

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

TIEDOTE

4/94

AINO-MAIJA EVERS

**Lannoituksen vaikutus
kasvien ravitsemukselliseen laatuun**

Kirjallisuustutkimus

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 4/94

AINO-MAIJA EVERS

**Lannoituksen vaikutus
kasvisten ravitsemukselliseen laatuun**

Kirjallisuustutkimus

***Summary: The effect of fertilization
on the nutritional quality of vegetables***

A literature review

Maatalouden tutkimuskeskus
Puutarhatuotannon tutkimuslaitos
21500 PIIKKIÖ
Puh. (921) 727 806

Jokioinen 1994
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	5
SUMMARY	6
I JOHDANTO	7
II KIRJALLISUUSTUTKIMUS	7
1 LAADUN MÄÄRITTELY	7
2 KASVIKSET IHMISEN RUOKAVALIOSSA	7
3 GENOTYYPIN JA YMPÄRISTÖOLOJEN VAIKUTUS RAVITSEMUKSELLI- SEEN LAATUUN	8
3.1. C-vitamiini	8
3.2. Karoteeni	9
3.3. B-vitamiini	10
3.4. Nitraatti	10
3.5. Sokerit ja kuitu	11
4 LANNOITUKSEN VAIKUTUS RAVITSEMUKSELLISEEN LAATUUN	12
4.1. C-vitamiini	12
4.2. Karoteeni	14
4.3. B-vitamiini	15
4.4. Nitraatti	15
4.5. Sokerit ja kuitu	15
III TULOSTEN TARKASTELU	18
IV JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET	19
KIRJALLISUUSLUETTELO	20

EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvien ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 4/94. 22 p.

Avainsanat: kasvikset, lannoitus, laatu

TIIVISTELMÄ

Avomaan puutarhatuotannossa kehitetään kestävä kehityksen mukaista viljelytekniikkaa, jossa lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttöä tarkennetaan taloudellisista ja ekologisista syistä johtuen. Tässä tilanteessa on tärkeää ymmärtää ne mekanismit, jotka määräävät tuotetun sadon laadun, jotta viljelytekniikalla opittaisiin vaikuttamaan sadon ravitsemukselliseen laatuun myönteisesti. Viime vuosikymmeninä Suomessa ja Skandinaviassa on julkaistu useita tutkimusraportteja mm. lannoituksen ja ympäristötekijöiden vaikutuksista ravitsemukselliseen laatuun. Tämän tiedotteen tarkoitus on koota yhteen nämä tutkimukset ja selvittää, voidaanko jo nähdä yleisiä trendejä ja mitkä seikat vaativat vielä lisätutkimusta.

Genotyyppillä ja valon intensiteetillä on hyvin voimakas vaikutus kasvien C-vitamiinipitoisuuteen. Optimaalisella typpilannoitustasolla lannoituksen merkitys on vähäinen, mutta liian suuri typpimäärä alentaa C-vitamiinipitoisuutta lievästi luultavasti suurien lehtien varjostusvaikutuksen vuoksi tai kuiva-ainepitoisuuden laskun vuoksi. Genotyyppi, kasvin kehitysvaihe, tehokas yhteyttäminen, voimakas kasvu ja suhteellisen korkea lämpötila lisäävät porkkanalla karoteenipitoisuutta. Sensijaan lannoituksen vaikutukset karoteenipitoisuuteen ovat olleet ristiriitaisia eri tutkimuksissa, joten lisätutkimuksia tarvittaisiin tästä asiasta, varsinkin kun kasvikset ovat erittäin tärkeä karoteenin lähde ruokavaliossamme. Kasvikset ovat myös B-vitamiinien tärkeä lähde, mutta ainoatakaan tutkimusta lannoituksen tai viljelytekniikan vaikutuksista kasvien B-vitamiinipitoisuuksiin ei löytynyt. Lannoituksella on vain vähäinen vaikutus kasvien sokeripitoisuuteen. Lannoituksen vaikutuksia kasvien kuitupitoisuuteen on tutkittu vähän, mutta alustavat tutkimustulokset ovat lupaavia ja jatkotutkimuksia tarvittaisiin. Kasvien nitraattipitoisuuksia on tutkittu paljon ja siihen vaikuttavat tekijät tunnetaan hyvin. Nouseva typpilannoitus, genotyyppi, alhainen valon intensiteetti, alhainen lämpötila ja kuivuus lisäävät nitraatin määrää kasviksissa. Suomessa ja Skandinaviassa kasvatettujen kasvien nitraattipitoisuudet ovat olleet lannoituskokeissa alhaiset, ainoastaan kasvihuoneessa kasvatettujen salaattien nitraattipitoisuudet ovat olleet korkeat ja tämä vaatisi lisätutkimuksia.

SUMMARY

THE EFFECT OF FERTILIZATION ON THE NUTRITIONAL QUALITY OF VEGETABLES

The trend in horticulture is towards sustainable farming which means more accurate fertilizer application due to ecological and economic reasons. It is therefore important to understand the phenomena caused by nutrient applications on the quality of vegetables. During the last decades, some research has been done in Finland and in Scandinavia, and the purpose of this review is to evaluate this data against the information available on genetic and environmental factors.

Genotype and light intensity highly affect the vitamin C content of plants. At optimal nitrogen levels fertilization has a small effect, and overdose of nitrogen decreases vitamin C content probably due to the shadowing effect of big leaves or due to the decrease of dry matter content. Choice of genotype, developmental stage of the plant, adequate photosynthesis, vigorous growth and a relatively high temperature are factors which increase the carotene content of carrots. The effects of fertilization on the carotene content of plants have been contradictory and warrant more research. No research results could be found of the effects of fertilization or growing practices on the vitamin B content even though vegetables are an important source of vitamin B in diets. Increasing nitrogen fertilization, choice of genotype, low light intensity, low temperature and drought increase the nitrate content of vegetables, but the levels are low in vegetables grown in the Nordic countries, except in lettuce grown in greenhouse in the dark season. The effect of fertilization on the sugar content is small, and the effect on nutritional fibre warrants further study.

(Key words: vegetables, fertilization, quality)

I Johdanto

Tämän tiedotteen tavoite on kerätä yhteen se tieto mitä on kertynyt Suomessa ja Skandinaviassa tehdyissä tutkimuksissa aihepiiristä kasvien laatu, erityisesti lannoituksen vaikutus kasvien laatuun. Tavoite on katsoa, joko on tarpeeksi dataa, jotta voidaan nähdä yleisiä trendejä lannoituksen osuudesta laadukkaan sadon muodostuksessa, vai tarvitaanko vielä lisätutkimuksia. Tavoitteena on edelleen osoittaa ne mahdolliset osa-alueet, joilla tarvitaan lisätutkimuksia. Tiedotteen alussa käsitellään laadun määrittelyä, kasvien merkitystä ruokavaliassa sekä genotyypin ja ulkoisten kasvuolojen vaikutuksia laatuun, sillä mielestäni lannoituksen vaikutuksia ei voida tarkastella yksin, irrallaan muista vaikuttavista tekijöistä. Alkukatsauksen jälkeen siirryttiin käsittelemään lannoituksen vaikutusta kasvien ravitsemukselliseen laatuun.

II Kirjallisuustutkimus

1 Laadun määrittely

Kasvien laatu voidaan määritellä hyvin monella eri tavalla. Kotimaisten kasvien laatustrategiassa TIKKANEN (1990) käyttää EKLÖFin ja GILLBACKin (1987) jakoa objektiiviseen, subjektiiviseen, tilanne- ja trendilaatuun.

Objektiiviset laatutekijät ovat mitattavissa olevia ominaisuuksia. Niitä ovat virheellisten kasvien osuus, ravintosisältö ja vierasainepitoisuudet.

Subjektiiviset laatutekijät koostuvat arvioijan tarpeista ja odotuksista. Niihin vaikuttavat opitut asiat ja kokemukset.

Tilannelaatu vaihtelee vallitsevien arvojen ja ajan tapahtumien mukaan. Objektiivisten laatutekijöiden arvostus muuttuu tilanteen odotusten ja tarpeiden mukaan.

Trendilaatu muuttuu muotivirtausten mukaisesti ja se koskee myös elintarvikkeita. Erityisesti kielteisiin tapahtumiin reagoidaan voimakkaasti.

Hyvin usein laatu jaetaan kahteen pääryhmään, nimittäin ulkoiseen ja sisäiseen laatuun.

Ulkoisella laadulla tarkoitetaan kasvien kokoa, muotoa ja väriä. Kansallisilla ja kansainvälisillä lajitteluohjeilla vaikutetaan ulkoiseen laatuun ja se onkin ollut pääasiallinen kaupan ja hinnoittelun peruste. Ulkoisella laadulla on tärkeä merkitys, sillä kuluttajat ostavat kasvikset ulkonäön perusteella ja ihminen syö myös "silmillään", eli kasvien esteettinen merkitys aterian kaunistajana ja ruokahalun herättäjänä on suuri.

Sisäisellä laadulla puolestaan tarkoitetaan kasvien ravintoainesisältöä, ravitsemuksellisesti haitallisten aineiden sisältöä, makua ja rakennetta. Koska ei ole ollut käytettävissä nopeita ja halpoja sisäisen laadun testausmenetelmiä, kasvikaupassa hinnoittelun perusteena ei ole voitu käyttää sisäisen laadun mittareita. Ravitsemuksellisesti arvokkaita sisäisen laadun ominaisuuksia ovat kasvien alhainen energia sisältö, hiilihydraattipitoisuus ja erityisesti kuitupitoisuus, proteiinit, välttämättömät aminohapot, kivennäis- ja hivenaineet, vitamiinit, orgaaniset hapot, tärkeät rasvahapot ja aromiaineet. Ravitsemuksellisesti haitallisia laatuominaisuuksia ovat nitraattipitoisuus, pestisidijäämät, raskasmetalli- ja radioaktiivisuuspitoisuudet, oksaalihappo, vapaat aminohapot ja pahanmakuiset aromiaineet, PCB-yhdisteet, PAH-yhdisteet, elintarvikkeiden luontaiset, myrkylliset aineet kuten perunan glykoalkaloidi, mm. solaniini ja korvasienten gyromitriini, sekä muut elintarvikkeisiin kuulumattomat aineet, kuten kuolleet hyönteiset, niiden munat ja jätökset (EVERS 1989e, TIKKANEN 1990).

2 Kasvikset ihmisen ruokavaliassa

Kasvis-sana tarkoittaa ihmisravinnoksi käytettävää kasvin mehevää osaa. Kasviksiin kuuluvat vihannokset, perunat, hedelmät, marjat ja sienet.

Vihanneksia ovat lehti- ja versovihannokset (esim. salaatti, kaali), juuri- ja mukulakasvit (esim. porkkana), mutta ei peruna, sipulikasvit, palkovihannokset (esim. herne), vihanneshedelmät (esim. tomaatti, kurkku) ja maustevihannokset (esim. persilja). Tässä tiedotteessa käsitellään kasviksia, lukuun ottamatta sieniä.

	1970-luvun alku	1980-luvun puoliväli	Suositus
Viljat	80	75	104
Perunat	80	67	90
Hedelmät ja marjat	45	70	73
Sokeri	43	33	22
Kasvikset	20	48	90
Hedelämä- mehut	0	10	

Valtion ravitsemusneuvottelukunnan mietinnön (1987) mukaan kasvisten kulutus suomalaisten ruokavaliossa pysyi lähes muuttumattomana 1970-luvulle saakka, mistä lähtien se on hitaasti, mutta tasaisesti noussut. Kuten seuraavasta asetelmasta käy ilmi, kasvisten kulutuksen tulisi vielä edelleenkin nousta.

3 Genotyypin ja ympäristöolojen vaikutus ravitsemukselliseen laatuun

Kasvisten laatuun vaikuttavat genotyyppi, ilmastotekijät, viljelytekniiset toimenpiteet, sadonkorjuu, varastointi, kauppakunnostus, lajittelu, jakelu sekä loppukäyttäjän luona tapahtuva varastointi ja käsittely. Lannoitus on yksi viljelytekniinen toimenpide, jolla on vaikutusta laatuun.

3.1 Askorbiinihappo eli C-vitamiini

Norjan Maatalouskorkeakoululla on ROSENFELD (1978) tehnyt yhteenvedon C-vitamiinista. C-vitamiini on hyvin yleinen kasvikunnan tuotteissa. Eri-tyisen paljon C-vitamiinia painoyskikköä kohden on ruusunmarjoissa, tyrnissä, lakoissa, persiljassa, paprikassa, parsakaalissa, piparjuuressa, valkokaalissa, ruusukaalissa ja kukkakaalissa.

Eniten C-vitamiinia on kasvien mesofyllisolukossa, alhaisemmat pitoisuudet sen sijaan ovat lehtiruodeissa ja varsissa (MOLDTMANN 1939, WOKES ja MELVILLE 1948, LECAT 1951). Kasvisolussa askorbiinihappoa on solunesteessä, sytoplasmassa ja plastideissa, mutta se puuttuu tumasta (TUBA ym. 1946). Hyvissä valo-olosuhteissa askorbiinihapon määrä nousee kasvien lehdistä kunnes maksimallinen pitoisuus saavutetaan. Lehtien kellertyessä ja lakastuessa laskee askorbiinihapon määrä nopeasti

(MOLDTMANN 1939, SEYBOLD ja MEHNER 1948). Juuret sisältävät yleensä vähän askorbiinihappoa, usein 10 mg/100g tai vähemmän (GIROUD 1938). Kasvinosat, jotka toimivat varastujuurena sisältävät melko vähän askorbiinihappoa, esim. porkkana ja punajuuri, mutta retiisin, nauriin ja lantun pitoisuudet voivat olla jopa 20–50 mg/100 g. Perunalla sadonkorjuun jälkeen analysoidut pitoisuudet ovat yleensä noin 30 mg/100 g. Varastoinnin aikana askorbiinihappopitoisuudet laskevat suhteellisen nopeasti ja vakiintuvat noin 10 mg/100 g tasolle (EMILSSON 1949).

Joissain hedelmissä askorbiinihappopitoisuus voi olla hyvin korkea, toisissa taas hyvin alhainen. Yleensä eniten askorbiinihappoa on hedelmien uloimmissa osissa, erityisesti epidermiksessä. Kypsymisen kuluessa askorbiinihappopitoisuus voi nousta (ruusunmarjat, tomaatti, paprika) tai laskea (mustaherukka) (ref. ROSENFELD 1978).

Valolla on ympäristötekijöistä suurin vaikutus kasvien askorbiinihappopitoisuuteen (ÅBERG 1949, MURNEEK ym. 1954, BROWN 1955, MAPSON 1955). Kun kasvin lehteä varjostetaan, laskee askorbiinihappopitoisuus välittömästi, mutta nousee taas yhtä nopeasti, kun lehti asetetaan valoon (ÅBERG 1949). Tämä voi olla tärkeä huomata harsojen käytössä. Valotuksen aiheuttama askorbiinihapon määrän nousu näyttää olevan suoraa tai epäsuorasti riippuvainen fotosynteesistä. Hiilidioksiidilisäys yhdessä valotuksen kanssa vaikuttaa suuresti askorbiinihappopitoisuuteen (SOMERS ym. 1950, MADSEN 1971). Alhaisilla valon intensiteeteillä askorbiinihappopitoisuudet nousevat samassa suhteessa valomäärän nousun kanssa (ÅBERG 1946). Monilla kasvilajeilla askorbiinihappopitoisuudet ovat korkeimmillaan keskipäivällä ja matalimmillaan aikaisin aamulla ja myöhään illalla (HAGEN 1953, MADSEN 1971). Vuorokausivaihtelu kulkee samassa tahdissa pelkistyneiden sokereiden pitoisuuksien kanssa (KAKUKAWA 1943).

Maa- ja metsätalousministeriön elintarviketutkimusprojektissa LINDEN (1989) on tehnyt yhteenvedon ilmaston vaikutuksesta kasvikunnan tuotteiden sisäiseen laatuun. Seuraavassa referoin hänen raporttiaan. Auringossa kypsyneet omenat sisältävät enemmän askorbiinihappoa kuin puiden varjopuolella ja sisäosissa kehittyneet hedelmät (JOHANSSON 1939, KESSLER 1939, MURNEEK ja

WITTWER 1948, MURNEEK ym. 1954). Mansikkasadon vitamiinipitoisuus näyttää riippuvan kypsymisen aikaisista sääoloista; aurinkoisella ja lämpimällä säällä marjoissa on selvästi enemmän askorbiinihappoa kuin pilvisenä ja viileänä kautena (SCHUPHAN 1942, HANSEN ja WALDO 1944, EZELL ym. 1947, ROBINSON 1949). Suunnilleen korjuuta edeltävän viikon sää on askorbiinihappopitoisuuden suhteen ratkaiseva (SCHUPHAN 1942, EZELL ym. 1947, ROBINSON 1949). Mansikan taimien varjostamisen on osoitettu vähentävän marjojen C-vitamiinipitoisuutta (HANSEN ja WALDO 1944, EZELL ym. 1947, ROBINSON 1949). HANSENin ja WALDON (1944) mukaan myös vadelmien asiorbiinihappopitoisuus pienenee varjostettaessa.

Valo määrää myös tomaattien C-vitamiinipitoisuutta; aurinkoinen sää ennen korjuuta lisää ja pilvinen vähentää askorbiinihapon määrää avomaan tomaateissa (KASKI ym. 1944, BROWN 1955). HAMNER ym. (1945) tutkivat monien ympäristötekijöiden vaikutusta tomaatin askorbiinihappopitoisuuteen. Ylivormaisesti suurin vaikutus oli valon voimakkuudella muutamaa viikkoa ennen korjuuta. Täydessä auringonvalossa kasvaneiden tomaattien askorbiinihappopitoisuus oli noin 40 % suurempi kuin varjossa viljeltyjen hedelmien. Suorassa auringonvalossa kypsyneet tomaatit sisältävät enemmän askorbiinihappoa kuin lehtien varjostamat tomaatit (SOMERS ym. 1950, MURNEEK ym. 1954). SOMERS ym. (1950) osoittivat, ettei tomaatin lehdistä tulevan valon määrällä juurikaan ole merkitystä; askorbiinihappopitoisuus on suuri vasta kun hedelmät saavat runsaasti valoa. FRITZ ym. (1976) mukaan kasvihuonetomaattien C-vitamiinipitoisuus on vähäisemmän valon määrän takia pienempi kuin avomaalla viljeltyjen. Myös muovi- tai lasikatteen käyttö avomaalla vähentää tomaatin askorbiinihappopitoisuutta. Taimien yläosissa kypsyneet tomaatit sisältävät enemmän C-vitamiinia kuin alaosissa kasvaneet, mikä sekin on osoitus auringonvalon vaikutuksesta.

Monista muista tutkijoista poiketen PLATENIUS (1945) on esittänyt, että valon voimakkuudella on pelto-olosuhteissa vain vähän vaikutusta vihannesten askorbiinihappopitoisuuteen. Hän olettaa, että kun luonnonoloissa valomäärän vähenemiseen lähes aina liittyy lämpötilan aleneminen, nämä

kaksi tekijää kumoavat toistensa vaikutuksia askorbiinihapon suhteen.

Lämpötila ja kasvien C-vitamiinipitoisuus ovat usein kääntäen verrannollisia, eli alhaisessa lämpötilassa C-vitamiinipitoisuus on korkea ja korkeassa lämpötilassa C-vitamiinipitoisuus on alhainen (REID 1941, ÅBERG 1946, ROSENFELD 1975 ja 1979). ROSENFELDin tutkimuksissa kaikkien tutkittujen kahdeksan kasvilajin kuiva-aine- ja askorbiinihappopitoisuuden välillä oli positiivinen riippuvuussuhde. Saman on todennut Yhdysvalloissa parsan- ja keräkaalilla JANES (1946).

Suomessa ja muissa Pohjoismaissa on tutkittu leveysasteen/kasvupaikkakunnan vaikutusta kasvien laatuun tarkoituksena osoittaa, että pohjois-Euroopassa kasvatetut kasvikset ovat laadultaan korkealuokkaisia. Mitään selvää, toistettavaa ja loogista näyttöä kasvupaikan pohjoisuuden vaikutuksesta ei ole voitu osoittaa (HÅRDH 1964, 1975; HÅRDH ja HÅRDH 1972, KUUSI 1965, NILSSON 1969, DRAGLAND 1969), mutta on ilmeistä, että askorbiinihappopitoisuus riippuu ennen muuta valon määrästä. Pitkän kesäpäivän ansiosta Suomeen tulee kasvukaudella keskimäärin lähes yhtä paljon auringon säteilyä kuin eteläiseen Eurooppaan. Sen sijaan lämpötilat ovat meillä yleensä alemmat, mikä ilmeisesti on eduksi C-vitamiinin kertymiselle. Juuri C-vitamiinipitoisuus lieenee se laatutekijä, johon pohjoinen ilmasto vaikuttaa suotuisimmin (LINDEN 1989). Kuitenkin on huomattava, että monien kasvien sadonkorjuu ajoittuu meillä syksyyn, jolloin on melko vähän valoa ja tämä vaikuttaa C-vitamiinipitoisuutta alentavasti.

3.2 Karoteeni

Karotenoideja esiintyy yleisesti luonnossa kasveissa ja eläimissä. Kasvisoluissa karotenoidit sijaitsevat kloroplasteissa ja kromatoforeissa veteenliukenemattomina proteiinikomplekseina. Karotenoidien tehtävänä kasveissa on suojata klorofylliä foto-oksidaatiolta, ja absorboida ja siirtää valoenergiaa klorofyllille. Ihminen tarvitsee karotenoideja sen vuoksi, että ne ovat A-vitamiinin eli retinolin esiasteita. Beeta-karoteeni on esiasteista aktiivisin ja yleisin.

Kasvien karoteenipitoisuuteen vaikuttavat genotyyppi (GABELMAN 1974, SIMON ja WOLF 1987,

HEINONEN 1990), ilmastotekijät (BARNES 1936, BANGA ym. 1955, BANGA ja DE BRUYN 1964, 1968, HABBEN 1972, HÅRDH 1975, SIMON ym. 1982, SIMON ja WOLFF 1987, EVERS 1989b), ja kasvin ikä ja koko (BARNES 1936, BANGA ja DE BRUYN 1964, HABBEN 1972, PHAN ja HSU 1973, EVERS 1989b).

BANGA ja DE BRUYN (1964) ovat julkaisseet seuraavan yhteenvedon porkkanan karoteenisynteesistä; porkkanan varastojuuren kasvu ja kypsyminen tapahtuvat samanaikaisesti. Eri kasvutekijät voivat suosia jompaa kumpaa prosessia enemmän kuin toista. Porkkanan juuren kasvaessa karoteenipitoisuus kasvaa vähitellen ja saavuttaa tietyn maksimin. Pitoisuuden kasvuun vaikuttavat yksittäisten solujen karoteenipitoisuuden nousu ja myös kypsän yläosan suhteellisen osuuden kasvu. Porkkanan karoteenipitoisuus pitäisi sen vuoksi määrittää suhteessa porkkanan kokoon. Potentiaalinen maksimi-karoteenipitoisuus riippuu pääasiallisesti riittävistä fotosynteesistä. Jos porkkanoita kasvatetaan hyvin ojitetussa, hyvän rakenteen omaavassa maassa, on kaksi tekijää, jotka edelleen voivat muuttaa juuren karoteenipitoisuutta. Nämä tekijät ovat kasvunopeutta säätelevät tekijät (kasvutiheys, naatiston koko, maan kosteus, maan ravinnetila) sekä lämpötila. Korkea lämpötila suosii kypsymistä, ja alhainen lämpötila suosii vegetatiivista kasvua. Myös EVERSin (1989a, 1989b) tutkimuksessa suuri naatisto ja lämmin kasvukausi edistivät β -karoteenin muodostusta.

Pohjoismaisissa tutkimuksissa on toistuvasti osoitettu, että Pohjois-Ruotsissa, -Norjassa tai -Suomessa kasvatetuissa porkkanoissa on selvästi vähemmän karoteenia kuin Etelä-Ruotsissa, -Norjassa tai -Suomessa kasvatetuissa porkkanoissa. Tämän on esitetty johtuvan siitä, että pohjoisessa juuret eivät ehdi täysikasvuiseksi (LAMPRECHT ja SVENSSON 1950, NILSSON ja HINTZE 1952, BALVOLL ym. 1975, HÅRDH 1975, HÅRDH ym. 1977). Myös tillin, salaatin, parsakaalin ja pinaatin karoteenipitoisuus on Etelä-Suomessa suurempi kuin pohjoisessa (HÅRDH 1975).

Lämpötilalla on selvä vaikutus porkkanan karoteenipitoisuuden kasvuun. Hollannissa BANGA ym. (1955) sekä BANGA ja DE BRUYN (1964, 1968) totesivat, että alhainen lämpötila (+8 °C) hidastaa juurten kehitystä ja johtaa siksi pieneen karo-

tenoidipitoisuuteen. Korkeissa lämpötiloissa (17–23 °C) proteiinisynteesi vähenee ja yhteyttämis- tuotteita jää enemmän käytettäväksi karotenoidien tuotantoon. Saksassa SCHUPHAN (1962) on esittänyt, että lämpimänä ja aurinkoisena kesänä porkkanan karoteenipitoisuus tulee selvästi korkeammaksi kuin viileänä ja sateisena kesänä. BRADLEY ym. (1967) mukaan porkkanoiden karotenoidipitoisuuteen vaikuttaa maan lämpötila muutamaa viikkoa ennen sadonkorjuuta, ja suotuisin lämpötila oli +14–18 °C. Alle 14 °C lämpötiloja ei näissä kokeissa testattu.

Porkkanan karoteenipitoisuuden on useissa tutkimuksissa todettu kasvavan juuren koon ja kehitystasteen kasvaessa (BOOTH ja DARK 1949, BANGA ja DE BRUYN 1964, HABBEN 1972, EVERS 1989b).

3.3 B-vitamiinit

B-vitamiineihin kuuluvat B₁-vitamiini eli tiamiini, B₂-vitamiini eli riboflaviini, niiasiini (nikotiinihappo ja nikotiiniamidi), B₆ eli pyridoksiini, pantooteenihappo, biotiini, foolihappo ja B₁₂-vitamiini. Kasvikset ovat ihmiselle tärkeä B-vitamiinien lähde, sillä tanskalaisesta tutkimuksesta ilmenee, että 19 % B₁-vitamiinin, 9 % B₂-vitamiinin, 14 % B₆-vitamiinin, 29 % foolihapon ja 13 % niasiinin saannista tulee vihanneksista. Tanskalaisten B-vitamiinien saannista tulee hedelmistä vain 2–6 %, joten hedelmät eivät ole tärkeitä B-vitamiinien lähteitä (Levnedsmiddelstyrelsen 1990). Vihanneksilla tärkeä merkitys ihmisen ruokavaliossa ja niinölen viljelytekniikan vaikutuksiin vihannesten B-vitamiinipitoisuuksiin tulisi kiinnittää huomiota. Kasviksista paljon B-vitamiineja sisältävät pähkinät, herneet, persilja, pinaatti, ruusukaali, parsakaali, pavut, salaatti, lehtikaali ja purjo. Perunoissa, porkkanoissa ja tomaatissa on B-vitamiineja keskimukertaisesti (Kansaneläkelaitos 1993). Tutkimustulosten niukkuuden vuoksi ei vielä tiedetä mitkä tekijät vaikuttavat kasvisten B-vitamiinipitoisuuksiin ja voidaanko niihin vaikuttaa viljelytekniisin toimenpitein.

3.4 Nitraatti

Nitraatti on ei-toivottu yhdiste kasviksissa, koska nitriitin tiedetään olevan terveydellisesti haitallinen

erityisesti pienille lapsille (MAYNARD ym. 1976, CORRÉ ja BREIMER 1979). SALO (1992) on Maatalouden tutkimuskeskuksen Tiedotteessa 16/92 laatinut perusteellisen kirjallisuuskatsauksen nitraattita kasviksissa, joten tässä tiedotteessa nitraatti käsitellään lyhyesti muiden tekijöiden kuin lannoituksen osalta.

Nitraatin kertymiseen kasviin vaikuttavat huomattavasti perintötekijät, valo ja typpilannoitus.

1) Perintötekijät. Eri kasvilajien nitraattipitoisuuksissa on suuria eroja, lisätietoja tästä on löydettyvissä mm. CORRE ja BREIMER (1979) laajasta artikkelista. Myös eri lajikkeiden välillä on suuria eroja nitraattipitoisuudessa (MAYNARD ja BARKER 1972, BEHR 1988, NIEUWHOF ja GIESEN 1988). Erityisen paljon nitraattia voivat sisältää lehtiselleri, pinaatti, punajuurikas, retiisi, salaatti, kyssäkaali, kähäräpersilja, mukulaselleri, purjo, raparperi ja suippokaali.

2) Valointensiteetti ja päivänpituus. Valolla on erittäin suuri vaikutus kasvien nitraattipitoisuuteen (BEEVERS ja HAGEMAN 1972). Korkea valointensiteetti ja pitkä päivä vähentävät kasvien nitraattipitoisuutta, ja toisaalta alhainen valointensiteetti ja lyhyt päivä lisäävät kasvien nitraattipitoisuutta.

3) Lannoitus käsitellään kappaleessa 4.4.

Muita vaikuttavia tekijöitä ovat muut ravinteet kuin typpi, lämpötila, kosteus-olosuhteet, hiilidioksidi, herbisidit, paikkakunta ja kasvukausi.

3.5 Sokerit ja kuitu

Suurin osa kasvien kuiva-aineesta on hiilihydraatteja eli sokereita, tärkkelystä ja kuitua. Kuitu koostuu polysakkarideista (selluloosa, hemiselluloosa, pektiinit ja kasvikumit) ja ligniinistä, ja sitä sekä vesiliukoista että veteenliukenematonta kuitua. Hedelmissä ja vihanneksissa on runsaasti veteen liukenevaa kuitua eli pektiiniä ja kasvikuumeja sekä veteenliukenematonta selluloosaa. Useimmissa kasviksissa on sokereita ja kuitua, mutta esim. pähkinöissä, banaanissa, perunoissa, maississa ja kuivatuissa herneissä, pavuissa ja linsseissä on merkittäviä määriä myös tärkkelystä (Kansaneläkelaitos 1993).

Nykyisin suomalaisten energiansaannista 50,6 % tulee hiilihydraateista, mikä on ravintosuositusten mukaista (SEPPÄNEN 1991). Suurin osa hiilihydraateista saadaan sokerista ja viljoista. Kasviksista (juureksista, vihanneksista ja palkokasveista) suomalaiset saavat vain kolme prosenttia hiilihydraattien kokonaissaannista. Kasvien kuidut antavat 15,1 % kuitujen kokonaissaannista (SEPPÄNEN 1991), ja tämä on tärkeä ravitsemuksellisesti, koska kasvien kuidun laatu on ihmisen terveydelle hyvää kuitua (HORVÁTH-MOSONYI ym. 1983). Kasvien energiapitoisuus on hyvin alhainen, energian kokonaissaannista kasviksista tulee vain 2,3 % (SEPPÄNEN 1991), joten kasvien sokereilla ei ole merkitystä energian lähteenä suomalaisten ravinnossa. Koska kasvien runsas käyttö on suotavaa niiden vitamiini- ja kuitupitoisuuden takia ja koska kasvien energiapitoisuus on alhainen, kasviksia voidaan syödä runsaasti ilman hyvinvointivaltion ihmisille tyypillistä liiallisen energiansaannin vaaraa.

Kasvien laatututkimuksissa usein analysoidaan sokeripitoisuus laadun kriteerinä. Kuitenkaan sokeripitoisuus sinänsä ei ole ravitsemuksellisesti tärkeä ihmisen energianlähteenä. Täten kasvien sokeripitoisuuden analysoinnilla täytyy olla jokin muu peruste. Olisi tärkeää tutkia millä kasvilajeilla kasvien maku ja sokeripitoisuus korreloivat, sillä tällaisessa tapauksessa sokereiden analysointi laadun kriteerinä olisi perusteltua maun kannalta. Tiedetään kuitenkin, että esimerkiksi porkkanalla sokeripitoisuus ja maku eivät korreloi, vaikka sokerit ovatkin porkkanan aromin makukomponentti (FREEMAN ja SIMON 1983, SIMON 1985, EVERS 1989d). Kun muut yhdisteet kuin sokerit ovat voimakkaampia maultaan ja peittävät sokerien maun alleeni, pienet muutokset kasviksen sokeripitoisuudessa eivät tunnu maussa.

Kasviyksilöt, jotka yhteyttävät runsaasti, tuottavat kasvunsa aikana runsaasti sokereita yhteyttämistuotteinaan, mutta mikäli mikään kasvutekijä ei rajoita kasvua, kasvi käyttää runsaasti sokereita biomassan tuottoon ja eri yhdisteiden synteesiin ja sokeripitoisuus kasvilla laskee, joten sokeripitoisuus ei ole hyvä mittari fotosynteesin aktiivisuudelle. Kuiva-ainepitoisuus voi ehkä olla hyvä mittari fotosynteesiaktiivisuudelle. Koska sokeripi-

toisuuteen vaikuttavat paitsi sokereiden tuotto, myös sokereiden kulutus biomassan ja eri yhdisteiden synteesiin, olisi mielenkiintoista tutkia kasvien sokeripitoisuutta osana sato / kuiva-ainepitoisuus / sokerit / kuitu / C-vitamiini kokonaisuutta. Olisi myös mielenkiintoista tutkia sokerit / orgaaniset hapot / maku kokonaisuutta.

LINDEN (1989) on kirjallisuustutkimuksessaan todennut, että yhteyttämistä säätelevä valon määrä vaikuttaa kasvien sokeripitoisuuteen mansikalla (SCHUPHAN 1942, WENT 1957, SISTRUNK ja MOORE 1971), tomaatilla (MCCOLLUM 1946, FRITZ ym. 1976, WINSOR ja ADAMS 1976, WINSOR 1979) ja salaattilla (GRIMSTAD 1982). Lämpötilan vaikutuksesta kasvien sokeripitoisuuteen on ristiriitaisia tuloksia, joiden tulkintaa saattaa vaikeuttaa valon ja lämpötilan vaihteluiden yhtäaikaisuus avomaan oloissa, sillä kylmä kasvukausi on useinmiten myös pilvinen. Lisäksi tuloksia tarkasteltaessa tulisi huomioida satotaso ja kasvinkehityssaste, sillä usein viileämissä olosuhteissa tai pohjoisempana kasvaneet kasvikset ovat jääneet pienemmiksi ja nuoremmiksi kuin lämpimämissä oloissa kasvaneet kasvit (WEDDING ja VINES 1959, KOSKITALO ja ORMROD 1972, ROBERTSON ym. 1962, NILSSON ja HINTZE 1952, HABBEN 1972, BALLVOLL ym. 1975, HÅRDH ym. 1977). Täten on vaikea osoittaa suoraa korrelaatiota lämpötilan ja kasvien sokeripitoisuuden välille avomaan olosuhteissa.

Omenalla ovat LJONES ja LANDFALD (1966), KVÅLE (1969) sekä QUAIST (1983, 1987) kuitenkin osoittaneet, että omenien sokeripitoisuus on selvästi korkeampi lämpiminä kesinä kuin sateisen kasvukauden jälkeen. Kirjallisuustietojen perusteella näyttäisi selvältä, että kasviksen sokeripitoisuus määräytyy yhteyttämisessä tapahtuvan sokereiden tuoton sekä kasvu- ja elintoiminnoissa tapahtuvien kulutusten yhteisvaikutuksessa. Valon määrä vaikuttaa nimenomaan tuottoon ja lämpötila vaikuttaa kulutukseen (uuden biomassan tuotto, hengitys, eri yhdisteiden synteesit). Täten eri toiminnot kasvissa kilpailevat yhteyttämistuotteista. Sokereiden määrää kasviksissa ei voi tarkastella ilmiönä sinänsä, vaan se on voimakkaasti sidoksissa satoon, kuiva-ainepitoisuuteen ja synteesituotteiden pitoisuuksiin.

4. Lannoituksen vaikutus ravitsemukselliseen laatuun

4.1 C-vitamiini

Pohjoismaisia tutkimuksia lannoituksen vaikutuksesta kasvien C-vitamiinipitoisuuteen löytyi erittäin niukasti. NYGAARD SØRENSEN (1984, 1988) tutkimuksissa Tanskassa nouseva typpitaso alensi valkokaalin C-vitamiinipitoisuutta sekä koesarjassa 1983–84 että 1985–86 (Taulukko 1 ja 2). Tutkija esittää oletuksen, että C-vitamiinin pitoisuuden laskuun on syynä kerän sisälehtien huonompi valonsaanti, sillä enemmän tyypeä saaneet kasvit kasvattavat suuremmat ulkolehdet, jotka varjostavat enemmän sisempiä lehtiä ja kerää. Nouseva kaliumlannoitus aiheutti lievän C-vitamiinin pitoisuuden nousun. Huomioitavaa on, että tässä tutkimuksessa C-vitamiinin ja kuiva-ainepitoisuuden välillä on selvä positiivinen korrelaatio.

NILSSON (1979) tutki Ruotsissa tavanomaisen ja luonnonmukaisen lannoituksen vaikutuksia porkkanan, valkokaalin ja purjon satoon, varastokestävyyteen ja laatuun. Epäorgaaninen tai orgaaninen lannoitus ei vaikuttanut C-vitamiini pitoisuuteen tavallisella tai puolella lannoitusmäärällä vuosina 1975–76 (ravinteet kg/ha: porkkana 50/100 N, 35/70 P, 80/160 K, valkokaali ja purjo 75/150 N, 42/84 P, 96/192 K). Purjolla hän totesi, että sadonkorjuun yhteydessä tehdyissä analyyseissä purjon vihreässä lehti-osassa oli yli kaksinkertainen määrä C-vitamiinia verrattuna valkean varsiosan C-vitamiinipitoisuuteen. Varastoinnin jälkeen tilanne oli muuttunut niin, että varsiosassa oli lehtiosaa enemmän C-vitamiinia. Yhteenlaskettu määrä pysyi muuttumattomana. Valkokaalin C-vitamiinipitoisuus ei muuttunut varastoinnin aikana. Kirjallisuuskatsauksessaan NILSSON toteaa, että kaliumilla on ravinteista suurin vaikutus kasvien C-vitamiini pitoisuuteen, koska kalium on tärkeä hiilihydraattisynteesissä. Kaliumin puute alentaa fotosynteesiä ja lisää hengitystä (ref. MENGEL 1972). Edelleen NILSSON (1979) toteaa, että N/K suhde on tärkeä. Liian alhainen kaliumlannoitus, jos samalla N/K suhde nousee, johtaa laskeviin C-vitamiinipitoisuuksiin. Syyksi tähän NILSSON esittää, että tällaisessa tapauksessa tuoresato kasvaa, mutta sadon kuiva-ainepitoisuus laskee. Täten epäorgaaninen tai orgaaninen lannoitus ei vaikuta kasvien C-vitamiinipitoisuuksiin, jos huolehdi-

Taulukko 1. Lannoituksen vaikutus tärkeisiin laatuominaisuuksiin keräkaalilla 1983 ja 1984 (NYGAARD SØRENSEN 1988).

Table 1. The effect of fertilization on important quality parameters of white cabbage in 1983 and 1984 (NYGAARD SØRENSEN 1988).

Typpi kg/ha Nitrogen kg/ha	Kuiva-aine % Dry matter %	K % kuivap. K % in dm	Na Na	Ravintokuitu g/100 g tuorep. Nutritional fibre g/100 g fw	Askorbiinihappo mg/100 g tuorep. Ascorbic acid mg/100 g fw
75	11,0	2,8	0,04	3,0	57,3
150	10,9	2,7	0,05	3,0	54,1
300	10,6	2,6	0,08	2,8	48,5
600	10,0	2,5	0,13	2,5	43,3

dm = dry matter, fw = fresh weight.

Taulukko 2. Lannoituksen vaikutus keräkaalin laatuun 1985 ja 1986 (NYGAARD SØRENSEN 1988).

Table 2. The effect of fertilization on the quality of white cabbage in 1985 and 1986 (NYGAARD SØRENSEN 1988).

Typpi kg/ha N kg/ha	Nitraatti ppm tp Nitrate ppm fw	g/100 g tuorepainoa glukoosi, fruktoosi, sakkaroosi, kuitu g/100 g fresh weight glucose, fructose, sucrose, nutr.fibre				C-vitamiini mg/100 g tp Vitamin C mg/100 g fw
0	55	2,4	1,6	1,3	3,6	57,9
60	77	2,7	2,3	1,1	3,3	55,6
120	101	2,7	2,4	1,0	3,1	52,0
240	263	2,7	2,3	0,8	3,0	48,3
480	600	2,7	2,3	0,7	2,7	44,2
960	670	2,6	2,2	0,6	2,6	44,2

Kalium kg/ha Potassium kg/ha	K % kp K % dm	Na % kp Na % dm	Kuitu g/100 g tp Nutr.fibre g/100 g fw	C-vitamiini mg/100 g tp Vitamin C mg/100 g fw
0	2,3	0,06	3,0	48,5
250	2,5	0,05	3,1	50,7
500	2,6	0,04	3,1	51,9

Sakkaroosi vain 1985. Sucrose only in 1985.

dm = dry matter, fw = fresh weight.

taan N/K suhteesta. Muiden makro- ja mikroravinteiden NILSSON (1979) ei oletta vaikuttavan merkittävästi kasvien C-vitamiinipitoisuuksiin, jos ei olla puutostilanteissa.

Ruotsissa PETTERSSON (1982) tutki tavanomaisen ja biodynaamisen viljelymenetelmän vaikutusta kevävehnän, ohran ja perunan satoon ja laatuun vuosina 1971–79 tehdyissä kenttäkokeissa. Perunoiden C-vitamiini- ja kuiva-ainepitoisuudet

olivat korkeammat biodynaamisen kuin tavanomaisen viljelyohjelman mukaan viljellyissä perunoissa. PETTERSSON kertoo tulosten tarkasteluosassa, että tulosta on kritisoitu, sillä tulos saatiin 120 kg N/ha typpitasolla, joka on liian korkea tavanomaisen viljelytavan tuotannossa. Tämä ylisuuri typpimäärä ei ilmeisesti häirinnyt biodynaamisesti viljeltyjä koejäseniä, koska orgaanisten lannoitteiden typpi ei ole kaikki käyttökelpoista lannoitusvuonna siinä määrin kuin epäorgaanisten

lannoitteiden tyyppi. Koesarjan kolmena viimeisenä vuotena typpilannoitustaso oli kaikilla koejäsenillä 60 kgN/ha, ja tällä oli myönteinen vaikutus kaikkien koejäsenten laatuun, mutta raportissa ei esitetä C-vitamiinipitoisuuksia viimeiseltä kolmelta vuodelta.

Norjalainen BALVOLL (1992) on kirjoittanut yhteenvedon lannoituksen vaikutuksesta vihannesten laatuun. Hän ei esitä omia tuloksia lannoituksen vaikutuksesta C-vitamiinipitoisuuteen, mutta referoi saksalaisia SCHUPHAN (1974) ja SCHARRER ja WERNER (1957) tutkimuksia. BALVOLL esittää johtopäätöksenä, että pinaatin ja savoinkaalin korkeat C-vitamiinipitoisuudet on saatu niissä koejäsenissä, joissa satotasot ovat jääneet alhaisiksi vähäisen typpilannoituksen vuoksi, ja että alhainen satotaso ja korkea C-vitamiinipitoisuus ovat riippuvaisia toisistaan. Perussyö voi olla joko se, että ne kasvit, jotka kasvavat hitaasti ja siten kehittävät korkean kuiva-ainepitoisuuden, myös kehittävät korkean C-vitamiinipitoisuuden. Tai perussyöynä voi olla se, että runsaasti typpeä saaneet kasvit ovat kasvaneet suuriksi, ne ovat olleet niin lähekkäin, että ovat varjostaneet toisiaan, mikä on laskenut C-vitamiinipitoisuutta.

ROSENFELD (1978) päätyy kirjallisuustutkimuksessaan johtopäätökseen, että sekä kasvin rakenteelliset että aineenvaihduntatekijät vaikuttavat lannoituskokeissa C-vitamiinituloksiin. Valkuaisainesynteesi ja C-vitamiinituotanto kilpailevat hiilihydraateista, mikä voi johtaa alentuneeseen C-vitamiinipitoisuuteen tilanteissa, joissa valkuaisainesynteesi on voimakasta. Voimakkaissa valointensiteeteissä tätä kilpailua ei näytä esiintyvän. Voimakas typpilannoitus voi johtaa suuren lehdistön muodostumiseen, joka muistuttaa varjokasvien lehdistöä. Muiden ravinteiden osalta hän toteaa, että referoimansa tulokset ovat ristiriitaisia. Kastelun vaikutus sensijaan on ROSENFELDin (1978) mukaan selvä; kuivuus edistää ja kastelu alentaa C-vitamiinipitoisuuksia.

4.2 Karoteeni

Lannoituksen vaikutuksesta kasvien karoteenipitoisuuteen löytyi kaksi Skandinaavista tutkimusta sekä yksi tutkimus Suomesta. NILSSON (1979) tutki epäorgaanisen ja orgaanisen lannoituksen vaikutuksia kasvien laatuun kahdella lannoitustasolla,

optimaalinen lannoitus ja puolet siitä. Hänen tutkimuksessaan ei löytynyt mitään eroja porkkanan karoteenipitoisuuksissa sadonkorjuun aikana eikä varastoinnin jälkeen. NILSSON esittää tulosten tarkastelussaan, että tyyppi ei ilmeisesti ole ollut rajoittavana tekijänä alemmallakaan lannoitustasolla, vaan epätavallisen lämpimät kesät tutkimusvuosina ovat olleet määrääviä karoteenien muodostumiselle.

NYGAARD SØRENSEN (1988) tutki Tanskassa noussevan typpi- ja kaliumlannoituksen vaikutusta mm. porkkanan karoteenipitoisuuteen. Molemmilla tutkimuksilla ravinteilla oli karoteenipitoisuutta nostava vaikutus. Tyyppi nosti karoteenipitoisuutta jopa ylisuurella typpilisäyksillä. Kalium nosti karoteenipitoisuutta optimilannoituksella, mutta ei enää ylisuurella annostuksella.

EVERS (1989b) tutki lannoitusmenetelmien vaikutusta porkkanan laatuun, mm. karoteenipitoisuuteen. Parhaat lannoitusmenetelmät kohottivat porkkanoiden karoteenipitoisuutta molempina tutkimusvuosina. Kasvuoloiltaan epäedullisempina vuonna 1985 karoteenipitoisuudet nousivat lannoittamattomaan verrattuna sijoituslannoituksella 35 %, NPK peruslannoitus + NPK kastelulannoituksella 28 % ja PKperuslannoitus + N kastelulannoituksella 44 %. Kasvuoloiltaan parempina vuonna 1986 vastaavat luvut olivat 9 %, 9 % ja 10 %, joten edullisissa kasvuoloissa lannoituksen vaikutus ei ollut niin suuri kuin epäedullisissa oloissa.

Kasvuoloiltaan epäedullisena vuonna 1985 fosforin ja kaliumin sijoituslannoitus kohotti suuntaantavasti porkkanan karoteenipitoisuutta verrattuna muihin lannoitusmenetelmiin. Muita tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu eri lannoitusmenetelmien välillä. Ylisuuri typpimäärä ei nostanut karoteenipitoisuutta. Sen sijaan säätekijöillä oli erittäin suuri vaikutus porkkanan karoteenipitoisuuteen. Kaikkien koejäsenten keskiarvona kasvuoloiltaan suotuisampana vuonna 1986 porkkanoissa oli 41 % enemmän karoteenia kuin sääoloiltaan epäsuotuisana vuonna 1985. Porkkanoiden karoteenipitoisuus nousi selvästi kasvukauden edetessä. Karoteenipitoisuus korreloi positiivisesti porkkanoiden kuiva-ainepitoisuuden kanssa ja negatiivisesti juuri / naatti suhteen kans-

sa. Toisin sanoen karoteenipitoisuus oli korkea niissä koejäsenissä, joissa naattien biomassassa oli suuri juurien biomassaan nähden. Myös BANGA ja DE BRUYN (1964) ovat raportoineet samoin, ja he esittivät, että korkeaa kuiva-ainepitoisuutta voidaan pitää intensiivisen fotosynteesin indikaattorina ja porkkanan karoteenipitoisuus on suuresti riippuvainen fotosynteesin intensiivisyydestä ja fotosynteesiin tarvittavan koneiston (naatisto) suuruudesta.

4.3 B-vitamiinit

Pohjoismaisia tutkimuksia lannoituksen vaikutuksista kasvien B-vitamiinipitoisuuksiin ei ole löytynyt.

4.4 Nitraattipitoisuus

Lannoituksella on erittäin selvä vaikutus kasvien nitraattipitoisuuksiin ja lannoituksen vaikutusta kasvien nitraattipitoisuuteen on tutkittu erittäin paljon mm. Pohjoismaissa (EPPENDORFER 1978, NILSSON 1979, LEHTINEN 1984, AURA 1985, BODIN 1988, NYGAARD SØRENSEN 1988, EVERS 1989c, JOKINEN ja TAHVONEN 1991, ANDERSEN ja NIELSEN 1992, SALO 1992). Myös monilla muilla kasvutekijöillä on huomattava vaikutus, joten tuloksia tulkittaessa täytyy ottaa huomioon kasvutekijöiden kokonaisuus. Lannoituksen lisäksi kasvien nitraattipitoisuuksiin vaikuttavat mm. genotyyppi, valon intensiteetti, päivän pituus, lämpötila ja maan kosteus, kuten on osoitettu MAYNARD ym. (1976) sekä CORRÉ ja BREIMER (1979) kirjoittamissa laajoissa artikkeleissa. SALO (1992) on kirjoittanut Maatalouden tutkimuskeskuksen Tiedotteessa 16/92 hyvän kirjallisuuskatsauksen kasvien nitraattipitoisuuksista, joten tässä yhteydessä sivuutetaan muiden kuin lannoituksen vaikutukset nitraattipitoisuuksiin lyhyesti.

Kasvien nitraattipitoisuus nousee lannoitteena annetun typpimäärän noustessa. LEHTISEN (1984) tutkimuksessa nousevan typpilannoituksen vaikutukset porkkanan nitraattipitoisuuteen olivat koevuosina 1978–1983 2,08–3,53 g NO₃-N / kg kuiva-ainetta typpitasolla 60 kg N/ha, 4,42–6,59 g NO₃-N / kg kuiva-ainetta typpitasolla 120 kg N/ha, ja 4,95–7,07 g NO₃-N / kg kuiva-ainetta typpitasolla 180 kg N/ha. Eri typpitasoilla ilmenevä

vaihtelu johtuu vuosien välisestä vaihtelusta, joka on suurta. Keräkaalilla nousevat typpitasot aiheuttivat myös nousevat nitraattipitoisuudet, 11,52–15,42–16,42 g NO₃-N / kg kuiva-ainetta typpitasoilla 120–180–240 kg N/ha koevuosien keskiarvona.

VUORISEN ja TAKALAN (1987) kokeissa typpitasot 60–120–180 kg N/ha nostivat porkkanan ja punajuuren nitraattipitoisuuksia vuosina 1980, 1981, 1982, 1983 (Taulukko 3). Tulos osoittaa hyvin selvästi, että kasvilajien välinen vaihtelu on suurta, samoin vuosien eli säätekijöiden välinen vaihtelu, mutta myös nouseva typpimäärä lisää kummankin kasvin nitraattipitoisuutta kaikissa sääoloissa.

Useissa maissa on asetettu rajoituksia kasvien nitraattipitoisuuksille. Yhteenvedon niistä on esittänyt SCHARPF (1991). Salaatilla raja-arvot vaihtelevat 2 000–4 000 mg NO₃/kg tuoretta ainetta, jäävuorisalaatilla 3 500–4 500, pinaatilla 2 000–3 500, punajuurella 1 400–4 500, retiisillä 3 000–4 500, kaalilla 875–1 500, porkkanalla 250–1 500 ja vauvan ruoka-raaka-aineella 250 mg NO₃/kg tuoretta ainetta. Verrattaessa edellämainittuja raja-arvoja Pohjoismaissa tehtyjen lannoitustutkimusten kasvien nitraattipitoisuuksiin (Taulukko 4), voidaan todeta, että ainoastaan salaatilla on esiintynyt korkeita nitraattipitoisuuksia. Muiden kasvien nitraattipitoisuudet ovat alhaisia, vaikka lannoituskokeissa aina esiintyy myös korkeita lannoitustasoja.

4.5 Sokerit ja kuitu

Nouseva typpitaso laskee porkkanan, punajuuren, keräkaalin ja kukkakaalin kokonaissokeripitoisuutta avomaan vihannesten kokeissa Piikkiössä 1978–1983 (LEHTINEN 1984). Kun verrattiin yhtä lannoitteen antokertaa jaettuun antoon todettiin, että punajuurella, keräkaalilla, kukkakaalilla ja sellerillä sokeripitoisuudet olivat korkeammat niissä koejäsenissä, jotka saivat lannoitteet yhtenä levityskertana kasvukauden alussa kuin niillä koejäsenillä, joiden lannoitus jaettiin kolmeen antokertaan kasvukauden aikana. Ilmeisesti yhtenä antokertana annetut ravinteet olivat loppuneet aiemmin, kasvi ”vanheni” aikaisemmin eikä enää tuottanut uutta biomassaa eikä synteetit tuotteita. Jaetussa annossa ravinteita joutui hukkaan vähemmän, joten ne riittivät pidemmälle, kasvit jatkoivat

Taulukko 3. Typpilannoituksen ja kasvukausien vaikutus porkkanan ja punajuuren nitraattityppipitoisuuteen (VUORINEN ja TAKALA 1987).

Table 3. The effect of nitrogen and season on the nitrate contents of carrot and red beet (VUORINEN ja TAKALA 1987).

Vuosi Year	Nitraatti-typpipitoisuus NO ₃ -N mg/kg tp The nitrate nitrogen content, NO ₃ -N mg/kg fw					
	Porkkana Carrot			Punajuuri Red beet		
	60 kg N/ha	120 kg N/ha	180 kg N/ha	60 kg N/ha	120 kg N/ha	180 kg N/ha
1980	16,8	46,6	55,3	205,6	392,9	438,3
1981	5,6	11,7	21,7	24,2	117,3	155,7
1982	27,2	60,0	87,6	43,0	201,9	284,5
1983	12,1	21,1	32,9	28,5	92,9	169,7

tp = tuorepaino, fw = fresh weight

kasvuun ja muiden synteesituotteiden valmistusta. Kasvilajien välinen vaihtelu ja vuosien välinen vaihtelu olivat kuitenkin suurempia kuin lannoitus- käsittelyjen välinen vaihtelu. Tuloksista nähdään myös tendenssi, että vuosina, jolloin satotaso jäi alhaiseksi, sokeripitoisuudet olivat korkeimmat porkkanalla, punajuurella (poikkeuksena vuosi 1980), keräkaalilla savimaalla ja kukkakaalilla. Varhaiskaalilla ja sellerillä kyseistä ilmiötä ei havaittu (LEHTINEN 1984).

Yleensä Pohjoismaissa tehdyissä tutkimuksissa lannoituksen vaikutukset kasvisten sokeripitoisuuksiin eivät ole olleet kovin suuria (DRAGLAND 1978, NILSSON 1979, AURA 1985, VUORINEN ja TAKALA 1987, NYGAARD SØRENSEN 1988, TAKALA ym. 1988, EVERS 1989d), ja useissa kokeissa kasvilajien tai vuosien välinen vaihtelu on ollut huomattavasti suurempaa kuin lannoitekäsittelyjen välinen vaihtelu (AURA 1985, VUORINEN ja TAKALA 1987, TAKALA ym. 1988, EVERS 1989d). Nouseva typpilannoitus näyttäisi lievästi laskevan sokeripitoisuutta punajuurella (AURA 1985, VUORINEN ja TAKALA 1987), mutta porkkanalla, keräkaalilla ja sipulilla tätä ei havaittu. NYGAARD SØRENSENIN tutkimuksessa (1988) nouseva typpilannoitus laski lievästi sokeripitoisuutta valkokaalilla, mutta porkkanalla tilanne oli päinvastainen. Sijoitus-, pinta- ja kastelulannoituksia vertailtaessa todettiin, että lannoitustavoilla ei ole merkitseviä vaikutuksia porkkanan sokeripitoisuuksiin (EVERS 1989d).

Sekä NILSSON (1979) että TAKALA ym. (1988) ovat verranneet orgaanisten ja epäorgaanisten lannoitteiden vaikutuksia kasvisten satoon ja laatuun. NILSSON (1979) totesi, ettei lannoitelajilla tai lannoitteen määrällä ollut vaikutuksia porkkanan tai valkokaalin sokeripitoisuuksiin. TAKALA ym. (1988) tutkimuksessa viljelyjärjestelmillä ei ollut vaikutusta perunan tärkkelyspitoisuuteen tai punajuuren sokeripitoisuuteen, mutta väkilannoitteilla lannoitetussa viljelyjärjestelmässä porkkanoiden sokeripitoisuus oli keskimäärin hiukan suurempi kuin biologisissa viljelyjärjestelmissä viljellyissä porkkanoissa.

Kasvien ravintokuitupitoisuuksia on tutkittu todella niukasti, vaikka kasviksien kuidulla on tärkeä merkitys ihmisen ravitsemuksessa (VARO ym. 1984). Sekä NYGAARD SØRENSENIN (1988) että EVERSIN (1989c) tutkimuksissa lannoitetun määrän nousu aiheutti ravintokuitupitoisuuden nousun porkkanalla. Lisäksi EVERS (1989c) totesi, että lannoitus ja kastelu lisäsivät ravintokuitupitoisuutta ja kertalevitys verrattuna jaettuun ravinteiden antoon lisäsi ravintokuitupitoisuutta. Valkokaalilla nouseva typpimäärä laski ravintokuitupitoisuutta (NYGAARD SØRENSEN 1988). PLAAMI, SAASTAMOINEN ja KUMPULAINEN (1989) ovat tutkineet viljojen ravintokuitupitoisuutta ja todenneet, että sateinen kesä lisäsi veteenliukenemattoman ravintokuidun pitoisuutta ja typpilannoitus lisäsi rukiin veteenliukenevan ravintokuidun pitoisuutta. Lisäksi veteenliukenevyyden ja kokonaisravintokuidun määrän

Taulukko 4. Kasvien nitraattipitoisuudet Pohjoismaissa tehdyissä lannoituskokeissa 1978–1992. Kunkin kokeen tulokset on ilmoitettu alkuperäisessä yksiköissä sekä vertailun helpottamiseksi myös laskettuna mg NO₃/kg tuorepainoa.

Table 4. Nitrate contents of vegetables in fertilization experiments made in the Nordic countries in 1978–1992. The results in each experiment are given in the original units and in mg NO₃/kg fresh weight to facilitate comparison of results.

Tutkija, vuosi <i>Research, year</i> Kasvi <i>Plant</i>	Alkuperäinen yksikkö <i>Original unit</i>	mg NO ₃ /kg tuorepainoa <i>mg NO₃/kg fresh weight</i> laskettu julkaisun tietojen mukaan <i>calculation done according to</i> <i>information in each publication</i>
EPPENDORFER, 1978		
pinaatti, <i>spinach</i>	0,06 – 1,36 % NO ₃ -N kuiva-ainessa, % <i>dm</i>	270 – 1600
lehtikaali, <i>kale</i>	0,01 – 0,91 % NO ₃ -N kuiva-ainessa, % <i>dm</i>	45 – 400
kukkakaali, <i>cauliflower</i>	0,02 – 0,08 % NO ₃ -N kuiva-ainessa, % <i>dm</i>	90 – 350
NILSSON, 1979		
porkkana, <i>carrot</i>		61 – 243
valkokaali, <i>white cabbage</i>		68 – 176
purjo, <i>leek</i>		45 – 327
LEHTINEN, 1984		
porkkana, <i>carrot</i>	2,51 – 6,04 mg NO ₃ -N kuiva-ainetta, <i>dm</i>	250 – 600
punajuuri, <i>red beet</i>	15,98 – 26,21 mg NO ₃ -N kuiva-ainetta, <i>dm</i>	1600 – 2600
keräkaali, <i>white cabbage</i>	11,52 – 16,42 mg NO ₃ -N kuiva-ainetta, <i>dm</i>	920 – 1300
purjo, <i>leek</i>	2,96 – 4,02 mg NO ₃ -N kuiva-ainetta, <i>dm</i>	380 – 520
AURA, 1985		
porkkana, <i>carrot</i>	17 – 82 N mg/kg tuoretta ainetta, <i>fw</i>	75 – 360
punajuuri, <i>red beet</i>	106 – 430 N mg/kg tuoretta ainetta, <i>fw</i>	470 – 1900
sipuli, <i>onion</i>	5 – 23 N mg/kg tuoretta ainetta, <i>fw</i>	20 – 100
kaali, <i>white cabbage</i>	13 – 97 N mg/kg tuoretta ainetta, <i>fw</i>	60 – 430
BODIN, 1988		
peruna, <i>potato</i>	0,011 – 0,018 % NO ₃ -N kuiva-ainesta, <i>dm</i>	110 – 180
NYGAARD SØRENSEN, 1988		
valkokaali, <i>white cabbage</i>		55 – 670
porkkana, <i>carrot</i>		50 – 94
EVERS A-M., 1989		
porkkana, <i>carrot</i>	0,01 – 0,16 % NO ₃ -N kuiva-ainesta, <i>dm</i>	45 – 710
JOKINEN R. & TAHVONEN R., 1991		
salaatti kasvihuone, <i>lettuce in greenhouse</i>		630 – 6600 1150 – 4680 2770 – 3880 1910 – 3150
salaatti avomaalla, <i>lettuce on the open</i>		80 – 750
ANDERSEN L & NIELSEN, 1992		
salaatti kasvihuone, <i>lettuce in greenhouse</i>		1080 – 2000 2080 – 3280
SALO T., 1992		
punajuuri, <i>red beet</i>		600 – 2400

dm = dry matter, fw = fresh weight

korreloi positiivisesti valkuaisainepitoisuuden kanssa.

III Tulosten tarkastelu

Kaikki kasvit tarvitsevat ravinteita ylläpitääkseen kasvua ja kehitystä. Viljelijä voi lannoituksen avulla säädellä sadon määrää ja laatua valitsemalla kunkin ravinteen tason ja käytetyt lannoitusaineet. Pääravinteet typpi, fosfori ja kalium ovat tärkeimmät kasvua säätelevät ravinteet, ja näistä typpi on ehdottomasti tärkein sadon laatuun vaikuttava ravinne. Muut ravinteet kuten kalsium, magnesium, natrium, rikki ja kloori ovat tietysti myös tärkeitä, mutta niitä ei yhtä usein lisätä vuosittain lannoitteina, ja niiden osalta vaikutukset laatuun ilmenevät lähinnä silloin, kun on kysymys puutostiloista tai kun halutaan vaikuttaa ravinteiden keskinäiseen tasapainoon ja kilpailuun ravinteidenotossa. Hivenaineet, rauta, mangaani, sinkki, kupari, boori, molybdeeni, koboltti ja seleeni ovat tärkeitä pieninä määrinä, mutta kasvien viljelyssä puutosoireita ilmenee melko harvoin.

Kasvien typensaantiin vaikuttavat monet tekijät peltoviljelyssä. Typpeä on runsaasti maan orgaanisessa aineksessa ja jonkin verran epäorgaanisessa muodossa. Maan mikrobien toiminta aiheuttaa typpi kiertoon jatkuvan muutoksen. Typpeä häviää ilmaan denitrifikaation seurauksena ja huuhtoutuu pinta- tai pohjavesiin liiallisen sateen, lumen sulamisvesien tai liiallisen kastelun vuoksi. Epäorgaaninen typpi on kasveille käyttökelpoista, mutta orgaanisessa muodossa oleva typpi on käyttökelpoista vasta, kun se on mikrobien toiminnan tuloksena mineralisoitunut. Palkokasvit elävät symbiossissa *Rhizobium* bakteerien kanssa, ja nämä bakteerit voivat sitoa ilmakehän vapaata typpeä. Bakteerien kuollessa niistä vapautuu typpeä maahan. Kaikista ylläesitetystä syistä johtuen on hyvin vaikeaa ennustaa paljonko kulloinkin maan typpi varannoista vapautuu mineraalimuodossa typpeä kasvien käyttöön, ja oikean typpilannoituksen antaminen on monimutkainen tehtävä. Tehty kirjallisuustutkimus lannoituksen vaikutuksesta kasvien ravitsemukselliseen laatuun osoittaa selvästi, että typpi on tärkein ja tutkituin ravinne kas-

visten laatu tutkimuksissa. Tutkimuksissa käsitelään vain lannoitteena kyseisenä vuotena annetun typen vaikutusta unohtaen mineralisaation, joten tulokset kertovat kasvin typpiravitsemuksesta vain osittain.

Yhteenvedona lannoituksen vaikutuksesta kasvien C-vitamiinipitoisuuteen voidaan sanoa, että optimaalisella lannoitustasolla, N/K suhteen ollessa kunnossa, lannoituksella on vähäinen vaikutus C-vitamiinipitoisuuteen. Typpeä riittää sekä yhteyttävän lehdistön rakentamiseen että valkuaisainetuotantoon ja C-vitamiinipitoisuuden määrää valon määrä. Typenpuutostiloissa kasvien C-vitamiinipitoisuus ja kuiva-ainepitoisuus kohoavat samalla kun sadot jäävät pieniksi. Ylisuuret typpimäärät laskevat C-vitamiinipitoisuutta, mahdollisesti kasvuston itsevarjostuksen seurauksena tai kuiva-aine pitoisuuden laskun seurauksena. On ilmeistä, että satotaso, kuiva-ainepitoisuus ja C-vitamiinipitoisuus ovat vuorovaikutussuhteessa toisiinsa, ja niitä tulee tarkastella yhdessä tutkittaessa jonkun tietyn muuttujan vaikutusta esim. C-vitamiinipitoisuuteen. Voidaan esittää hypoteesi, että hiilihydraattimetabolia kokonaisuudessaan on vuorovaikutussuhteessa keskenään, joten tarkasteluun voitaisi lisätä esim. sokerit ja kuitu.

Suurin osa karoteenitutkimuksista on tehty porkkanalla. Tutkimustulokset lannoituksen vaikutuksesta karoteenipitoisuuteen ovat ristiriitaisia. Joissain tutkimuksissa lannoitus ei ole vaikuttanut lainkaan karoteenipitoisuuteen ja toisissa tutkimuksissa nouseva typpilannoitus on nostanut karoteenipitoisuutta. Lannoitustutkimusten ristiriitaiset tulokset saattavat johtua siitä, että lannoituksen merkitys karoteenin muodostumisessa on paljon vähäisempi kuin genotyypin, säätelijöiden ja kasvin kehitysvaiheen merkitys. Eli kasviksen karoteenipitoisuus määräytyy pääasiassa genotyypin, säätelijöiden ja kasvin kehitysvaiheen mukaan. Koska voimakas kasvu ja pitkälle ehtinyt kehitysvaihe nostavat porkkanan karoteenipitoisuutta, voidaan välillisesti päätellä, että riittävä typpilannoitus on edellytys korkean karoteenipitoisuuden muodostukselle.

Pohjoismaisia tutkimuksia lannoituksen tai muiden viljelytekniisten toimenpiteiden vaikutuksista kasvien B-vitamiinipitoisuuksiin ei ole löytynyt. Jatkossa olisi tärkeää tutkia tätä kysymystä, sillä

kasvikset ovat merkittävä B-vitamiinien lähde Tanskassa tehdyn ravitsemustutkimuksen mukaan.

Yhteenvetona lannoituksen vaikutuksista kasvien nitraattipitoisuuksiin, voidaan todeta, että nouseva typpimäärä nostaa selvästi kasvien nitraattipitoisuuksia. Myös genotyyppi, alhainen valon intensiteetti, lyhyt päivä, alhainen lämpötila ja kuivuus nostavat nitraattipitoisuutta. Kun verrataan Pohjoismaissa tehtyjen lannoituskokeiden kasvien nitraattipitoisuuksia eri maissa noudatettaviin ohjearvoihin, nähdään, että vain salaattilla on akuuttia aihetta etsiä keinoja nitraattipitoisuuksien alentamiseksi, muiden kasvien nitraattipitoisuudet ovat alhaiset. Näin ollen nitraatin tutkiminen avomaan kasvien laatukriteerinä ei ole erityisemmin aiheellista.

Lannoituksen vaikutus kasvien hiilihydraattipitoisuuksiin on vähäinen. Useissa tutkimuksissa nouseva typpimäärä on laskenut sokeripitoisuutta lievästi, mutta kasvilajien ja vuosien välinen vaihtelu on huomattavasti suurempaa kuin lannoituskäsittelyjen välinen vaihtelu. Lannoituksen vaikutuksesta ravintokuitupitoisuuteen on liian vähän tietoa saatavilla ja lisätutkimuksia tulisi tehdä, sillä kasvien kuitu on ihmisen ravitsemuksen kannalta hyödyllistä.

IV Jatkotoimenpide-ehdotukset

- Tutkittaessa lannoituksen vaikutusta kasvien ravitsemukselliseen laatuun kannattaa keskittyä typpeen, sillä typellä on ravinteista selvästi suurimmat vaikutukset laatuun.
- Lannoituksella on vähäinen vaikutus kasvien C-vitamiini- ja sokeripitoisuuksiin, joten niiden tutkiminen erillisinä ei ole järkevää. Sen sijaan olisi tärkeää ymmärtää hiilihydraattimetaboliaa kokonaisuutena ja niissä yhteyksissä C-vitamiinin ja sokereiden tutkiminen puoltaa paikkaansa.
- Lannoituksen vaikutus kasvien nitraattipitoisuuteen tunnetaan hyvin, joten sen tutkiminen jatkossa ei ole tarpeellista muiden kuin kasvihuonesalaatin osalta.
- Kasvien laatututkimukset tulisi jatkossa suunnata karoteenin, B-vitamiinien ja ravintokuidun tutkimiseen. Nämä ovat ravitsemuksellisesti ihmisille tärkeitä laatutekijöitä ja olisi tärkeää ymmärtää voidaanko niihin vaikuttaa viljelytekniikalla ja/tai lannoituksella.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANDERSEN, L. & NIELSEN, N. E. 1992. A new cultivation method for the production of vegetables with low content of nitrate. *Sci. Hort.* 49: 167–171.
- AURA, E. 1985. Avomaan vihannesten veden ja typen tarve. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 7: 1–61. [Nitrogen and water requirements for carrot, beetroot, onion and cabbage. Communications of Agric. Res. Centre, Jokioinen.]
- BALVOLL, G., APELAND, J. & AURANAUNE, J. 1975. Kjemisk samansetnad og organoleptisk kvalitet hjå gulrot frå Sør- og Nord-Noreg. *Forskn. Förs. Landbr.* 27: 327–337.
- 1992. Kvalitet i grønsaker. Verknaden av gjødsling på indre kvalitet. *Næringsstoffinnhald og smak hos gulrot*. *Faginfo.* 3: 5–32.
- BANGA, O., BRUYN, J.W. de & SMEETS, L. 1955. Selection of carrots for carotene content. II. Subnormal content at low temperature. *Euphytica* 4: 183–189.
- & BRUYN, J. W. de 1964. Carotenogenesis in carrot roots. *Neth. J. Agric. Sci.* 12: 204–220.
- & BRUYN, J. W. de 1968. Effect of temperature on the balance between protein synthesis and carotenogenesis in the roots of carrot. *Euphytica* 17: 168–172.
- BARNES, W.C. 1936. Effects of some environmental factors on growth and color of carrots. *Cornell Univ. Agric. Exp. Sta. Mem.* 186: 1–36.
- BEEVERS, L. & HAGEMAN, R. H. 1972. The role of light in nitrate metabolism in higher plants. *Photophysiology* 7: 85–113.
- BEHR, U. 1988. Sortenvergleich zum Gehalt an Nitrat und anderen qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen in Kopfsalat (*Lactuca sativa* L. var. capitata L.) und Spinat (*Spinacia oleracea* L.). *Diss. Univ. Hannover.*
- BODIN, B. 1988. Quality of table potatoes. Morphology, content of substances and quality properties at different stages of development and growth of the potato tuber. *Crop Production Sci.* 2: 1–45.
- BOOTH, V. H. & DARK, S. O. S. 1949. The influence of environment and maturity on total carotenoids in carrots. *J. Agric. Sci.* 39: 226–236.
- RADLEY, G. A., SMITTLE, D. A., KATTAN, A. A. & SISTRUNK, W. A. 1967. Planting date, irrigation, harvest sequence and varietal effects on carrot yields and quality. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 90: 223–234.
- BROWN, G. B. 1955. The ascorbic acid content of tomatoes as related to illumination. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 65: 342–348.
- CORRÉ, W. J. & BREIMER, T. 1979. Nitrate and nitrite in vegetables. 85 p. Wageningen.
- DRAGLAND, S. 1969. Vitamin C-innholdet i hodekål og kålrot dyrket i Nord- og Sør-Norge. *Meld. Norges Landbr. Højsk.* 48: 1–11.
- 1978. Nitrogen- og vassbehov hos gulrot. *Forskn. Förs. Landbr.* 29: 139–159.
- EKLÖF, L.-O. & GILLBACK, A. 1987. Livsmedelsskvalitet. *Statens livsmedelsverk*. Stockholm.
- EMILSSON, B. 1949. Studies on the rest period and dormant period in the potato tuber. *Acta Agric. Suecana.* 3: 189–284.
- EPENDORFER, W. H. 1978. Effects of N-fertilization on amino acid composition and nutritive value of spinach, kale, cauliflower and potatoes. *J. Sci. Fd Agric.* 29: 305–311.
- EVERS, A.-M. 1989a. Effects of different fertilization practices on the growth, yield and dry matter content of carrot. *J. Agric. Sci. Finl.* 60: 135–152.
- 1989b. Effects of different fertilization practices on the carotene content of carrot. *J. Agric. Sci. Finl.* 61: 7–14.
- 1989c. Effects of different fertilization practices on the NO₃-N, N, P, K, Ca, Mg, ash and dietary fibre contents of carrot. *J. Agric. Sci. Finl.* 61: 99–111.
- 1989d. Effects of different fertilization practices on the glucose, fructose, sucrose, taste and texture of carrot. *J. Agric. Sci. Finl.* 61: 113–122.
- 1989e. The role of fertilization practices in the yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). *J. Agric. Sci. Finl.* 61: 323–359.
- EZELL, B. C., DARROW, G. M., WILCOX, M. S. & SCOTT, D.H. 1947. Ascorbic acid content of strawberries. *J. Food Res.* 12: 510–526.
- FREEMAN, R. E. & SIMON, P. W. 1983. Evidence for simple genetic control of sugar type in carrot (*Daucus carota* L.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 50–54.
- FRITZ, D., HABBEN, J., REUFF, B. & VENTER, F. 1976. Die Variabilität einiger qualitätsbestimmender Inhaltsstoffe von Tomaten. *Gartenbauwiss.* 41: 104–109.
- GABELMAN, W.H. 1974. The prospects for genetic engineering to improve nutritional values. *Nutrition qualities of fresh fruits and vegetables*. (Eds. P. White & N. Selwey). p. 147–155. New York.
- GIROUD, A. 1938. L'acide ascorbique dans la cellule et les tissus. *Protoplasma - Monogr.* 16: 1–187.
- GRIMSTAD, S. O. 1982. Lampetyper og plantebestråling. 3. Virkning av lampetype og strålingsflukstetthet på innhold av klorofyll, L-askorbinsyre og glukose i salat (*Lactuca sativa* L.) dyrket i veksthus under ulike naturlige lysforhold. *Meld. Norges Landbr. højsk.* 61(3): 1–25.
- HABBEN, J. 1972. Einfluss von Düngung und Standort auf die Bildung wertgebender Inhaltsstoffe in Möhren (*Daucus carota* L.). *Diss. Techn. Univ. München.*
- HAGEN, U. 1953. Über die Tagesrhythmik des Vitamin C-Gehaltes in Blättern. *Phyton* 5: 1–15.
- HAMNER, K. C., BERNSTEIN, L. & MAYNARD, L. A. 1945. Effects of light intensity, day length, temperature and environmental factors on the ascorbic acid content of tomatoes. *J. Nutr.* 29: 85–97.
- HANSEN, E. & WALDO, G.F. 1944. Ascorbic acid content of small fruits in relation to genetic and environmental factors. *Food Res.* 9: 453–461.
- HEINONEN, M. 1990. Carotenoids and Provitamin A Activity of Carrot (*Daucus carota* L.) Cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 38: 609–612.

- HORVÁTH-MOSONYI, M., RIGÓ, J. & HEGEDÜS-VÖLGYESI, E. 1983. Study of dietary fibre content and fibre components of carrots. *Acta Alim.* 12: 199–210.
- HÅRDH, J. E. 1964. Mustaherukan C-vitamiinipitoisuuteen vaikuttavista tekijöistä. *Maatal.tiet. Aikak.* 36: 14–21.
- 1975. Der Einfluss der Umwelt nördlicher Breitengrade auf die Qualität der Gemüse. *Qual. Pl.* 25: 43–56.
- & HÅRDH, K. 1972. Effects of radiation, day-length and temperature on plant growth and quality: A preliminary report. *Hort. Res.* 12: 25–42.
- , PERSSON, A. R. & OTTOSSON, L. 1977. Quality of vegetables cultivated at different latitudes in Scandinavia. *Acta Agric. Scand.* 27: 81–96.
- JANES, B. E. 1946. Variations in the dry weight, ascorbic acid and carotene content of collards, broccoli and carrots as influenced by geographical location and fertilizer level. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 48: 407–412.
- JOHANSSON, E. 1939. Bestämningar av askorbinsyrehalten hos frukt och fruktprodukter, vissa köksväxter samt vissa andra växtarter. *Medd. Stat. Trädg. Förs.* 4: 1–53.
- JOKINEN, R. & TAHVONEN, R. 1991. Salaatin viljely ja salaatin laatu. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 21: 1–178. [Cultivation of lettuce and quality of yield. Communications of Agric. Res. Centre. Jokioinen.]
- KAKUKAWA, T. 1943. Schwankungen des Gehalts an Ascorbinsäure und Kohlenhydraten in Pflanzenblättern während der verschiedenen Tageszeiten. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Ser. IV.* 17: 303–307.
- Kansaneläkelaitos. 1993. Ruoka-aineiden ravintoainesisältö. *Livsmedlens näringsinnehåll. Nutrient composition of foods.* 461p. Helsinki.
- KASKI, I. J., WEBSTER, G. L. & KIRCH, E. R. 1944. Ascorbic acid content of tomatoes. *Food Res.* 9: 386–391.
- KESSLER, W. 1939. The vitamin C content of German apple varieties and its dependence on habitat, light intensity, fertilizing, density of fruit hanging and storage. *Gartenbauwiss.* 13: 619–638.
- KOSKITALO, L. N. & ORMROD, D. P. 1972. Effects of sub-optimal ripening temperatures on tomato fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 13–16.
- KUUSI, T. 1965. The most important quality criteria of some homegrown black-currant varieties. I. Ascorbic acid. *Maatal.tiet. Aikak.* 37: 264–281.
- KVÅLE, A. 1969. Composition and quality of Gravenstein apples as related to some environmental factors. *Acta Agric. Scand.* 19: 229–239.
- LAMBRECHT, H. & SVENSSON, V. 1950. Karotinhalt i morötter och dess beroende av olika faktorer. *Agri Hortique Genet.* 8: 74–108.
- LECAT, P. 1951. Repartition et variations du système ascorbique chez les végétaux. *Plant and Soil* 3: 267–308.
- LEHTINEN, S. 1984. Avomaavihannesten lannoitus- ja kastelukokeet 1978–1983. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 21: 1–62.
- Levnedsmiddelstyrelsen. 1990. *Frugt og grønsager. Vurderet ud fra et helhedssyn.* København.
- LINDEN, L. 1989. Pohjoisten ilmasto-olojen vaikutus kasvikunnan tuotteiden sisäiseen laatuun. Maa- ja metsätalousministeriö. Elintarviketutkimusprojekti. 4.3.1.7/1.
- LJONES, B. & LANDFALD, R. 1966. Composition and quality of Gravenstein apples grown under different environments in Norway. *Meld. Norges Landbr. höjsk.* 45: 1–20.
- MADSEN, E. 1971. CO₂-koncentrationens indflydelse på indholdet af ascorbinsyre i tomatblade. *Ugeskrift for Agronomer.* 28: 492–494.
- MAPSON, L. W. 1955. The biosynthesis of ascorbic acid. *Vitamins Horm.* 13: 71–100.
- MAYDARD, 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: 71–118.
- MCCOLLUM, J. P. 1946. Effect of sunlight exposure on the quality constituents of tomato fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 48: 413–416.
- MENGEL, K. 1972. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena. 4. verbesserte Aufl. 470 s.
- MOLDTMANN, H. G. 1939. Untersuchungen über den Ascorbinsäuregehalt der Pflanzen in seiner Abhängigkeit von inneren und äusseren Faktoren. *Planta* 30: 297–342.
- MURNEEK, A. E. & WITTWER, S. H. 1948. Some factors affecting the ascorbic acid content of apples. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 51: 97–102.
- , MAHARG, L. & WITTWER, S. H. 1954. Ascorbic acid (vitamin C) content of tomatoes and apples. *Univ. Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull.* 568: 1–24.
- NIEUWHOF, M. & GIESEN, S. 1988. Genotypical variation in nitrate content of radish roots and prospects for reducing nitrate content by breeding. *Acta Hort.* 222: 101–104.
- NILSSON, F. 1969. Ascorbic acid in black currants. *Lantbr. Högsk. Ann.* 35: 43–59.
- & HINTZE, S. 1952. Sort- och stamförsök med morötter 1948–50. *Medd. Stat. Trädg. Förs.* 75: 1–32.
- NILSSON, T. 1979. Avkastning, lagringsförmåga, kvalitet och kemisk sammansättning hos morot, vitkål och purjo vid konventionell och organisk gödning. *Inst. Trädg. Vet. Rapp.* 7: 3–52.
- NYGAARD SØRENSEN, J. 1984. Dietary fibre and ascorbic acid in white cabbage as affected by fertilization. *Acta Hort.* 163: 221–230.
- 1988. Afgroedekvalitet. *Frilandsgrønsager. Statens planteavlsmøde* 1988: 7–9.
- PETTERSSON, B. D. 1982. Konventionell och biodynamisk odling. Jämförande försök mellan två odlingssystem 1971–1979. *Nordisk forskningsring. Medd.* 32.
- PHAN, C. T. & HSU, H. 1973. Physical and chemical changes occurring in the carrot root during growth. *Can. J. Pl. Sci.* 53: 629–634.
- PLAAMI, S., SAASTAMOINEN, M. & KUMPULAINEN, J. 1989. Effects of variety and environment on dietary fibre content of winter rye in Finland. *J. Cereal Sci.* 10: 209–215.

- PLATENIUS, H. 1945. Diurnal and seasonal changes in the ascorbic acid content of some vegetables. *Pl. Physiol.* 20: 98–105.
- QUAST, P. 1983. Die Bedeutung des Witterungseinflusses auf verschiedene Qualitätsmerkmale, insbesondere den Zuckergehalt, niederelbischer Äpfel. *Mitt. Obstbauvers rings Alten Landes* 38: 304–314.
- 1987. Einfluss der Jahreswitterung auf den Zuckergehalt niederelbischer Äpfel. *Erwerbsobstbau* 29: 10–13, 16.
- REID, M. E. 1941. Relation of temperature to the ascorbic acid content of cowpea plants. *Bull. Torrey Bot. Club* 68: 519–530.
- ROBERTSON, R. N., HIGHKIN, H. R., SMYDZUK, J. & WENT, F. W. 1962. The effect of environmental conditions on the development of pea seeds. *Austr. J. Biol. Sci.* 15: 1–15.
- ROBINSON, W. B. 1949. The effect of sunlight on the ascorbic acid content of strawberries. *J. Agric. Res.* 78: 257–262.
- ROSENFELD, H. J. 1975. Temperatureffekter på askorbinsyreinnhold i kruspersille (*Petroselinum crispum* Nym. var. *crispum* f. *crispum*). *Meld. Norges Landbr. høgsk.* 54(20): 1–12.
- 1978. Askorbinsyre. Kjemi, biokjemi, forekomst og funksjon i planter. *Landbr.høgsk. Medd.* 57, 5: 1–28.
- 1979. Ascorbic acid in vegetables grown at different temperatures. *Acta Hort.* 93: 425–433.
- SALO, T. 1992. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 16: 1–43. [The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot. *Communications of Agric. Res. Centre. Jokioinen*].
- SCHARPF, H. C. 1991. Nutrient influences on the nitrate content of vegetables. *Proc. Fert. Soc. Lond.* 313: 1–25.
- SCHARRER, K. & WERNER, W. 1957. Über die Abhängigkeit des Ascorbinsäuregehaltes der Pflanze von ihrer Ernährung. *Z. Pfl. Ernährung Düng. Bodenk.* 77: 97–118.
- SCHUPHAN, W. 1942. Die veränderungen der Vitamin C- und kalorischen vertstoff Gehalte bei deutschen Erdbeersorten unter dem Einfluss schönen und schlechten Wetters. *Biochem. Z.* 311: 151–162.
- 1962. Wachstum und Carotinbildung bei Möhren (*Daucus carota* L.) in Abhängigkeit von entwicklungsphysiologischen Differenzierungen der Teilfrüchtchen. *Biol. Zbl.* 81: 303–314.
- 1974. Nutritional values of crops as influenced by organic and inorganic fertilizer treatments. Results of 12 years' experiments with vegetables (1960–1972). *Qual. Plant. Pl. Foods Hum. Nutr.* 23: 333–358.
- SEPPÄNEN, R. 1991. Ravitsemustilanne tutkimusten valossa. Esitelmä suurtalouden kasvisseminaarissa. [Kansaneläkelaitos].
- SEYBOLD, A. & MEHNER, H. 1948. Über den Gehalt von Vitamin C in Pflanzen. *Sitzgber. Heidelberg. Skad. Wiss. Math.-naturwiss.* 10: 215–346.
- SIMON, P.W., PETERSON, C.E. & LINDSAY, R.C. 1982. Genotype, soil and climate effects on sensory and objective components of carrot flavor. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 644–648.
- & WOLFF, X.Y. 1987. Carotenes in typical and dark orange carrots. *J. Agric. Food Chem.* 35: 1017–1022.
- SISTRUNK, W. A. & MOORE, J. N. 1971. Strawberry quality studies in relation to new variety development. *Ark. Agric. Exp. Sta. Bull.* 761: 1–31.
- SOMERS, G. F., HAMNER, K. C. & KELLY, W. C. 1950. Further studies on the relationship between illumination and the ascorbic acid content of tomato fruits. *J. Nutr.* 40: 133–143.
- TAKALA, M., TAHVONEN, R. & VUORINEN, M. 1988. Väkilannoitus ja "biologis" viljelymenetelmät perunan, porkkanan ja punajuurikkaan viljelyssä. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 11: 1–36.
- TIKKANEN, J. 1990. Kotimaisten kasvien laatu-strategia. Pellervoseuran markkinatutkimuslaitos. Raportteja ja artikkeleita 30: 1–100.
- TUBA, J., HUNTER, G. & OSBORNE, J. A. 1946. On staining for vitamin C in tissues. *Can. J. Res.* 24: 182–187.
- Valtion ravitsemusneuvottelukunnan mietintö. 1987. Suositukset kansanravitsemuksen kehittämiseksi. Komiteamietintö 3.
- VARO, P., LAINE, R., VEIJALAINEN K., ESPO, A., WETTERHOFF, A. & KOIVISTOINEN, P. 1984. Dietary fibre and available carbohydrates in Finnish vegetables and fruits. *J. Agric. Sci. Finl.* 56: 49–59.
- WEDDING, R. T. & VINES, H. M. 1959. Temperature effects on tomato. *Calif. Agrig.* 13(11): 13.
- WENT, F. W. 1957. The experimental control of plant growth. 343 p. New York.
- WINSOR, G. W. & ADAMS, P. 1976. Changes in the composition and quality of tomato fruit throughout the season. *Ann. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst.* 1975: 134–142.
- 1979. Some factors affecting the quality and composition of tomatoes. *Acta Hort.* 93: 335–346.
- WOKES, F. & MELVILLE, R. 1948. Vitamin C in the walnut (*Juglans regia*). *Biochem. J.* 43: 585–592.
- VUORINEN, M. & TAKALA, M. 1987. Porkkanan ja punajuurikkaan sadetus, typpilannoitus ja kalkitus puitavalla hiekkamaalla. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 10: 1–30.
- ÅBERG, B., 1946. Effects of light and temperature on the ascorbic acid content of green plants. *Kungl. Lantbrukshögsk. Ann.* 13: 239–273.
- 1949. Changes in the ascorbic acid content of darkened leaves as influenced by temperature, sucrose application and severing from the plant. *Physiol. Plantarum* 2: 164–183.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

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

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevättrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkan maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyys. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.
18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.

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

1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutki-
musasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimus-
keskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen
Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorerehukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Poh-
jois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTI, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyö-
tykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja
niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKE-
LÄ, 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. Risteytyshiehot. P. 4–23.
KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.
KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.
Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. LAPINLAHTI. 13 p. + 2 liitettä.
14. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91. 57 p. + 1 liite.
KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.
KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.
Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon: *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot*. 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

1993

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

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

17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristöhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.

1994

4. EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvien ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (*Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.*) 22 p.

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

HINTA: 50 mk