



Jorma Issakainen



Mikko Moilanen

Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen

## Lannoituksen vaikutus puolukka- ja mustikkasatoihin ja marjojen ravinnepitoisuuksiin kangasmailla

**Issakainen, J. & Moilanen, M.** 1998. Lannoituksen vaikutus puolukka- ja mustikkasatoihin ja marjojen ravinnepitoisuuksiin kangasmailla. *Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia* 3/1998: 379–391.

Tutkimuksessa selvitettiin puolukan ja mustikan marjatuotannon vuotuista vaihtelua varttuneissa puolukka- ja mustikkatyyppin kangasmetsäkoissa. Lisäksi tutkittiin pääravinnelannoituksen (typpi, fosfori, kalium) vaikutusta marjasatoihin ja marjojen alkuainepitoisuuksiin.

Luontainen marjominen vaihteli huomattavasti vuodesta toiseen. Parhaimman ja huonoimman vuoden satoero samassa metsikössä oli puolukalla lähes 10-kertainen ja mustikalla vielä suurempi. Jaksolla 1978–88 vuotuinen puolukkasato vaihteli välillä 100–170 kg/ha ja mustikkasato välillä 70–165 kg/ha.

Lannoituskäsittelyjen seurauksena marjantuotanto useimmiten heikentyi. Eniten marjominen kärsi PK-(fosfori-kalium)lannoituksesta, jonka vaikutuksesta esim. mustikkasadot jäivät 2–3 kertaa pienemmiksi kuin lannoittamattomilla vertailualoilla. Typpilannoituksen vaikutus jäi osin epäselväksi. Joissain tapauksissa ureatyppi näytti lyhytaikaisesti lisänneen puolukan määrää ja vaikuttaneen suotuisasti myös mustikkaan.

Tyypeä sisältäneet käsittelyt kohottivat ja PK-käsittely alensi marjojen typpipitoisuutta. PK-käsittely kohotti marjojen fosfori-, kalium-, magnesium- ja booripitoisuutta. Puolukalla muutokset olivat selvempiä ja vaikutus näytti kestävän pitempään kuin mustikalla. Typpikäsittelyt alensivat molempien marjalajien – etenkin puolukan – mangaani- ja kupariarvoja.

Tulokset osoittavat, että vastoin yleistä ennakkokäsitystä ja eräitä aiempia tutkimustuloksia metsänlannoituksella ei voida merkittävästi lisätä marjasatoja keskiviljavilla kangasmailla. Syynä lienee ravinnelisäyksestä johtuneen kilpailutilanteen muuttuminen kenttäkerroksen heinä- ja ruohokasvillisuuden eduksi.

Asiasanat: puolukka, mustikka, lannoitus, marjasadot

Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, 91500 Muhos. Puhelin (08) 531 2200, sähköposti jorma.issakainen@metla.fi

Hyväksytty 29.5.1998

# 1 Johdanto

**M**ustikalle (*Vaccinium myrtillus*) ja puolukalle (*Vaccinium vitis-idaea*) soveltuvia kasvupaikkoja on noin neljännes maamme metsämaiden alasta. Puolukan vuotuisen marjasadon on arvioitu vaihtelevan välillä 200–500 milj. kiloa ja mustikkasadon suuruusluokassa 150–200 milj. kiloa. Hyötykäyttöön marjoista saadaan vain vajaa kymmenesosa. Esim. puolukkaa poimitaan vuosittain parhaimmillaan noin 20 miljoonaa kiloa. Marjantuotanto vaihtelee vuosittain suuresti mm. säätekijöistä johtuen, mutta satomääriin vaikuttavat myös kasvupaikan puuston kehitysvaihe, maan viljavuus ja met sien käsittely.

Vaikka puolukka ja mustikka viihtyvät samanlaisilla kasvupaikoilla, ne eroavat toisistaan mm. valontarpeensa suhteen. Puolukka on valokasvi ja sen marjonta seuraa kiinteästi metsän eri kehitysvaiheita. Tuottoisimpia puolukkamaita ovat päätehakkuita odottavat väljät ja valoisat mäntykankaat. Puolukka marjoo myös sekametsissä sekä pienissä mäntytaimikoissa, hakkuuaukeilla ja metsäaurausalueilla. Varjokasvina pidetylle mustikalle parhaita kasvuympäristöjä ovat tuoreen tai kuivahkon kankaan päätehakkuikeää lähestyvät varttuneet kuusikot ja männiköt. Sateisina kesinä mustikka marjoo hyvin myös kuivilla kankailla, jopa rämeillä. Mustikka altistuu puolukkaa herkemmin talviaikaisille pakkasille ja aikaisen kukinnan vuoksi myös keväthalloille. Se ei siedä puolukan lailla kuivuutta ja kärsii tilapäisesti metsänkäsittelyn, etenkin avohakkuun aiheuttamista valaistusmuutoksista.

Lannoitukseen soveltuvia kohteita kangasmailla ovat mustikka- ja puolukkatyyppin havupuuvaltaiset varttuneet kasvatusmetsiköt (esim. Laakkonen 1989). Käytännön metsänlannoitus kangasmailla oli varsin laajamittaista 1960-luvun lopulta 1980-luvulle saakka. 1970-luvun huippuvuosista (yli 100 000 ha/vuosi) lannoitusalat putosivat 1990-luvulle tultaessa alle 10 000 hehtaarin vuositasolle (Kukkola 1995). Tällä hetkellä lannoitustoiminta on käytännön mitassa hyvin vähäistä.

Kangasmaiden lannoituksessa käytetään joko tyyppiä (N) tai tyyppiä ja fosforia (NP) sisältäviä lannoitteita. Tyypillisäyksen seurauksena metsäkasvillisuuden pohjakerroksen sammal- ja jäkälälajit usein taantuvat ja vastaavasti kenttäkerroksen varpu- ja heinä-

lajit rehevöityvät (Backeus 1980, Persson 1981, Eriksson 1984). Gerhardtin ja Kellnerin (1986) tutkimuksessa ammoniumnitraatti ja urea vähensivät kangasmaan männikössä ja kuusikossa sammalien ja jäkäläien ohessa myös mustikan ja puolukan peittävyttä. Heinien, etenkin metsälauhan peittävyys lisääntyi. Urean vaikutus pintakasvillisuuteen oli ammoniumnitraatin vaikutusta voimakkaampi.

Metsämarjojen satotutkimuksia ovat maassamme tehneet mm. Ruuhijärvi (1976), Hotanen (1978), Raatikainen (1978), Jaakkola (1983), Raatikainen ja Raatikainen (1983), Raatikainen ja Pöntinen (1983), Sepponen ja Viitala (1983) sekä Raatikainen ym. (1984). Tietoa lannoituksen vaikutuksesta marjasatoihin ja marjojen ravinnepitoisuuksiin on kuitenkin varsin vähän (ks. kuitenkin Lehmushovi ym. 1973, Niittymaa 1983, Silfverberg ja Issakainen 1991). Vaikka metsänlannoitus yleisen käsityksen mukaan lisää marjasatoja, niin tutkimustulokset ovat olleet vaihtelevia. Joissain tapauksissa lannoituksen on todettu lisänneen marjasatoa, joissain taas vähentäneen. Suuret lannoiteannokset ovat etenkin viljavilla kasvupaikoilla rehevöittäneet heinäkasvillisuutta antaen sille kilpailuetua marjoihin verrattuna. Eräiden tutkimusten ja havaintojen (Kardell ym. 1981) mukaan on lannoitettujen mustikoiden maku osoittautunut lannoittamattomia huonommaksi. Sen sijaan puolukan viljelykokeissa lannoituksen ei ole todettu vaikuttavan merkittävästi marjojen laatuun tai makuun (Lehmushovi 1977).

Tässä tutkimuksessa selvitettiin lannoituksen vaikutusta puolukan ja mustikan marjomiseen ja marjojen alkuainepitoisuuksiin Pohjois-Suomen kangasmailla. Lisäksi tavoitteena oli tutkia marjasatojen luontaista vaihtelua kymmenvuotisjaksolla 1978–1988.

## 2 Aineisto ja menetelmät

### 2.1 Tutkimuskohteet ja koejärjestelyt

Vuonna 1978 perustettiin Metlan Muhoksen tutkimusalueeseen kolme kangasmaan lannoituskoetta. Valintakriteerien mukaan koe kohteiden tuli olla puolukan ja mustikan marjonnalle soveliaita kasvupaikkoja. Lisäksi niiden tuli soveltua käytännön metsänlannoituskohteiksi (kuva 1, taulukko 1).



Kuva 1. Yleisnäkymä kokeilta syksyllä 1995. Kolokangas (vas.), Aittokangas (kesk.) ja Järvimaa (oik.).

*Kolokankaalla* koejärjestelyt tehtiin pitkähkön, reunaosiltaan hiukan soistuneen metsikkökuvion kaakkoispäähän. Tällä variksenmarja-puolukka-tyypiksi (EVT) luokitellulla kohteella puusto oli hoidettua, väljässä asennossa kasvavaa varttunutta männikköä. Pohjanmaan-Kainuun kasvillisuusvyöhykkeessä EVT on puolukkavaltainen metsätyyppi (Solantie 1983). Metsikkö oli jo aiemmin vuonna 1968 lannoitettu Suometsien PK-lannoksella (500 kg/ha). Syksyllä 1972 metsikössä havaittiin poikkeuksellisen isokokoisia puolukoita ja mustikoita. Runsaan marjonnan oletettiin olevan lannoituksen seurausta. Myös *Aittokankaan* metsätyyppi edusti EVT:tä, joskin hiukan viljavampaa muunnosta. Pintakasvillisuuden kenttäkerrosta hallitsi mustikan varvusto. Puusto oli uudistuskypsää, hoidettua mänty-kuusi-sekametsää. *Järvimaassa* kasvupaikka oli laihahkoa VMT:tä, jonka hidaskasvuinen kuusivaltainen puusto lähenteli uudistamisvaihetta.

Tutkimusmetsiköt olivat alueelle tyypillisiä, alavien soiden ympäröimiä ja ilmeisen hallaisia saarekkeita. Maalajiksi määritettiin kaikilla kohteilla kivinen hiekkamoreeni. Kangashumuksen paksaus vaihteli välillä 5–10 cm (taulukko 1).

Koejärjestelyt toteutettiin arvottujen lohkojen periaatteella. Koealojen (10 m × 10 m) kulmiin asetettiin kulmapaalut, jotka yhdistettiin toisiinsa köy-

dellä. Koealojen ulkopuolelle pystytettiin taulut, joissa tiedotettiin tutkimuksesta sekä kiellettiin liikuminen ja marjojen poimiminen aitauksen sisäpuolella. Koealat säilyivät lähes koskemattomina koko tutkimuskauden ajan.

Lannoituskäsittelyt tehtiin toukokuussa 1978. Kolo- ja Aittokankailla käsittelyt toistettiin kaksi ja Järvimaassa neljä kertaa. Neljän vuoden kuluttua toukokuussa 1982 tehtiin jatkolannoitus samoilla käsittelyillä. Levitys tehtiin miestyönä sulalle maalle. Vertailtaviksi otettiin kaksi tyypillannoitelajia, Oulunsalpietari (N 27,5 %) ja Urea (N 46,3 %). Typen annostus määräytyi silloisten metsänlannoitussuosituksen mukaan. Ureaa kokeiltiin sekä yksinään että yhdessä Suometsien PK-lannoksen kanssa. Neljäntenä käsittelynä oli Suometsien PK-lannos, joka sisälsi fosforia 9 %, kaliumia 17 % ja booria 0,2 %. PK-lannosta käytettiin molemmilla lannoituskerroilla 500 kg/ha. Oulunsalpietari- ja ureakäsittelyissä koealat saivat puhdasta typpeä 150 kg/ha (taulukko 2).

## 2.2 Aineiston keruu ja käsittely

Lannoitusta seuranneen 11 vuoden (1978–88) aikana koealoilta määritettiin marjasato vuosittain.

**Taulukko 1.** Perustiedot kokeista.

Koe	Kolokangas <sup>*)</sup>	Aittokangas	Järvimaa
Koordinaatit (pohj. lev.)	7197,4	7197,1	7199,6
(it. pit.)	456,7	458,8	459,1
Korkeus m.p.y, m	78	73	74
Lämpösumma, d.d. (1951–80)	1049	1052	1050
Metsätyyppi	EVT	EVT	VMT
I lannoitus	18.5.1978	18.5.1978	18.5.1978
II lannoitus	11.5.1982	11.5.1982	12.5.1982
Koealoja / toistoja	10 / 2	10 / 2	20 / 4
Puustotiedot (v. 1983)			
Ikä, v	95	110	120
Runkoluku, kpl/ha	350	350	450
Keskipituus, m	15	18	18
Puulajisuhteet, %	mä 100	mä 64 ku 36	mä 17 ku 83
Pohjapinta-ala, m <sup>2</sup>	17	19	19
Tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	120	160	163
Latvuspeittävyys, %	33	28	28
Kehitysluokka	5(6)	6	5

<sup>\*)</sup> PK-lannoitus tehty vuonna 1968.

**Taulukko 2.** Lannoituskäsittelyt ja niiden sisältämät ravinnemäärät alkuaineina (kg/ha). Nolla = lannoittamaton vertailu, Nos = oulunsalpietari, Nu = urea, PK = Suometsien PK-lannos.

Käsittely	I lannoitus 1978				II lannoitus 1982				Yhteensä			
	N	P	K	B	N	P	K	B	N	P	K	B
Nolla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nos	150	-	-	-	150	-	-	-	300	-	-	-
Nu	150	-	-	-	150	-	-	-	300	-	-	-
Nu+PK	150	45	85	1	150	45	85	1	300	90	170	2
PK	-	45	85	1	-	45	85	1	-	90	170	2

Marjat poimittiin niiden kypsyttyä joko elokuussa (mustikka) tai syyskuussa (puolukka). Koealalle merkittiin tasavälein 9 pysyvää näytealaa. Marjanpoiminnan ajaksi keruukohtaan asetettiin koealan sivujen suuntaisesti neliönmuotoinen (100 cm × 100 cm) puinen rimakehikko, jonka sisään jääneet puolukat ja mustikat kerättiin molemmat erikseen. Koealaa edustava kokoomanäyte saatiin yhdistämällä keruupisteistä saadut marjaerät. Näytteet säilytettiin

pakastimessa myöhempisiin analyysiin saakka. Näytteiden kokonaismäärä koko tutkimusjaksolla oli 720 kpl, joista 400 oli puolukka- ja 320 mustikanäytettä. Mustikoita ei kerätty lainkaan katovuosina 1981, 1986 ja 1987.

Marjoista punnittiin tuoremassa (100 kappaleen erä), minkä jälkeen ne kuivattiin vakiopainoon kiertoilmakaapissa (+105 °C:ssa 1–3 vuorokautta) ja homogenisoitiin posliinihuhmarella. Ravinnepi-

toisuudet (kuiva-aineesta) analysoitiin tuhkistuksen jälkeen suolahappoliuoksesta. N määritettiin Kjeldahl-menetelmällä, P spektrofotometrisellä vanadomolybdaattimenetelmällä ja K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ja Cu atomiabsorptiospektrofotometrillä (ks. Halonen ym. 1983). B määritettiin atsometiini-H-menetelmällä. Marjanäytteitä analysoitiin kaikkiaan 290 kpl.

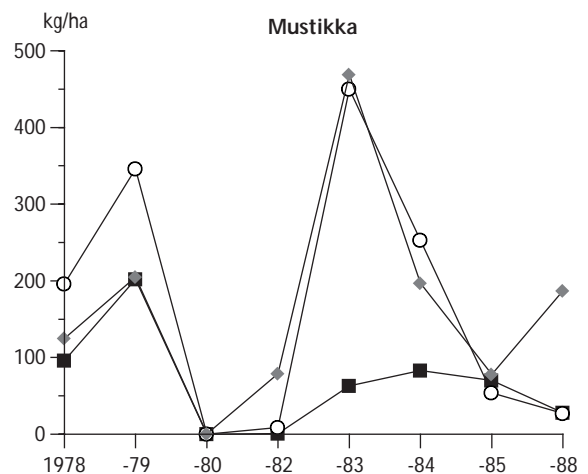
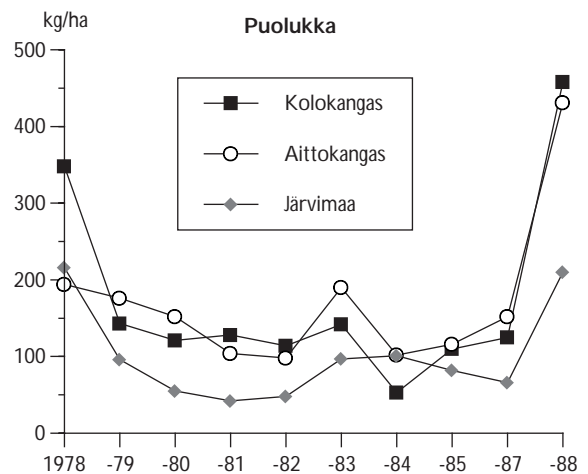
Lannoituksen vaikutusta marjasadon suuruuteen, marjojen painoon sekä niiden alkuainepitoisuuksiin testattiin BMDP-tilasto-ohjelmiston yksi- ja kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Käsittelyjen välisissä parittaisissa vertailuissa käytettiin Tukeyn ja Bonferronin testejä.

## 3 Tulokset

### 3.1 Marjasatojen vuotuinen vaihtelu

Sekä puolukan että mustikan luontainen satovaihtelu vuodesta toiseen osoittautui varsin huomattavaksi. Vaihtelu oli samantyyppistä kaikissa kolmessa tutkimusmetsikössä, mutta marjominen poikkesi eri kokeiden välillä selvästi toisistaan: kuivahkolle kankaalle (Kolokangas) puolukkaa tuli enemmän kuin mustikkaa, tuoreella kankaalla (Järvimaa) tilanne oli päinvastainen. Parhaan ja huonoimman marjavuoden ero samassa metsikössä oli puolukalla lähes 10-kertainen ja mustikalla katovuosista johdun vielä suurempi. Tutkimusjakson 1978–88 vuotuinen puolukkasato ilman lannoitusta vaihteli koekittain välillä 100–170 kg/ha ja mustikkasato välillä 70–165 kg/ha. Kolokangas tuotti puolukkaa keskimäärin 165 kg/ha/v ja mustikkaa 70 kg/ha/v. Aittokankaalla molempien marjalajien keskisadot olivat tasolla 140–145 kg/ha/v. Järvimaassa mustikkaa saatiin 140 kg/ha/v ja puolukkaa 65 kg/ha/v.

Puolukan vuotuinen satovaihtelu oli yhdenmukaista kaikissa tutkimusmetsiköissä (kuva 2). Kolokankaalla vuosi 1978 tuotti marjaa melko runsaasti. Seuraavina vuosina marjonta heikkeni ja oli alimmillaan vuonna 1984, kunnes uudelleen elpyi vuonna 1988. Aittokankaalla sato vaihteli vuodesta toiseen hyvin samansuuntaisesti kuin Kolokankaalla. Järvimaassa puolukkaa saatiin yleensä vähemmän, mutta vaihtelu oli samantyyppistä kuin muissa koh-



Kuva 2. Marjasadon määrän vaihtelu tutkimusjaksolla, lannoittamattomat koalat.

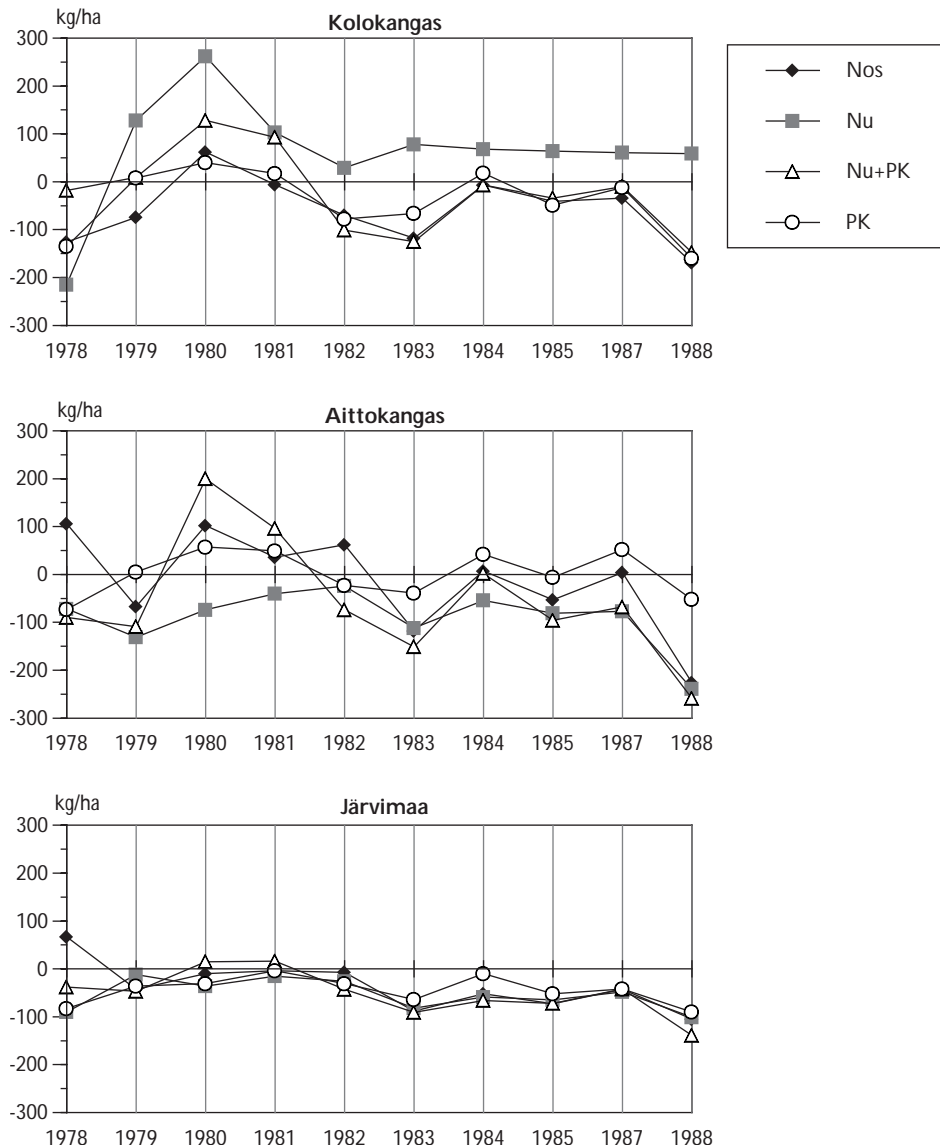
teissa. Suurin puolukan tuotos yksittäisellä koelalla mitattiin vuonna 1988 (Kolokangas 733 kg/ha) ja pienin vuonna 1980 (Järvimaa 3 kg/ha).

Mustikkasadot vaihtelivat puolukkasatoja jyrkemmin ja vaihtelu oli lähes samansuuntainen kaikissa kokeissa (kuva 2). Vuosi 1980 (ja myös vuosi 1982 Järvimaata lukuun ottamatta) olivat lähes täydellisiä katovuosia. Korkein koelakohtainen sato vertailuolilla (660 kg/ha) saatiin Aittokankaalta vuonna 1983.

### 3.2 Lannoituksen vaikutus marjasatoihin

Puolukan määrät jäivät lannoitetuilla koelaloilla yleensä pienemmäksi kuin vertailualoilla (kuva 3). Ainoastaan Aittokankaalla oulunsalpietari hiukan lisäsi marjatuotantoa, mutta ei merkittävästi. Muissa kohteissa oulunsalpietari näytti vähentävän puolukan satoa. Ureaa saaneilla Kolokankaan koelaloilla marjominen oli lannoittamattomaan verrattuna sel-

västi voimakkaampaa vuodesta 1979 alkaen. Jatkolannoituksen jälkeen vuosina 1983–88 vastaava ero oli vuosittain 30–40 kg/ha, muttei merkittävä. Nu+PK-käsittely alensi toisen lannoituksen jälkeen vuonna 1983 puolukkasatoa merkittävästi. Myös PK-lannoitus näytti heikentävän satoja Kolokankaalla ja Järvimaassa. Lannoituskäsittelyjen ja vuosien välillä ei todettu tilastollisia yhdysvaikutuksia millään kokeella. Näin ollen lannoitus vaikutti mar-



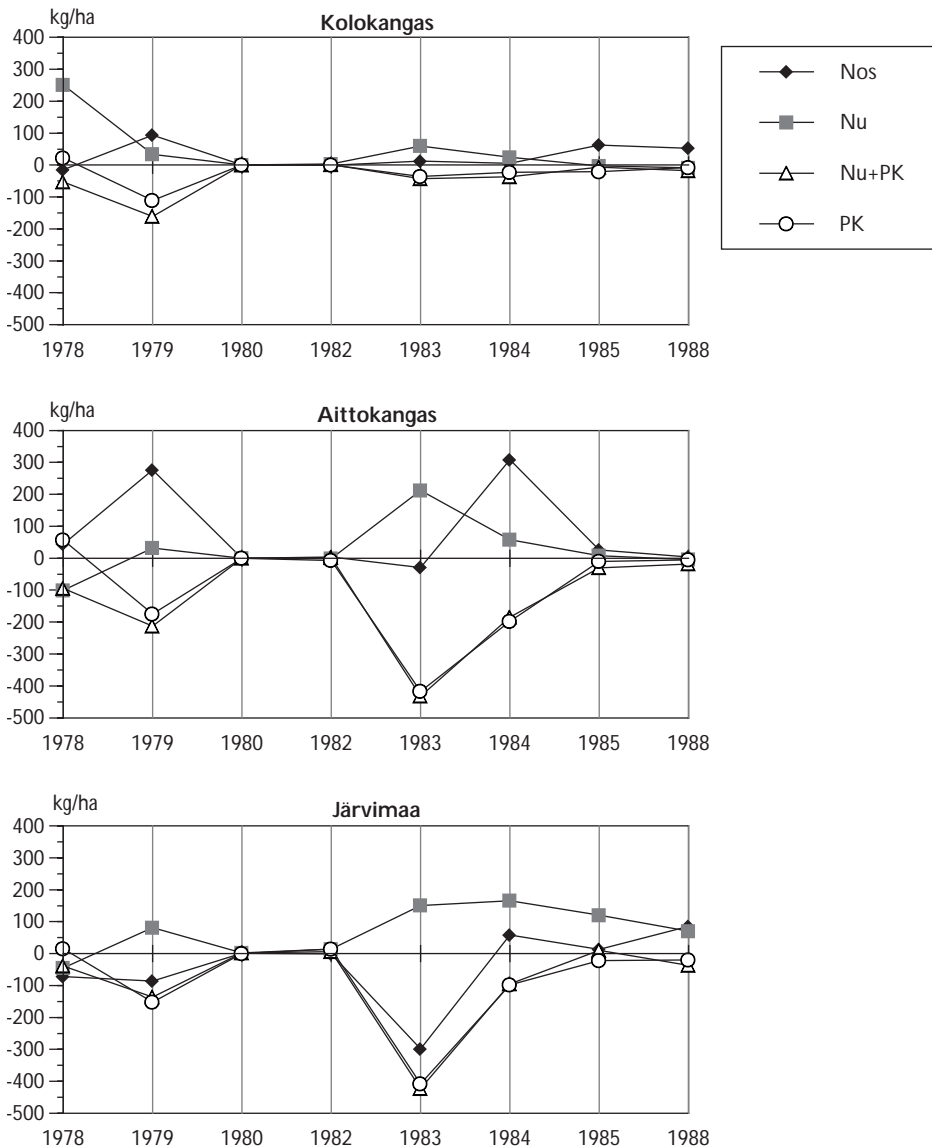
Kuva 3. Lannoituksen vaikutus puolukkasatoon. 0-taso = lannoittamaton.

jatuotukseen samalla tavoin koko tutkimuskauden ajan, luontaisesta satotasosta riippumatta.

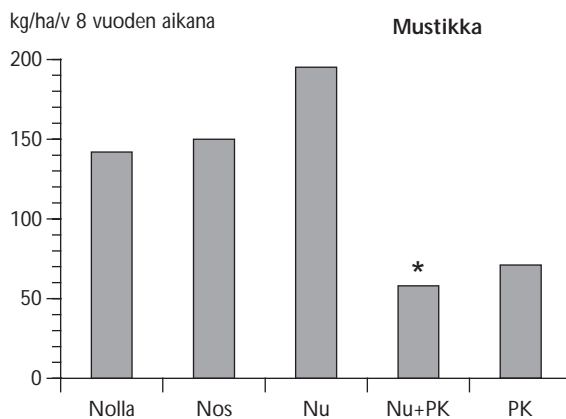
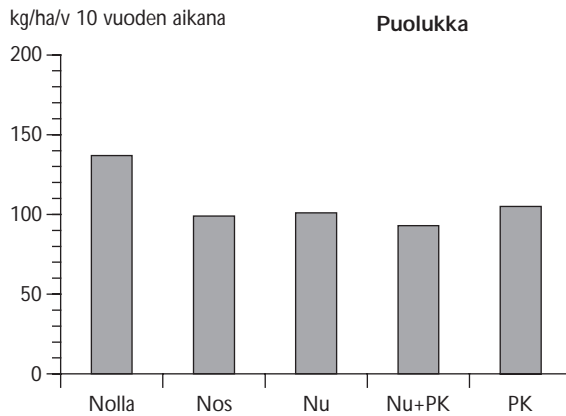
Lannoitusten vaikutus puolukkaan oli vielä tutkimusjakson lopussa yleensä kielteinen. Koko tutkimusjaksolla Kolokankaan ja Aittokankaan vertailualat tuottivat puolukkaa keskimäärin 170 kg/ha/v ja Järvimaan noin 100 kg/ha/v. Kolokankaan ureakoealoilta puolukkaa saatiin 38 % enemmän kuin lannoittamattomilta koealoilta. Muut

lannoituskäsittelyt sitävastoin vähensivät satoa 0–47 % käsittelystä ja kokeesta riippuen.

Tulos typpilannoituksen vaikutuksesta mustikan tuotokseen oli ristiriitainen. Lievää urean positiivista – joskaan ei merkitsevää – vaikutusta havaittiin kaikissa kohteissa. Koko tutkimusjaksolla oulunsalpietari keskimäärin hiukan lisäsi mustikkasatoa Kolokankaalla ja Aittokankaalla, mutta heikensi Järvimaassa (kuva 4). PK-lannosta sisältäneet käsittelyt



Kuva 4. Lannoituksen vaikutus mustikkasatoon. 0-taso = lannoittamaton.



**Kuva 5.** Keskimääräinen vuotuinen marjasato tutkimusjaksolla 1978–88. \* = ero lannoittamattomaan merkitsevä.

osoittautuivat selvästi haitallisiksi ja alensivat voimakkaasti mustikkaa kaikissa kohteissa etenkin uusintalannoituksen jälkeen; jaksolla 1978–88 sadonvähennys oli tilastollisesti merkitsevä. Lannoituskäsittelyjen ja vuosien välillä todettiin Aittokankaalla ja Järvimaassa merkitsevä yhdysvaikutus. Mustikan lannoitusvaikutusten arviointia vaikeutti se, ettei marjoja saatu juuri lainkaan katovuosina 1980 ja 1982.

Mustikan keskimääräinen vuotuinen tuotos ilman lannoitusta oli Kolokankaalla 70 kg/ha ja muissa kohteissa 165 kg/ha. Oulunsalpietari kohotti tutkimusjaksolla marjojen keskituotosta Kolokankaalla 43 %, Aittokankaalla 46 %, mutta alensi satoa Järvimaassa 23 %. Ureakäsittelyt lisäsivät tutkimus-

**Taulukko 3.** Marjojen keskimääräinen tuoremassa (g/kpl) lannoituskäsittelyittäin. \* = ero lannoittamattomaan merkitsevä ko. vuonna.

**Puolukka**

	Nolla	Nos	Nu	Nu+PK	PK
1981	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23
1982	0,12	0,09	0,09	0,06*	0,11
1983	0,24	0,21	0,25	0,20	0,21
1985	0,19	0,19	0,19	0,16	0,19
1987	0,17	0,18	0,18	0,17	0,16
1988	0,28	0,31	0,30	0,28	0,32
Keskiarvo	0,20	0,20	0,21	0,18	0,20

**Mustikka**

	Nolla	Nos	Nu	Nu+PK	PK
1983	0,33	0,40*	0,38	0,37	0,33
1985	0,27	0,32	0,30	0,31	0,27
1988	0,36	0,37	0,39	0,40	0,39
Keskiarvo	0,32	0,36	0,36	0,36	0,33

kauden mustikkasatoa kokeesta riippuen 15–67 %. Kaikkien kokeiden yhdistetyssä aineistossa urea antoi noin 40 % suuremman mustikan lisäsadon kuin oulunsalpietari. PK-lannoksen saaneilla koealoilla tuotos jäi kokeesta riippuen 2–3 kertaa lannoittamatonta vertailua pienemmäksi. PK-käsittelyn negatiivista vaikutusta lukuunottamatta edellä mainittuja suhteellisia eroja ei kuitenkaan voitu todentaa tilastollisesti. Suurin yksittäinen mustikkasato saatiin vuonna 1983 Aittokankaan ureakoealalta (853 kg/ha).

Kokeiden yhdistetty aineisto osoitti Nu+PK-käsittelyn heikentäneen puolukan tuotosta uusintalannoituksen jälkeisenä vuonna 1983. PK-käsittely alensi saman vuoden mustikkasatoa merkitsevästi ja urea vastaavasti lisäsi melkein merkitsevästi ( $p < 0,10$ ). Kaikki käsittelyt näyttivät alentaneen puolukan vuotuista keskituotosta tutkimusjaksolla 1978–88 (kuva 5). Mustikan keskituotokseen urealla näytti olevan positiivinen ja PK-käsittelyillä selvä negatiivinen vaikutus.

Puolukan ja mustikan yhteinen tuotos oli vuonna 1983 lannoittamattomilla koealoilla 245 kg/ha, PK-koealoilla 60 kg/ha ja Nu+PK-koealoilla 25 kg/ha.



**Taulukko 4.** Marjojen ravinnepitoisuudet lannoitus-käsittelyittäin vuonna 1983. \* = ero merkitsevä lannoit-tamattomaan verrattuna.

Puolukka					
Ravinne	Nolla	Nos	Nu	Nu+PK	PK
N, %	0,58	0,69	0,61	0,64	0,53
P, mg/g	1,07	1,09	1,06	1,23*	1,19*
K, mg/g	5,44	4,97	5,43	5,37	5,9
Ca, mg/g	1,62	1,74	1,7	1,65	1,57
Mg, mg/g	0,6	0,68	0,64	0,64	0,64
Fe, ppm	13,9	18,4*	16,7	15,2	13,7
Mn, ppm	241	209	194	155*	249
Zn, ppm	10,7	12,8*	12,3	11,6	10,3
Cu, ppm	4,5	4,1	3,6	3,7	4,2
B, ppm	9,7	9,0	7,9	11,8	14,5*

Mustikka					
Ravinne	Nolla	Nos	Nu	Nu+PK	PK
N, %	0,90	0,92	0,95	0,86	0,82
P, mg/g	1,52	1,31*	1,40	1,67*	1,73*
K, mg/g	6,6	5,7	6,2	6,9	7,3*
Ca, mg/g	1,53	1,31	1,38	1,30	1,35
Mg, mg/g	0,65	0,58	0,61	0,61	0,64
Fe, ppm	16,3	17,7	20,2*	18,8	16,2
Mn, ppm	420	244*	236*	176*	384
Zn, ppm	8,8	9,3	9,7	9,5	9,8
Cu, ppm	9,6	5,5*	7,9	7,1	6,6
B, ppm	7,2	5,6*	6,3	7,9	8,3

Erot olivat merkitseviä. Muina vuosina erot jäivät tilastollisesti todentamatta.

Myös marjan paino vaihteli voimakkaasti vuodes-ta toiseen. Puolukalla peräkkäisten vuosien välinen ero saattoi olla jopa kuusinkertainen (taulukko 3). Puolukan marjan tuoremassa oli keskimäärin 0,20 g ja mustikan tuoremassa 0,32 g. Lannoitus ei juuri vaikuttanut puolukoiden tuoremassaan vuosina 1981–88. Ainoastaan vuonna 1982 eli heti uusinta-lannoituksen jälkeen marjojen tuoremassa oli Nu+PK-koealoilla merkitsevästi alentunut lannoit-tamattomaan verrattuna. Mustikan tuoremassa puo-lestaan oli vuoden kuluttua uusintalannoituksesta tyypeä saaneilla koealoilla keskimäärin hiukan kor-keampi kuin lannoittamattomilla koealoilla. Oulun-salpietarin osalta vaikutus osoittautui merkitseväk-si. Myöhemminä vuosina erot tasaantuivat.

**Taulukko 5.** Marjojen fosforipitoisuus (mg/g kuiva-ainetta) Järvimaan kokeella. \* = ero ko. vuonna merkit-sevä lannoittamattomaan verrattuna.

Puolukka					
	Nolla	Nos	Nu	Nu+PK	PK
1982	1,53	1,44	1,55	2,00*	1,78*
1983	1,09	1,12	1,09	1,24	1,20
1984	1,59	1,46	1,56	1,81*	1,89*
1985	1,35	1,35	1,19	1,76*	1,62*
1987	1,17	1,20	1,20	1,49*	1,55*

Mustikka					
	Nolla	Nos	Nu	Nu+PK	PK
1982	1,65	1,46	1,45	2,55*	2,40*
1983	1,50	1,33	1,44	1,68*	1,75*
1984	1,18	1,08	1,06	1,44	1,27
1985	1,76	1,79	1,66	1,97	2,04

### 3.3 Lannoituksen vaikutus marjojen alkuainepitoisuuksiin

Ravinnepitoisuuksien vuotuinen vaihtelu oli erilai-nen puolukalla kuin mustikalla. Esim. vuonna 1984 puolukan typpi-, fosfori, mangaani- ja kuparipitoi-suudet olivat edellisvuotta korkeammalla ja musti-kan vastaavasti alemmalla tasolla. Kokeiden väli-set tasoerot ravinnepitoisuuksissa olivat molemmilla marjalajeilla vähäiset.

Tyypeä sisältäneet käsittelyt kohottivat ja PK-kä-sittely alensi merkitsevästi puolukan typpipitoisuutta vuonna 1982. Kun lannoittamattomien puolukoiden typpipitoisuus oli n. 1 % marjojen kuiva-aineesta, niin urea- ja oulunsalpietarikäsittelyillä se oli n. 1,4 % ja PK-käsittelyllä n. 0,7 %. Myöhemminä vuo-sina tyypeä oli puolukoissa suunnilleen saman ver-ran käsittelystä riippumatta (taulukko 4). Lannoit-tus ei vaikuttanut mustikan typpiin.

PK- tai Nu+PK-käsittelyn vuonna 1982 saaneilla puolukoilla ja mustikoilla fosforipitoisuus kohosi jo lannoitusvuonna pysyvästi vertailualoja korkeam-malle tasolle (taulukko 5). Vaikutus puolukkaan oli Aittokankaalla ja Järvimaassa tilastollisesti merkit-sevä useimpana tutkimusvuonna. Molempien marja-lajien booriarvot nousivat booria sisältäneen PK-

käsittelyn seurauksena. Tyypikäsittelyt alensivat etenkin mustikan mangaani- ja kuparipitoisuuksia (taulukko 4).

Muiden ravinteiden osalta muutokset olivat vähäisempiä. Järvimaassa PK-käsittelyt kohottivat puolukan kaliumpitoisuutta merkitsevästi vuonna 1985 ja mustikan kaliumpitoisuutta ohimenevästi vuonna 1982, jolloin marjojen kaliumarvot olivat yli kaksinkertaiset lannoittamattomaan verrattuna (taulukko 4).

## 4 Tulosten tarkastelu

### 4.1 Tulosten luotettavuus

Tässä tutkimuksessa lannoituskoelalat olivat vain yhden aarin kokoisia, eikä niiden välille jätetty vaippa-aluetta. Sillä oli todennäköisesti merkitystä tuloksiin – ulottuvathan esim. puiden juuristot koelalalta toiselle. Todennäköisesti myös puiden karikkeita ja niiden mukana ravinteita kulkeutui tutkimusjakson kuluessa koelalalta toiselle.

Marjanäytteet kerättiin aina samoilta yhden neliömetrin aloilta. Tarkka vuosittainen marjojen poiminta mahdollisesti vaikutti näytealojen marjakasvustoon, ehkä myös satoiin. Vuonna 1988 näytealojen havaittiin erottuvan kasvillisuudeltaan ympäristöstä. Tämä saattoi aiheutua siitä, että keruualojen ulkopuolella kasvustoa tallattiin vuosittain.

Marjat kerättiin koelaloilta yhdellä kertaa – joskus jopa niin, että mustikka ja puolukka poimittiin samanaikaisesti. Näin ollen marjojen kypsyysaste ei joka kerralla ollut tarkalleen sama. Tällä saattoi olla merkitystä sadon biomassa ja marjojen painoon, joiden tiedetään muuttuvan kypsymisprosessin myötä (Salo 1991). Vaikka vaikutus oli samansuuntainen kaikilla lannoituskäsittelyillä, se lienee aiheuttanut jossain määrin vaihtelua eri vuosien satoarvioiden välille. Selvittämättä jäi myös, viivästyttääkö pintakasvillisuuden todennäköinen rehevöityminen marjojen kypsymistä. Marjojen kypsymisprosessin etenemiseen saattavat vaikuttaa myös niiden ravinnepitoisuuksien muutokset (N-pitoisuuden nousu).

### 4.2 Marjasadot ja marjojen ravinnepitoisuudet

Sekä puolukan että mustikan luontainen satovaihtelu vuodesta toiseen osoittautui huomattavaksi. Parhaan ja huonoimman marjavuoden ero samassa metsikössä oli puolukalla lähes 10-kertainen ja mustikalla vielä suurempi – parina vuonna mustikkasato jäi lähes olemattomiin.

Ilmeistä on, että kukinnan aikaiset sääolot ovat keskeisin marjomisen intensiteetin määräävä tekijä (ks. Lehmushovi 1977, Solantie 1983). Marjamäärien suuri vuotuinen vaihtelu on havaittu muissakin tutkimuksissa, joskin tutkimusjaksot ovat olleet yleensä verraten lyhyitä (Raatikainen ja Pöntinen 1983, Jäppinen, Hotanen ja Salo 1986, Kardell ja Eriksson 1983). Kotimaisissa tutkimuksissa puolukan määrä on vaihdellut vuodesta toiseen samalla kasvupaikalla välillä 80–300 kg/ha ja mustikan määrä välillä 20–300 kg/ha. Salon (1991) mukaan hyviksi luokitelluilla puolukka- ja mustikkapaikoilla marjatuotanto on vuodesta riippuen 100–500 kg/ha. Muihin selvityksiin verrattuna marjasadot tässä tutkimuksessa osoittautuivat normaaleiksi.

Lannoituskäsittelyt aiheuttivat tässä tutkimuksessa muutoksia puolukan ja mustikan marjomiseen ja alkuainepitoisuuksiin. Uusintalannoitus tehtiin jo neljän vuoden kuluttua peruslannoituksesta. Avoimeksi jäi näin ollen se, kuinka kauan ensimmäinen lannoitus olisi marjoihin vaikuttanut. Todennäköisesti uusintalannoituksen jälkeisellä kaudella esiintyi myös ensimmäisen lannoituksen vaikutusta. Vaikutuksen keston selvittämistä ajatellen tutkimusjakso osoittautui liian lyhyeksi.

Lannoitus pienensi tutkituissa metsiköissä puolukkasatoja lukuunottamatta Kolokangasta, jossa urea lisäsi marjomista. Typpilannoitus yleensä lisäsi mustikkasatoja jonkin verran. Fosfori-kaliumkäsittelyn seurauksena mustikan määrät alentuivat jyrkästi. Vaikka typpilannoitelajien välillä ei todettu johdonmukaisia eroja, tuloksista voisi päätellä urean olevan marjantuotannon kannalta oulunsalpietaria turvallisempi typpilannoitevaihtoehto puolukka- ja mustikkakankaiden lannoituksessa, jos marjasatoja pyritään kangasmailla nostamaan ravinnelisäyksellä.

Lannoituksen puustovaikutuksen tiedetään riippuvan metsätyypistä. Tässä tutkimuksessa metsätyy-

pin voidaan päätellä vaikuttaneen myös marjojen reaktioihin: kohteen viljavuuden lisääntyessä lannoitusvaste muuttui positiivisesta negatiiviseksi. Viljavilla kasvupaikoilla lannoiteravinteet saattavat rehevöittää heinä- ja ruohokasvillisuutta niin, että marjojen kilpailuedellytykset ratkaisevasti heikenevät. Käytetyt typpimäärät olivat tässä tutkimuksessa kohtalaisen suuria, koska lannoitus uusittiin neljän vuoden välein. Näin myös typen ylimäärällä saattoi olla marjatuotantoa ehkäisevää vaikutusta.

Syytä fosfori- kaliumkäsittelyä (PK) seuranneeseen marjomisen taantumaan ei voitu selittää. On syytä kuitenkin muistaa, että PK-lannoitusta ei käytännössä tehdä kangasmailla, koska minimiravinne on lähes poikkeuksetta typpi. Selvää fosforin vajuusta esiintyy vain tuoreilla kuusikkokankailla, joihin metsänlannoitusohjeissa myös suositellaan fosforin lisäystä typen ohella. Fosforin merkitys saattaa korostua myös männiköissä, kun on kyse toistuvista typpikäsittelyistä.

Lannoitusvaikutusta selvittäneiden aiempien tutkimusten tulokset ovat olleet vaihtelevia ja osin ristiriitaisia. Suomen 4H-liiton kerholaisten tutkimuksessa lannoitusaloilta (Y-lannos) saatiin vuosittain 60–70 kg/ha enemmän puolukkaa kuin vertailualoilta (Niittymaa 1983). Oulun ja Kainuun 4H-piirien alueilla vuotuiset sadonlisäykset hehtaarilla vaihtelivat 100 kilon molemmin puolin. Jo lannoitusvuonna marjat olivat suurentuneet. Lannoitus (Puutarhan Y-lannos) lisäsi puolukan määrää ainakin neljän vuoden ajan. Sadonlisäys oli suurin karuilla mailla. Sen sijaan viljavammilla puolukkamailla lannoitus oli haitaksi (Niittymaa 1983). Ruotsalaisissa tutkimuksissa (Kardell ja Eriksson 1983) puolukka taantui ravinnelisäyksen vaikutuksesta typpilannoituksen jälkeisenä ensimmäisenä viisivuotiskautena. Mustikan biomassa ja marjantuotanto puolestaan lisääntyivät.

Lannoitus ei vaikuttanut sanottavasti marjojen tuoremassaan tässä tutkimuksessa. Mustikan marjapaino tosin kohosi typpi- ja kaliumlannoituksen jälkeen. Kardellin ja Erikssonin (1983) tutkimuksessa typpilannoitus kohotti mustikan, mutta alensi puolukan tuoremassaa.

On havaintoja siitä, että epätasaisesti suoritettujen typpilannoitusten jälkeen mustikan varvut voivat laikuttain kuolla. Suurten ureamäärien on käytännön lannoitusaloilla havaittu ”polttaneen” kokonai-

sia mustikkakasvustoja. Erityisesti vastasyntyneet lehdet saattavat ruskistua lannoituksen jälkeen. Tässä työssä ei mitattu marjojen varvustoa eikä pintakasvillisuuden muutoksia lannoituksen seurauksena. Typeä saaneilla aloilla etenkin metsälauhan havaittiin rehevöityneen. Myös mustikan varvut olivat typeä saaneilla aloilla silmävaraisesti arvioituna jonkin verran kookkaampia kuin lannoittamattomilla aloilla. Marjanlehtien ruskistumista ei havaittu. PK-lannoksella ei näyttänyt olevan vaikutusta pintakasvillisuuteen.

Typpilisäyksen seurauksena marjojen typpipitoisuus yleensä kohosi muutaman vuoden ajaksi. PK-lannos puolestaan nosti molempien marjalajien fosfori- ja booripitoisuutta ja hiukan myös kaliumpitoisuutta. Mangaani-, kupari- ja booriarvot näyttivät alentuneen typpikäsittelyiden seurauksena.

Lannoituksen vaikutuksia metsämarjojen alkuainepitoisuuksiin on tutkittu varsin niukasti. Jonsson (1976) esitti lannoituksen kohottavan sekä puolukan että mustikan typpipitoisuutta. Tiedot kotimaisten metsämarjojen alkuainepitoisuuksista perustuvat lähinnä Varon ym. (1980) sekä Rautavaaran ja Vainion (1985) esittämiin lukuihin. Marjojen ravinnepitoisuudet olivat tutkituissa metsiköissä yleensä ottaen hiukan alempia kuin mitä Varo ym. (1980) ovat esittäneet, ja samaa suuruusluokkaa kuin Silfverbergin ja Issakaisen (1991) tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa marjojen ravinnepitoisuusmuutokset olivat hyvin samansuuntaisia niiden muutosten kanssa, joita männyn neulasissa tiedetään tapahtuvan lannoituksen seurauksena (esim. Moilanen 1993).

## 5 Päätelmät

Saadut tulokset osoittavat, että vastoin yleistä ennakkokäsitystä ja eräitä aiempia tutkimustuloksia ei metsänlannoituksella voida lisätä merkittävästi marjasatoja keskiviljavilla kangasmailla. Tutkitussa aineistossa tosin ilmeni viitteitä typen positiivisesta vaikutuksesta. Typpikäsittelyt lisäsivät jonkin verran puolukan ja mustikan tuotosta kuivalla kankaalla, mutta toisaalta vähensivät puolukan tuotosta tuoreella kankaalla. Selityksenä voisi olla ravinnelisäyksestä johtuneen kilpailutilanteen muuttuminen kenttäkerroksen kasvilajistossa, mm. heinä- ja

ruohokasvillisuuden rehevöityminen. Marjojen ravinnepitoisuuksiin lannoitus vaikuttaa sen sijaan pitkempään – merkkejä pitoisuusmuutoksista oli nähtävissä vielä tutkimusjakson lopussa.

Vaikka typpilannoitelajien välillä ei todettu johdonmukaisia eroja, tuloksista voisi päätellä urean olevan marjantuotannon kannalta turvallisempi typpilannoitevaihtoehto puolukka- ja mustikkakankaiden metsien lannoituksessa. Jos marjasatoja pyritään kangasmailla lannoituksella nostamaan, fosforikaliumlannoitus ei sovellu siihen tämän tutkimuksen mukaan lainkaan, ja typpikäsittelyjenkin osalta se on epävarmaa.

## Kiitokset

Jorma Issakainen ideoi ja suunnitteli kenttäkokeiden koejärjestelyt, johti aineiston keruun ja käsittelyn sekä laati alustavan käsikirjoituksen. Mikko Moilanen vastasi aineiston testausmenetelmistä sekä tulosten esitystavasta ja tulkinnasta. Lopullinen käsikirjoitus viimeisteltiin tekijöiden yhteistyönä. Kauko Kylmänen vastasi kokeiden perustamisesta ja ylläpidosta, marjanäytteiden keruusta ja puustomittauksista. Jorma Pasanen valvoi uusintalannoituksen levitystyön. Laboratoriotyöt tehtiin Anna-Liisa Mertaniemen ja Harri Lipon johdolla. Mikko Moilanen, Marja-Leena Piironen ja Heikki Vesala suorittivat aineiston tilastolliset testaukset. Käsikirjoituksen lukivat Kauko Salo, Klaus Silfverberg, Seppo Kaunisto ja Heikki Veijalainen tehden siihen hyödyllisiä huomautuksia ja parannusehdotuksia. Käsikirjoituksen tarkastajina toimivat Aaro Lehmushovi ja Veli Saari. Kaikille työssä mukana olleille esitämmme parhaat kiitokset.

## Kirjallisuus

- Backeus, I. 1980. Vegetation changes after fertilization on drained peatlands in central Sweden. *Acta Phytographica Suecica* 68: 17–30.
- Eriksson, O. 1984. Effekter av skogsgödsling på renbetet och renbetningen. *Skogsfakta, supplement 5*: 80–87. SLU, Uppsala.
- Gerhardt, K. & Kellner, O. 1986. Effects of nitrogen fertilizers on the field and bottom layer species in some Swedish coniferous forests. *Meddelanden från Växtbiologiska Institutionen, Uppsala* 1986, 1. 47 s. + liitteet.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 121. 28 s.
- Jaakkola, I. 1983. Rovaniemen maalaiskunnan marjasatoinventointi. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 137–143.
- Jäppinen, J-P, Hotanen, J-P. & Salo, K. 1986. Marja- ja sienisadot ja niiden suhde metsikkötunnuksiin mustikka- ja puolukkatyyppin kankailla Ilomantsissa vuosina 1982–84. Summary: Yields of wild berries and larger fungi and their relationship to stand characteristics on MT and VT-type mineral soil sites in Ilomantsi, eastern Finland, 1982–84. *Folia Forestalia* 670. 25 s.
- Kardell, L. & Eriksson, L. 1983. Skogsbär och skogsskötsel. Skogsskötselmethodernas inverkan på bärproduktionen. Summary: Forest berries and silviculture. The influence of silvicultural practices on berry production. *Sveriges Lantbruksuniversitet, Avdelningen för Landskapsvård, Rapport* 30. 110 s. + liitteet.
- , Eriksson, L. & Rydberg, U. 1981. Smak- och mängdförändringar på kvävegödslade blåbär och lingon. *Vår Föda* 33: 214–226.
- Kukkola, M. 1995. Lannoitetun metsäalan jakautuminen kivennäis- ja turvemaille. *Moniste. Metla, Vantaan tutkimuskeskus*. 6 s.
- Laakkonen, O. 1989. Toistuvan lannoituksen kannattavuus Etelä-Suomen kuivahkon kankaan männiköissä. Summary: The profitability of the repetitive fertilization in pine stands on dryish mineral soil in southern Finland. *Folia Forestalia* 741. 26 s.
- Lehmushovi, A. 1977. Some aspects of the cowberry trials in Finland. *Selostus: Pääpiirteitä puolukan viljelykokeista Suomessa. Annales Agriculturae Fenniae* 16: 57–63.
- & Hiirsalmi, H. 1973. Cultivation experiment with the cowberry – significance of substrate, liming, fertilization and shade. *Annales Agriculturae Fenniae* 12: 95–101.
- Moilanen, M. 1993. Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu. *Folia Forestalia* 820. 37 s.
- Niittymaa, L. 1983. Puolukan lannoituskokeista. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 90: 161–163.

- Persson, H. 1981. The effect of fertilization on the vegetation dynamics of a pine-heath ecosystem. *Vegetatio* 46: 181–192.
- Raatikainen, M. 1978. Puolukan sato, poiminta ja markkinointi Pihtiputaan kunnassa. Summary: The berry yield, picking and marketing of *Vaccinium vitis-idaea* L. in the commune of Pihtipudas. *Silva Fennica* 12 (2): 126–139.
- & Pöntinen, M. 1983. Puolukkasadon ennustamisesta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 90: 104–115.
- & Raatikainen, T. 1983. Mustikan sato, poiminta ja markkinointi Pihtiputaalla. Summary: The berry yield, picking and marketing of *Vaccinium myrtillus* in the commune of Pihtipudas, northern central Finland. *Silva Fennica* 17(2): 113–123.
- , Rossi, E., Huovinen, J., Koskela, M-L., Niemelä, M. & Raatikainen, T. 1984. Metsä- ja suomarjasadot Väli-Suomessa. Summary: The yields of the edible wild berries in Central Finland. *Silva Fennica* 18(3): 199–219.
- Rautavaara, T. & Vainio, H. 1985. Luonnon marjakasvit. Teoksessa: Kodin Suuri Puutarhatieto. Luonnon hyötykasvit ja luonnonmukainen viljely. WSOY. s. 67–88.
- Salo, K. 1991. Marjat, sienet, jäkälät – osa metsien monikäyttöä. Tapion taskukirja 1991. s. 246–251.
- Sepponen, P. & Viitala, L. 1983. Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon kokeilualan marjatutkimukset. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 90: 135–141.
- Silfverberg, K. & Issakainen, J. 1991. Tuhkalannoituksen vaikutukset metsämarjoihin. Summary: Effects of ash fertilization on forest berries. *Folia Forestalia* 769. 23 s.
- Solantie, R. 1983. Suomen luonnonmarjat, ilmasto ja sää. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 90: 38–49.
- Varo, P., Lähelmä, O., Nuurtamo, M., Saari, E. & Koivistoinen, P. 1980. Mineral element composition of Finnish Foods. VII. Potato, vegetables, fruits, berries, nuts and mushrooms. *Acta Agriculturae Scandinavica, Suppl.* 22: 89–113.

## 25 viitettä