

FOLIA FORESTALIA 642

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1986

RISTO RIKALA & RAIJA-LIISA PETÄISTÖ

LANNOITUKSEN VAIKUTUS KOULITTUJEN
RAUDUSKOIVUN TAIMIEN RAVINNE-
PITOISUUTEEN, KASVUUN JA VERSO-
LAIKKUISUUTEEN

EFFECT OF FERTILIZATION ON THE
NUTRIENT CONCENTRATION, GROWTH AND
INCIDENCE OF STEM SPOTTING IN
BARE-ROOTED BIRCH TRANSPLANTS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyysönen
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Tommi Salonen

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja kymmenellä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and ten research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 642

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1986

Risto Rikala & Raija-Liisa Petäistö

LANNOITUKSEN VAIKUTUS KOULITTUJEN RAUDUSKOIVUN TAIMIEN RAVINNEPITOISUUTEEN, KASVUUN JA VERSOLAIKKUISUUTEEN

Effect of fertilization on the nutrient concentration, growth
and incidence of stem spotting in bare-rooted birch transplants

Approved 13.12.1985

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. MENETELMÄ JA AINEISTO	4
21. Koepaikka ja lannoitukset	4
22. Mittaukset	4
Kasvualusta ja taimet	4
Versolaikut	4
23. Maastokoe	5
24. Sääolot taimitarhakokeen aikana	5
3. TULOKSET	6
31. Kasvualustan ravinnepitoisuus	6
32. Taimien ravinnepitoisuus	6
33. Taimien morfologiset ominaisuudet ja kuivamassa	8
34. Lannoituksen vaikutus versolaikkuisuuteen	10
35. Taimien menestyminen maastossa	10
4. TULOSTEN TARKASTELU	11
KIRJALLISUUS — REFERENCES	13
SUMMARY	15

RIKALA, R. & PETÄISTÖ, R-L. 1986. Lannoituksen vaikutus koulittujen rauduskoivun taimien ravinnepitoisuuteen, kasvuun ja versolaikkaisuuteen. Summary: Effect of fertilization on the nutrient concentration, growth and incidence of stem spotting in bare-rooted birch transplants. *Folia For.* 642: 1—16.

Tutkimuksessa selvitettiin lannoitteina annettujen pääravinteiden (N, P, K) vaikutusta kaksivuotisten, koulittujen rauduskoivun (*Betula pendula* Roth) taimien ravinnepitoisuuteen, morfologisiin ominaisuuksiin ja versolaikkaisuuteen taimitarhalla sekä istutuksen jälkeiseen menestymiseen.

Tutkimus suoritettiin Suonenjoen tutkimusaseman taimitarhalla turve-hiekkapohjaisella kasvualustalla, johon vuoden ikäiset taimet koulittiin. Koulinnan jälkeen taimia lannoitettiin 16 eri NPK-yhdistelmällä.

Typpi- ja fosforilannoitus nostivat taimien lehtien vastaavaa ravinnepitoisuutta. Kaliumlannoitukseen reaktio oli heikompi. Typpilannoituksen ja taimien koon välillä vallitsi vahva riippuvuus. Tosin korkein typpilannoitustaso (400 kg N/ha) ei lisännyt kasvua eikä lehtien typpipitoisuutta merkittävästi alempaan tasoon (150 kg N/ha) verrattuna.

Ravinteista vain typpi lisäsi versolaikkaisuutta. Tyypen vaikutusta *Godronia multispora*-sienen esiintymiseen ei tässä työssä havaittu. *Godronia*-sienen uudelleen eristys antoi syyskuun alun inokuloinnista muita ajankohtia jonkin verran runsaamman tuloksen.

Noin 70 % taimista oli elossa istutusvuoden syksyllä. Fosfori- tai fosfori-kaliumlannoitus paransi hieman taimien eloonjäämistä. Sen sijaan runsaan typpilannoituksen saaneet taimet kasvoivat istutuksen jälkeisenä kesänä parhaiten. Kaikkien käsittelyjen taimissa oli runsaasti, ilmeisesti koivuruosteen aiheuttamaa, latvakuivettumista.

The effect of macronutrient (N, P, K) fertilization on the nutrient concentration, morphological properties and incidence of stem spotting in two-year-old *Betula pendula* Roth transplants growing in the nursery, and their success following planting out in the field, was investigated in the study.

The study was carried out in the nursery of the Suonenjoki Research Station. The seedlings were transplanted into a sand/peat substrate at the age of one year and fertilized after transplanting using 16 different combinations of NPK fertilizer.

Nitrogen and phosphorus fertilization increased the corresponding nutrient concentrations of the seedlings. The effect of potassium fertilization was weaker. There was strong correlation between the nitrogen fertilization and the size of the transplants. However, the highest nitrogen dose did not significantly increase the nitrogen concentration of leaves or the growth compared to the smaller dose.

Nitrogen increased the incidence of stem spotting but had no direct effect on the incidence of *Godronia multispora*. The number of positive reisolations of *Godronia* was highest from the wounds inoculated in the first half of September.

About 70 % of the transplants were still alive in autumn of the same year following planting out. Phosphorus or phosphorus/potassium fertilization slightly improved the survival percentage of the transplants. The transplants given the highest nitrogen dose grew the best during the first summer following planting out in the field. Top die-back, presumably caused by birch rust, occurred frequently in all the treatments.

ODC 176.1 *Betula* + 232.322.4
ISBN 951-40-0723-9
ISSN 0015-5543

Helsinki 1986. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Koivun taimitarhatutkimuksessa Suomessa on selvitetty taimien morfologiaa taimityyppiluokitusta varten (Huuri ym. 1970, Leikola ja Raulo 1972, 1973). Myös taimien kasvatuksessa ja taimihuollossa ilmenneitä vaikeuksia kuten koivunruostetta (Rummukainen 1959, Lilja 1973) sekä varastointimenetelmiä (Raulo 1973) ja varastointituhuja (Lilja 1974, Petäistö 1983) on tutkittu.

Taimien kasvatuskokeita suoritettiin Suonenjoen koeasemalla 1970-luvulla ja niiden perusteella laadittiin kasvatusohjeita koivun eri taimilajeille (Raulo 1974, Raulo ja Tervo 1980). Taimitarhoilta tiedusteltiin kyselytutkimuksessa muiden puulajien ohella myös rauduskoivun lannoitus- ja kastelumenetelmiä (Rikala ja Westman 1979) sekä myöhemmin käytännön taimitarhojen kasvatus tulosten riippuvuutta kasvatusmenetelmistä (Leikola ym. 1980).

Suomessa on varsin niukasti julkaistu rauduskoivun taimien lannoitusta ja ravinnetaloutta koskevia tuloksia (Kolari ja Veijalainen 1981). Muualla on aihetta tutkittu enemmän (Ingestad 1962, 1967, 1971, 1976, 1979 a ja b, Ingestad ja Jacobson 1962, Bjorkbom 1973). Näiden tutkimusten tulosten soveltamisen ongelmana on kuitenkin se, että taimet on kasvatettu ravinneliuksissa ja ravinteiden käyttäytyminen aktiivisessa, kiinteässä kasvualustassa poikkeaa huomattavasti ravinneliuoskasvatuksesta.

Koivun taimikasvatuksessa on ollut vaikeuksia mm. koivunruosteen ja versolaikkujen vuoksi. Koivunruoste on nykyisin kuitenkin pystytty kohtalaisesti torjumaan torjunta-aineilla (Lilja 1973). Koivun versolaikeut aiheuttavat edelleen tuhoa (Petäistö 1983). Taudin aiheuttajina ovat taimitarhalla ja metsitysalueella mm. sienet *Godronia multispora* Groves ja *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. ja mahdollisesti abioottiset tekijät (Lehtiniemi ja Sarasto 1973, Kurkela 1974, Petäistö 1983).

Sekä abioottiset että bioottiset tuhot voivat johtua kasvien ravinnetilasta. Typellä, kaliumilla ja fosforilla on todettu olevan vaikutusta kasvien kylmänkestävyyteen, mutta näidenkin ravinteiden osalta tulokset ovat ristiriitaisia (Levitt 1980). Kasveilla ja sienillä on omat ravinnevaatimuksensa. Kasvin ravinnetilan suhteesta kasvitauteihin ei tiedetä riittävästi ja ilmeisesti muiden ympäristötekijöiden erilaisuuden vuoksi on saatu ristiriitaisia tuloksia (Dimitri 1977). Yleisesti ottaen runsas typpilannoitus lisää taudinalttiutta (Krauss 1969, Fraedrich ja Witcher 1982). Kaliumin ja boorin on havaittu vähentävän tiettyjä sairauksia (Shidei ym. 1954, Russell 1978). Myös ravinnesuhteilla on tärkeä merkitys taudinkestävyydessä (mm. Kurkela 1983).

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää lannoitteina annettujen pääravinteiden, typen, kaliumin ja fosforin, vaikutusta rauduskoivun taimien morfologisiin ominaisuuksiin, ravinnepitoisuuteen ja istutuksen jälkeiseen menestymiseen. Samalla tutkittiin ravinteiden vaikutusta versolaikkujen ja *Godronia multispora*-sienen esiintymiseen taimitarhalla sekä inokulointiajankohdan vaikutusta taimien infektoitumiseen.

Tuloksia tarkasteltaessa viitataan vuonna 1982 Suonenjoella toteutettuun suppeampaan kokeeseen (Rikala, julkaisematon), josta on aikaisemmin julkaistu taimien talveentumista koskevia tuloksia (Romakkaniemi-Niemelä 1985).

Tutkimus tehtiin metsänhoidon ja metsänsuojelun tutkimusosastojen yhteistyönä. Rikala vastasi lannoituskokeen suunnittelusta ja toteutuksesta, taimien analysoinnista sekä maastoseurannasta. Petäistö puolestaan vastasi kaikesta versolaikkujen seurantaan liittyvästä koejärjestelystä ja mittauksesta. Em. jakoa noudattaen on laadittu myös käsikirjoitus, jonka tekijät ovat yhdessä viimeistelleet. Ritva Pitkänen ja Sirpa Kuokkanen avustivat työn eri vaiheissa. Käsikirjoituksen lukivat Katariina Jokinen, Timo Kurkela, Lalli Laine, Erkki Lähde ja Heikki Veijalainen. Kiitämme kaikkia työn valmistumiseen vaikuttaneita henkilöitä.

2. MENETELMÄ JA AINEISTO

21. Koepaikka ja lannoitus

Koe perustettiin kesällä 1981 Suonenjoen taimitarhalle (62°39'N, 27°03'E; 140 m mpy). Kasvualustana oli runsasmultainen hieno hiekka. Orgaanista ainesta, jota kasvualustaan lisättiin turpeena taimitarhan perustamisen yhteydessä v. 1968, oli 9 % kasvualustan kuivamassasta. Ennen kokeen perustamista kesäkuun alussa otetun maanäytteen rakenneanalyysin tulokset olivat seuraavat: maan tiheys (tilavuuspaino) 1,18 kg/l, maa-aineksen tiheys (ominaispaino) 2,40 kg/l, huokostila 51 %, vesitila 23 % ja ilmatila 28 %. Kasvualustan kemialliset ominaisuudet olivat seuraavat: johtoluku 0,6 (10 × mS/cm), pH_{H₂O} 5,6, vaihtuvat kalsium 1300 mg/l ja kalium 52 mg/l, helpoliukoinen fosfori 35 mg/l, vesiliukoinen boori 0,4 mg/l, happoliukoiset kupari 14,4 mg/l, sinkki 16,0 mg/l ja rauta 1,93 g/l sekä vaihtuva mangaani 11,3 mg/l. Koalueelle lisättiin näytteenoton jälkeen ennen koulintaa kaliumsulfaattia 200 kg/ha.

Yksivuotiaat, muovihuoneessa kasvatetut koivun taimet (alkuperä Karttula, M29-75-4111-1131) koulittiin 8.—12.6.1981 Accord-koulintakoneella 22 cm:n rivi- ja 15 cm:n taimivälein. Kuusi rinnakkaista koulintarivitä muodosti taimipenkin.

Koalue jakautui 48 ruutuun, jotka olivat koulintapenkin leveyisiä (n. 1.3 m) ja 8 m pitkiä. Lannoitteina annettiin typpi Oulunsalpietarina (27,5—0—0), fosfori superfosfaattina (0—9—0) ja kalium kaliumsulfaattina (0—0—42). Lannoitemäärät suunniteltiin käytännön taimikasvatuksessa käytettyjen määrien perusteella (Rikala ja Westman 1979) tavoitteena riittävä vaihteluväli taimien laikkuuntumisalttiuden selvittämiseksi. Kutakin lannoitetta oli koekäsittelyissä kaksi tasoa 0-tason lisäksi. Lannoitusyhdistelmiä oli kaikkiaan 16 (taulukko 1) kolmena toistona.

Kaikkia yhdistelmissä lannoitteet annettiin neljänä samansuuruisena annoksena viikon väliajoin. Taimitarhakäytäntöä mukaillen (Rikala ja Westman 1979) eri lannoitteiden levitys kuitenkin porrastettiin siten, että Oulunsalpietaria alettiin antaa 3 viikkoa, superfosfaattia 4 viikkoa ja kaliumsulfaattia 6 viikkoa koulinnan jälkeen.

Lannoitteet levitettiin käsin hajalannoituksena kasvualustalle. Koaluetta, joka sijaitti taimitarhan koivunkasvatuslohkolla, kasteltiin normaalin taimitarhakäytännön mukaisesti siirrettävillä Bauer-sadettimilla. Tosin kastelu oli hyvin vähäistä runsaiden sateiden vuoksi. Torjunta-aineita kasvatuksen aikana ei käytetty.

22. Mittaukset

Kasvualusta ja taimien ominaisuudet

Koalueelta koostettiin 15 osanäytteestä (0—20 cm) maanäyte ennen taimien koulintaa kesäkuun alussa.

Taulukko 1. Lannoitteina annetut ravinmäärät alkuaineina eri koekäsittelyissä.

Table 1. The amounts of nutrients given as fertilizer in the different treatments

Käsittely Treatment	Typpi Nitrogen	Fosfori Phosphorus kg/ha	Kalium Potassium
n:o	NPK-taso		
1	(000)	—	—
2	(011)	—	100
3	(020)	—	300
4	(002)	—	400
5	(022)	—	300
6	(100)	150	—
7	(111)	150	100
8	(101)	150	—
9	(120)	150	300
10	(102)	150	—
11	(122)	150	300
12	(201)	400	—
13	(210)	400	100
14	(220)	400	300
15	(202)	400	—
16	(222)	400	300

Näytteestä tehtiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä sekä rakenne- (Puustjärvi 1969) että ravinneanalyysi (Kurki 1982). Vastaava ravinneanalyysi tehtiin myös 22.7.1982 koeruiduittain kerättyistä maanäytteistä.

Syyskesällä 25.—28.8.1981 ennen lehtien kellastumista ja ravinnepitoisuuden muutosta (Tamm 1951) nostettiin koeruiduilta 15 satunnaisesti valittua tainta/koeruutu. Taimista mitattiin verson ja pisimmän juuren pituus sekä läpimitta juurenniskasta ja rangan puolivälissä. Lehtien, rangan ja juuriston kuivamassa punnittiin. Lehdistä analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä typen (Kjeldahl-menetelmä), fosforin (Horwitz 1965), kaliumin, kalsiumin ja magnesiumin (Analytical methods... 1971) kokonaispitoisuudet ruuduittain ja lisäksi käsitteilyttään yhdistetyistä näytteistä analysoitiin boorin, sinkin, mangaanin, raudan ja kuparin kokonaispitoisuus (Analytical methods... 1971).

Versolaikut

Versolaikkujen esiintymisen seuraamiseksi merkittiin kustakin ruudusta 25 laikutonta tainta kesällä 1981 ennen lannoituksen aloittamista. Taimet tarkastettiin talven jälkeen. Laikkuisuuden aste taimessa arvioitiin ottamalla versosta pahimman laikkuisuuden alueelta 10 cm pituinen kappale. Tästä arvioitiin laikkujen peittä-

vyys prosentteina verson vaipan pinta-alasta. Nämä 10 cm kappaleet pakastettiin ja sienieristykset niistä tehtiin seuraavana syksynä.

Inokulointikoe tehtiin *Godronia multispora*-sienellä, sienen kannoilla SJK 27L, 28L, 23L ja 18L. Inokulointiajankohtia oli neljä (sulkeissa lämpösumma):

- 5.8. (873 d.d.)
- 24.8. (1028 d.d.)
- 11.9. (1121 d.d.)
- 30.9. (1174 d.d.)

Kunakin ajankohtana inokuloitiin neljä tainta jokaisesta ruudusta injektoimalla itiösuspensiota n. 0,1 ml kuoren alle n. 21 cm juureniskan yläpuolelle. Osa suspensiosta pursui rungon pinnalle. Suspension itiöitiheys oli $1,2 \times 10^5$ kpl/ml.

Seuraavana keväänä inokulointikohdat sisältävät versokappaleet irrotettiin ja pakastettiin eristystä varten. Samalla havainnointiin myös laikkujen muodostuminen ja pinta-ala inokulointikohdista. Eristykset inokulointikohdista ja terveistä varrenkappaleista tehtiin seuraavana syksynä. Taimista irrotettiin kuorta sterioidulla veitsellä ja pinsetillä. Koskemattomasta kuoren alta paljastuneesta laikun reuna-alueesta tai laikun puuttuessa paljastuneesta terveestä alueesta otettiin ympäripalat PD-alustalle. Kasvatus suoritettiin n. +22 °C:ssa valossa.

23. Maastokoe

Keväällä 1982 (3.—5.5.) nostettiin koeruuduilta taimia, jotka istutettiin Myllyrannan tilalle noin 2 km Suonenjoen tutkimusasemalta koilliseen. Koealue on entistä peltoa, joka viimeksi muokattiin v. 1977. Taimet istutettiin neliömäisiin ruutuihin 1 m × 1 m taimivälein 16 tainta kuhunkin ruutuun. Taimitarhakokeen jokai-

sen ruudun taimet jaettiin kahteen maastokoeruutuun. Näin saatiin lannoituskäsittelyille kaikkiaan kuusi tois-toa maastokokeessa. Taimet istutettiin kourukuokalla tehtyyn laikkuun 'kuopanlaitaan'-istutusmenetelmällä.

Koe inventoitiin 14.—15.9.1982. Tuolloin mitattiin taimien verson pituus sekä arvioitiin taimien kunto 4-luokkaisella, silmävaraisella luokituksella. Koska useita taimista oli latva kuollut, merkittiin muistiin oliko kasvu jatkunut edellisen vuoden latvasilmusta vai alempaa tyviviesana.

24. Sääolot taimitarhakokeen aikana

Keskikesän lämpö- ja sadeolosuhteet olivat verraten suotuisat taimien kannalta. Vuoden 1981 lämpösumma (1217 d.d.) oli lähes sama kuin vv. 1972—1983 keskimääräinen lämpösumma (1201 d.d.) Suonenjoen taimitarhalla. Kesä- ja elokuu olivat hieman keskimääräistä viileämpiä mutta heinäkuu vastaavasti keskimääräistä lämpimämpi (taulukko 2). Syyskuun keskilämpötila (8,6 °C) oli normaali, mutta lokakuu (4,8°C) oli kaksi astetta vertailujaksoa lämpimämpi.

Kesä 1981 oli pilvinen, mistä johtuen myös bellanipyranometrillä (esim. Leikola 1976) mitattu kokonaissäteily määrä jäi noin kolmasosan keskimääräistä pienemmäksi. Kasvukauden sademäärä oli normaalia runsaampi (Helimäki 1967). Erityisesti kesäkuu oli runsasasteinen. Sen sijaan syyskuun sademäärä oli vain puolet normaalista.

Syystalvella 1981 pysyvä lumi satoi sulaan maahan jo 26.10. ja sulii vappuna 1982. Lunta oli runsaasti; lumikerros oli vahvimmillaan (80 cm) maaliskuun puolessa välissä. Routaa sitä vastoin oli hyvin vähän, vain muutamia senttimetrin kerros. Talvikuukausien keski- ja minimilämpötilat olivat muutamia asteen keskimääräistä alhaisemmat.

Taulukko 2. Vuoden 1981 ja kauden 1972—1983 kasvukauden kuukausien keskilämpötila, kokonaissäteily määrä ja sademäärä Suonenjoen taimitarhalla.
Table 2. The monthly mean temperature, global radiation and amount of precipitation during the growing season in 1981 and the period 1972—1983 at the Suonenjoki Nursery.

	Kesäkuu June		Heinäkuu July		Elokuu August	
	1981	1972—83	1981	1972—83	1981	1972—83
Keskilämpötila, °C Mean temperature	12,5	14,0	17,9	16,6	12,9	14,1
Kokonaissäteily, kJcm ⁻² Global radiation	39,2	59,8	49,4	59,5	27,9	44,9
Sademäärä, mm Precipitation	122	71	71	82	91	86

3. TULOKSET

31. Kasvualustan ravinnepitoisuus

Kaikki lannoitteet nostivat kasvualustan ravinnepitoisuutta (taulukko 3). Lannoitteet vaikuttivat 22.7. kerättyjen näytteiden perusteella myös muiden kuin sisältämiensä ravinteiden pitoisuuksiin kasvualustassa. Superfosfaatin lisäys alensi kaliumpitoisuutta ja kaliumsulfaatti yhdessä superfosfaatin kanssa lisäsi kasvualustan typpipitoisuutta.

Lannoitteiden vaikutus eri ravinteiden pitoisuuksiin saattoi johtua kemiallisista reaktioista kuten pH:n muuttumisesta tai taimien erilaisesta ravinteiden ostopa eri lannoituskäsittelyissä. Esimerkiksi superfosfaatti ja Ou-

lunsalpietari lisäsivät kasvualustan happamuutta.

Eryteisesti superfosfaatilla lannoittaminen nosti kasvualustan johtolukua. Niinpä kasvualustan johtoluvun ja fosforipitoisuuden välinen korrelaatio oli melko korkea ($r = 0,73^{***}$). Voimakkaimmin lannoitetuissa ruuduissa kasvualustan johtoluku nousi jopa 4,5:een.

32. Taimien ravinnepitoisuus

Alempi typpilannoitustaso (N1) nosti koi-vun lehtien typpipitoisuuden vertailuruuden

Taulukko 3. Kasvualustan happamuus, johtoluku ja ravinnepitoisuus 22.7.1981 lannoituskäsittelyittäin. Varianssisuhteiden (F) tilastollinen merkitsevyys eri riskitasoilla: 5 % = 2,02, 1 % = 2,71, 0,1 % = 3,81.

Table 3. The pH, electrical conductivity and nutrient concentration of the substrate on 22.7.1981 by fertilizer treatment. Statistical significance at different risk levels (F): 5 % = 2.02, 1 % = 2.71, 0.1 % = 3.81.

Lannoitus käsittely — Fertilizer treatment		Johtoluku — Electrical conductivity		Liukoi- nen — Soluble	Helppo- liuk. — Easily soluble	Vaihtuva — Exchangeable	
		pH _{H₂O}		N	P	K	Ca
n:o	(NPK)	10 x mS/cm		mg/l			
1	(000)	5,4	0,6	14	24	85	816
2	(011)	5,3	1,2	17	41	117	875
3	(020)	5,0	1,8	14	53	67	917
4	(002)	5,6	1,0	13	26	307	758
5	(022)	4,7	3,8	16	54	192	925
6	(100)	5,1	0,8	26	22	68	783
7	(111)	4,9	1,8	25	40	125	800
8	(101)	5,2	1,0	20	27	130	808
9	(120)	4,8	2,4	29	55	31	892
10	(102)	5,3	1,3	24	26	293	708
11	(122)	4,6	3,7	39	55	191	842
12	(201)	5,1	1,8	44	32	126	742
13	(210)	4,8	2,0	46	46	28	733
14	(220)	4,6	3,5	61	55	35	908
15	(202)	4,8	2,4	61	23	253	667
16	(222)	4,5	4,4	73	55	213	875
Keskim. Mean		5,0	2,1	33	40	142	816
F (15,30)		8,01	23,30	13,31	13,79	20,79	1,31
HSD _{0,05}		0,3	0,6	12	6	46	159

Taulukko 4. Näytetaimien lehtien ravinnepitoisuus lannoituskäsittelyittäin elokuun lopussa. Katso varianssisuhteiden tilastollinen merkitsevyys taulukossa 3.

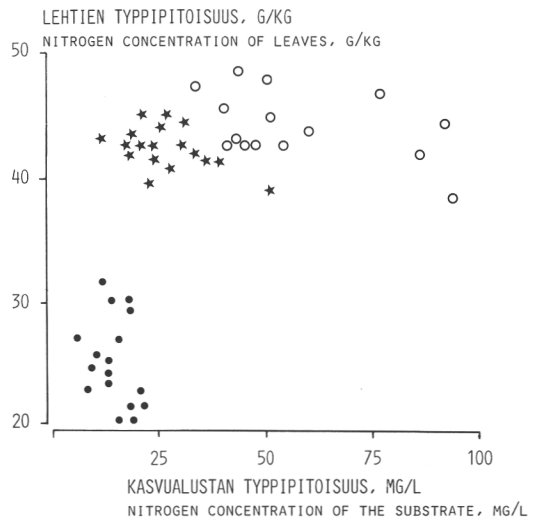
Table 4. The foliar nutrient concentrations of the sample transplant by fertilizer treatment at the end of August. See Table 3 for statistical significances.

Lannoitus käsitteily — Fertilizer treatment	N	P	K mg/g	Ca	Mg	B	Zn	Fe mg/kg	Mn	Cu
n:o (NPK)										
1 (000)	23,3	4,8	11,9	8,7	5,9	20	542	475	2110	9
2 (011)	23,3	5,5	11,7	9,1	5,7	21	598	457	2380	9
3 (020)	28,1	6,8	12,2	10,9	5,8	19	725	414	2130	8
4 (002)	22,8	5,0	12,0	9,6	5,3	24	484	406	2330	7
5 (022)	25,6	6,7	12,5	9,6	5,6	24	548	423	3350	9
6 (100)	42,1	4,5	12,9	9,9	4,5	12	497	224	1340	9
7 (111)	42,9	4,7	13,2	10,1	4,6	10	427	196	1690	10
8 (101)	43,0	4,3	13,9	9,4	4,2	10	351	196	1040	8
9 (120)	44,0	5,3	12,9	10,5	4,4	12	443	206	1490	10
10 (102)	41,6	4,1	13,7	8,9	4,0	10	433	216	1240	9
11 (122)	41,6	5,0	13,4	9,9	4,9	15	503	296	2640	10
12 (201)	43,1	4,1	12,3	11,4	5,1	11	598	216	1120	11
13 (210)	44,8	4,5	11,8	11,3	5,0	10	376	182	1190	10
14 (220)	44,6	5,1	11,7	11,8	5,1	11	531	202	1360	11
15 (202)	45,2	4,6	13,8	10,8	4,8	11	427	201	1590	11
16 (222)	44,6	4,8	12,9	11,9	4,9	12	468	166	1740	10
Keskim. Mean	37,5	5,0	12,7	10,3	5,0	14	497	280	1800	9
F (15,30)	46,76	8,52	3,33	2,95	6,17					
HSD _{0,05}	3,0	0,6	0,9	1,3	0,5					

(NO) 23 mg/g tasolta yli 40 mg/g:een (taulukko 4). Voimakkaampi lannoitustaso (N2) ei lisännyt enää mainittavasti lehtien typpipitoisuutta. Fosforilannoitus nosti lehtien fosforipitoisuutta, mutta vaikutus pieni typpilannoituksen lisääntyessä. Kaliumlannoituksen vaikutus lehtien kaliumpitoisuuteen oli vähäinen. Lannoitteet eivät vaikuttaneet selvästi lehtien kalsiumpitoisuuteen, mutta typpilannoitus laski neulasten magnesiumpitoisuutta.

Kasvualustan ja lehtien typpi- ja fosforipitoisuuksien välillä vallitsi positiivinen korrelaatio (typpi: $r = +0,54^{***}$, fosfori $r = +0,53^{***}$). Kaliumilla riippuvuus oli heikko ($r = +0,27$) ja kalsiumilla negatiivinen ($r = -0,11$). Typpilannoitus on selvästi vaikuttanut lehtien typpipitoisuuteen vaikka kasvualustan typpipitoisuus olikin melko alhainen jo heinäkuun alun analyysissä (kuva 1).

Lannoitus vaikutti selvästi myös lehtien hivenainepitoisuuksiin. Typpilannoitus laski voimakkaasti lehtien boori-, sinkki-, rauta- ja mangaanipitoisuutta. Lehtien typpipitoisuus korreloi negatiivisesti boori- ($r = -0,95^{***}$)



Kuva 1. Kasvualustan (22.7.1981) ja lehtien (25.8.1981) typpipitoisuuden välinen riippuvuus. Typpilannoitustasomerkinnyt: ● = 0 kg N/ha, ★ = 150 kgN/ha ja ○ = 400 kgN/ha.

Fig. 1. Correlation between the nitrogen concentration of the substrate (22.7.1981) and the leaves (25.8.1981). Nitrogen fertilizers doses: ● = 0 kg N/ha, ★ = 150 kgN/ha and ○ = 400 kgN/ha.

ja rautapitoisuuden ($r = -0,97^{***}$) kanssa. Kuparipitoisuutta typpilannoitus lievästi lisäsi. Fosfori- ja kaliumlannoitus yhdessä nostivat lehtien mangaanipitoisuutta.

33. Taimien morfologiset ominaisuudet ja kuivamassa

Typpilannoitus vaikutti taimien morfologisiin ominaisuuksiin voimakkaasti (taulukko 5). NO-tason taimet kuuluivat paljasjuuristen taimien I-kokoluokkaan ja N1- ja N2-tason taimet II-kokoluokkaan. Lannoitustason nousu N1:stä N2:een ei enää lisännyt koivun taimien kokoa juuri lainkaan. Fosforilannoitus ilman typpilannoitusta lisäsi hieinan taimien kokoa vertailutaimiin nähden, mutta yhdistetyllä kaliumfosforilannoituksella ei ollut selvää vaikutusta taimien pituuteen.

Typpilannoituksella oli voimakas vaikutus myös taimien kuivapainoon. N1-tason lannoitus vähintään kolminkertaisti taimien kuivapainon lannoittamattomiin taimiin ver-

rattuna. N2-taso, ilman muita lannoitteita, lisäsi vielä jonkin verran taimien kuivapainoa N1-tasoon verrattuna. Sen sijaan annettaessa myös fosforia ja kaliumia ei siirtyminen N1-tasolta N2-tasolle lisännyt kuivapainoa paljonkaan. Taimet olivat painavimpia N1P1K1-ruuduilla.

Juuriston ja verson kuivapainojen suhde oli suurin käsittelyssä, jossa tyypeä ei annettu lainkaan ja fosforia sekä kaliumia annettiin keskimmäisen tason mukaiset annokset. Jo N1-tason lannoitus pienensi juuri/verso-suhdetta selvästi.

Taimien lehtien pääravinnepitoisuuksien ja taimien morfologisten tunnusten välillä oli vahva riippuvuus (taulukko 6). Lehtien typpipitoisuus selitti taimien pituudesta 85 % (kuva 2) ja kuivamassasta 80 %. Muiden ravinteiden lisääminen regressiomalliin ei juuri lisännyt selitysasetta.

Vaikka taimille ei annettukaan erikseen kalsiumia ja kasvualustan kalsiumpitoisuus vaihteli vain vähän, olivat toiston kolme taimien lehtien kalsiumpitoisuudet selvästi korkeampia kuin muissa toistoissa. Samoin tois-

Taulukko 5. Näytetaimien morfologiset tunnukset, kuivamassat ja laikkuisuus lannoituskäsittelyittäin. Varianssi-suhteiden tilastollinen merkitsevyys taulukossa 3.

Table 5. The morphological properties, dry weights and incidence of stem spotting of the sample transplants by fertilizer treatment. See Table 3 for statistical significances.

Lannoitus- käsittely — Fertilizer treatment	Pituus — Height	Tyvi Butt	Läpimitta Diameter D _{0.5 h}	Lehdet Leaves	Kuivapaino Ranka Dry weight Stem	Juuristo Roots	Juuri/ verso- suhde — Root/ shoot ratio	Laikkui- suus — Stem spotting
n:o (NPK)	cm	mm	mm		g			
1 (000)	42	4,6	3,1	0,96	1,19	0,78	0,36	14
2 (011)	43	4,8	3,2	1,16	1,30	1,01	0,42	4
3 (020)	45	4,9	3,2	1,66	1,47	1,04	0,33	21
4 (002)	42	5,1	3,2	1,31	1,36	1,06	0,39	4
5 (022)	44	5,2	3,1	1,65	1,56	1,25	0,40	22
6 (100)	60	6,2	3,9	3,51	3,50	2,00	0,28	47
7 (111)	64	7,0	4,2	5,13	4,58	2,31	0,24	65
8 (101)	61	7,2	4,2	4,76	4,49	2,48	0,27	35
9 (110)	64	6,7	4,0	4,19	4,26	2,44	0,29	43
10 (102)	64	6,9	4,1	4,61	4,38	2,33	0,25	48
11 (122)	58	6,9	4,3	4,38	3,80	2,05	0,26	41
12 (201)	64	7,2	4,4	4,44	4,64	2,52	0,28	54
13 (210)	65	7,1	4,0	4,56	4,63	2,20	0,24	57
14 (220)	65	6,9	4,2	4,66	4,51	2,43	0,27	54
15 (202)	62	7,2	4,2	4,89	4,37	2,18	0,24	58
16 (222)	63	6,8	3,8	4,63	3,80	1,90	0,23	66
Keskim. Mean	57	6,4	3,8	3,53	3,37	1,87	0,29	40
F (15,30)	24,09	15,13	6,82	19,27	16,58	5,38	3,99	8,63
HSD _{0,05}	5	0,4	0,4	0,81	0,80	0,61	0,07	28

ton kolme taimien läpimitta oli suurin. Lehtien kalsiumpitoisuudella ja taimien puolivälistä mitatulla läpimitalla oli voimakas keskinäinen riippuvuus (kuva 3).

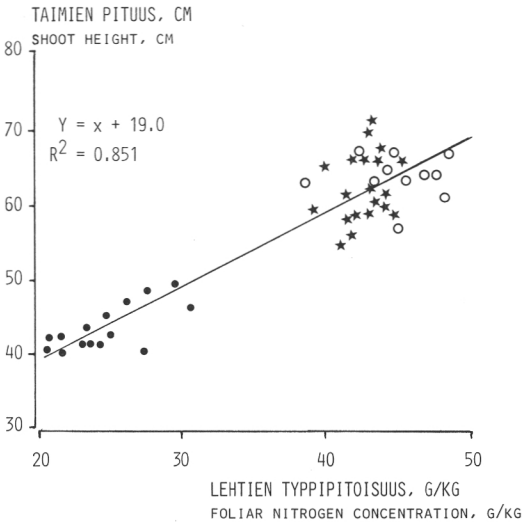
Myös taimien lehtien hivenravinnepitoisuuksien, kuparia lukuunottamatta, ja morfologisten tunnusten välillä oli voimakas negatiivinen riippuvuus. Se kuitenkin johtuu

pääravinteiden, erityisesti typen ja hivenravinteiden keskinäisestä negatiivisesta riippuvuudesta. Esimerkiksi taimien pituuden ja booripitoisuuden voimakas negatiivinen korrelaatio johtuu pikemminkin lehtien korkean typpipitoisuuden ja voimakkaan kasvun aiheuttamasta boorin niukkuudesta kuin alhaisesta booripitoisuudesta sinänsä.

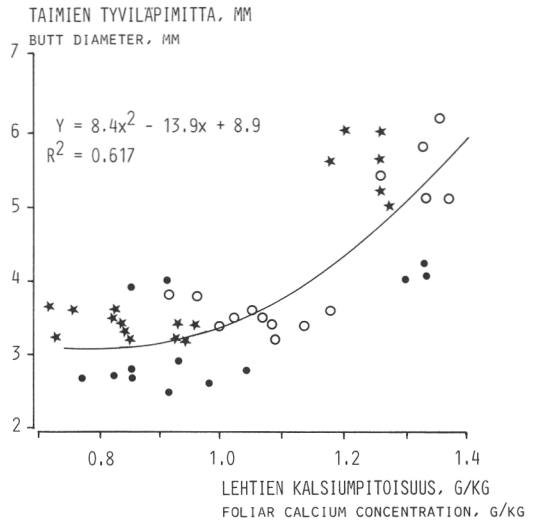
Taulukko 6. Taimien pituuden, läpimitan ja kuivamassojen sekä lehtien pääravinnepitoisuuksien väliset korrelaatiokertoimet. Korrelaatiokertoimien eroavuus nolasta eri riskitasoilla: 5 % = 0,28, 1 % = 0,37, 0,1 % = 0,46.

Table 6. Coefficients for the correlation between height, diameter and dry weight of the transplants and foliar macronutrient concentration. Statistical differences at different risk levels: 5 % = 0,28, 1 % = 0,37, 0,1 % = 0,46.

Ravinne — Nutrient	Pituus — Height	Läpimitta Diameter		Kuivamassat Dry weight		Juuret — Roots
		Tyvi Butt	D _{0.5 h}	Lehdet Leaves	Ranka Stem	
Typpi Nitrogen	0,92	0,75	0,39	0,92	0,90	0,67
Fosfori Phosphorus	-0,55	-0,43	-0,28	-0,51	-0,54	-0,42
Kalium Potassium	0,43	0,61	0,64	0,39	0,46	0,56
Kalsium Calcium	0,35	0,58	0,75	0,19	0,33	0,54
Magnesium Magnesium	-0,67	-0,57	-0,32	-0,70	-0,70	-0,56



Kuva 2. Lehtien typpipitoisuuden ja taimien pituuden välinen riippuvuus. Merkinnät kuten kuvassa 1.
Fig. 2. The correlation between the foliar nitrogen concentration and height of the transplants. Symbols as in Fig. 1.



Kuva 3. Lehtien kalsiumpitoisuuden ja taimien puolivälistä mitatun läpimitan (D_{0.5 h}) välinen riippuvuus. Merkinnät kuten kuvassa 1.
Fig. 3. The correlation between foliar calcium concentration and the diameter (D_{0.5 h}) of the transplants. Symbols as in Fig. 1.

34. Lannoituksen vaikutus versolaikkuisuuteen

Inokuloimattomissa taimissa laikkuien taimien osuus vaihteli ruuduittain 4–80 % keskiarvon ollessa 40 % ja hajonnan 23 %. Lehtien typpipitoisuus näytti lisänsen laikkuisuutta, $r = +0,79^{***}$ (kuva 4). Laikkuisuuden riippuvuus muiden pääravinteiden pitoisuuksista koko aineistossa oli vähäisempää. Negatiivinen korrelaatio vallitsi magnesiumin ($r = -0,45^{**}$) ja fosforin ($r = -0,38^{**}$) sekä laikkuisuuden välillä. Vaikka kaliumlannoitus ei vaikuttanut lehtien kaliumpitoisuuteen, oli laikkuisuus vähäisintä NO-tason kaliumlannoitetuissa taimissa (taulukko 5). NO-tasoa erikseen tarkasteltaessa erot olivat kontrolliin ja fosforilannoitusruutuihin verrattuna tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,05$).

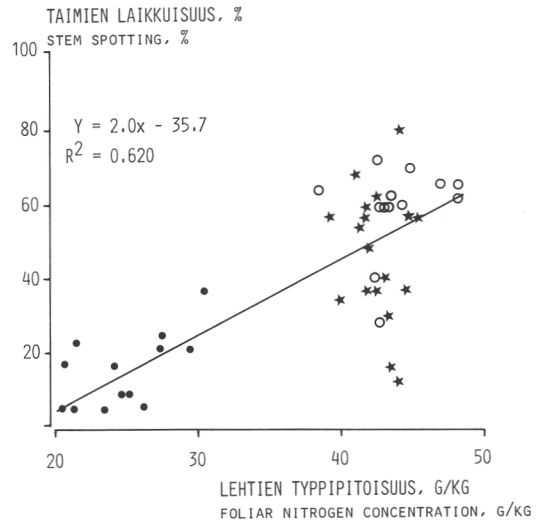
Hivenravinteista boori ja rauta korreloivat negatiivisesti ja kupari positiivisesti laikkuisuuteen. Toisaalta typen ja hivenravinteiden voimakkaan riippuvuuden vuoksi on hyvin todennäköistä, että vain typpi varsinaisesti vaikutti laikkuisuuteen.

Laikkujen peittävyys inokuloimattomissa taimissa vaihteli ruutujen välillä 3–100 %:iin, keskiarvon ollessa 50 % ja hajonnan 18 %. Laikkujen peittävyys ja lehtien ravinnepitoisuuksien korrelaatiokertoimet olivat pienet. Suurin kerroin oli fosforilla ($r = -0,33^*$).

Näistä inokuloimattomista, keväällä laikkuisiksi havaituista taimista tehdyistä erityksistä 18 %:sta saatiin esiin *Godronia multisporea*-sieni. Sienen esiintymisen ja lehtien pääravinnepitoisuuksien välinen korrelaatio oli suurin fosforilla ($r = +0,40^{**}$). Hivenravinteilla suurimmat vastaavat korrelaatiokertoimet olivat boorilla ja mangaanilla ($r = +0,45^{***}$).

Inokulointiajankohta ei vaikuttanut laikkujen syntymiseen. Laikkujen yhteenlaskettu pinta-ala oli kuitenkin elokuun loppupuolen inokuloinnissa suurempi kuin alun inokuloinnissa ($p < 0,1$). Sitä vastoin typpi-lannoituksella oli merkitystä. NO-tasolla laikkuja syntyi inokulointikohtiin jonkin verran vähemmän kuin N1-tasolla ($p < 0,1$) ja selvästi vähemmän kuin N2-tasolla ($p < 0,01$). Laikkujen yhteenlasketut pinta-alat NO-tasolla olivat myös pienemmät kuin N1 ja N2 tasolla ($p < 0,01$).

Godronia-sienen iskeytymiseen ei typpi-lannoituksella ollut merkitystä. Inokulointi-



Kuva 4. Lehtien typpipitoisuuden ja taimien laikkuisuuden välinen riippuvuus. Merkinnot kuten kuvassa 1.

Fig. 4. The correlation between foliar nitrogen concentration and the incidence of stem spotting on the transplants. Symbols as in Fig. 1.

ajankohdallakaan ei ollut kovin selvää vaikutusta. Runsaimmin sientä saatiin syyskuun puolenvälin ja vähiten elokuun lopun inokulointikohdista. Esiintymisprosentti edellisessä oli 40, jälkimmäisessä 29, hajonnat olivat kuitenkin molemmissa suure, 28 % ja 23 %.

35. Taimien menestyminen maastossa

Taimia oli elossa istutuskesän jälkeen noin 70 % ja elossa olevien kunto oli varsin heikko. NO-lannoitustason taimien eloonjääminen oli korkein (74 %) ja N2-tason heikoin (64 %). Fosfori ja fosfori-kaliumlannoitus vähensivät kuolleisuutta NO-tasolla. Erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä.

Suuresta osasta taimia latvat kuivuivat. Vain 8 % taimista jatkoi kasvuaan edellisen syksyn latvasilmusta. Tämän vuoksi taimien keskipituus oli istutusvuoden syksyllä pienempi kuin taimitarhalla edellisenä syksynä. Taimien pituus istutuskesän jälkeen noudatti taimitarhaviheen pituuksia. Pisimmät taimet olivat noin metrin mittaisia. Normaalisti tavalla, kärkisilmusta kasvuaan jatkaneista taimista pisimpiä olivat runsaimmin lannoitetut taimet.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Taimitarhamaiden liukoisten ja vaihtuvien pääravinteiden, etenkin typen ja fosforin, pitoisuudet (esim. Mikola 1957, Westman ja Hänninen 1977) ovat yleensä viljavienkin metsämaiden ravinnepitoisuuksia (Urvas ja Erviö 1974) korkeampia. Samoin tässä kokeessa, jossa vertailuruutujen typpipitoisuus oli selvästi ja kalium- ja fosforipitoisuus hieman Westmanin ja Hännisen (1977) esittämää taimitarhamaiden keskimääräistä ravinnepitoisuutta alhaisempi. Kaikki lannoitteet nostivat kasvualustan vastaavien ravinteiden pitoisuuksia.

Lannoittamattomien vertailuruutujen taimien lehtien typpipitoisuus oli varttuneen luontaisen koivikon lehtien typpipitoisuuden tasoa, mutta fosfori- ja kaliumpitoisuus lähes kaksinkertainen luonnon koivikon lehtien pitoisuuksiin verrattuna (Aaltonen 1950, 1955, Tamm 1956). Hieskoivun nuoriin vesoihin (Ferm ja Markkola 1985) nähden kokeen vertailutaimien lehtien typpi-, kalium- ja booripitoisuus oli samaa luokkaa, mutta fosfori-, kalsium- ja magnesiumpitoisuus lähes kaksi kertaa ja sinkki-, rauta- ja mangaanipitoisuus 3—6 kertaa korkeampi.

Lannoituksen vaikutus taimiin noudatti yleisiä aiemmissä tutkimuksissa saatuja tuloksia (esim. Ingestad 1962, Anttila ja Lähde 1977). Lannoitus nosti selvästi sekä kasvualustan että taimien lehtien typpi- ja fosforipitoisuutta. Lehdissä ei kaliumpitoisuus lisääntynyt, vaikka kasvualustan kaliumpitoisuus nousi selvästi lannoituksen jälkeen. Tulos toistui samanlaisena seuraavana vuonna toteutetussa kokeessa (Rikala, julkaisematon).

Lannoitus alensi kasvualustan happamuutta ja johtolukua. Voimakkaan lannoituksen pH:ta alentava vaikutus johtunee osittain johtoluvun kasvusta (Tares 1979) sekä osittain oulunsalpietarin ammoniumin nitrifikaatiosta ja superfosfaatin vapaasta rikkiphaposta (Bertilsson 1975). Kasvualustan pH pysyi kuitenkin kaikissa lannoituskäsittelyissä koivun taimien kannalta optimialueella (Ingestad 1979b, Ericsson ja Lindsjö 1981).

Voimakkaimmin lannoitetuissa ruuduissa kasvualustan johtoluku ylittää lehtipuille annetun suositusarvon (Youngberger 1984), vaikka koivu ilmeisesti muihin puulajeihin verrattuna pystyy ottamaan ravinteita poikkeuksellisen hyvin sekä alhaisista että korkeista ravinnepitoisuuksista (Ingestad 1974).

Lehtien typpipitoisuuden ja taimien koon välillä oli voimakas riippuvuus. Runsaimmalla typpilannoituksella (N₂) kasvatetut taimet olivat myös keskimäärin painavimpia. Ero alempaan typpitasoon (N₁) oli kuitenkin hyvin pieni ja käsittelyittäin tarkasteltuna N1PK1-lannoitus tuotti painavimmat taimet. Kookkaimman taimierän lehtien pääravinnepitoisuudet ja ravinteiden keskinäiset suhteet olivat typen ja fosforin osalta lähellä Ingestadin (1971) ravinneliuuskokeista saamia optimiarvoja. Sen sijaan kaliumpitoisuus oli vain puolet, mutta kalsiumpitoisuus peräti kolminkertainen em. optimiarvoihin nähden.

Lehtien kaliumpitoisuuden alhaisuus vaikuttaa oudolta, koska kasvualustan kaliumpitoisuus oli verraten korkea. Tähän on saatanut vaikuttaa kaliumlannoituksen aloittaminen kolme viikkoa typpilannoituksen aloittamisen jälkeen sekä lehtien kaliumpitoisuuden voimakas kasvukautinen vaihtelu (Ferm ja Markkola 1985). Toisaalta lehtien kaliumpitoisuus oli samaa luokkaa kuin Bjorkbomin (1973) tutkimuksessa, tosin hänkin olettaa Ingestadiin viitaten pitoisuuden olevan optimialueen alapuolella.

Lehtien kalsiumpitoisuudella ja taimien läpimitalla oli vahva keskinäinen positiivinen riippuvuus. Kalsiumin puutteen tiedetään heikentävän juurten kasvua (Ingestad 1962) ja kalkin käytöllä on parannettu rauduskoivun taimien juurten, verson ja lehtien kasvua (Kolari ja Veijalainen 1981). Kalsium tuskin kuitenkaan oli syynä läpimitan vaihteluun, koska pitoisuus alhaisimmillaankin ylittää selvästi esitetyt optimipitoisuudet (esim. Ingestad 1971). Kyseessä onkin todennäköisesti jokin muu tässä tutkimuksessa mittaamatta jäänyt sekä taimien läpimitaan että lehtien

kalsiumpitoisuuteen vaikuttava tekijä.

Lehtien mangaani- ja sinkkipitoisuudet typpipitoisuuteen suhteutettuina ylittivät selvästi Ingestadin (1971) esittämät optimisuhteet. Sinkkipitoisuus oli kuitenkin samaa luokkaa kuin Raition (1982) esittämät terveiden koivujen arvot, mutta mangaanipitoisuus yltää tasolle, joka jo aiheutti lieviä kasvuhäiriöitä 14-vuotiaille, entiselle järvenpohjalle istutetuille rauduskoivuille (vrt myös Ingestad ja Jacobson 1962). Lehtien booripitoisuus oli puolestaan optimiarvosta vain kymmenesosa, minkä on katsottu jo hidastavan taimien kasvua ja näkyvän puutosoireina (Ingestad ja Jacobson 1962).

Lannoitustarve riippuu kasvualustan laadusta ja taimien ravinteiden käytöstä. Taimien ravinteiden käyttö vaihtelee ympäristötekijöiden kuten säätilan ja kasvualustan fyysikaalisten ominaisuuksien mukaan. Taimen eri osien ravinnepitoisuuksien (Ingestad 1962) mukaan laskettuna N1PK1-taimien koulinnan jälkeisen kasvukauden typen käyttö oli noin 75 kg/ha, fosforin noin 11 kg/ha ja kaliumin noin 30 kg/ha. Osa lannoitteina annetuista ravinteista huuhtoutuu, haihtuu ja sitoutuu joten todellinen lannoitustarve on taimien ravinteiden ottoa suurempi.

Tässä tutkimuksessa 150 kg typpeä/ha -lannoitus antoi saman kasvutuloksen kuin 400 kg typpeä/ha. Samanlaisessa kokeessa seuraavana vuonna taimet kasvoivat yhtä hyvin 75 kg typpeä/ha -lannoituksella kuin 2—4 kertaisilla annoksilla (Rikala, julkaisematon). Raulon (1974) suosittama kasvatustarve (220—330 kg typpeä/ha) samoin kuin käytännön taimikasvatuksessa käytetyt lannoitemäärät (Rikala ja Westman 1979) vaikuttavat liian suurilta. Nykyisissä kasvatusohjeissa lannoitusmääriä onkin pienennetty (Rauduskoivun... 1984). Ulko- ja sisämailla lehtipuiden toisen vuoden kasvatuksessa suositellut typpimäärät vaihtelevat 100—250 kg/ha (Armson ja Sadreika 1974). Typpilannoituksen voimakas taimien hivenravinnepitoisuutta alentava vaikutus puoltaa myös typpilannoituksen vähentämistä ja mahdollisesti myös hivenravinnelannoitteiden käyttöä hoitolannoituksessa.

Lannoitustulokseen vaikuttaa myös lannoiteannoksen suuruus. Tässä kokeessa lannoitteet annettiin melko suurina kerta-annoksina. Tosin käytännössä annokset ja suosituksetkin ovat vielä suurempia (Rauduskoivun... 1984). Ingestadin (1967) mukaan paras hyöty lannoituksesta ja myös paras

kasvatustulos saavutetaan lannoittamalla taimien ravinnetarpeen, siis kasvun, mukaisesti lisääntyvin, usein toistuvien annoksien.

Tässä tutkimuksessa runsas typpilannoitus lisäsi koivun taimien laikkuisuutta sekä inokuloimattomissa, kokeen alussa laikuttomiksi tarkastetuissa taimissa että inokuloituissa taimissa. Typpi myös lisäsi laikkujen pintalaa inokulointikohdissa mutta ei vaikuttanut *Godronia*-sienen uudelleeneristystulokseen. Kurkela (1973) havaitsi typpellä lievän laikkuisuutta lisäävän vaikutuksen metsitysalueella. Kaliumin hän havaitsi vähentävän tautisuutta kaliumköyhyillä alueilla. Tässä työssä kaliumlannoituksella ei ollut vaikutusta lehtien kaliumpitoisuuteen, mutta näytti olevan NO-tasolla laikkuisuutta vähentävä vaikutus. Tämän työn pohjalta kaliumlannoituksen ja laikkuisuuden yhteydelle ei ole selitysmahdollisuutta.

Sienieristyksissä saatiin inokuloimatta syntyneistä laikuista jonkin verran *Godronia multispora*-sientä, joka voi toimia primäärisenä patogeenina (Kurkela 1974). Suurin osa laikuista on kuitenkin todennäköisesti syntynyt abioottisten tekijöiden aiheuttamana.

Abioottisten tekijöiden aiheuttamat laikut voivat tarjota *Godronia*-sienelle iskeytymistien. Weingartner ja Klos (1975) eivät havainneet *Godronia cassandrae*-sienen tunkeutumista elävään *Vaccinium corumbosum*-kasvin solukkaan ja olettavat, että nuorissa rungoissa ilmaarot voivat palvella infektiotienä ja että tärkeimmät infektiotiet ovat lehtiruoti ja parantumattomat lehtiarvet. Samoin Kurkela (1974) on havainnut, että *Godronia multispora* infektiio näyttää tapahtuvan mekaanisesti vioittuneen korkkikerroksen tai silmujen kautta. Infektiotien sienelle voi tarjota näin esim. koivun lehtien mekaaninen irrottaminen puhaltimella syksyllä, mikäli varteen ei ole vielä kehittynyt suojaavaa kerrosta.

Inokulointiajankohta ei tässä työssä vaikuttanut laikkujen syntymiseen mutta jonkin verran laikkujen yhteenlaskettuun pintalaaan, joka oli elokuun lopun inokuloinnissa suurempi kuin kuun alun inokuloinnissa. Romakkaniemen (1984) työssä syyskuun alun ja lopun inokuloinneista jälkimmäinen on tuottanut suuremmat korot. Erilaiset kasvukaudet ja inokulointitavat voivat osaltaan selittää tulosten erilaisuutta. Romakkaniemi käytti sienirihmastoymppäystä, kun taas tässä kokeessa inokulointi tehtiin itiösuspensiolla. Inokulointiajankohdan merkitys *Godronia*-sienen säilymiseen, sienen uudelleeneristystu-

lokseen, ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Suuntana voidaan kuitenkin pitää syyskuun alun inokulointiajankohdan edullisuutta siemen pysyvyyteen.

Taimien istutuksen jälkeinen menestyminen oli heikko eikä lannoituksella ollut siihen merkittävää vaikutusta. Lannoituksen vaikutuksesta lehtipuuntaimien istutuksen jälkeiseen eloonjäämiseen on verraten vähän tietoa (Duryea 1984) ja tulokset havupuiden osalta ovat ristiriitaisia (Ritchie 1984). Runsaalla typpellä lannoitetut taimet kasvoivat parhaiten. Ero muihin käsittelyihin nähden oli tosin pieni. Kasvutulokset tukevat aiempia muilla puulajeilla saavutettuja tuloksia joskin yleisesti on todettu lannoituksen positiivisen vaikutuksen johtuvan pikemminkin voimakkaasti lannoitettujen taimien alunperin suuremmasta koosta kuin korkeammasta typpipitoisuudesta (van den Driessche 1982).

Taimien heikon menestymisen aiheutti ilmeisesti jo taimitarhalla taimiin iskeytynyt koivunruoste (Lilja 1973). On myös mahdollista, että taimien talveentuminen oli viivästynyt ja niiden latvat paleltuivat.

Kylmänkestävyys kehittyi normaalisti vain riittävän pitkänä kasvukautena (esim. Tumanov ym. 1972). Kesän 1981 lämpösumma oli kuitenkin normaali ja sinänsä riittävän

pitkä kylmänkestävyyden kehittymiselle. Myös lannoituksen on todettu vaikuttavan kylmänkestävyyden kehittymiseen (Levitt 1980). Männyn taimien kylmänkestävyys on heikentynyt neulasten typpipitoisuuden ollessa yli 1,8—2,0 % (Aronsson 1980). Boorilannoituksen on osoitettu parantavan sekä havu- että lehtipuiden kylmänkestävyyttä (Beltram 1958).

Romakkaniemi-Niemelän (1985) mukaan typpi-, fosfori- tai kaliumlannoitus ei vaikuttanut koivun taimien talveentumiskehitykseen. Samoin koetaimien istutuksen jälkeinen menestyminen oli erittäin hyvä, vaikka lehtien typpipitoisuus oli samaa tasoa kuin tämän tutkimuksen N1- ja N2- tasoilla (Rikala, julkaisematon). Hyvin menestyneessä taimierässä ei ollut koivuruostetta.

Tämän tutkimuksen koejärjestely ei lannoitustasojen vähyiden vuoksi tarjoa mahdollisuutta lannoitusohjeiden laatimiseen. Muutenkaan ei ole syytä laatia kiinteitä lannoitus suosituksia, koska kasvualueen laatu eri tarhoilla ja sääolot eri vuosina vaihtelevat. Koivun taimien kasvatuksessa käytettyjä lannoitemääriä voitaneen kuitenkin pienentää taimien laikkuuntumisalttiuden vähentämiseksi kasvusta tinkimättä.

KIRJALLISUUS—REFERENCES

- Aaltonen, V. T. 1950. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Selostus: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena. Commun. Inst. For. Fenn. 37(8): 1—40.
- 1955. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens II. Selostus: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena II. Commun. Inst. For. Fenn. 45(2): 1—21.
- Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. 1971. Perkin-Elmer. Norwalk. Connecticut, U.S.A.
- Anttila, T. & Lähde, E. 1977. Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa. Summary: Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery. Folia For. 314: 1—19.
- Aronsson, A. 1980. Frost hardiness in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) II Hardiness during winter and spring in young trees of different nutrient status. Stud. For. Suec. 155: 1—27.
- Armson, K. & Sadreika, V. 1974. Forest tree nursery soil management and related practices. Ministry of Natural Resources, Ontario. 179 s.
- Beltram, V. 1958. Bor als Frostschutz. Allg. Forst- und Jägerschrift 10: 147—148.
- Bertilsson, G. 1975. Gödslingen och markens pH-värde. Supra-referensen 2: 1—41.
- Bjorkbom, J. 1973. Response of paper birch seedlings to nitrogen, phosphorous, and potassium. USDA Forest Serv. Res. Note NE-157. NE Forest Exp. Sta. Upper Darby, Pa. 4 s.
- Dimitri, L. 1977. Influence of nutrition and application of fertilizers on the resistance of forest plants to fungal diseases. Eur. J. For. Path. 7: 177—186.
- Duryea, M. L. 1984. Cultural Practices: Impacts on seedling quality. Teoksessa: Duryea M. L. & Landis, T. D. (toim.). Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, the Hague; Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. s. 143—164.
- Ericsson, T. & Lindsjö, I. 1981. Tillväxtens pH-beroende hos några energiskogsarter. Abstract: The influence of pH on growth and nutrition of some energy forest tree species. Projekt energiskogsodling. Sveriges Lantbruksuniversitet, Tekn. rapp. nr 11. 13 s.

- Ferm, A. & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautainen vaihtelu. Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. *Folia For.* 613: 1—28.
- Fraedrich, B. & Witcher, U. 1982. Influence of fertilization on pitch canker development on three southern pine species. *Plant Disease* 66: 938—940.
- Helimäki, U. J. 1967. Taulukoita ja karttoja Suomen sadeoloista kaudelta 1931—1960. Tables and maps of precipitation in Finland, 1931—1960. Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan. Nide 66, osa 2—1966. Ilmatieteellinen keskuslaitos.
- Horwitz, W. (toim.). 1965. Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists. Association of official agricultural chemists, Washington. 965 s.
- Huuri, O., Kytökorpi, K., Leikola, M., Raulo, J. & Räsänen, P. K. 1970. Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten I. Vuonna 1967 metsänviljelyyn käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet. Summary: Investigations on the basis for growing nursery stock. I. The morphological characteristics of seedlings used for planting in the year 1967. *Folia For.* 82: 1—20.
- Ingestad, T. 1962. Macro element nutrition of pine, spruce and birch seedlings in nutrient solutions. *Medd. Stat. Skogf. inst.* 51(7): 1—150.
- 1967. Methods for uniform optimum fertilization of forest tree plants. XIV IUFRO-Congress, Section 22: 265—269.
- 1971. A definition of optimum nutrient requirements in birch seedlings. II. *Physiol. Plant.* 24: 118—125.
- 1979a. Nitrogen stress in birch seedlings II. N, K, P, Ca, and Mg nutrition. *Physiol. Plant.* 45: 149—157.
- 1979b. A definition of optimum nutrient requirements in birch seedlings III. Influence of pH and temperature of nutrient solution. *Physiol. Plant.* 46: 31—35.
- & Jacobson, A. 1962. Boron and manganese nutrition of birch seedlings in nutrition solutions. *Medd. Stat. Skogf. inst.* 51(8): 1—20.
- Kolari, K. K. & Veijalainen, M. 1981. Boorin, kuparin ja kalkin vaikutus rauduskoivun alkukehitykseen kasvuhäiriöalueen turpeella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 31: 1—21.
- Krauss, A. 1969. Einfluss der Ernährung der Pflanzen mit Mineralstoffen auf dem Befall mit parasitären Krankheiten und Schädlingen. *Zeitschr. Pflanzenernähr. Düng.u. Boden.* 124: 128—147.
- Kurkela, T. 1973. *Godronia multisporea* aiheuttama tauti raudus- ja hieskoivun taimissa eräissä metsälannoituskokeissa turveella. Summary: A disease caused by *Godronia multisporea* Groves on young *Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh. on fertilized peatland. *Suo* 24(1): 8—15.
- 1974. *Godronia multisporea* Groves (Helotiales) and its pathogenicity to *Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh. *Karstenia* 14: 33—45.
- 1983. Mineraaliravinteet ja metsän taudit. Teoksessa: Raitio, H. (toim.). Metsäpuiden fysiologiaa I. Ravinnetalouden perusteita. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen tiedonantoja 39: 189—200.
- Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955—1980 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Summary: On the fertility of Finnish filled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in the years 1955—1980. Helsinki. 81 s.
- Lehtiniemi, T. & Sarasto, J. 1973. Kokemuksia rauduksen istutuksesta ojitetuille soille. Summary: *Betula verrucosa* (Ehrh.) plantations on drained peat. *Silva Fennica* 7(1): 24—44.
- Leikola, M. 1976. Verhoppuuston tiheyden vaikutus metsikön säteilyoloihin. Summary: Effect of density of the nurse crop on solar radiation inside the stand. *Commun. Inst. For. Fenn.* 90(1): 1—33.
- & Raulo, J. 1973. Tutkimuksia taimityypiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Summary: Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. *Folia For.* 178: 1—19.
- & Raulo, J. & Hill, D. 1980. Growth of *Betula pendula* (Roth) seedlings with different raising history. Proceedings of IUFRO-meeting, Working Group S. 1.05—04 Characterization of Plant Material, Freiburg, June 23—30, 1980. s. 5—19.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Vol. I. Chilling, freezing, and high temperature stresses. Academic Press, New York. 497 s.
- Lilja, S. 1973. Koivuruoste ja sen torjunta. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 9: 21—26.
- 1974. Koivun varastointituloksista. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 12: 34—37.
- Petäistö, R.-L. 1983. Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla. Abstract: Stem spotting on birch (*Betula pendula*) in nurseries. *Folia For.* 544: 1—9.
- Puustjärvi, V. 1969. Fixing peat standards. *Peat and Plant News* 2(1): 3—8.
- Raitio, H. 1982. Rauduskoivun kasvuhäiriö Torajärven koekentällä. Summary: Growth disturbance of *Betula pendula* in the Torajärvi experimental field. *Folia For* 536: 1—15.
- Rauduskoivun IM+1A taimien kasvatusohjeet. 1984. Taimien kasvatusohjeisto. Taimi-Tapion tiedote 8/82. 4 s.
- Raulo, J. 1973. Rauduskoivun taimien talvehtiminen valeistutettuna. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 9: 17—20.
- 1974. Rauduskoivun taimilajin IM+1A tuottaminen. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 10: 1—10.
- & Tervo, L. 1980. Rauduskoivun 1(lk+A) tuottaminen Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeaseman tiedonantoja 32: 1—10.
- Rikala, R. & Westman, C. J. 1979. Markförbättring, gödning och bevattning i Finländska skogsträdskolor. *Årskrift for Nordiske Skogplanteskoler* 1978: 29—42.
- Ritchie, G. A. 1984. Assessing seedling quality. Teoksessa: Duryea, M. L. & Landis, T. D. (toim.). Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, the Hague; Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. s. 243—259.
- Romakkaniemi, P. 1984. *Betula pendula* Roth — ja *B. pubescens* Ehrh.-taimien altistuminen versolaikkutaudille. Käsikirjoitus. 5s.
- Romakkaniemi-Niemelä, P. 1985 Rauduskoivun runkosolukon RC-arvo talventumisasteen osoittajana. Summary: RC-value of the stem tissue of silverbirch as an indicator of cold acclimation. *Silva Fenn.* 19(2): 145—153.
- Rummukainen, U. 1959. Koivun ruoste ja sen torjunta

- taimitarhoissa. Metsätal. Aikakauslehti 5.
- Russel, G. E. 1978. Plant breeding for pest and disease resistance. Putterworths, London. 485 s.
- Shidei, T., Shioda, I. & Kodamat, T. 1954. Influences of manure upon the needle blight of *Gryptomeria japonica* (sugi) seedlings in nursery 3. Jap.For.Soc. 36: 214—216.
- Tamm, C. O. 1951. Seasonal variation in composition of birch leaves. *Physiol Plant.* 4: 461—469.
- 1956. The effects of nitrogen fertilization on tree growth and foliage composition in a forest stand. VI Congrès Internat. de la Science du Sol, Paris 1956. s. 150—157.
- Tares, T. 1979. Maan pH-mittausmenetelmien vertailu. Maatalouden tutkimuskeskus, maantutkimuslaitos. Tiedote n:o 8: 1—7.
- Tumanov, I. I., Kuzina, G. V., Karnikova, L. D. & Khvalin, N. N. 1972. Effect of vegetation time on ability of woody plants to increase their frost resistance during the process of hardening. *Stud. For. Suec.* 155: 1—27.
- Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Abstract: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. *Maatal. tiet. aikak.* 46: 307—319.
- van den Driessche, R. 1982. Relationship between spacing and nitrogen fertilization of seedlings in the nursery, seedling size and outplanting performance. *Can. J.For.Res* 12(4): 865—875.
- Weingartner, D. P. & Klos, E. J. 1975. Histopathology of blueberry stems naturally infected with *Godronia cassandrae*. *Phytopathology* 65: 1327—1328.
- Westman, C. J. & Hänninen, P. 1977. Kemiallinen maa-analyysi paljasjuuristen taimien tuotannossa — ennakkotiedonanto. *Metsäntutkimuslaitos. Metsänviljelyn koeseaman tiedonantoja* 22: 1—16.
- Youngberger, C. T. 1984. Soil and tissue analysis: Tools for maintaining soil fertility. Teoksessa: Duryea, M. L. ja Landis, T. D. (toim.). *Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings.* Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, the Hague; Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. s. 75—80.

Total of 59 references

SUMMARY

Effect of fertilization on the nutrient concentration, growth and incidence of stem spotting in bare-rooted birch transplants

The effect of macronutrient (N, P, K) fertilization on the nutrient concentration, morphological properties and success following planting out in the field of two-year-old, barerooted *Betula pendula* Roth transplants was investigated in the study. In addition, the effect of fertilization on the incidence of stem spotting and *Godronia multispora* in the nursery, and the effect of inoculation date on seedling infection, were also studied.

The study was carried out in the nursery of the Suonenjoki Research Station (62°39'N, 27°03'E; 140 m asl) of the Finnish Forest Research Institute. One-year-old birch seedlings raised in the greenhouse were transplanted into the open at the beginning of June 1981 at a density of 30 transplants/m². The substrate was a mixture of peat and fine sand (organic matter concentration 9 %). Each treatment plot consisted of a 8-m-long and 1.3-m-wide section of the transplanting bed.

Sixteen different combinations of NPK fertilization (Table 1) were used with three replications. The fertilizers were ammonium nitrate with lime (27.5-0-0), superphosphate (0—9—0) and potassium sulphate (0—0—42). All the fertilizer treatments were given in four similar-sized, broadcast applications at one week intervals. The timing of the fertilizer treatment was as follows: nitrogen fertilization was started three weeks, phosphorus fertilization four weeks and potassium fertilization six weeks after transplantation.

The soluble (N, P) and exchangeable (K, Ca, Mg) macronutrient concentration of the substrate was determined prior to the start of the experiment and at the end of July. The morphological properties of sample seedlings and the macronutrient concentration of the leaves were determined in the autumn before the needles turned yellow. In addition, the total concentrations of certain micronutrients (Fe, Zn, Cu, Mn, B) were determined on combined replications.

25 seedlings with no symptoms of stem spotting were marked on each plot before the fertilizer treatments were started. The incidence of stem spotting was inventoried after the end of the winter. Samples for fungal isolations were also taken at the same time. The inoculation experiment carried out using *Godronia multispora* comprised four inoculation dates between 5.8.—30.9.1981. Inoculation was done each time on four seedlings in each block by injecting a spore suspension into the shoot. The formation of spots at the inoculated points was checked after the end of the winter. Fungal isolations were made at the same time.

Transplants were lifted at the beginning of May 1982 and planted out on an abandoned field with six replications (16 transplants/treatment/replication).

Fertilization clearly increased the nitrogen and phosphorus concentration of the substrate and the leaves of the transplants (Table 4). On the other hand, the potassium concentration of the substrate increased but not that of the leaves. The correlation between the

nitrogen concentration of the leaves and seedling size was strongly positive (Table 6). The seedlings which received the highest dose of nitrogen fertilizer (N2) were larger, although the difference with respect to the smaller nitrogen dose (N1) was very small (Table 5). Nitrogen fertilization clearly decreased the magnesium, boron, iron and manganese concentration of the leaves of the transplants.

Although calcium was not given to the transplants and the variation in the calcium concentration of the substrate was small, the calcium concentration of the leaves in one of the replications was clearly higher than that in the others. There was strong correlation between the diameter of the stem of the transplants and the calcium concentration of the leaves (Fig. 2). The reason for this remained, however, unclear.

The nitrogen concentration of the leaves was correlated with the incidence of stem spotting in both the inoculated and non-inoculated transplants. No other nutrient had any clear effect on the incidence of stem spotting. According to the results of this study, the increase in stem spotting caused by nitrogen fertilization

was due to the transplants becoming susceptible to abiotic factors since nitrogen had no effect on the actual incidence of *Godronia multispora*. According to the literature, however, the presence of abiotic spots may increase the susceptibility to infection by fungi.

The inoculation date had no effect on the development of stem spotting at the inoculation points. The different inoculation dates only slightly differed from each other with respect to the permanence of *Godronia multispora*, the beginning of September being a somewhat more favourable time for the fungus.

At the end of the first growing season about 70 % of the transplants were still alive. The tops of about 90 % of the surviving transplants had dried out. The transplants given phosphorus or a combination of phosphorus and potassium had the lowest mortality rate. On the other hand, the transplants given the highest dose of nitrogen fertilizer had the greatest height growth following planting out. Infection by *Melampsorium betulinum* (Fr.) had presumably had a detrimental effect on the survival and growth of the transplants in the field.

ODC 176.1 *Betula* + 232.322.4
ISBN 951-40-0723-9
ISSN 0015-5543

RIKALA, R. & PETÄISTÖ, R.-L. 1986. Lannoituksen vaikutus koulittujen raudoitettujen taimien ravinnepitoisuuteen, kasvuun ja versolaikkaisuuteen. Summary: Effects of fertilization on the nutrient concentration, growth and stem spotting in bare-rooted birch transplants. *Folia For.* 642: 1—16.

The effect of N, P and K fertilization on the nutrient concentration, growth and incidence of stem spotting in bare-rooted *Betula pendula* transplants in the nursery, and the success of the transplants following planting out in the field was studied. The growth of the transplants and the incidence of stem spotting were positively correlated with the amount of nitrogen fertilizer and the nitrogen concentration of the leaves. Phosphorus and potassium had a slightly elevating effect on the survival rate of the transplants following planting out.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland.

ODC 176.1 *Betula* + 232.322.4
ISBN 951-40-0723-9
ISSN 0015-5543

RIKALA, R. & PETÄISTÖ, R.-L. 1986. Lannoituksen vaikutus koulittujen raudoitettujen taimien ravinnepitoisuuteen, kasvuun ja versolaikkaisuuteen. Summary: Effects of fertilization on the nutrient concentration, growth and stem spotting in bare-rooted birch transplants. *Folia For.* 642: 1—16.

The effect of N, P and K fertilization on the nutrient concentration, growth and incidence of stem spotting in bare-rooted *Betula pendula* transplants in the nursery, and the success of the transplants following planting out in the field was studied. The growth of the transplants and the incidence of stem spotting were positively correlated with the amount of nitrogen fertilizer and the nitrogen concentration of the leaves. Phosphorus and potassium had a slightly elevating effect on the survival rate of the transplants following planting out.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station, SF-77600 Suonenjoki, Finland.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi

Name _____

Osoite

Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* Kirkkosaarentie, 91500 Muhos, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoelasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koelasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

Ruotsinkylän jalostuskoelasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

1985

- No 622 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihioiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista.
Skogsforskningsinstitutets beslut gällande enhetsvolymtal för användning vid mätning av barrtimmer, löv-timmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 623 Hämäläinen, Jouko, Paavilainen, Eero, Salminen, Olli & Heinonen, Riitta: Tuloksia ojitettujen korpikuusi-koiden lannoituksesta.
The growth response to and profitability of fertilization in drained spruce swamp stands.
- No 624 Hakkila, Pentti (toim.-ed.): Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti.
The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project.
- No 625 Kaunisto, Seppo & Päivänen, Juhani: Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemilla. Kirjalli-suuteen perustuva tarkastelu.
Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review.
- No 626 Repo, Seppo & Löyttyniemi, Kari: Lähiympäristön vaikutus männyn viljelytaimikon hirvivahinkoalttiuteen.
The effect of immediate environment on moose (*Alces alces*) damage in young Scots pine plantations.
- No 627 Rikala, Risto: Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella.
Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration.
- No 628 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö.
Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation.
- No 629 Moilanen, Mikko: Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rä-meillä.
Effect of thinning and fertilization on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer.
- No 630 Aarnio, Jukka: Suometsiköiden kasvatuksen yksityistaloudellinen edullisuus.
The profitability of timber growing on peatlands from the standpoint of the private forest owner.
- No 631 Pohтила, Eljas & Valkonen, Sauli: Varttuneiden viljelytaimikoiden tila Lapin piirimetsälautakunnan alueen yk-sityismetsissä.
Development and condition of artificially regenerated pine and spruce sapling stands in the privately owned forests of Finnish Lapland.
- No 632 Norokorpi, Yrjö & Kärkkäinen, Sirpa: Maaston korkeuden vaikutus puusto- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä tykkytuhoihin Kuusamossa.
The effect of altitude on stand and site characteristics and crown snow-load damages in Kuusamo in northern Finland.
- No 633 Silfverberg, Klaus & Huikari, Olavi: Tuhkalannoitus metsäojitetuilla turvemilla.
Wood-ash fertilization on drained peatlands.
- No 634 Yli-Kojola, Hannu: Metsän ikärakenteen kehitys.
The development of age-class composition.
- No 635 Metsäntutkimuslaitoksen julkaisut 1984.
Abstracts of publications of the Finnish Forest Research Institute, 1984.
- No 636 Vuokila, Yrjö: Puuston määrän vaikutus istutuskuusikon kehitykseen, kasvuun ja tuotokseen.
The effect of growing stock level on the development, growth and yield of spruce plantations in Finland.
- No 637 Räsänen, Pentti K., Pohтила, Eljas, Laitinen, Esko, Peltonen, Antti & Rautiainen, Olavi: Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978—1979 inventointitulokset.
Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories in 1978—1979.
- No 638 Ihalainen, Ritva: Opintojen keskeyttäminen metsäalan ammatillisessa koulutuksessa.
The abandonment of studies in vocational training in forestry.
- No 639 Uotila, Antti: Siemenen siirron vaikutuksesta männyn versosyöpäalttiuteen Etelä- ja Keski-Suomessa.
On the effect of seed transfer on the susceptibility of Scots pine to *Ascolyxa abietina* in southern and central Finland.
- No 640 Repo, Seppo: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1983—1985.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1983—1985.
- No 641 Ferm, Ari: Jätevedellä kasteltujen lehtipuiden alkukehitys ja biomassatuotos kaatopaikalla.
Early growth and biomass production of some hardwoods grown on sanitary landfill and irrigated with leachate waste-water.

1986

- No 642 Rikala, Risto & Petäistö, Raija-Liisa: Lannoituksen vaikutus koulittujen rauduskoivun taimien ravinnepitoi-suuteen, kasvuun ja versolaikkuisuuteen.
Effect of fertilization on the nutrient concentration, growth and incidence of stem spotting in bare-rooted birch transplants.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17341

ISBN 951-40-0723-9
ISSN 0015-5543