaikutus juurikkaiden kuiva-ainepitoisuuksiin. (I näytteenottokerran tulokset vain III ja IV kerranteesta.)

Effect of different fertilization treatments on dry matter contents of beetroots. (The first sampling is only from the third and fourth replicate.)

Näytteenottokerta / Sampling

	I	II	III	IV	V	VI	VII
	18.7.	1.8.	8.8.	15.8.	23.8.	28.8.	13.9.

% tuorepainosta
% fresh weight

**Koejäsen
Treatment**

N ₁₀₀ S ₄₄	10,9	10,7	13,1	10,1	12,0	12,9	14,7
N ₁₀₀ S ₈₈	11,0	10,7	12,7	9,9	12,1	13,3	15,0
N ₁₀₀ Cl ₉₅	10,5	10,4	12,5	9,7	10,6	12,2	14,4
N ₁₀₀ Cl ₁₉₀	10,5	10,3	12,1	9,4	11,0	12,9	14,7
N ₂₀₀ S ₄₄	10,9	10,2	12,5	9,5	10,8	12,3	13,6
N ₂₀₀ S ₈₈	10,9	9,9	12,4	9,7	10,6	12,2	14,6
N ₂₀₀ Cl ₉₅	10,5	9,9	11,5	9,7	10,5	11,4	13,5
N ₂₀₀ Cl ₁₉₀	10,3	10,0	11,8	9,4	10,2	11,5	13,7

**\bar{X} pääruutu
main plots**

N ₁₀₀	10,7	10,5	12,6	9,8	11,4	12,9	14,7
N ₂₀₀	10,6	10,0	12,0	9,3	10,5	11,8	13,8
	*		*			*	

**\bar{X} osaruutu
sub plots**

S ₄₄	10,9 ^a	10,4	12,8	9,8	11,4 ^a	12,6 ^a	14,2 ^{ab}
S ₈₈	10,9 ^a	10,3	12,5	9,8	11,3 ^a	12,8 ^a	14,8 ^a
Cl ₉₅	10,5 ^b	10,2	12,0	9,2	10,6 ^b	11,8 ^b	13,9 ^b
Cl ₁₉₀	10,4 ^b	10,2	12,0	9,4	10,6 ^b	12,2 ^{ab}	14,2 ^{ab}
	**				***	**	*

\bar{X}	10,7	10,3	12,3	9,5	11,0	12,3	14,3
-----------	------	------	------	-----	------	------	------

Osaruutukäsittelyjen keskiarvot, joiden yläindeksinä ei ole yhteistä kirjainta eroavat toisistaan Tukeyn HSD-testin mukaan merkitsevästi ($p < 0,05$).

Sub plot means without a common superscript letter are significantly different ($p < 0,05$).

Means without superscript letters have no significant differences.

Liite 6. Lannoituksen vaikutus kasvustonäytteiden naattien kuiva-ainepitoisuuteen.

(I näytteenottokerran tulokset vain III ja IV kerranteesta.)

Effect of different fertilization treatments on dry matter content of beetroot shoots. (The first sampling is only from the third and fourth replicate.)

Näytteenottokerta / Sampling

	I	II	III	IV	V	VI	VII
	18.7.	1.8.	8.8.	15.8.	23.8.	28.8.	13.9.

% tuorepainosta
% fresh weight

**Koejäsen
Treatment**

N ₁₀₀ S ₄₄	6,9	7,1	9,1	10,5	9,6	12,6	10,7
N ₁₀₀ S ₈₈	6,6	6,9	8,7	10,7	9,3	12,4	11,1
N ₁₀₀ Cl ₉₅	6,1	6,4	8,1	9,5	9,0	11,1	10,5
N ₁₀₀ Cl ₁₉₀	6,0	6,3	7,7	9,6	8,9	11,1	9,9
N ₂₀₀ S ₄₄	6,7	6,8	8,8	10,1	8,8	11,4	10,3
N ₂₀₀ S ₈₈	6,5	6,8	8,8	9,9	8,8	11,5	10,9
N ₂₀₀ Cl ₉₅	6,3	6,6	8,6	9,6	8,5	9,6	10,2
N ₂₀₀ Cl ₁₉₀	5,9	6,3	7,7	9,1	8,0	10,3	9,6

**\bar{X} pääruudut
main plots**

N ₁₀₀	6,4	6,7	8,4	10,1	9,2	11,8	10,6
N ₂₀₀	6,4	6,6	8,5	9,7	8,5	10,7	10,3

**

**\bar{X} osaruudut
sub plots**

S ₄₄	6,8 ^a	6,9 ^a	9,0 ^a	10,3 ^a	9,2	12,0 ^a	10,5 ^{ab}
S ₈₈	6,6 ^b	6,8 ^a	8,8 ^{ab}	10,3 ^a	9,0	12,0 ^a	11,0 ^a
Cl ₉₅	6,2 ^c	6,5 ^b	8,3 ^b	9,6 ^b	8,7	10,4 ^b	10,4 ^{ab}
Cl ₁₉₀	5,9 ^d	6,3 ^b	7,7 ^c	9,3 ^b	8,5	10,7 ^b	9,7 ^b
	***	***	***	***		***	*

\bar{X}	6,4	6,6	8,4	9,9	8,9	11,2	10,4
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Osaruutukäsittelyjen keskiarvot, joiden yläindeksinä ei ole yhteistä kirjainta, eroavat toisistaan Tukeyn HSD-testin mukaan merkitsevästi (p<0,05).

Sub plot means without a common superscript letter are significantly different (p<0.05).

Means without superscript letters have no significant differences.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–86 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1987

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1986. 72 p.
2. PALDANIUS, E. Oljen kompostointi erilaisia seosmateriaaleja typpilähteinä käyttäen. 55 p. + 1 liite.
3. LEIVISKÄ, P. & NISSILÄ, R. Säämittauksen tuloksia Pohjois-Pohjanmaan tutkimusasemalla Ruukissa. 31 p.
4. HAKKOLA, H., HEIKKILÄ, R., RINNE, K. & VUORINEN, M. Odelman typpilannoitus, sängenkorkeus ja niittoaika. 39 p.
5. NIEMELÄ, T. & NIEMELÄINEN, O. Kasvualustan tiivistyminen ja nurmikon kulumisen nurmikon stressitekijöinä. Kirjallisuuskatsaus. P. 1-30.
NIEMELÄ, T. Siirtonurmikon kasvatus ja käyttö. Kirjallisuuskatsaus. P. 31-42.
6. LUOMA, S., RAHKO, I. & HAKKOLA, H. Kiinankaalin viljelykokeiden tuloksia 1981-1985. 25 p.
7. MUSTONEN, L., PULLI, S., RANTANEN, O. & MATTILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1979-1986. 165 p. + 9 liitettä.
8. SEPPÄLÄ, R. & KONTTURI, M. Mallasohran reagointi typpilannoitukseen. P. 1-66.
KUISMA, T. & KONTTURI, M. Typpilannoituksen vaikutus ohralajikkeiden mallastuvuuteen. P. 67-134.
9. YLI-PIETILÄ, M., SÄKÖ, J. & KINNANEN, H. Puuvartisten koristekasvien talvehtiminen talvella 1984–1985. 38 p.
10. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus poutivalla hiekkamaalla. 30 p.
11. MULTAMÄKI, K. & KASEVA, A. Kotimaiset lajikkeet. P. 1-8.
Domestic Varieties. P. 9-17.
12. TUOVINEN, T. Omenakääriäisen ennustemenetelmä. P. 1-17.
- Pihlajanmarjakoin ennustemenetelmä. P. 18-32.
13. MÄKELÄ, K. Peittauksen vaikutus kotimaisen heinänsiemenen itävyyteen, orastuvuuteen ja sienistöön. 15 p.
14. Osa 1. YLÄRANTA, T. Radioaktiivinen laskeuma ja säteilyvalvonta. P. 1-27.
PAASIKALLIO, A. Radionuklidien siirtyminen viljelykasveihin. P. 28-62.

Osa 2. KOSSILA, V. Radionuklidien siirtyminen kotieläimiin ja eläintuotteisiin sekä vaikutukset eläinten terveyteen ja tuotantoon. 109 p.

15. RAVANTTI, S. Alma-timotei. 38 p. + 2 liitettä.
16. LEHMUSHOVI, A. Ryhmäruusujen lajikekokeet vuosina 1981-1984. 29 p.
17. JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Karkeiden kivennäismaiden ja turvemaiden kuparipitoisuus ja sen vaikutus kauran kasvuun astiakokeessa. P. 1-17.
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Maan kuparipitoisuuden ja happamuuden vaikutus kuparilannoituksella saatuihin kauran satotuloksiin. P. 18-37.
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Maan pH-luvun ja kuparilannoituksen vaikutus kauran hivenravinnepitoisuuksiin. P. 38-47.
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Kaura- ja ohralajikkeiden herkkyys kuparin puutteelle ja eri kuparimäärillä saadut tulokset. P. 48-62.
 JOKINEN, R. & TÄHTINEN, H. Kuparilannoitelajien vertailu astiakokeessa kauralla. P. 63-68.
18. HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Ahomansikasta suomalainen viljelylajike. P. 1-8.
 HIIRSALMI, H., JUNNILA, S. & SÄKÖ, J. Mesimarjan jalostus johtanut tulokseen. P. 9-21.
19. TALVITIE, H., HIIVOLA, S-L. & JÄRVI, A. Satojen ja satovahinkojen arviointitutkimus. 87 p.
20. KEMPPAINEN, R. Puna-apilan ymppäys Rhizobium-bakteerilla. *Inoculation of red clover by Rhizobium strain.* 24 p.
21. LAMPILA, M., VÄÄTÄINEN, H. & ALASPÄÄ, M. Korsirehujen vertailu kasvavien ayrshire-sonnien ruokinnassa. *Comparison of forages in the feeding of growing ayrshire bulls.* P. 1-40.
 ARONEN, I., HEPOLA, H., ALASPÄÄ, M. & LAMPILA, M. Erisuuruiset väkirehuannokset kasvavien ayrshire-sonnien olkiruokinnassa. *Different levels of concentrate supply in straw-based feeding of growing ayrshire bulls.* P. 41-66.
 ARONEN, I., ALASPÄÄ, M., HEPOLA, H. & LAMPILA, M. Bentsoehappo säilörehun valmistuksessa. *Benzoic acid as silage preservative.* P. 67-86.
22. TURTOLA, E. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvien vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savi- maasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983-1986. 32 p. + 2 liitettä.
23. PIETOLA, L. & ELONEN, P. Peltokasvien sadetus normaalia kosteampina kasvukausina 1980-85. 76 p.
24. PIETOLA, L. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. 94 p. + 3 liitettä.

1988

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista ja julkaisuista 1987. 83 p.
2. ANISZEWSKI, T. Puiden, pensaiden ja viljeltävän turvemaan fenologinen tutkimus. *Phenological study on the trees, bushes and arable peat land.* 120 p. + 5 liitettä.

3. RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., TALVITIE, H., SIMOJOKI, P., RINNE, K. & SIPPOLA, J. Viherkesannon vaihtoehdot rukiin viljelyssä. 53 p.
4. JUNNILA, S. Pienannosherbisidit kevätiljoilla - Glean 20 DF, Ally 20 DF ja Logran 20 WG. P. 1-15.
- Starane M kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. P. 16-18.
- Kamilon B ja Kamilon D kevätiljojen rikkakasvien torjunnassa. P. 19-23.
- Kevätviljaherbisidit Rikkahävyte KH 10/77, KH 2/83 ja Ipacril. P. 24-31.
5. KIISKINEN, T. & MÄKELÄ, J. Kasviperäisten valkuaisrehujen sulavuus minkillä. *Smältbarhet av vegetabiliska proteinfodermedel hos mink. Digestibility of protein feedstuffs derived from plants in mink.* P. 1-13.
KIISKINEN, T., MÄKELÄ, J. & ROUVINEN, K. Eri viljalajien sulavuus minkillä ja siniketulla. *Smältbarhet av olika spannmål hos mink och blåråv. Digestibility of different grains in mink and blue fox.* P. 14-23.
6. SIMOJOKI, P. Ohran boorinpuutos. 100 p. + 3 liitettä.
7. SIMOJOKI, P. Lupiinin viljelytekniikka. P. 3-22, 2 liitettä.
EKLUND, E. & SIMOJOKI, P. Yksivuotisen lupiinin nystyräbakteerien eristäminen ja valikoitujen siirroskantojen testaus kenttäolosuhteissa. P. 23-34.
ANISZEWSKI, T. Kylvöajan vaikutus lupiinin (*Lupinus angustifolius* L.) siemensatoon Keski- ja Pohjois-Suomessa. P. 35-54.
ANISZEWSKI, T. Lupiinin siementuotanto Keski- ja Pohjois-Suomessa. P. 55-90.
8. HÄMÄLÄINEN, I. & ERVIÖ, R. Maaperäkarttaselitys, Jyväskylä. 39 p. + 14 liitettä.
9. ERVIÖ, R. & HÄMÄLÄINEN, I. Maaperäkarttaselitys, Lahti. 41 p. + 2 liitettä.
10. TAKALA, M. Palkokasvien biologiasta. 18 p. + 6 taulukkoa.
11. TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. Väkilannoitus ja "biologiset" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. 36 p.
12. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MATILA, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1980-1987. 138 p. + 1 liite.
13. LUNDEN, K. & SÄKÖ, J. Koristepuiden ja -pensaiden talvehtiminen. Talvi 1986/87. 86 p. + 4 liitettä.
14. SÄKÖ, J. & LUNDEN, K. Talven 1986-87 tuhot hedelmä- ja marjatarhoissa. 34 p.
15. RINNE, K. & MÄKELÄ, J. Karitsoiden kasvu laitumella. 18 p.
16. ILOLA, A. Katovuoden 1987 kevätiljojen siemenen orastumiskokeet. P. 1-17.
RANTANEN, O. & SOLANTIE, R. Uusi peltoviljelyn alue- ja vyöhykejakoehdotus. P. 18-31.
17. RAHKONEN, A. & ESALA, M. Kevätviljojen ja -öljykasvien kylvöaika. 72 p.
18. JUNNILA, S. Perunaherbisidejä tehokkuustarkastuksessa. P. 1-15.
- Lehvästön hävitys herneellä ja öljykasveilla. P. 16-24.

19. KEMPPAINEN, E. Didinin (disyandiamidi) vaikutus naudon lietalannan tehoon ohran lannoitteena. 35 p.
20. ETTALA, E. & VIRTANEN, E. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan vertailu vasikka- ja hiehkokaudella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urea-ruokinnalla. 92 p.
21. PITKÄNEN, J., ELONEN, P., KANGASMÄKI, T., KÖYLIJÄRVI, J., TALVITIE, H., VIRRI, K. & VUORINEN, M. Aurattoman viljelyn vaikutukset kevätiljojen satoon ja laatuun: kuuden koevuoden tulokset. *Summary: Effects of ploughless tillage on yield and quality of cereals: results after six years.* P. 1-61.
PITKÄNEN, J. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. *Summary: Effects of ploughless tillage on physical and chemical properties of soil.* P. 62-167.
22. KÄNKÄNEN, H. & KONTTURI, M. Kylvötiheyden vaikutus lehtityypiltään erilaisten herneiden sadon muodostumiseen. 69 p.

1989

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 23 p.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1981-1988. 147 p. + 8 liitettä.
3. VUORINEN, M. Turvemaan kaliumlannoitus. 17 p.
4. TAKALA, M. Saderiskien ja korjuutappioiden vähentämismahdollisuuksista heinäkorjuussa. 21 p. + 12 liitettä.
5. HAKKOLA, H., PULLI, S. & HEIKKILÄ, R. Nurmikasvien siemenseoskokeiden tuloksia. 57 p.
6. HAKKOLA, H. & LUOMA, S. Perunan viljelykokeiden tuloksia 1981-88. 25 p.
7. AFLATUNI, A. & LUOMA, S. Avomaan vihannesten lajikekokeiden tuloksia 1986-88. 36 p.
8. HÄRKÖNEN, M. & MUSTALAHTI, A. Perennojen menestyminen ja kukinta-ajat Pohjois-Suomessa 1979-85. 20 p. + 2 liitettä.
9. RUOTSALAINEN, S. Marjakasvien tervetäimituotanto ja sen merkitys Suomessa. 57 p.
10. UUSI-KÄMPPÄ, J. Vesistöjen suojaaminen rantapeltojen valumilta. 66 p.
11. **Öljykasvien viljelyn edistäminen.** Yhteistutkimuksen tuloksia vuosilta 1985 - 1988. 95 p. Toimittanut KATRI PAHKALA.
12. JUHANOJA, S. Juurrutushormonien käyttö vesiviikunan *Ficus pumila* L. pistokkaiden juurrutuksessa. P. 2-6.
JUHANOJA, S. & PESSALA, T. Vuodenajan vaikutus viherkasvien pistokkaiden juurtumiseen ja taimien jatkokasvatusaikaan. P. 7-22.

JUHANOJA, S. Ampelikasvien viljelyaikatauluja. P. 23-34.

PESSALA, T. Sulkasaniaisen lisäys. P. 35-38.

14. JOKI-TOKOLA, E. Väkiheinä ja säilörehut lihanautojen ruokintakokeissa. 46 p.
15. MÄKELÄ, K. Kesäkukkien kauppasiemenen laatu. 15 p. + 10 liitettä.
16. KÄNKÄNEN, H., HIIVOLA, S.-L. & HEIKKILÄ, R. Kalkitusajankohdan vaikutus kalkituksen tehoon. 38 p. + 1 liite.
17. ROUVINEN, K. & NIEMELÄ, P. Plasmasytoosi heikentää pentutulosta ja pentujen varhaiskehitystä minkillä. *Plasmacytosis impairs breeding result and early kit growth in the mink.* P. 1-17.
ROUVINEN, K. Erilaisten rasvojen sulavuus minkin ja siniketun pennuilla - emulgaattorien vaikutus. *Fettsmältbarhet hos mink- och blårävsvalpar - inverkan av emulgerande ämnen.* *Digestibility of different fats in mink and blue fox kits - influence of emulsifying agents.* P. 18-37.
18. JOKINEN, R. Fosforin saostukseen käytettävien kemikaalien vaikutusjätevesilietteiden ominaisuuksiin sekä käyttöarvoon lannoitteena ja maanparannusaineena. 54 p.
19. JÄRVI, A. Typpilannoitus ja kasvuston CCC-käsittely timotein siemennurmilla. P. 1-24.
- Timotein siemennurmen typpilannoitus, riviväli ja siemenmäärä. P. 26-48.
- Alkuperältään erilaiset timoteilajikkeet siementuotannossa. P. 50-52.
20. URVAS, L. & TARES, T. Maanäytteiden ottoaika ja viljavuusluvut. 17 p.
21. SAASTAMOINEN, M. & PÄRSSINEN, P. Yty-kaura. 29 p. + 2 liitettä.
22. RAVANTTI, S. Juliska-punanata. 51 p. + 1 liite.
23. TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Juurikassäilörehu ohran korvaajana kasvavien aysonnien säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. P. 2-43.
TOIVONEN, V. & LAMPILA, M. Naattinauriin juurisäilörehu ohran korvaajana kasvavien aysonnien säilörehuvaltaisessa ruokinnassa. P. 44-66.

1990

1. Tiivistelmiä MTTK:n tutkimuksista. 40 p.
2. MARKKULA, M., TIITTANEN, K. & VASARAINEN, A. Torjunta-aineet maa- ja metsätaloudessa 1953 - 1987. 58 p.
3. KUMPULA, R. Mikrolisätyn mansikan emotaimiklooneissa esiintyvä muuntelu. 61 p. + 2 liitettä.
4. MELA, T., KÄNKÄNEN, H. & ILOLA, A. Heikkoitoisen kevätiljan arvo kylvösiemenenä. 28 p. + 20 liitettä.
5. SALO, Y. & PIETILÄ, E. Laari-kevätheinä. 32 p. + 2 liitettä.

6. RIEPPONEN, L., RINNE, S-L., HIIVOLA, S-L., SIMOJOKI, P., SIPPOLA, J. & TALVITIE, H. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuusvertailu. 38 p. + 8 liitettä.
7. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1982 - 1989. 129 p. + 2 liitettä.
8. URVAS, L. Sinkkisulfaatti timotein lannoitteena. P. 1-11.
- Sinkkisulfaatti ja kelaatit sinkkilannoitteina. P. 12-18.
9. KOIKKALAINEN, K., HUHTA, H., VIRKAJÄRVI, P. & HEIKKILÄ, R. Pitkäaikaisen säilörehunurmen kaliumlannoitus heikosti kaliumia pidättävillä mailla. 59 p.
10. AURA, E. Salaojien toimivuus savimaassa. 93 p.
11. UOSUKAINEN, M. Tervetaimiasemalla tuotannossa olevat ja lajikekokeita varten lisätyt luumulajikkeet. P. 1-29.
UUSITALO, M. Luumujen ja kirsikan virustaudit. P. 31-42.
12. JUHANOJA, S. Kesäkukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. P. 1-24
- Morsiusharson kaksivuotinen lasinalaisviljely. P. 25-32.
- Pikkusipulikukkien leikkoviljely kasvihuoneessa. P. 33-37.

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983-1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.

12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittyurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyys. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittyurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimusasemalta. 77 p.
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. Desinfointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970-90. 116 p.

1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloja Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuu-teen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorerehukasvien 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 fysikaalinen 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. **Hiehokasvatuskokeiden tuloksia.**
SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyschiehot. P. 4-23.
KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24-40 + 9 liitettä.
KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41-48 + 2 liitettä.
Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. LAPINLAHTI. 13 p. + 2 liitettä.
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.

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

HINTA: 50 mk