

FOLIA FORESTALIA³¹⁴

METSÄNTUTKIMUSLAITOS·INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE·HELSINKI 1977

TUULA ANTTILA JA ERKKI LÄHDE

LANNOITUKSEN VAIKUTUS PAPERI-
KENNOISSA KASVATETTujen MÄNNYN
TAIMIEN KEHITYKSEEN TAIMITARHASSA

EFFECT OF FERTILIZATION ON THE
DEVELOPMENT OF CONTAINERIZED PINE
SEEDLINGS IN A NURSERY

- 1975 No 241 Victor Ipatiev ja Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillarämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cuttongrass pine swamp.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood.
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods.
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading.
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher.
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response.
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production.
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesienen (*Lophophacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophophacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester.
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it.
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975.
- 1976 No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil.
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine.
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukkien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs.
- No 255 Metsätilastollinen vuosikirja 1974.
Yearbook of forest statistics 1974.
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances.
- No 258 Pentti Nisula: Muovihuoneen sadetuskone.
A sprinkler for a plastic greenhouse.
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973.
- No 260 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading.
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based on the chain saw and clearing saw.
- No 262 Olli Saikku ja Pentti Rikkinen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount of pulpwood and factors affecting it.
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa* f. *carelica* Sok.) stands in southern Finland.
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning.
- No 265 Olavi Huuri: Kallistusilmiö istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia.
Tilting of planted pines; survey results.
- No 266 Proposed tree breeding programme in Finland 1976—1985.
Abbreviation of the report issued by the Tree Breeding Committee (Committee Report 1975:25).
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä.
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature.
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine.

FOLIA FORESTALIA 314

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1977

Tuula Anttila ja Erkki Lähde

LANNOITUKSEN VAIKUTUS
PAPERIKENNOISSA KASVATETTUIEN MÄNNYN TAIMIEN
KEHITYKSEEN TAIMITARHASSA

Effect of fertilization
on the development of containerized pine seedlings in a nursery

ODC 237.4:232.322.41
ISBN 951-40-0281-4
ISSN 0015-5543

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.

Tutkimuksessa pyritään selvittämään typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen vaikutusta paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien morfologiseen kehitykseen, neulasten ravinnepitoisuuteen ja mykoritsojen kehitykseen taimitarhalla yhden kasvukauden jälkeen. Lannoituskäsittelyjen määrä oli 15 ja toistoja 4. Typpi, fosfori ja kalium vaihtelivat kukin neljällä tasolla.

Verson kehitykseen vaikutti eniten typpilannoitus. Verso oli sitä kookkaampi mitä runsaampi typpilannoitus oli. Fosfori ja kalium vaikuttivat myös verson kasvua lisäävästi, mutta niiden vaikutus oli huomattavasti vähäisempi kuin typen. Juuriston kuivapaino kasvoi jonkin verran typpilannoituksen lisääntymässä ja juuristo kehittyi harvemmaksi kuin pienillä typpimäärillä. Fosforilla ja kaliumilla ei ollut vaikutusta juuriston kehitykseen.

Neulasten ravinnepitoisuus oli suoraan verrannollinen annetun ravinteiden määrään. Typpilannoituksen vaikutus oli selvin. Neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuus olivat kääntäen verrannolliset typpilannoituksen määrään. Mykoritsojen määrä oli sitä suurempi mitä vähemmän typpeä lannoituksessa käytettiin. Valitseva mykoritsasieni oli ektotrofeja mykoritsoja muodostava laji. Typen lisäys suosi ektendotrofien mykoritsojen muodostusta. Kaliumin lisäys taas suosi alkuperäistä ektotrofien mykoritsojen muodostusta. Voimakkain typpilannoitus esti mykoritsamuodostuksen miltei täysin.

The aim of the investigation is to examine the effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the morphological development of pine seedlings grown in paper containers, the nutrient content of needles and the development of mycorrhizas in a nursery after one growing season. There were 15 fertilization treatments and 4 replications. Nitrogen, phosphorus and potassium each had four levels of application.

The development of the shoot was affected most by nitrogen fertilization. The shoot grew more vigorously when higher levels of application were applied. Similarly, phosphorus and potassium increased the growth of the shoot, although their effect remained considerably weaker than that of nitrogen. There was a slight increase in the dry weight of the root system with heavier nitrogen fertilization. However, the density of the root system suffered from nitrogen fertilization. Phosphorus and potassium had no influence on the development of the root system.

The nutrient content of needles was directly proportional to the amount of applied nutrient. The effect of nitrogen fertilization was the clearest. The phosphorus and potassium contents of needles were inversely proportional to the amount of nitrogen fertilization. The number of mycorrhizas was higher with lower nitrogen application. The dominant mycorrhizic fungus was an ectotrophic mycorrhizas forming species. Nitrogen application favoured the formation of ectendotrophic mycorrhizas, while potassium application enhanced the formation of the original ectotrophic mycorrhizas. The heaviest nitrogen application almost totally inhibited the formation of mycorrhizas.

SISÄLLYS

	sivu
1. JOHDANTO	4
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ.....	5
3. TUTKIMUKSEN TULOKSET	6
31. Lannoituksen vaikutus taimien morfologiseen kehitykseen	6
Verson pituus ja läpimitta	6
Verson ja juuriston kuivapaino, verso-juurisuhde, juuren kärkien lukumäärä sekä juuriston tiheys ..	6
32. Lannoituksen vaikutus neulasten ja kasvualustan ravinnepitoisuuteen	11
Neulasten ravinnepitoisuus	11
Kasvualustan ravinnepitoisuus	11
33. Lannoituksen vaikutus mykorrhisoiden kehitykseen	14
4. TULOSTEN TARKASTELU	15
5. YHDISTELMÄ	16
6. KIRJALLISUUS	18
SUMMARY	19

1. JOHDANTO

Taimien metsänviljelyarvoa kuvaavia tunnuksia on esitetty useita. Niistä mainittakoon esim. juuriston tiehys (Björkman 1956, Yli-Vakkuri ym. 1968) ja mykoritsaisuus (Björkman 1961, Mikola 1965, Laiho 1965), juurenniskan paksuus (Lähdela ja Oksanen 1970), verson ja juuriston kuivapainon suhde (Wilde ym. 1964) sekä taimien ravinnetila (Ingestad 1962, 1967, Puustjärvi 1965, Jalkanen 1973). Ingestadin (1963) mukaan juuriston painon tulisi olla 1/3—1/4 taimen koko painosta.

Edellä mainittuihin tunnuksiin voidaan vaikuttaa mm. lannoituksella. Pääravinteiden, typen, fosforin ja kaliumin vaikutuksen on todettu olevan ratkaisevin. Runsaalla typpilannoituksella saadaan aikaan epäedullinen verso-juurisuhde. Taimista tulee sukkulentteja ja niiden ominaispaino on pieni. Taimien pihkaisuus vähenee ja samoin mykoritsojen muodostuminen käy vähäisemmäksi tai estyy (Mikola 1957, Schmid 1961, Björkman 1961). Typpilannoituksella voidaan myös jatkaa kasvukautta, mutta samalla heikennetään taimien talvenkestävyyttä (Alde ja Herman 1971). Fosfori on esim. eräiden tärkeiden entsyymien koe-entsyymiosassa ja sitä tarvitaan runsaasti kasvupisteissa. Erityisen suuri merkitys fosforilla on juurille kylmässä maassa.

Kaliumilla on todettu olevan monissa suhteissa päinvastainen vaikutus kuin typpellä. Kaliumlannoituksella voidaan lyhentää kasvukautta ja siten jouduttaa talveentumista. Mm. Benzian (1966) on todennut kaliumlannoituksen lisäävän taimien pakkasenkestävyyttä. Christerssonin (1973) mukaan kalium alentaa solukkojen jäätympistettä ja parantaa taimien vesitaloutta. Sen haihdutusta vähentävä ja veden ottoa edistävä vaikutus johtuu lähinnä siitä, että se esiintyy kasveissa ionimuodossa ja siten kohottaa solujen os-

moottista painetta (Baule ja Fricker 1967).

Taimien kestävyydellä on erityisen suuri merkitys siellä, missä kasvukausi on lyhyt. Sopeutuminen johtaa mm. yhteyttämisen optimilämpötilan alenemiseen ja soluväkevyyden lisääntymiseen pohjoisissa olosuhteissa. Youngberg (1951) on todennut perintökijöiden aiheuttamien erojen eri alkuperää olevien kuusentaimien verso-juuri- ja absorptio-transpiraatio-suhteessa olleen jopa nelinkertaiset.

Suomessa tuotetaan nykyisin vuosittain n. 185 milj. metsäpuun tainta, joista noin neljännes on ns. paakkutaimia. Niistä kennotaimet ovat varsin laajasti käytettyjä. Ensimmäiset metsäpuun taimet kennotaimimenetelmällä kasvatettiin maassamme v. 1968. Vuosina 1969—1976 tuotettiin esim. metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunnan taimitarhoilla yhteensä 85 milj. kennotainta.

Laajasta käytöstä huolimatta paakkutaimien ja siten myös kennotaimien lannoituksesta on edelleen käytettävissä vain vähän tutkimustuloksia. Valtaasen (1971) mukaan männyn taimien juuri-versosuhde oli sitä suurempi mitä vähemmän taimet saivat lannoitteita. Westman (1976) on tutkinut ammonium-, nitraatti-, ja urea-lannoituksen vaikutusta männyn kennotaimien alkukehitykseen istutuksen jälkeen Etelä-Suomessa. Hän on todennut, että päätesilmun muodostuminen ja talveentuminen myöhästivät jonkin verran typpilannoituksen vaikutuksesta. Lannoituksella oli yleensä positiivinen vaikutus taimien eloonjäämiseen. Urea- ja nitraattityppellä lannoitettujen taimien kasvu oli vähäisempi kuin kontrollitaimien ja ammoniumtyppellä lannoitettujen. Myös Kanadassa on tutkittu viime vuosina jonkin verran kennotaimien lannoitusta sikäläisillä havupuulajeilla (Brix ja van den Driessche 1974).

Tällä tutkimuksella pyritään selvittämään typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen vaikutusta paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien morfologiseen kehitykseen, neulasten ja kasvualueen ravinnepitoisuuteen sekä mykorrhisoiden kehitykseen taimitarhalla Pohjois-Suomessa.

Tutkimuksen on suunnitellut Tuula Anttila yhdessä metsänhoitaja Jukka Valtasen kanssa. Hän on myös kerännyt aineiston ja laatinut luonnoksen käsikirjoitukseksi. Tekijät ovat yhteistyönä suun-

nilleet aineiston käsittelyn ja tulosten esittelyn. Erkki L ä h d e on laatinut lopullisen käsikirjoituksen. Metsähallinnon Imarin taimitarhan henkilökunta on auliisti avustanut tutkimuksen toteuttamisessa. Metsähallitus on vastannut aineiston keruuseen liittyvistä kustannuksista. Mykorrhisamääritykset tehtiin Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksella ja niitä koskeva tutkimuksen osa on laadittu prof. Peitsa Mikolan johdolla. Professorit Paavo Kallio ja Gustaf Sirén sekä tri Olavi Huuri ovat tarkastaneet käsikirjoituksen. Tekijät haluavat tässä yhteydessä esittää edellä mainituille ja muille työn onnistumiseen myönteisesti vaikuttaneille parhaat kiitoksensa.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ

Tutkimus tehtiin metsähallinnon Imarin taimitarhalla Rovaniemen kunnassa. Aineisto kerättiin vuosien 1969 ja 1970 aikana. Taimet kasvatettiin Fh 408-kennoissa. Kennon korkeus on 75 mm, läpimitta 38 mm ja tilavuus 70,4 ml. Niitä mahtuu neliömetrille 1 066 kpl.

Kennot täytettiin seoksella, joka sisälsi yhden kolmasosan vaaleaa, vähän maatumutta rahkaturvetta ja kolmanneksen kuorihumusta. Seoksen maatumisas- teeksi määritettiin H₄ von Postin luokituksen mukaan. Se peruslannoitettiin ennen täyttöö dolomiittikalkilla (4 kg/m²; CaO+MgO 37 %, MgO 10—11 %) ja Turpeen Super y-lannoksella (1,0 kg/m²). Y-lannoksen ravinnekoostumus on seuraava:

N 11,0 % Fe 0,9 % Cu 0,1 % Ca 0,2 % Na 0,06 %
P 11,5 » Mn 0,5 » B 0,1 » Mg 0,1 » S 5,8 »
K 18,3 » Zn 0,5 » Mo 0,1 »

Turvetutkimuslaitos Oy:n laboratorioissa tehtiin peruslannoitetusta seoksesta analyysi, jonka tulos oli seuraava:

pH	5,2	N	nitraatti	42 mg/l
johtoluku	4,6	P	helppoliukoinen	115 »
		K	vaihtuva	352 »
		Ca	vaihtuva	1 025 »
		Mg	vaihtuva	344 »

Kennoihin kylvettiin Kemin alkuperää olevaa männyn siementä, jonka itävyys oli 59 %. Kuhunkin kennoon kylvettiin 3 siementä. Siementen idätys ja taimien kasvatusta aloitettiin sorapohjaisessa muovihuoneessa 7. 5. 1969. Muovihuoneen pituus oli 100 m, leveys 7,5 m ja korkeus keskeltä 3,5 m. Muovi oli 0,2 mm paksuista kirkasta polyeteenikalvoa. Muovi poistettiin taimien päältä 20. 7. ja taimet talvehtivat seuraavan talven avomaalla.

Tutkittavaksi otettiin kolme pääravinnetta (N, P ja K), kutakin 4 tasoa (0—3). Joitakin 1 ja 3 tason ravinyhdistelmiä jätettiin kuitenkin pois ja mukaan otettiin vain edustavimmiksi katsotut yhdistelmät. Lannoituskäsittelyjä kertyi kaikkiaan 15. Taulukossa 1 esitetään kasvukauden aikana annettujen ravinteiden yhteismäärät eri käsittelyissä.

Typpi- ja kaliumlannoitus annettiin kuutena eränä ja fosforilannoitus viitenä eränä oheisen asetelman mukaisesti:

Taulukko 1. Lannoituskäsittelyt, niiden taso ja määrä.

Table 1. Fertilization treatments, their levels and fertilizer rates.

Käsittely, n:o Treatment	Lannoitustaso Level of fertilization N P K	g/m ²		
		N	P	K
1	0 0 0	0	0	0
2	2 0 0	30	0	0
3	0 2 0	0	25	0
4	0 0 2	0	0	30
5	2 2 0	30	25	0
6	2 0 2	30	0	30
7	0 2 2	0	25	30
8	2 2 2	30	25	30
9	3 1 1	90	8,3	10
10	1 3 1	10	75	10
11	1 1 3	10	8,3	90
12	3 3 1	90	75	10
13	3 1 3	90	8,3	90
14	1 3 3	10	75	90
15	3 3 3	90	75	90

6. 6. N	4. 7. N+P+K
15. 6. N+P+K	18. 7. N+P+K
19. 6. N+P+K	31. 7. K
27. 6. N+P+K	

Typpilannoitus annettiin Oulun salpietarina (25 % N), fosforilannoitus kaksoissuperfosfaattina (20,0 % P) ja kaliumlannoitus kaliumsulfaattina (41,5 % K).

Lannoituskäsittelyn merkintä esitetään kirjaimin ja lannoitustaso alaviitteen numerolla. Esim. N₂P₃K₀-erä sai kerralla 20 g/m² Oulun salpietaria (5 g/m² N) ja 20 g/m² kaksoissuperfosfaattia (5 g/m² P) (vrt. taulukko 1). Lannoitteet annettiin 1 % liuoksena. Taimet kasteltiin ennen lannoitusta ja välittömästi sen jälkeen.

Koeruudun muodosti 10 kennoarkkia eli 3 360 kennoa. Kukin käsittely oli neljänä toistona, joten

ruutuja kertyi 60 kpl ja kenoja kaikkiaan 201 600 kpl. Näytetaimet (20 kenoa/käsittely), joista määritettiin valtataimen verson pituus ja läpimitta, neulasten pituus, juuriston tiheys ja juuren kärkien määrä (vain 8 kenoa/käsittely), otettiin 8. 9. 1969.

Neulasanalyysejä varten näytteet (2 kpl/käsittely) otettiin 25. 9. 1969 ja kasvualueen analyysejä varten näytteet (1 kpl/käsittely) 28. 8. 1969. Verson ja juuriston kuivapainon ja juuriston mykoritsaisuuden määrittämistä varten näytetaimet (20 kenoa/käsittely) otettiin keväällä 1970 eli 12. 6. Yleensä kennotaimet istutetaan maastoon joko kylvövuoden syksyllä tai seuraavana keväänä.

Näytetaimet otettiin siten, että koeruudun suuruiseen muovikalvoon tehtiin satunnaisesti arpoen 20 reikää. Kennot, joihin reikiin läpi pistetyt puikot osuivat, otettiin näytteiksi. Kennoista valittiin tutkittavaksi valtataimi. Verson pituus mitattiin juurenniskasta päätesilmun kärkeen 1 mm tarkkuudella, verson läpimitta 1 cm juurenniskan yläpuolelta 0,1 mm tarkkuudella ja neulasten pituus yhdestä verson keskiosasta satunnaisesti otetusta neulasesta 0,1 mm tarkkuudella. Juuristo luokiteltiin silmävaraisesti kolmeen luokkaan: tiheä, keskitiheä ja harva.

3. TUTKIMUKSEN TULOKSET

31. Lannoituksen vaikutus taimien morfologiseen kehitykseen

Verson pituus ja läpimitta

N_2 -tasolla lannoitetut taimet olivat pisimpiä ja taimet, jotka eivät saaneet typpilannoitusta olivat lyhimpiä (kuva 1). Typen lisäksi tai ilman tyypeä annettu kalium- ja fosforilannoitus lisäsivät pituuskasvua sekä erikseen että yhdessä. Käsittelyjen välillä oli myös merkitseviä eroja (taulukko 2). 0- ja 2-tasoja erikseen verrattaessa on todettavissa, että kaikkien ravinteiden vaikutus erikseen annettuna oli merkitsevä. Voimakkain typpilannoitus (N_3 -taso) ei enää lisännyt taimien pituuskasvua (kuva 1), mutta merkitsi kuitenkin N_1 -tasoon verrattuna suurempaa kasvua.

Verson läpimittaan lannoituksella oli lähes samanlainen vaikutus kuin verson pituuteen (kuva 2 ja taulukko 2), mutta poikkeuksena oli se, että N_3 -tasolla lannoitettujen taimien verson läpimitta oli yleensä suurempi kuin muilla tasoilla lannoitettujen. Merkitsevyyserot eri käsittelyjen välillä olivat hyvin samantapaiset kuin verson pituudenkin osalta (taulukko 2), kuitenkin 2-tasolla myös typen ja fosforin yhteisvaikutus oli melkein merkitsevä.

Tulokset taimien neulasten pituuden osalta

Vastaavasti meneteltiin maanäytteiden otossa. Satunnaisesti otettiin käsittelyä kohti toistoittain 10 kenoa, joiden maa sekoitettiin ja toistot yhdistettiin yhdeksi analyysoitavaksi näytteeksi. Neulasnäytteet otettiin tasaisesti eri puolilta koeruutuja. Toistojen I ja II neulaset yhdistettiin ja samoin toistojen III ja IV neulaset. Ravinneanalyysejä tehtiin Turvetutkimuslaitos Oy:n laboratoriossa laitoksen standardimenetelmällä. Mykoritsat määritettiin Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksen laboratoriossa M i k o l a n (1965) esittämällä menetelmällä.

Tulosten laskennassa selvitetään varianssianalyysillä lannoituskäsittelyjen väliset tilastollisesti merkitsevät erot. Ravinteiden pää- ja yhteisvaikutusten selvittämiseksi tehtiin varianssianalyysi erikseen lannoitustasoille 0 ja 2. Keskiarvoja verrattiin Tukeyn testillä. Kuvissa 2, 6 ja 8 keskiarvot esitetään suuruusjärjestyksessä ja ne keskiarvot, joiden väliset erot eivät ole merkitseviä 95 % luotettavuudella, on yhdistetty viivalla. Kuvissa 1, 3, 4, 5 ja 9 käsittelyt esitetään typpilannoituksen mukaisessa järjestyksessä, sillä tyyppi vaikutti mitattuihin tunnuksiin voimakkaimmin. Taulukoissa merkintä 0 merkitsee, että luku on pienempi kuin 1.

olivat hyvin samanlaiset kuin taimien pituuden ja läpimitankin osalta (kuva 3, taulukko 2). Typen 0-tasolla vaikutti fosfori- ja kaliumlannoitus yhdessä neulasten pituutta lisäävästi. Kuten edellisten tunnuksen osalta parhaimman tuloksen antoi yhdistelmä $N_2P_2K_2$.

Verson ja juuriston kuivapaino, verso-juurisubde, juuren kärkien lukumäärä sekä juuriston tiheys

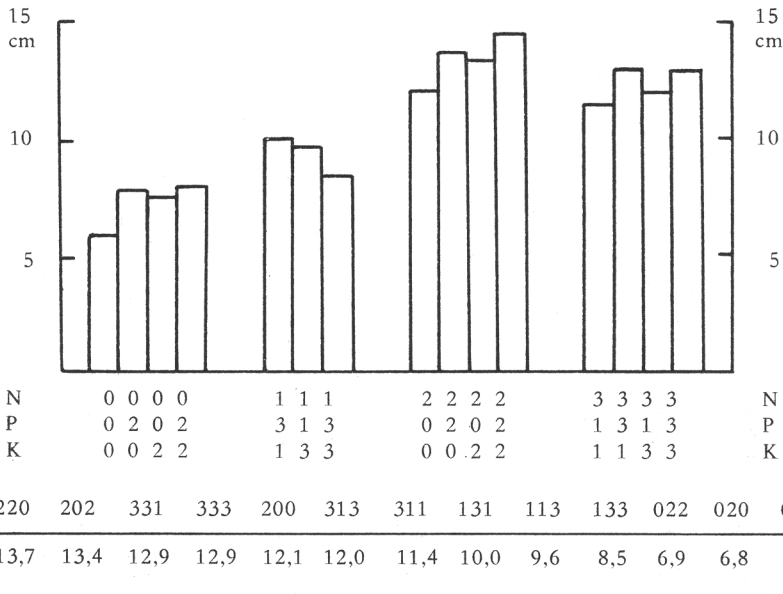
Verson kuivapainoon lannoitus vaikutti voimakkaammin kuin muihin versosta mitattuihin tunnuksiin (kuva 4). Lähes samalla tavoin lannoitus vaikutti myös juuriston kuivapainoon. Sekä verson että juuriston kuivapaino oli suurin $N_2P_0K_2$ - ja $N_3P_1K_3$ -lannoitustason taimilla. Verson ja neulasten pituuteen verrattuna $N_2P_2K_2$ -lannoitustason taimien kuivapaino oli poikkeuksellisen pieni. Typen lannoitustaso näytti ratkaisevan versojuurisuhteen suuruuden. Se suureni typpitasoa nostettaessa (kuva 4). Poikkeuksen muodosti voimakkain typpitaso, jossa kaliumlannoituksen voimistaminen suurensi em. suhdetta.

Juurten kärkien lukumäärä oli suurin N_0 - ja N_1 -tason lannoituksissa ja pienin, mutta samansuuruinen, N_2 - ja N_3 -tason lannoituksissa (kuva 5). Samoin juuristo oli tihein vähi-

Taulukko 2. Varianssianalyysit kuvissa 1—3 ja 5 esitetyille tuloksille taimien verson pituuden ja läpimitan, neulasten pituuden ja juurten kärkien määrän osalta.

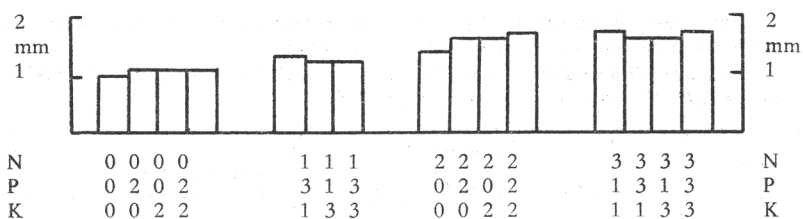
Table 2. Variance analysis for results presented in Figs. 1—3 and 5 with reference to the height and diameter of the shoot, length of needles and the number of root tips.

Vaihtelun lähde Source of variance	V.a. D.F.	Verso — Shoot		Neulasten pituus Length of needles	Juurten kärkien määrä Number of root tips
		Pituus — Height	Läpimitta — Diameter		
F-arvo — F-value					
Toistot — Replications	3	1,04	3,43*	2,02	6,20***
Käsittelyt — Treatments	14	39,91***	83,31***	16,28***	6,67**
Lannoitustasot 0 ja 2 — Level of fertilization 0 and 2					
Toistot — Replications	3	2,43	3,83	6,58**	3,77
N	1	552,00***	646,00***	145,00***	24,30***
P	1	13,50**	33,00***	6,50*	4,92*
NP	1	1,91	5,15*	0,	0,
K	1	6,90*	16,50***	0,63	3,39
NK	1	0,71	0,	0,	2,96
PK	1	0,	1,09	0,	0,
NPK	1	0,	0,	0,	0,



Kuva 1. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien pituus ja pituuden keskiarvot suuruusjärjestyksessä. Keskiarvot, joiden väliset erot eivät ole merkitseviä 95 % luotettavuudella, on yhdistetty viivoilla.

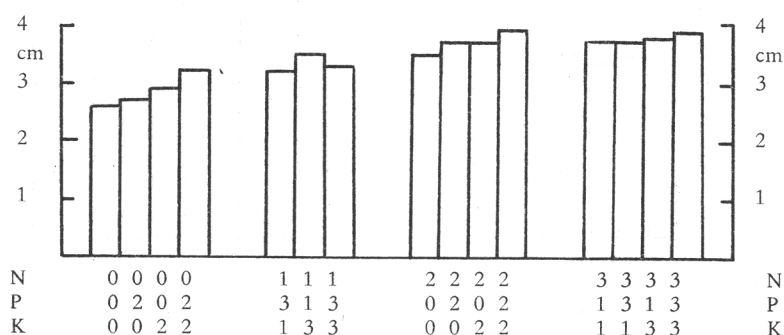
Figure 1. Height of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season and the mean heights in order. The mean values the differences of which are not significant with 95 % confidence are connected with lines.



NPK	222	333	311	220	313	331	202	200	131	133	113	022	002	020	000
\bar{X}	1,70	1,69	1,68	1,64	1,61	1,59	1,57	1,44	1,28	1,23	1,22	1,13	1,07	1,06	0,98

Kuva 2. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien verson läpimitta ja läpimitan keskiarvot suuruusjärjestyksessä. Keskiarvot, joiden väliset erot eivät ole merkitseviä 95 % luotettavuudella, on yhdistetty viivoilla.

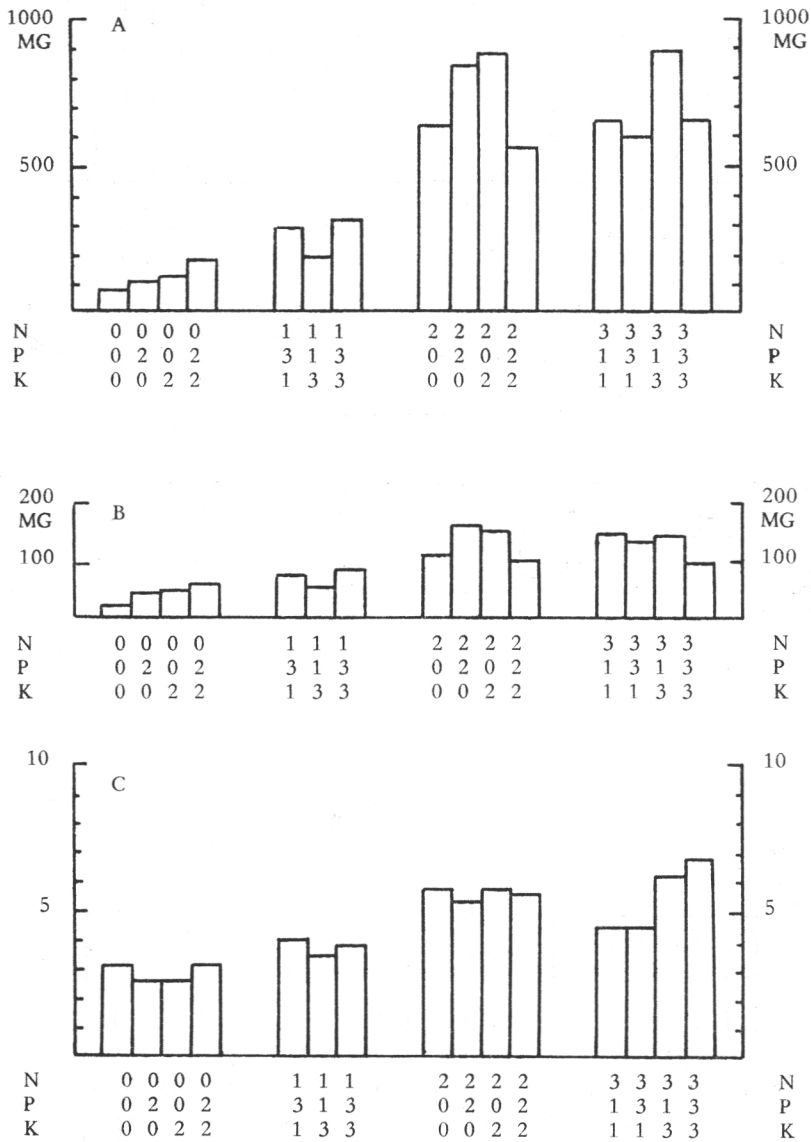
Figure 2. Shoot diameter of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season and the mean diameters in order. The mean values the differences of which are not significant with 95 % confidence are connected with lines.



NPK	222	333	313	331	202	311	220	200	113	133	131	022	002	020	000
\bar{X}	3,9	3,9	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,5	3,5	3,3	3,2	3,1	2,9	2,7	2,6

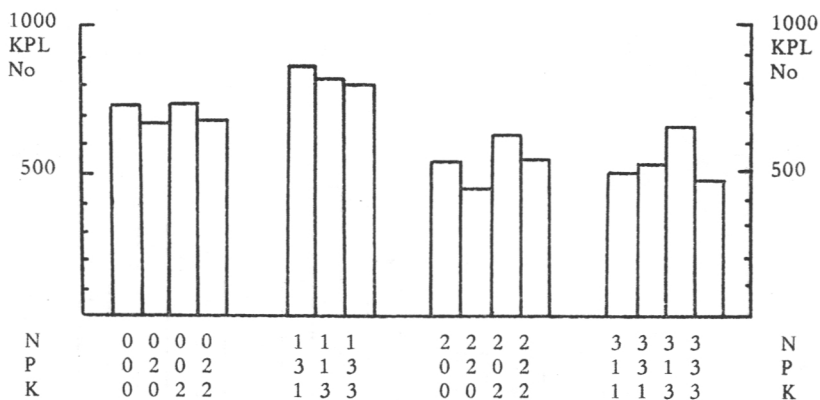
Kuva 3. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien neulasten pituus ja piteuden keskiarvot suuruusjärjestyksessä. Keskiarvot, joiden väliset erot eivät ole merkitseviä 95 % luotettavuudella, on yhdistetty viivoilla.

Figure 3. Needle length of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season and the mean lengths in order. The mean values the differences of which are not significant with 95 % confidence are connected with lines.



Kuva 4. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien version kuivapaino (A), juuriston kuivapaino (B) sekä version ja juuriston kuivapainon (C) suhde.

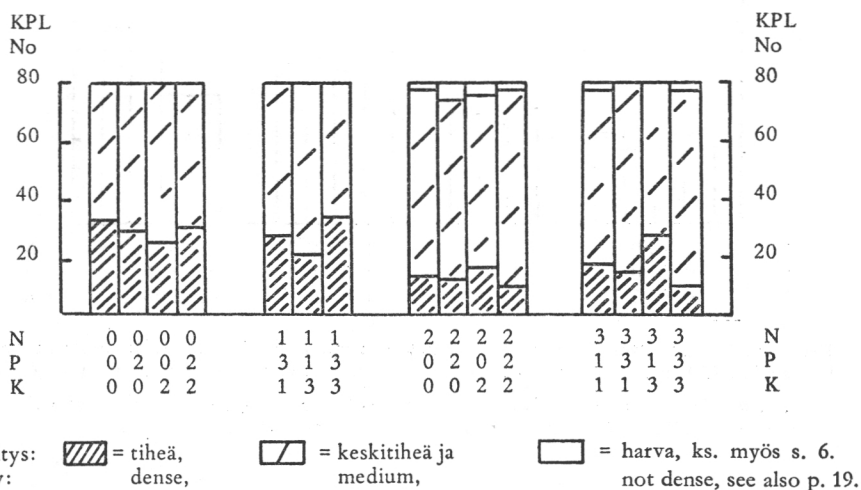
Figure 4. Dry weights of the shoot (A) and root system (B) and the dry weight ratio of the shoot and root system (C) of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season.



NPK	131	113	133	002	000	022	020	313	202	222	200	331	333	311	220
\bar{x}	866	817	785	737	730	668	666	655	620	576	538	517	461	439	428
															KPL

Kuva 5. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien juuren kärkien lukumäärä ja lukumäärän keskiarvot suuruusjärjestyksessä. Keskiarvot, joiden väliset erot eivät ole merkittäviä 95 % luotettavuudella, on yhdistetty viivalla.

Figure 5. Number of root tips of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season and the mean numbers in order. The mean values the differences of which are not significant with 95 % confidence are connected with lines.



Kuva 6. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen taimien juuriston tiheys.

Figure 6. Density of the root system of differently fertilized seedlings grown in a nursery for one growing season.

ten tyypeä saaneilla taimilla ja harvin eniten tyypeä saaneilla (kuva 6). Suurimmilla tyyppitasoilla kalilannoitus näytti jonkin verran lisäävän juurten kärkien määrää ja juuriston tiheyttä.

32. Lannoituksen vaikutus neulasten ja kasvualustan ravinnepitoisuuteen

Neulasten ravinnepitoisuus

Lannoituksen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen oli tilastomatemattisesti merkitsevä (taulukko 3). Kaikilla lannoitustasoilla typpilannoitus nosti neulasten sekä typpi-, fosfori- että kaliumpitoisuutta. Voimakkaimmin kohosi luonnollisesti typpipitoisuus (kuva 7). Typpilannoituksen ohella annettu fosfori- ja kaliumlannoitus sekä erikseen että yhdessä annettuna näytti tasoittaneen neulasten typpipitoisuuden kohoamista (kuva 7). Korkein neulasten typpipitoisuus eli lähes 3 % oli $N_2P_1K_1$ -tason lannoituksella ja pienin eli alle 1 % $N_0P_2K_2$ -tason lannoituksella.

Sekä typpi- että fosforilannoituksella oli neulasten fosforipitoisuutta lisäävä vaikutus (taulukko 3, kuva 8). Kaliumlannoituksella ei näyttänyt olleen vaikutusta neulasten fosforipitoisuuteen. Fosforipitoisuus vaihteli 0,19 ja 0,28 % välillä. Suurin fosforipitoisuus oli $N_1P_3K_1$ -tason lannoituksella ja pienin $N_0P_0K_2$ -tason lannoituksella.

Myös neulasten kaliumpitoisuuteen lannoitus vaikutti erittäin merkitsevästi (taulukko 3). Neulasten kaliumpitoisuus suureni suoraan viivaisesti nostettaessa kaliumtasoa lannoituksessa. Typpilannoitus yhdessä fosforilannoituksen kanssa sekä myös erikseen hidasti neulasten kaliumpitoisuuden kohoamista kaliumtasoa nostettaessa (kuva 9). Korkein kaliumpitoisuus, 1,75 %, oli $N_1P_1K_3$ -lannoitustason taimilla ja alhaisin, 0,69 %, oli $N_2P_2K_0$ -tason taimilla. Ero voimakkaimmin vaikuttavan ja muiden lannoitustasojen välillä oli merkitsevä 95 % luotettavuudella.

Neulasten värisävyjä vertailtaessa todettiin, että 0-typpitasolla lannoitettujen taimien neulaset olivat selvästi kloroottiset ja että vanhimmat neulaset kuihtuivat ja kuolivat. Myös 1-typpitason neulasten väri viittasi selvästi typen puutteeseen. Typpitason 2 neulaset olivat voimakkaan vihreät ja typpitason 3 neulaset erittäin tummanvihreät. Neulasten väissä ei havaittu fosforin tai kaliumin puutosoireita tai muita värieroja erisuuuisilla fosfori- ja kaliumlannoitustasoilla.

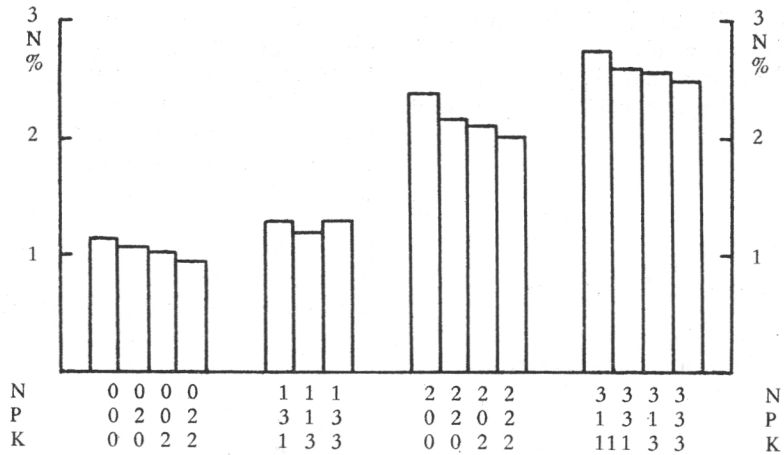
Kasvualustan ravinnepitoisuus

Kasvualustan happamuus vaihteli 5—6 pH-yksikön välillä (taulukko 4). Selvästi havaittavaa riippuvuutta eri lannoitustasojen välillä ei esiintynyt. Jonkin asteisena suuntauksena näytti olleen, että korkeilla kalium-

Taulukko 3. Varianssianalyysit kuvissa 7—9 esitetyille tuloksille taimien neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuden osalta.

Table 3. Variance analysis for results presented in Figs. 7—9 with reference to nitrogen, phosphorus and potassium contents of needles.

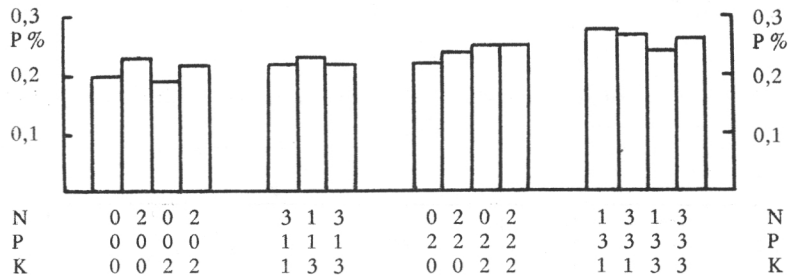
Vaihtelun lähde <i>Source of variance</i>	V.a. <i>D.F.</i>	Typpi <i>Nitrogen</i>	Fosfori <i>Phosphorus</i>	Kalium <i>Potassium</i>
			<i>F-arvo — F-value</i>	
Toistot — <i>Replications</i>	1	2,05	0,71	1,73
Käsittelyt — <i>Treatments</i>	14	122,87***	16,58***	53,15***
<i>Lannoitustasot 0 ja 2 — Levels of fertilization 0 and 2</i>				
Toistot — <i>Replications</i>	1	2,49	0,	2,88
N	1	489,00***	19,60**	520,00***
P	1	5,60*	36,00***	4,97
NP	1	0,	5,51	7,45*
K	1	106,60***	0,	485,00***
NK	1	0,	3,27	11,00*
PK	1	0,	8,21*	5,24
NPK	1	0,	1,70	11,00*



NPK	311	331	313	333	200	220	202	222	133	131	113	000	020	002	022
\bar{X}	2,75	2,58	2,55	2,48	2,38	2,14	2,10	2,01	1,31	1,30	1,19	1,15	1,07	1,03	0,95

Kuva 7. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien neulasten typpipitoisuus ja typpipitoisuuden keskiarvot suuruusjärjestyksessä. Keskiarvot, joiden väliset erot eivät ole merkitseviä 95 % luotettavuudella, on yhdistetty viivoilla.

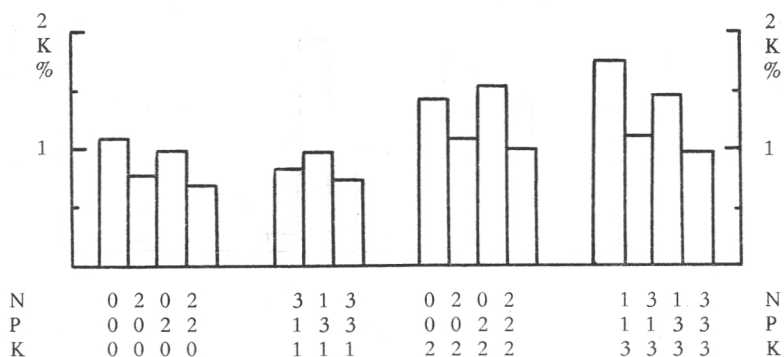
Figure 7. Nitrogen content of needles of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season and the mean values of nitrogen contents in order. The mean values the differences of which are not significant with 95 % confidence are connected with lines.



NPK	131	331	333	022	220	222	133	200	113	020	311	202	313	000	002
\bar{X}	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,19

Kuva 8. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien neulasten fosforipitoisuus ja fosforipitoisuuden keskiarvot suuruusjärjestyksessä. Keskiarvot, joiden väliset erot eivät ole merkitseviä 95 % luotettavuudella, on yhdistetty viivoilla.

Figure 8. Phosphorus content of needles of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season and the mean values of phosphorus contents in order. The mean values the differences of which are not significant with 95 % confidence are connected with lines.



NPK	113	022	133	002	313	000	202	020	131	222	333	311	200	331	220
\bar{X}	1,75	1,54	1,47	1,43	1,11	1,10	1,09	1,01	1,00	0,99	0,97	0,84	0,76	0,74	0,69

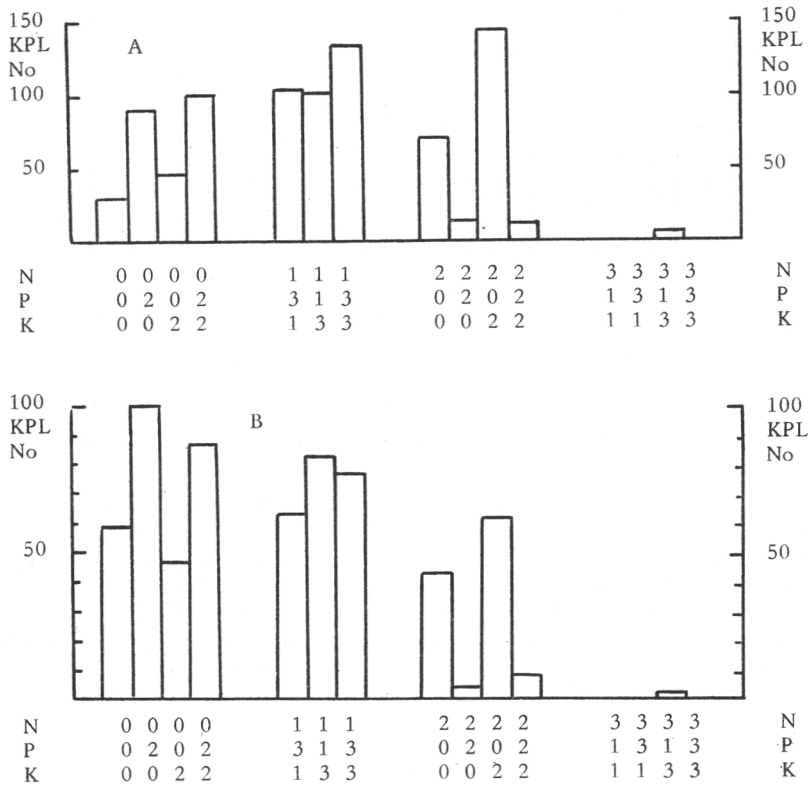
Kuva 9. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien neulasten kaliumpitoisuus ja kaliumpitoisuuden keskiarvot suuruusjärjestyksessä. Keskiarvot, joiden väliset erot eivät ole merkitseviä 95 % luotettavuudella, on yhdistetty viivoilla.

Figure 9. Potassium content of needles of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season and the mean values of potassium contents in order. The mean values the differences of which are not significant with 95 % confidence are connected with lines.

Taulukko 4. Kasvualustan happamuus, johtoluku ja ravinnepitoisuus eri lannoituskäsittelyissä.

Table 4. Electrical conductivity, pH of substrate and nutrient content in various fertilization treatments.

Käsittely Treatment NPK	pH	Johtoluku Electrical conductivity	N	P	K	Ca
			mg/l			
0 0 0	5,08	0,5	12	5	43	400
0 2 0	4,95	0,9	5	30	26	512
0 0 2	5,56	1,1	7	5	275	362
0 2 2	5,45	1,1	10	25	287	450
1 3 1	5,17	1,0	17	4	34	637
1 1 3	5,91	1,3	10	12	275	337
1 3 3	5,66	2,1	20	35	550	362
2 0 0	4,76	2,3	57	10	24	400
2 2 0	5,06	1,1	7	25	24	525
2 0 2	5,33	1,1	7	5	250	375
2 2 2	5,41	1,5	10	25	275	487
3 1 1	5,22	3,0	83	17	25	450
3 3 1	5,91	1,5	23	35	36	587
3 1 3	5,90	3,9	70	7	535	412
3 3 3	6,05	2,6	23	37	425	612



Kuva 10. Eri tavoin lannoitettujen yhden kasvukauden taimitarhalla kasvatettujen männyn taimien mykorritsojen määrä. A = dikotomisesti haarautuneiden lyhytjuurten lukumäärä tainta kohti ja B = juurigrammaa kohti.

Figure 10. Number of mycorrhizas of differently fertilized pine seedlings grown in a nursery for one growing season. A = number of dichotomously branched mycorrhizas per seedlings and B = per root gram.

tason lannoituksilla pH oli korkeampi kuin muilla lannoitustasoilla. Kasvualustan johtoluku suureni lannoitemääriä lisättäessä. Johtoluku oli pienin eli 0,5 N₀P₀K₀-tason lannoituksella ja korkein eli 3,9 N₃P₁K₃-tason lannoituksella. Lannoitustasojen nostaminen vaikutti selvästi kyseisten ravinteiden pitoisuuteen kasvualustassa. Pelkkä typen lisäys nosti kasvualustan N-pitoisuuden n. 10 mg/l:sta korkeimmalla typpitasolla 83 mg:aan/l. Vastaava vaikutusero oli pelkällä fosfori- tai kaliumlannoituksella kyseisten ravinteiden pitoisuuteen. Kaliumlannoitustason nosto sekä yksin että fosforitason noston yhteydessä suurensi kasvualustan kaliumpitoisuutta huomattavasti, suurimmillaan jopa yli 10 kertaisesti.

33. Lannoituksen vaikutus mykorritsojen kehitykseen

Lannoitus vaikutti voimakkaasti mykorritsojen määrään ja tiheyteen juurissa (kuva 10). Typen lannoitustason nostaminen 0:sta 1:een lisäsi mykorritsojen määrää, mutta nosto tasolle 3 jo esti niiden muodostumisen. Kaliumpitoisuuden nostaminen hidasti typen lannoitustason korottamisen vaikutusta. Eniten mykorritsoja oli sekä lukumääräisesti että massayksikköä kohti P₂- ja P₃-tasolla lannoitetuilla taimilla, kun typpitaso oli N₃-tasoa pienempi.

Kasvualusta oli mykorritsamuodostukselle edullinen. Vallitseva sieni oli sinkilällinen, ektotrofeja mykorritsoja muodostava laji. Ra-

vinteiden lisäys, erityisesti typen, suosi ektendotrofeja mykoritsoja muodostavaa lajia. Kaliumin lisäys taas suosi alkuperäistä ektotrofin mykoritsojen muodostajaa. Siksi ektotrofin mykoritsa oli yksinomainen tai vallitseva tyyppi käsittelyissä $N_0P_0K_0$, $N_0P_0K_2$, $N_0P_2K_2$ ja $N_1P_1K_3$, kun taas ektendotrofi mykoritsa oli vallitseva käsittelyissä $N_2P_0K_0$, $N_0P_2K_0$, $N_2P_0K_2$, $N_2P_2K_2$, $N_1P_3K_1$ ja $N_1P_3K_3$. Voimakkain tyypilannoitus, kuten jo edellä todettiin, esti mykoritsamuodostuksen miltei täysin.

Seuraavassa jaotelmassa mykoritsat kuvataan käsittelyittäin.

- $N_0P_0K_0$ Mykoritsat ektotrofeja, vaipallisia, ulkopuolisessa rihmastossa sinkilöitä.
- $N_0P_2K_0$ Kaikki dikotomiset lyhytjuuret voimakkaasti infektoituneita ohutvaippaisia tai vaipattomia ektendotrofeja mykoritsoja.
- $N_0P_0K_2$ Sekä ektotrofeja että ektendotrofeja mykoritsoja, ektotrofit vaipallisia, ulkopuolisessa rihmastossa sinkilöitä, ektendotrofit ohutvaippaisia tai vaipattomia.
- $N_0P_2K_2$ Vaipalliset ektotrofit mykoritsat vallitsevia, ulkopuolisessa rihmastossa sinkilöitä, myös ektendotrofia infektiota esiintyy.

- $N_1P_3K_1$ Lyhytjuurissa voimakas ektendotrofi infektiio.
- $N_1P_1K_3$ Vaipalliset ektotrofit mykoritsat vallitsevia, ulkopuolisessa rihmastossa sinkilöitä, myös ektendotrofia infektiota esiintyy.
- $N_1P_3K_3$ Lyhytjuurissa voimakas ektendotrofi infektiio.
- $N_2P_0K_0$ Pääosa dikotomisista lyhytjuurista melkein vaipattomia ektendotrofeja mykoritsoja, osa infektoitumattomia, juurikarvallisista.
- $N_2P_2K_0$ Kaikki dikotomiset lyhytjuuret voimakkaasti infektoituneita ektendotrofeja mykoritsoja.
- $N_2P_0K_2$ Voimakas ektendotrofi infektiio. Mykoritsat melkein vaipattomia, joidenkin lyhytjuurten kärkiossa melko pitkälle infektoitumaton, tyviosassa ektendotrofi infektiio.
- $N_2P_2K_2$ Osa lyhytjuurista infektoitumattomia, osa vaipattomia ektendotrofeja mykoritsoja.
- $N_3P_1K_1$ Mykoritsoja ei ole (Hartigin verkko puuttuu). Paikoin on pahkamaista vaippaa (Cenococcum), paikoin lyhytjuurien pinnalla löyhää rihmastoa, jossa ei sinkilöitä.
- $N_3P_3K_1$ Mykoritsaton.
- $N_3P_1K_3$ Muutamit dikotomiset lyhytjuuret ovat vaipallisia ektotrofeja mykoritsoja, pääosa lyhytjuurista infektoitumattomia.
- $N_3P_3K_3$ Mykoritsaton

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimuksen tulokset ovat olennaisilta osin yhdenmukaiset Ingestadin (1962) julkaisemien kanssa. Hän kasvatti männyn, kuusen ja koivun taimia kontrolloiduissa olosuhteissa ravintoliuoksissa, joissa pääravinteiden, typen, fosforin ja kaliumin, pitoisuus vaihteli seuraavasti: 0,005—450 ppm typpeä tai kaliumia sekä 0,002—180 ppm fosforia. Typen vaikutus kaikkiin mitattuihin tunnuksiin oli suurin. Verson kuivapaino oli suurin 150 ppm tyypipitoisuudessa. 450 ppm pitoisuus oli haitallisen korkea. Sitä vastoin juuriston kuivapaino oli suurin 5 ppm tyypipitoisuudessa. Hänen mukaansa neulasten ravinnepitoisuus sekä taimien kasvu ja kehitys korreloivat erittäin voimakkaasti keskenään ja neulasanalyysin käytölle metsäpuun taimien lannoitustarkkailussa on siten olemassa vahva fysiologinen perusta. Havupuiden neulaset soveltuvat kuivina ja hidaskasvuina erityisen hyvin neulasanalyysin kohteiksi. Muovihuoneessa, missä lämpötila ja kosteus eivät muodostu minimitekijöiksi, neulasten

ravinnepitoisuus antaa hyvän kuvan kasvualustan ravinnetilasta (Pustjärvi 1967).

Tässä tutkimuksessa verson kasvu oli suhteellisesti suurempi korkeammassa tyypipitoisuuksissa kuin juuriston. Ingestad (1962) esittää männyn neulasten optimityypipitoisuudeksi 2,4—3,0 %, Gast (1936) 3 %, Tam (1956) 2,0—2,5 % ja Pustjärvi (1965) 2,0 %. Tässä työssä käytetyllä N_2 -tasolla päästiin 2,01—2,38 perosentin tyypipitoisuuteen. Runsaimman tyypilannoituksen saaneiden taimien kasvualustassa oli syksyllä typpeä jäljellä n. 50 mg/l. Turvetutkimuslaitos Oy:n suositus NO_3 -typen määräksi turvealustalla on 100—150 mg/l. Nitraattimuodossa oleva typpi liikkuu veden mukana ja siten huuhtoutuu helposti. Kasvualustan liukoisien typen määrä laski eräässä Westmanin (1976) kokeessa 35 g/m² tyypilannoituksen jälkeen kuudessa viikossa ennen lannoitusta olleelle tasolle.

Myös fosforilannoitus vaikutti taimien kehitykseen selvästi, joskin huomattavasti

vähemmän kuin typpi. Kaikilla neljällä lannoitustasolla NP-lannoitus aiheutti voimakkaamman verson kasvun kuin pelkkä N-lannoitus. Edellä mainituissa Ingesta din (1962) kokeissa verson kasvu oli voimakainta, kun ravintoliuoksen fosforipitoisuus oli 20 ppm. Juuret kasvoivat voimakkaimmin 2 ppm fosforipitoisuudessa. Björkmannin (1954) ja Puustjärven (1963) mukaan fosforin haitalliset vaikutukset ilmenevät vasta hyvin suuressa fosforipitoisuudessa. Ingestad (1962) esittää neulasten optimipitoisuudeksi 0,15—0,9 % ja Puustjärvi (1965) 0,18 %. Tässä aineistossa jo P₀-tasolla neulasten fosforipitoisuus oli 0,19—0,25 %.

Helppoliukoisien fosforin määrä kasvualustassa oli kasvukauden lopulla kaikilla fosforitasoilla Turvetutkimuslaitos Oy:n suositusta, yli 50 mg/l, pienempi oli esim. P₃-tasolla n. 35 mg/l. Puustjärven (1973) mukaan fosfaattianionit saattavat happamassa (alle pH 6) kasvualustassa sitoutua vaikealiukoisiksi alumiini- ja rautafosfaateiksi. Turvemaassa saattaa jopa 95 % fosforimäärästä olla vaikeasti liukenevina orgaanisina yhdisteinä (Heikurainen 1960).

Kaliumlannoituksen vaikutus verson kehitykseen oli varsin vähäinen. Kuitenkin useissa tapauksissa yhdistelmä, jossa kalium oli mukana, johti voimakkaampaan verson kasvuun kuin lannoitus, jossa oli yksin typpeä tai fosforia tai molempia yhdessä. Kaliumlannoitus ei näyttänyt myöskään vaikuttaneen juuriston kuivapainoon eikä haarottuneisuuteen. Ingesta din (1962) tutkimuksessa suurin verson kuivapaino oli 50 ppm kaliumpitoisuudessa. 450 ppm pitoisuus hidasti verson kasvua. Hänen mukaansa männyn optimikaliumpitoisuus on 0,9—1,6 % ja Puustjärven (1965) mukaan 0,6—1,0 %. Käsillä olevassa tutkimuksessa kaliumpitoisuus vaihteli eri lannoitustasoilla 0,69—1,75 %. Se oli esim. K₂-tasolla 0,99—1,54 %. Kasvualustan vaihtuvan kaliumin määrä oli neljän viikon kuluttua kaliumlannoituksen päättymisestä K₃-tason lannoituksessa keskimäärin 446

mg/l ja K₂-tason 272 mg/l. Turvetutkimuslaitos Oy:n suositus on 250—350 mg/l.

Björkmannin (1956) ja Mikolan (1957) mukaan juuriston fysiologista tilaa ja mahdollisuuksia selviytyä alkuvaikeuksista istutuksen jälkeen osoittaa parhaiten mykoritsojen määrä. Männyn mykoritsat ovat yleensä ektotrofeja mykoritsoja, mutta vähemmän viljavilla, kuivilla ja varjoisilla kasvupaikoilla sekä voimakkaasti lannoitetuissa taimitarhoissa saattavat vallita ektendotrofit mykoritsat (Laiho ja Mikola 1964). Mykoritsat laajentavat juuriston ravinteita ottavaa pintaa ja niiden ravinteiden ottokyky on parempi kuin mykoritsattomien juurien (Björkmann 1961). Mykoritsaiset juuret myös hengittävät voimakkaammin (Lahde 1966) ja kestävät paremmin kuivuutta ja alhaista lämpötilaa kuin (Harley 1969) mykoritsattomat. Mykoritsamuodostus myös vähentää patogeenien mahdollisuutta infektoida juuristoa (Marx ja Barnett 1974).

Laihon ja Mikolan (1964) mukaan männyllä mykoritsojen kehitys taimitarhalla alkaa 3—4 viikon kuluttua siitä, kun ensimmäiset lyhytjuuret ovat muodostuneet. Mykoritsojen määrä lisääntyy tasaisesti ensimmäisenä kasvukautena. Hyvin voimakas mykoritsojen määrän lisääntyminen tapahtuu taimitarhalla toisen vuoden elo—syyskuussa.

Björkmannin (1961) mukaan ankara fosforin puute estää mykoritsojen muodostumisen, mutta kohtuullinen fosforin niukkuus on mykoritsamuodostukselle edullinen. Hatch (1937) on todennut, että infektiivöimakkuuden määräävät lähinnä taimien typpi- ja fosforipitoisuus ja että fosfori vaikuttaa siihen vähemmän kuin typpi. Fosfoirlannoitus ei tässä työssä vaikuttanut mykoritsojen määrää vähentävästi.

Kaliumlannoituksella ei ollut vaikutusta mykoritsojen määrään. Toisin kuin typen ja fosforin lisäys kaliumin lisäys suosi alkupeleistä ektotrofeja mykoritsoja muodostavaa sienilajia. Myös mm. Björkmann (1942) toteaa, että kaliumlannoitus ei vaikuta suuresti mykoritsojen kehitykseen.

5. YHDISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään typpi-, fosfori- ja kaliumlannoituksen vaikutusta paperikenoissa kasvatettujen männyn

taimien morfologiseen kehitykseen, neulasten ravinnepitoisuuteen ja mykoritsojen kehitykseen taimitarhalla. Taimien kasvatusta perus-

lannoitetulla turve- ja kuorihumusseoksella täytetyissä Fh 408-kennoissa aloitettiin 7. 5. 1969. Muovihuone purettiin taimien päältä 20. 7. Pintalannoitus tehtiin eri tasoilla 6. 6.—31. 7. välisenä aikana. Lannoituskäsittelyjen määrä oli 15 ja toistojen 4. Typpi, fosfori ja kalium vaihtelivat kukin neljällä tasolla.

Taimista määritettiin syksyllä kasvukauden päätyttyä verson pituus ja läpimitta, neulasten pituus, juuren kärkien määrä, neulasten sekä kasvualustan ravinnepitoisuus. Seuraavana keväänä (12. 6) otetuista näytteistä tutkittiin mykoritsat ja määritettiin verson ja juuriston kuivapaino.

Verson kehitykseen vaikutti eniten typpilannoitus. Verso oli sitä kookkaampi mitä runsaampi typpilannoitus oli. Typpitasojen 2 ja 3 välillä ei kuitenkaan ollut selvää eroa. Fosfori ja kalium vaikuttivat myös verson kasvua lisäävästi, mutta niiden vaikutus oli huomattavasti vähäisempi kuin typen.

Juuriston kuivapaino kasvoi jonkin verran typpilannoituksen lisääntyessä. Juuriston tiheyteen typpilannoituksella näyttää olleen

päinvastainen vaikutus. Fosforilla ja kaliumilla ei ollut vaikutusta juuriston kehitykseen. Verson ja juuriston kuivapainon suhde näyttää olleen sitä suurempi mitä runsaampi typpilannoitus oli.

Neulasten ravinnepitoisuus oli suoraan verrannollinen annetun ravinteiden määrään. Typpilannoituksen vaikutus oli selvin. Neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuus olivat kääntäen verrannolliset typpilannoituksen määrään. Kaikki edellä mainitut erot neulasten ravinnepitoisuudessa olivat tilastollisesti erittäin merkitsevät.

Mykoritsojen määrä oli sitä suurempi mitä vähemmän typpeä lannoituksessa käytettiin. Typpitaso 0 ja 1 olivat mykoritsamuodostukselle edullisimmat. Vallitseva mykoritsasieni oli sinkilällinen, ektotrofeja mykoritsoja muodostava laji. Ravinteiden lisäys, erityisesti typen, suosi ektendotrofien mykoritsojen muodostusta. Kaliumin lisäys suosi alkupe- räistä ektotrofien mykoritsojen muodostusta. Voimakkain typpilannoitus esti mykoritsamuodostuksen miltei täysin.

6. KIRJALLISUUS

- ALDEN, J. & HERMANN, R. 1971. Aspects of the cold hardiness mechanism in plants. *Bot. Rev.* 37: 37—142.
- BAULE, H. & FRICKER, K. 1967. Die Düngung von Waldbäumen. 260 s. München. Landwirtschaftsverlag.
- BENZIAN, B. 1966. Effects of nitrogen and potassium concentrations in conifer seedlings on frost damage. p. 58—59. Harpenden.
- BJÖRKMAN, E. 1942. Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. *Symb. Bot. Upsaliens.* 6 (2): 1—191.
- 1954. Betydelsen av gödsling i skogsträdsplantkolor för plantornas första utveckling i skogsmarken. *Norrl. Skogsv. Förb. Tidskr.*: 543—566.
- 1956. Über die Natur der Mykorrhizabildung unter besonderer Berücksichtigung der Waldbäume und die Anwendung in der forstlichen Praxis. *Forstwiss. Cbl.* 75: 257—512.
- 1961. The influence of ectotrophic mycorrhiza on the development of forest tree plants after planting. 15. IUFRO 13. Congress, 2 Teil, Band 1. Section 24—1. Wien.
- BRIX, H. & van den DRIESSCHE, R. 1974. Mineral nutrition of container. Containerized Forest Tree Seedlings Symposium. s. 77—84. Denver.
- CHRISTERSSON, L. 1973. The effect of inorganic nutrients on water economy and hardiness of conifers I. The effect of varying potassium, calcium and magnesium levels on water content, transpiration rate and the initial phase of development of frost hardiness of *Pinus silvestris* L. seedlings. *Stud. For. Suec.* 103: 1—23.
- GAST, P. 1936. Studies on the development of conifers in raw humus III. *Medd. Skogsförsöksanst.* 29: 587—589.
- HARLEY, J. L. 1969. The biology of mycorrhiza. 334 p. A plant science monograph. London.
- HATCH, J. 1937. The physical basis of mycotrophy in the genus *Pinus*. *Black Rock Forest Bulletin* 6: 1—168.
- HEIKURAINEN, L. 1960. Metsänojitus ja sen perusteet. 378 s. Porvoo. WSOY.
- INGESTAD, T. 1962. Macro element nutrition of pine, spruce and birch seedlings in nutrient solutions. *Medd. Stat. Skogsforskn. Inst.* 51 (7): 1—150.
- 1963. Gödslingens inverkan på skogsträdsplantornas tillväxt och typ i plantkolor. *Skogshögskolan. Inst. Skogsekologi. Rapp. Uppsats.* 2: 1—27.
- 1967. Methods for uniform optimum fertilization of forest tree plants. 14. IUFRO Congress München, *Papiers III. Section 22:* 265—269. Wien.
- JALKANEN, E. 1973. Kasvaako puusi? Tiedotuksia teollisuuden metsämiehille. 28 s. Helsinki. Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto.
- LAIHO, O. 1965. Further studies on the ectendotrophic mycorrhiza of pine. *Acta For. Fenn.* 79 (3): 1—35.
- & MIKOLA, P. 1964. Studies on the effect of some eradicants on mycorrhizal development in forest nurseries. *Seloste: Kasvinsuojeluaineiden vaikutus mykoritsain kehitykseen metsätaitarhoissa.* *Acta For. Fenn.* 77 (2): 1—34.
- LÄHDE, E. 1966. Studies on the respiration rate in the different parts of the root systems of pine and spruce seedlings and its variations during the growing season. *Acta For. Fenn.* 81 (8): 1—24.
- & OKSANEN, A. 1969. Morfologiset, gravimetriset ja fotometriset tunnuksat männyn taimien juuristojen kuvaajina. Summary: Morphological, gravimetric and photometric characteristics in describing of the root systems of pine transplants. *Silva Fenn.* 3 (4): 234—250.
- MARX, D. & BARNETT, J. 1974. Mycorrhizae and containerized forest tree seedlings. North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. p. 85—92. Denver.
- MIKOLA, P. 1957. Tutkimuksia taimitarhamaasta ja sen vaikutuksesta taimien kehitykseen. Summary: Studies on soil properties and seedling growth in Finnish forest nurseries. *Commun. Inst. For. Fenn.* 49 (2): 1—78.
- 1965. Studies on the ectendotrophic mycorrhiza of pine. *Acta For. Fenn.* 79 (2): 1—56.
- PUUSTJÄRVI, V. 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. *Metsätaloudellinen Aikauslehti* 1965.
- 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. 173 s. Helsinki. Turveteollisuusliitto r.y.
- SCHMIDT, H. 1961. Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen. 171 s. München. BLV Verlags Gesellschaft.
- TAMM, C. O. 1956. Studier över skogens näringsförhållanden III. Försök med tillförsell av växt-näringsämnen till ett skogsbestånd på mager sandmark. Summary: Studies on forest nutrition. III. The effects of supply of plant nutrients to a forest stand on a poor site. *Medd. Skogsforskn. Inst.* 46 (3): 1—75.
- VALTANEN, J. 1971. Kennotaimien kehitys taimitarhalla ensimmäisen kesän aikana. Esitietoja tutkimuksesta Imarin taimitarhalla 1970. 9 s. Pyhäkosken tutkimusasema.

- WESTMAN, C. J. 1976. Förrådsgödsling av rotade tallplantor med olika kvävegödselmedel. Summary: Fertilization of containerized Scots pine seedlings with different nitrogen fertilizers. *Silva Fenn.* 10 (4): 296–313.
- WILDE, S., VOIGT, G. & IYER, J. 1964. Soil and plant analysis for tree culture. 209 s. Jodhpur. Oxford Publishing House.
- YLI-VAKKURI, P., RÄSÄNEN, P. K. & HILLI, A. 1968. Taimien talvivarastoinnista ja sen vaikutuksesta taimien istutuskelpoisuuteen. Summary: Over-winter coldstorage and its effect on the field survival and growth of planted Scots pine. *Acta For. Fenn.* 88: 1–40.
- YOUNGBERG, C. 1951. Effect of origin and growth conditions of Norway spruce (*Picea exelsa*) on the chemical composition of seed and physiological characteristics of nursery stock. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 15: 376–379.

SUMMARY

This investigation aims at clarifying the effect of nitrogen phosphorus and potassium fertilization on the morphological development of pine seedlings grown in paper containers, the nutrient content of needles and the development of mycorrhizas in a nursery. The seedlings were grown in Fh 408 containers filled with basically fertilized peat and bark humus. The experiment began on 7th May, 1969, and the plastic house was removed on 20th July. Top-dressing was performed using various fertilization rates between 6th June and 31st July. There were 15 fertilization treatments and 4 replications. Nitrogen, phosphorus and potassium each had four levels of application (Table 1).

In the autumn, at the end of the growing season, the height and diameter of the shoot, the length of needles, the number of root tips and the nutrient content of both needles and substrate were determined. Samples taken the next spring (on 12th June) were examined for mycorrhizas and the dry weights of the shoot and root system determined.

The development of the shoot was most prominently affected by nitrogen fertilization. The shoot was the taller and thicker, the higher the rates of nitrogen were. There was, however, no clear difference between nitrogen levels 2 and 3 (Figs. 1 and 2, Table 2). Similarly, phosphorus and potassium enhanced the growth of the shoot and needles,

although their effect was considerably weaker than that of nitrogen (Fig. 3).

The dry weight of the root system increased to some extent with higher nitrogen application (Fig. 4). However, the density of the root system seems to have suffered from nitrogen fertilization (Fig. 6). Phosphorus and potassium affected in no way the development of the root system (Figs. 5 and 6). The dry weight ratio of the shoot and root system seems to grow with heavier nitrogen application (Fig. 4).

The nutrient content of needles was directly proportional to the amount of applied nutrient (Fig. 7). Nitrogen fertilization brought forth the clearest response. The phosphorus and potassium contents of needles were inversely proportional to the amount of nitrogen fertilization (Figs. 8 and 9). All the mentioned differences in the nutrient contents of needles were statistically very significant (Table 3).

The number of mycorrhizas increased with lower nitrogen rates (Fig. 10). Nitrogen levels 0 and 1 were the most beneficial to the formation of mycorrhizas. The dominant mycorrhizic fungus belonged to an ectotrophic mycorrhizas forming species with clamp connection. Nutrient application, especially that of nitrogen, favoured the formation of ectendotrophic mycorrhizas. The heaviest nitrogen application almost totally inhibited the formation of mycorrhizas.

ODC 237.4:232.322.41
ISBN 951-40-0281-4
ISSN 0015-5543

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.

The investigation deals with the effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the development of pine seedlings grown in paper containers, the nutrient content of needles and the development of mycorrhizas in a nursery after the first growing season.

Authors' addresses:

Lähde, E. The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

Anttila, T. (external researcher) Metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunta-konttori, Hallituskatu 3, SF-96100 Rovaniemi 10.

ODC 237.4:232.322.41
ISBN 951-40-0281-4
ISSN 0015-5543

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.

The investigation deals with the effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the development of pine seedlings grown in paper containers, the nutrient content of needles and the development of mycorrhizas in a nursery after the first growing season.

Authors' addresses:

Lähde, E. The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

Anttila, T. (external researcher) Metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunta-konttori, Hallituskatu 3, SF-96100 Rovaniemi 10.

ODC 237.4:232.322.41
ISBN 951-40-0281-4
ISSN 0015-5543

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.

The investigation deals with the effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the development of pine seedlings grown in paper containers, the nutrient content of needles and the development of mycorrhizas in a nursery after the first growing season.

Authors' addresses:

Lähde, E. The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

Anttila, T. (external researcher) Metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunta-konttori, Hallituskatu 3, SF-96100 Rovaniemi 10.

ODC 237.4:232.322.41
ISBN 951-40-0281-4
ISSN 0015-5543

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.

The investigation deals with the effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on the development of pine seedlings grown in paper containers, the nutrient content of needles and the development of mycorrhizas in a nursery after the first growing season.

Authors' addresses:

Lähde, E. The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.

Anttila, T. (external researcher) Metsähallinnon Perä-Pohjolan piirikunta-konttori, Hallituskatu 3, SF-96100 Rovaniemi 10.

- No 269 Heikki Seppälä: Metsäsektorin alueellinen merkitys Suomessa.
Regional importance of the forest sector in Finland.
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.
The role of the forest owners in logging roads construction.
- No 271 Pertti Elovirta: Metsätalouden työvoiman tarjonta Suomessa 1945—1974 ja ennuste vuosille 1975—1985.
Forest labour supply in Finland 1945—1974 and a forecast to years 1975—1985.
- No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä.
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps.
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.
Leaf-seasoning method in whole-tree logging.
- No 274 Kullervo Kuusela ja Sakari Salminen: Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973—74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala in 1973—74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975.
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultat från Skogsforskningsinstitutets företagsekonomiska forskningskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74.
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiihonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menetelmä.
Eine methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands.
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75.
- No 278 Heikki Juslin: Metsäalan toimihenkilöiden täydennyskoulutustarve.
The need for future education in forestry.
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs.
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch.
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects.
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976.
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun vioittajana sekä vioitusten sienisaastunta.
Cicadella viridis (L.) as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi.
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland.
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland.
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot.
Top form factors and unit volumes of birch logs.
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhaan lämpöolot muovihuoneessa ja avomaalla.
Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery.
- No 289 Lehikoinen, Tapio: Pohjois- ja Etelä-Suomen väliset kantohintaerot.
Stumpage price differences between Northern and Southern Finland.
- No 290 Heiskanen, Veijo: Tarkistetut havusahatukkien kuorelliset yksikkökuutioluvut.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs.
- 1977 No 291 Uusitalo, Matti: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74.
Costs of timber production in Finland in 1972—74.
- No 292 Hakkila, Pentti: Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Stumpwood as industrial raw material.
- No 293 Lehtonen, Irja: Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Wood as a fuel. A study based on literature.
- No 294 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia.
Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine).
- No 295 Metsätalastollinen vuosikirja 1975.
Yearbook of Forest Statistics 1975.
- No 296 Heiskanen, Veijo: Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuero.
Quality differences of timber between Southern and Northern Finland.
- No 297 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä.
Effect of spreading method on forest fertilization results.

- No 298 Vuokila, Yrjö: Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä.
Selective thinning from above as a factor of growth and yield.
- No 299 Vuokila, Yrjö: Hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukyvystä.
On the growth capacity of aspen stands on good sites.
- No 300 Paavilainen, Eero: Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levityssajan-
kohdasta turvemaalla.
Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on
peatlands.
- No 301 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Tukkien minimiläpimitalluokka
männnyllä 13 cm ja kuusella 13 ja 15 cm.
Massentafeln für Kiefern- und Fichtenblochholz. Mindestdurchmesserklassen der
Blöcher für Kiefer 13 cm und für Fichte 13 und 15 cm.
- No 302 Simola, Paavo: Pienikokoisen lehtipuuston biomassa.
The biomass of small-sized hardwood trees.
- No 303 Vuokila, Yrjö: Talvikkiyypin puuntuotannollinen asema metsätyyppijärjestelmässä.
Position of the Pyrola type in the forest site type system of Cajander.
- No 304 Puro, Tiina: Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta.
Results of the second fertilization with nitrogen.
- No 305 Virtanen, Jaakko & Ylinen, Mikko: Ojitusalueiden lentolannoitus.
Aerial spreading of fertilizers on peatlands.
- No 306 Astorga S., Luis E.: Effectuating possibilities of waste wood utilization in Finland.
Step 1.
Jätepuun käytön tehostamismahdollisuudet Suomessa. Osa 1.
- No 307 Kilkki, Pekka, Kuusela, Kullervo & Siitonen, Markku: Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-
Suomen piirimetsälautakuntien alueille.
Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland.
- No 308 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1974—76.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1974—76.
- No 309 Mäkelä, Markku: Hakkuutähteen ominaisuuksien muuttuminen.
Changes in the quality of logging residues.
- No 310 Harstela, Pertti, Järvinen, Juhani, Tervo, Leo & Aholainen, Raimo: Tutkimus eräistä
harvennushakkuumenetelmistä (Levälle teko ja LEKA-menetelmä).
The study of some short wood methods of cutting in thinnings (Cutting without
bunching and SCAPE method).
- No 311 Takalo, Sauli & Sauvala, Kari: Havaintoja metsurin suojainten kestävydestä ja sen
mittaamisesta.
Observations on the durability and testing of protective clothing for chain saw
workers.
- No 312 Leikola, Matti, Metsämuuronen, Markku, Räsänen, Pentti K. & Taimisto, Erkki:
Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967—1975.
The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975.
- No 313 Kolari, Kimmo, Paavilainen, Eero & Raitio, Hannu: Männyn juuristosuhteista Kivisuon
kasvuhäiriöalueella.
Pine root condition and growth disturbances.
- No 314 Anttila, Tuula & Lähde, Erkki: Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen
männyn taimien kehitykseen taimitarhassa.
Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery.