

FOLIA FORESTALIA 78

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1970

VEIKKO KOSKELA

HAVAINTOJA KUUSEN, MÄNNYN, RAUDUS-
KOIVUN JA SIPERIALAISEN LEHTIKUUSEN
HALLA- JA PAKKASKUIVUMISVAURIOISTA
KIVISUON METSÄNLANNOITUS-
KOEKENTÄLLÄ

ON THE OCCURRENCE OF VARIOUS FROST
DAMAGES ON NORWAY SPRUCE, SCOTS
PINE, SILVER BIRCH AND SIBERIAN LARCH
IN THE FOREST FERTILIZATION
EXPERIMENTAL AREA AT KIVISUO

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nrs. 1—18 are listed in the publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- 1966 No 19 Paavo Tiuhonen: Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
 No 20 Seppo Grönlund ja Juhani Kurikka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät vuosina 1962 ja 1964. Lopulliset tulokset.
 Removals of commercial roundwood in Finland by districts in 1962 and 1964. Final results. 4,—
 No 21 Kullervo Kuusela: Ålands skogar 1963—64. 2,—
 No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvuturpeen käytöstä männyn istutuksessa.
 Observations on the use of garden peat in Scots pine planting. 1,—
 No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskiläpimitan funktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.
 Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area. 1,—
 No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat.
 Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme. 1,—
 No 25 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1964 ja vuoden 1965 ennakkotiedot.
 Wood utilization in Finland in 1964 and preliminary data for the year 1965. 3,—
 No 26 Sampsa Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.
 Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66. 2,—
 No 27 Kullervo Kuusela: Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65. 3,—
- 1967 No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsänhoitolautakunnan soista ja metsäojitusalueista.
 Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas of four Forestry Board Districts in southern Finland. 3,—
 No 29 Seppo Ervasti, Esko Salo ja Pekka Tiililä: Kiinteistöjen raakapuun käytön tutkimus vuosina 1964—66.
 Real estates raw wood utilization survey in Finland in 1964—66. 2,—
 No 30 Sulo Väinänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.
 Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66. 1,—
 No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.
 The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands. 2,—
 No 32 Metsätilastoa. I Metsävaranto.
 Forest statistics of Finland. I Forest resources. 3,—
 No 33 Seppo Ervasti ja Esko Salo: Kiinteistöillä lämmön kehittämiseen käytetyt polttoaineet v. 1965.
 Fuels used by real estates for the generation of heat in 1965. 2,—
 No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.
 Growth and structure characteristic of cultivated spruce stands. 2,—
 No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotietoja vuodelta 1966.
 Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966. 4,—
 No 36 Eero Paavilainen — Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.
 Studies on the capillary rise of water in peat. 1,50
 No 37 Matti Heikinheimo — Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen polttoainevarastot talvella 1965/66.
 Fuel stocks of real estates in Finland in winter 1965/66. 2,—
- 1968 No 38 L. Runeberg: Förhållandet mellan driftsöverskott och beskattad inkomst vid skogsbeskattningen i Finland.
 The relationship between surplus and taxable income in forest taxation in Finland. 2,—
 No 39 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1966/67.
 Costs of timber production in Finland during the cutting season 1966/67. 2,—
 No 40 Jorma Sainio — Pentti Sorrola: Eri polttoaineet teollisuuden lämmön ja voiman sekä kiinteistöjen lämmön kehittämisessä vuonna 1965.
 Different fuels in the generation of industrial heat and power and in the generation of heat by real estates in 1965. 2,—
 No 41 Pentti Rikkinen: Havupaperipuiden kuorimishäviö VK-16 koneella kuorittaessa.
 The barking loss of coniferous pulpwood barked with VK-16 machines. 2,—
 No 42 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of E-Sa, E-Ka, I-Sa, P-Ka, P-Sa and K-S in 1966—67. 3,—
 No 43 Eero Paavilainen: Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta.
 On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. 2,—
 No 44 Lalli Laine: Kuplamörsky, (Rhizina undulata Fr.), uusi metsän tuhosieni maassamme Rhizina undulata Fr., a new forest disease in Finland. 1,—

Metsäntutkimuslaitos. Institutum forestale Fenniae. Helsinki 1970

Veikko Koskela

HAVAINTOJA KUUSEN, MÄNNYN, RAUDUSKOIVUN JA
SIPERIALAISEN LEHTIKUUSEN HALLA- JA PAKKAS-
KUIVUMISVAURIOISTA KIVISUON METSÄN-
LANNOITUSKOEKENTÄLLÄ

On the occurrence of various frost damages on Norway spruce,
Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest
fertilization experimental area at Kivisuo

Summary in English

ALKUSANAT

Metsitettäessä hallalle alttiita turvemaita kuusella on ainoa käyttökelpoinen menetelmä ollut suorittaa istutus verhopuuston alle. Avosoiden tultua yhä laajemmin metsäojituksen piiriin on kuusen viljelystä jouduttu näillä soilla lähes täysin luopumaan, koska verhopuuston kasvataminen ojitusalueelle ennen varsinaista metsänviljelyä olisi liian hankala ja hidas toimenpide nykyisen intensiivisen metsätalouden aikakautena.

Useiden varsinkin saksalaisten tutkimusten perusteella tiedetään, että sopivalla lannoituksella voidaan lisätä puiden hallankestävyyttä. Jotta saataisiin selville eri lannoitteilla ja lannoiteyhdistelmillä suoritettujen lannoituksen vaikutus taimien hallankestävyyteen, on metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto suorittanut kahden vuoden aikana paletumisinventointeja Kivisuon koekentällä paitsi kuusen

myös männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen osalta. Koska tutkimusaikana ei ole ollut pahoja kasvukauden aikaisia halloja, eivät saadut tulokset ole täysin yleistettäviä. Lannoituksen vaikutus kovien hallojen aikana jää myöhemmillä tutkimuksilla selvitettäväksi.

Professori OLAVI HUIKARI, maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatti KIMMO PAARLAHTI sekä filosofian lisensiaatti ANTTI REINKAINEN ovat antaneet asiantuntemuksellisia ohjeita ja neuvoja työn edistyessä. Valtiotieteen ylioppilas JAAKKO SIMPANEN on antanut ohjeita aineiston tilastomatemattista käsittelyä varten. Laskentatyöt on pääasiassa suorittanut filosofian ylioppilas TAPANI HOLOPAINEN. Professori RISTO SARVAS on lukenut alustavan käsikirjoituksen ja antanut hyviä ohjeita. Kaikille edellämäntuille henkilöille esitän parhaimmat kiitokseni.

Parkanossa marraskuun 12 päivänä 1969

Veikko Koskela

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	3
1. JOHDANTO	5
11. Paleltumisen fysiologiaa	5
12. Aikaisempia tutkimuksia	5
13. Tutkimustehtävän asettaminen	6
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	6
21. Puulajit ja niiden alkuperä	6
22. Käytetyt lannoitteet ja lannoitetasot	7
23. Koejärjestely	7
24. Vaurioiden luokittelu	7
25. Käytetyt tilastolliset menetelmät	9
26. Lämpötilahavainnot	10
3. TULOKSET	10
31. Lannoituksen vaikutus kasvukauden aikaisten hallojen aiheuttamien vaurioiden esiintymiseen	10
311. Kuusi	10
312. Mänty	12
313. Rauduskoivu	13
314. Siperialainen lehtikuusi	13
32. Lannoituksen vaikutus pakkaskuivumis- ja kevähallavaurioiden esiintymiseen	14
321. Kuusi	15
322. Mänty	17
323. Rauduskoivu	18
324. Siperialainen lehtikuusi	19
33. Muut hallankestävyyden eroja aiheuttaneet tekijät	20
34. Paleltumisvaurioiden vaikutus taimien pituuskasvuun paleltumista seuraavan kasvukauden aikana	20
4. TULOSTEN TARKASTELUA	21
41. Kasvukauden aikaisten hallavaurioiden ja pakkaskuivumis- ja kevähallavaurioiden vertailua	21
42. Puulajien vertailua	23
43. Tulosten merkitys käytännön lannoitustoiminnassa	23
KIRJALLISUUSLUETTELO	25

SUMMARY

The aim of the present study was to find out whether various fertilizers have any influence upon the occurrence of frost damages of different kinds in Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch. Moreover, the study was an attempt to solve the question whether plantations of the tree species in question can be successfully established on a peaty substrate without or under a poor nurse crop with the aid of proper fertilizer application.

The experimental area (Fig. 1) in which the observations on the frost damages were done was established at Kivisuo in 1962 when the conifers were planted and spot fertilization carried out. The silver birch was planted in the following year, and in this case, too, fertilizer was spread around the young trees planted. Measurements on the height growth and total height of the saplings were carried out in the fall of 1966 and, anew, in 1968. Data on the frost damages were collected in 1968 during the periods May 15–17 and August 21–23. The plantations of the study were under continuous observation from the beginning of May to the beginning of December, but only twice the occurrence of frosts gave reason for a large-scale inventory of damages. A more or less rough study of the same problem was done in 1967, and the results of this previous investigation were used to support those obtained in the present study.

With regard to their origin, the frost damages encountered were divided into two categories: those caused by winter or late frosts and those caused by frosts occurring during the growing season proper or immediately after it. Early frosts do not cause any damage to the plantations. Damages caused by the spring frost were of a more severe nature than those which appeared after the frost night of August 6–7.

The afore-mentioned categories of damages were both divided into five classes on the basis of the estimated seriousness of the damage in question on each separate occasion. Damages of the first class, i.e., those classified among

the lightest ones were encountered on leaves and needles. In needles they appeared as partial necrosis, whereas, in the leaves, they could be seen in the leaf's small size or reddish color. Damages of the second class were slightly worse. The needles of this class were completely necrotic, and for the part of silver birch and Siberian larch, the buds might partly have remained unopened. In spruce and pine, however, the terminal bud was always capable of development. In the third class, on the other hand, the buds of the upper parts of the saplings remained unopened or died even in spruce and pine. Damages of the fourth class were so severe that the whole sapling was killed. Table 10 presents the distribution of the damages occurring in various tree species on the basis of the above-presented classification.

Among the various tree species studied, spruce of Polish origin suffered most from winter and late frosts, while, on the other hand, silver birch and Siberian larch saplings showed only slight damages in the spring.

On the basis of the study the general conclusion might be drawn that potassium fertilization decreases damages caused by winter and late frosts (cf. Tables 4–8). Phosphorus fertilization, too, decreases damages, but not as clearly as potash fertilization. Nitrogen fertilization seems to slightly increase the occurrence of damages, but not to a statistically significant degree. With regard to the occurrence of frost damages in August (cf. Tables 1–3), fertilization was of almost similar influence; the effect of potassium and phosphorus fertilization was of nearly equal magnitude and their combined effect in some cases even almost significant statistically. On this occasion, too, nitrogen fertilization slightly increased the occurrence of damages.

The influence of potash and phosphorus fertilization on the occurrence of frost damages in various tree species was of different magnitude. The influence of potash was greater than that of other fertilizers on pine and do-

mestic spruce with regard to the decrease of the occurrence of winter and late-frost damages. For the part of silver birch and Polish spruce no statistical significance could be indicated for potassium fertilization.

On the occurrence of frost damages in August, the influence of fertilization was not as clear as in spring. Potash and phosphorus fertilization decreased the occurrence of damages of the most severe kind; on the other hand, however, damages of the slightest category occurred only in sample plots treated with the highest rates of phosphorus and potash fertilizers. From this the conclusion might be drawn that excess fertilizer application may be harmful in the end of the growing season, although, on the other hand, frost damages also appear where no fertilization has been carried out.

From a practical viewpoint, fertilization, according to the present study, is not able to improve the resistance to frost of trees to such an extent that this would be the main purpose of fertilization. On the other hand, however, the improvement of the physiological frost resistance of seedlings through fertilization adds to the possibilities of growing trees which are susceptible to frost on a peaty substrate. According to the study, proper fertilizer application from the viewpoint of growing seedlings gives also the best protection against frost. Consequently, the improvement of the seedlings' resistance to frosts must be considered one of the profits gained from fertilization, and this increases the total profitability of fertilizer application to peaty soils exposed to frosts.

1. JOHDANTO

11. Paleltumisen fysiologiaa

Elävien solujen paleltuminen tapahtuu fysiologisesti aivan samalla tavoin sekä metsäpuilla että muilla kasveilla. Paleltumisalttiuden eroja aiheuttavat lähinnä solun seinämien paksuuden ja veden läpäisevyyden sekä solunesteen väkyyden erot.

Aikaisemmin oletettiin sisällä olevan nesteen jääytymisen aiheuttavan solujen rikkoontumisen (SCHNELLE 1963). Nykyisen käsityksen mukaan paleltumistapahtuma alkaa solujen ulkopuolisena jäänmuodostumisena (R. CHAMBERS and H. P. HALE 1932, W. FUCHS und K. ROSENSTIEL 1941, I. MODLIBOWSKA and W. S. ROGERS 1955, G. W. SCARTH and J. LEVITT 1937, D. SIMINOVITCH and G. W. SCARTH 1938, J. LEVITT 1956, H. ULLRICH 1943, 1962 (ref. SCHNELLE 1963)). Pakkasen vaikutuksesta solujen välisessä tilassa vedestä muodostuu aluksi jääkiteitä. Tämä aiheuttaa vesihöyryn paineen laskemisen soluvälissä, jolloin uutta vettä imeytyy soluväleihin ja jäänmuodostuminen jatkuu. Jatkuva jääkiteiden kasvaminen pitää höyryn paineen niin alhaisena, että soluväleihin imeytyy vettä ympäröivistä

soluseinämistä, jotka kuivuvat. Tämän jälkeen alkaa vettä imeytyä ympärillä olevien solujen sisältä. Imeytymisen nopeus riippuu soluseinien paksuudesta ja läpäisevyydestä. Veden imeytyessä solusta sen nesteen osmoottinen arvo kasvaa ja solun kylmänkestävyys paranee.

Pakkasen jatkuessa kasvaa jääkiteiden koko soluväleissä sitä mukaa kun vettä imeytyy soluista. Jäämassan muodostuessa soluvälejä suuremmaksi se painaa soluja kasaan ja jos se kasvaa riittävän suureksi, solun seinät repeävät, ja protoplasman ulompi ketto vioittuu. Tällöin solun alkulima koaguloituu, josta on seurauksena solun kuoleminen (SCHNELLE 1963).

Lannoitus vaikuttaa hallankestävyyttä lisäävästi siten, että yksiarvoiset ionit lisäävät alkuliman permeabiliteettia ja estävät siten alkulimaa koaguloitumasta. Kaksi- tai useampiarvoiset ionit vaikuttavat päinvastoin (KROGSRUD 1969).

Paleltumisvaurioiden eriateisuus kasvaimissa riippuu kuolleiden solujen määrästä ja koko taimessa vaurioituneiden kasvainten määrästä.

12. Aikaisempia tutkimuksia

Tutkimuksia, joissa suoranaisesti käsitellään lannoituksen vaikutusta eri puulajien hallankestävyyteen, ei ole maassamme suoritettu ja muualtakin on vain hyvin niukasti tietoja tällaisista kokeista. Joidenkin kokeiden yhteydessä on kuitenkin tehty eräitä erillisiä havaintoja hallavaurioista lannoitetuissa taimistoissa.

Norjalainen BERGAN (1958) on tutkiessaan NPK-lannoituksen vaikutuksia todennut, että hallavaurioiden määrä on lisääntynyt käytettäessä suuria lannoitemääriä. BRÜNING (1959) puolestaan on saanut tulokseksi, että kalilannoitus lisää robinoiden hallankestävyyttä. Etelä-Ruotsissa pelloilla suoritetuissa lannoituskokeis-

sa on kalilannoitus osoittautunut eräissä tapauksissa ainoaksi keinoksi, jonka avulla kuusentaimet selviävät vähemmällä hallavaurioilla ja pystyvät vähitellen kasvamaan niistä huolimatta (BURGTORF 1968). Kotimaisista tutkijoista REINIKAINEN (1967) ja KURKELA (1965) ovat todenneet, että fosforin puute heikentää männyn taimien hallankestävyyttä. Kangasmäiden lannoituksen yhteydessä suoritettujen havaintojen perusteella VIRO (1966) mainitsee tutkimuksessaan, että kun halla ei ole ollut kovin voimakas, kali- ja kalkkilannoitukset ovat vähentäneet huomattavasti hallan aiheuttamia tuhoja, ja varsinkin lannoitteiden yhteisvaikutus on osoittautunut edulliseksi.

Väkilannoituksen vaikutusta hallankestävyyteen on useiden viljakasvien osalta tutkittu huomattavasti enemmän, mutta yhtenäisiä tuloksia ei viljakasvien osalta ole vielä saavutettu. Yleisesti on pääravinteiden (N, P, K) osalta havaittu seuraavia vaikutuksia: kali on lisännyt ja typpi vähentänyt hallankestävyyttä, kun taas fosfori on vaikuttanut eri tapauksissa eri tavoin, toisissa hallankestävyyttä lisäävästi ja toisissa sitä heikentävästi (VALMARI 1959).

13. Tutkimustehtävän asettaminen

Koska Kivisuon puulajikoe tarjoaa erinomaiset mahdollisuudet tutkia eri puulajien kehitystä lannoitetulla aukealla turvealustalla, otettiin tutkimukseen kuusen lisäksi mukaan myös mänty, rauduskoivu ja siperialainen lehtikuusi. Käyttäen tunnuksina erilaisia paleltumisasteita ja paleltumismääriä pyritään kentällä selvittämään eri lannoitteiden vaikutus taimien hallankestävyyteen. Tarkoituksena on lähinnä selvittää lannoitteiden erisuuntaiset vaikutukset sekä lisäksi positiivisesti vaikuttavien lannoitteiden osalta lannoituksella mahdollisesti käytännön

Pelsoisuuden hallakoeasemalla suoritetuissa kentäkokeissa on saatu tulokseksi, ettei erilaisten väkilannoitteiden käytöllä ole voitu todeta selvää vaikutusta ohran eikä kauran hallankestävyyteen. Kuitenkin tutkimuksissa suositellaan kokeiden antamien viitteiden perusteella, että hallanaroilla paikoilla varsinkin suoviljelyksillä on pidettävä huolta siitä, ettei kalin puutetta pääse syntymään (VALMARI 1959).

metsänviljelytyössä saavutettava etu taimien hallankestävyyden lisääntyessä. Käytännön merkitystä lannoituksella olisi jo silloin, jos joissakin tapauksissa voitaisiin lannoituksen avulla luopua verhopuuston käytöstä kuusitaimistoissa.

Tutkimuksessa ei pyritä selvittämään lannoituksen vaikutuksia fysiologisesti, vaan tarkastella asiaa käytännön kannalta. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimuksessa pyritään selvittämään kenttähavaintojen perusteella keskimääräiset erot hallavaurioiden määrässä ja laadussa erilaisen lannoituksen saaneilla koeruuduilla.

2. TUTKIMUKSEN AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

21. Puulajit ja niiden alkuperä

Kokeeseen valitut puulajit edustavat sekä Suomessa taloudellisesti tärkeitä että myös ulkolaisia puulajeja. Mukaan on otettu puolalasta alkuperää (Krakowin alueelta) oleva kuusi (*Picea abies*) sekä Suomessa paljon kangasmailla kokeiltu siperialainen lehtikuusi (*Larix sibirica*). Kotimaisia puulajeja edustavat kokeessa mänty (*Pinus silvestris*), kuusi (*Picea abies*) ja rauduskoivu (*Betula verrucosa*).

Koetta perustettaessa 8. 5.—3. 6. 1962 istutettiin neljä puulajia, nimittäin mänty (2 + 1), siperialainen lehtikuusi (2 + 1), suomalainen kuusi (2 + 2) ja puolalainen kuusi (2 + 2 + 1). Rauduskoivut istutettiin seuraavana keväänä 13.—18. 5. välisenä aikana. Niiden taimet olivat yksivuotiaita ja koulimattomia.

Männyn siemen oli kotoisin Itä-Hämeestä ja taimet on kasvatettu Ravikon Tl. ja Oitin taimi-

tarhoilla. Suomalaisen kuusen siemen on Etelä-Karjalasta ja taimet on kasvatettu myös Oitin taimitarhalla. Puolalaisen kuusen siemen on Krakowin alueelta Puolasta, jossa siemen on kerätty noin 700—800 metriä merenpinnan yläpuolelta. Taimet on kasvatettu Vanajan taimitarhalla. Siperialaisen lehtikuusen siemen on Neuvostoliitosta Altain alueelta, ja taimet on kasvatettu Haapastensyrjän taimitarhalla. Rauduskoivun siemen on Kivisuota etelämpää, Lohjalta, ja taimet on kasvatettu Haapastensyrjän taimitarhalla.

Mäntykoaloilla jouduttiin alkuperäisen taimiaineksen heikkoudesta johtuen suorittamaan täydennysistutus 13. 5. 1964. Täydennyksenä käytetty taimiaineksen on kasvatettu Oitin taimitarhalla ja siemenen kasvupaikka on Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alue.

22. Käytetyt lannoitteet ja lannoitetasot

Tutkimukseen otetussa kokeen pääosassa on NPK-lannoituksen vaikutusta selvittelevässä osassa käytetty seuraavia lannoitteita: typpi-lannoitteena on käytetty kalkkiammonsalpietaria (25 % N), fosforilannoitteena superfosfaattia (19 % P_2O_5) ja kalilannoitteena kalisuolaa (50 % K_2O).

Käytetyt lannoitemäärät ovat seuraavat:

kalkkiammon-	O-taso, 200 kg/ha, 400 kg/ha
salpietari	
superfosfaatti	” , 350 ” , 700 ”
kalisuola	” , 100 ” , 200 ”

Näistä muodostuu lannoiteyhdistelmiä seuraavasti: N, P, K, NP, NK, PK ja NPK. Näistä ja lannoittamattomista koealoista muodostuu yhteensä 27 erilaisen lannoituskäsittelyn saanutta koejäsentä.

Kaikki lannoitukset ovat laikkulannoituksia 0,25 m² alueelle taimen ympärille. Kesäkuussa 1966 on lannoitus uusittu hajalannoituksena. Tällöin ovat koealojen saamat lannoitemäärät lannoitettua pinta-alayksikköä kohti olleet samat kuin laikkulannoituksessakin on käytetty.

23. Koejärjestely

Koetta perustettaessa on erilaisen lannoitus-käsittelyn saaneet koeruudut arvottu sijoituk-seltaan. Eri puulajit on sijoitettu omina koe-aloinaan saman lannoituskäsittelyn saaneelle alueelle aina samassa järjestyksessä, joka on arvottu. Jos tämä järjestys olisi jokaisessa ta-pauksessa erikseen arvottu, olisivat saatavat aineistot erittäin hyvin tilastollisten vaatimusten mukaisia. Kuitenkaan, koska koealat ovat pe-räkkäin ja numerointi jatkuu edellisen saran päästä viereistä sarkaa takaisin juoksevasti, ei mikään puulaji ole jatkuvasti esim. veden lasku-suunnan suhteen muita puulajeja edullisemmas-sa asemassa. Puulajien järjestys on rauduskoivu, siperialainen lehtikuusi, mänty, puolalaista al-kuperää oleva kuusi ja kotimainen kuusi. Tästä järjestyksestä johtuen suomalainen kuusi ja rauduskoivu joutuvat aina rajoittumaan lannoitta-mattomaan alueeseen, ja reunimmaisten yksi-löiden juuret leviävät sinne eri tavoin kuin muu-toin koeruudun sisällä. Koska taimet ovat vielä pieniä, ei ole katsottu aiheelliseksi ottaa tätä huomioon koetuloksia laskettaessa, mutta myö-hemmin taimien kasvettua, on syytä jättää näistä puulajeista reunimmaiset yksilöt mittaust-en ulkopuolelle.

Tutkimukseen on otettu mukaan kaikkiaan 270 ruutua, joilta kaikilta on tehty havainnot. Koeruudut 601–870 muodostavat täydellisen kerran toistetun NPK-sarjan. Koeruutujen si-jainti selviää kuvasta 1.

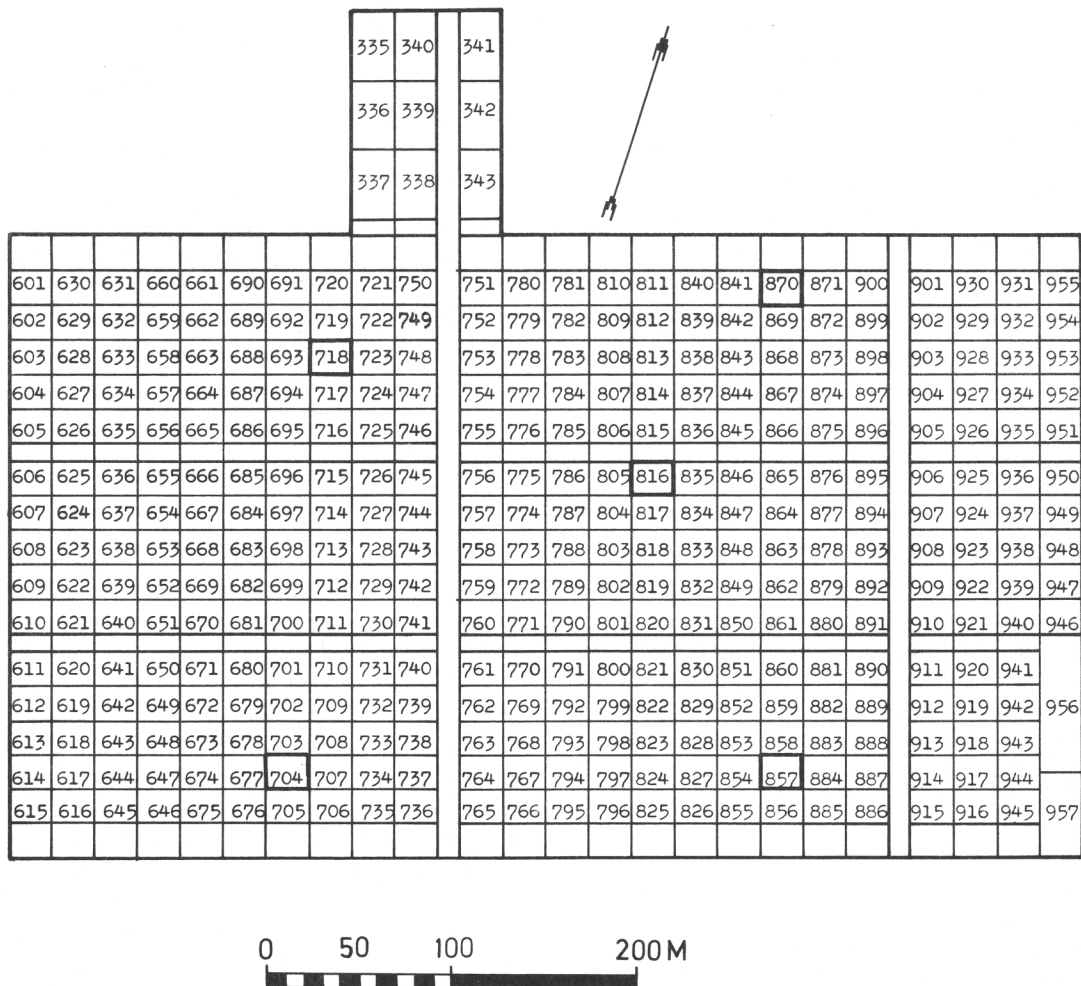
Tutkimusaineisto muodostuu pituusmittaus-ten osalta syksyllä 1966 ja 1968 suoritetuista pituuskasvu- ja kokonaispituusmittauksista. In-ventoinnit paleltumisvaurioista on suoritettu laajamittaisesti toukokuussa vuonna 1968 ja saman kesän elokuussa noin kaksi viikkoa halla-yön jälkeen. Lisäksi on tutkimuksessa käytetty hyväksi edellisen vuoden kesäkuussa suoritetun hallavaurioinventoinnin tuloksia.

Sekä pituusmittaukset että paleltumien in-ventoinnit on suoritettu jokaiselta koeruudulta joka kolmannelta elävästä taimesta. Täten kul-takin koealalta on inventoitu noin 30 tainta ja kunkin puulajin taimia on siten kaikkiaan in-ventoitu yli 1500 kpl. Kuolleet taimet on jä-tetty mittausten ulkopuolelle siitä syystä, ettei niistä kaikista voitu määrittellä syytä, miksi taimi oli kuollut.

24. Vaurioiden luokittelu

Pääosan aineistosta muodostavat keväällä ja kesällä 1968 suoritettujen inventointien antamat tulokset. Näiden tukena on käytetty edelli-sen kesän aikana suoritetun alustavan tutkimuk-sen tuloksia, jossa aineisto oli kunkin puulajin

kohdalla täysin luokittelematonta. Siinä ei siis ollut eroteltu kasvukauden aikaisten hallojen vaurioita pakkas- tai kevähallavaurioista eikä näistä eri vaikeusasteita.



Kuva 1. Kivisuon koekentän puulajikoe. Koealat, joilla on tehty lämpötilahavainnoja on merkitty karttaan vahvennettuna.

Fig. 1. The experiment on the effect of fertilization on various tree species at Kivisuo. Sample plots in which temperatures were measured are indicated by heavy border lines in the map.

Vuonna 1968 suoritettavia inventointeja varten suoritettiin paleltumisvaurioiden jako ja luokitus mahdollisimman selväpiirteisesti. Koska ensimmäinen mahdollisuus vaurioiden inventointiin oli vasta toukokuussa, ei pakkaskuivumis- ja kevähallavaurioita katsottu voitavan kaikkien puulajien osalta riittävän kiistattomasti erottaa toisistaan ja siksi päädyttiin siihen, että ne käsitellään yhtenä kokonaisuutena, josta käytetään nimitystä ryhmä I. Toisen laajan kokonaisuuden muodostavat kasvukauden aikaiset paleltumisvauriot ja niistä käytetään nimitystä ryhmä II. Syyshallojen ei todettu aiheuttaneen paleltumia ainakaan siten, että ne olisivat ilmenneet ennen talven tuloa.

Kaikki kuusen ja männyn osalta keväällä havaittavat vauriot, joissa silmu on kehityskelpoinen, ovat pakkaskuivumisvaurioita. Sellaisia tapauksia, joissa myös silmu olisi vaurioitunut, ei inventoinneissa näiden puulajien osalta esiintynyt. Samantyyppisiä vaurioita on BÄRRING (1967) tutkinut peltoviljelysten yhteydessä Ruotsissa. Hän käyttää näistä nimitystä "värvinterskador". Hän ei ole kuitenkaan selvitetty lannoituksen ja näiden vaurioiden riippuvuuksia. BÄRRING on jakanut vauriot eri luokkiin elävän neulasmassan mukaan. Vaurioituneisuuden tunnuslukuna hän on käyttänyt eri luokkien mukaisesti vaurioituneiden taimien prosentuaalista esiintymistä koeruudun kaikista taimista.

Elävän neulasmassan käyttö luokitusperusteena ei tässä tutkimuksessa ollut mahdollista monestakaan syystä. Tärkein syy oli, että Kivisuolla pakkaskuivuminen tapahtui maan vielä ollessa lumen peitossa ja taimista oli hyvin vaihtelevan suuri osa lumenpinnan yläpuolella. Etelä-Ruotissa vauriot syntyivät lumien sulettua, mutta maan ollessa kuitenkin vielä roudassa.

Ennalta suunniteltujen ja maastossa tarkistettujen perusteiden mukaan päädyttiin tutkimuksessa seuraavanlaiseen paleltumisvaurioiden luokitteluun.

Ryhmä I

Vaurioiden inventointi keväällä lehtien puhjetta.

Rauduskoivu ja siperialainen lehtikuusi

Luokka 1 Latvakasvaimen ja mahdollisesti ylimpien oksankärkien lehdet tai neulaset pienet ja punertavat.

Luokka 2 Puolet latvakasvaimen ja mahdollisesti ylimpien oksankärkien silmuista jäänyt puhkeamatta ja puhjonneet lehdet tai neulaset pieniä ja punertavia.

Luokka 3 Latvakasvaimen ja mahdollisesti ylimpien oksankärkien silmut jääneet puhkeamatta.

Luokka 4 Kaikki taimen silmut jääneet puhkeamatta.

Kuusi ja mänty

Luokka 1 Edellisen vuoden latvakasvaimen neulasissa kärkinekroosia.

Luokka 2 Edellisen vuoden latvakasvaimen neulaset kokonaan nekroottisia, mutta latvasilmu kehityskelpoinen.

Luokka 3 Edellisen vuoden latvakasvain kokonaan nekroottinen ja latvasilmu kuollut.

Luokka 4 Kaikki taimen neulaset nekroottisia ja silmut kuolleet.

Ryhmä II

Paleltumisen inventointi kasvukauden aikana tai välittömästi sen päättymisen jälkeen.

Siperialainen lehtikuusi

Luokka 1 Latvakasvaimen ja mahdollisesti ylimpien oksankärkien neulaset osittain ruskettuneet.

Luokka 2 Latvakasvaimen ja mahdollisesti ylimpien oksankärkien neulaset kokonaan ruskettuneet.

Luokka 3 Latvakasvain taipunut ja lisäksi sen ja mahdollisesti ylimpien oksankärkien neulaset kokonaan ruskettuneet.

Luokka 4 Kaikki taimen kasvaimet taipuneet ja neulaset ruskettuneet.

Kuusi ja mänty

Luokka 1 Saman vuoden neulaset latvakasvaimissa ja mahdollisesti ylimmissä oksankärjissä violetinruskehtavia ja myöhemmin ruskeita kärjistään

Luokka 2 Latvakasvaimen ja mahdollisesti ylimpien oksankärkien neulaset kokonaan violetinruskehtavia ja myöhemmin ruskeita.

Luokka 3 Latvakasvain taipunut ja sen ja mahdollisesti ylimpien oksankärkien neulaset kokonaan violetinruskehtavia ja myöhemmin ruskeita.

Luokka 4 Kaikki kasvaimet taipuneet ja neulaset violetinruskehtavia ja myöhemmin ruskeita.

25. Käytetyt tilastolliset menetelmät

Aineiston käsittelyssä on käytetty pääasiassa Valtion Tietokonekeskuksen kirjasto-ohjelmana olevaa kovarianssianalyysiä. Tätä käsittelyä varten on prosentteina saadut mittatulokset muunnettu arcsin-transformaatiolla (SNEDEGOR, 1956). Laskennassa ovat lannoituksessa

käytetyt typpi-, kali- ja fosforimäärät olleet luokittelutekijöinä. Regressiomuuttujina ovat olleet taimien kokonaispituus ja kuusen taimien osalta verhopuustoa kuvaava koodi. Osa aineistosta on myös laskettu varianssianalyysiä käyttäen (COCHRAN, W. C. — COX, G. M., 1957).

Paleltumisvaurioiden vaikutusta pituuskasvuun on tutkittu regressioanalyysillä, joka on Valtion Tietokonekeskuksen kirjasto-ohjelma. Selittäjinä on käytetty suoritettuja lannoituksia ja paleltuneiden taimien prosenttisia määriä transformoituina.

Kaikki esitetyt korrelaatiot on myös laskettu Valtion Tietokonekeskuksessa. Ohjelmana on ollut täydellistä aineistoa varten laadittu kirjasto-ohjelma KORMX.

26. Lämpötilahavainnot

Lämpötilamittaukset koekentällä aloitettiin vuoden 1968 keväällä 30. 4., jolloin koeruudulle numero 870 (vrt. kuva 1) sijoitettiin termohygrograafi. Se sijoitettiin säähavaintokoppiin, jossa mittarin korkeus oli normaalista mittauskorkeudesta poiketen puoli metriä maanpinnan yläpuolella. Näin meneteltiin siitä syystä, että hallanarimpien puulajien taimien latvakasvaimet olivat keskimäärin sillä korkeudella.

Termohygrograafin lisäksi sijoitettiin eri puolille koekenttää (ruuduille n:o 870, 857, 816, 718 ja 704) maksimi-minimilämpömittareita ja kuhunkin mittauskohteeseen lisäksi maalämpömittari, jolla mitattiin maan lämpötilaa kymmenen senttimetrin syvyydestä. Maksimi-minimilämpömittareita sijoitettiin kullekin koeruudulle seuraaville korkeuksille: 0 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm ja 150 cm. Koeruudulle 870 sijoitettiin näiden lisäksi vielä samanlaiset mittarit 80 cm:n ja 200 cm:n korkeuksille. Kaikista mittareista merkittiin minimilämpötilalukemat havaintokirjaan joka aamu.

Suurin osa mittareista meni kesän aikana

Tulokset on esitetty transformoimattomasta perusaineistosta lasketuissa ns. kahden suunnan taulukoissa. Taulukoita tarkasteltaessa on muistettava, ettei niistä ole vähennetty kokonaispituuden vaikutusta, vaan se sisältyy yleensä fosforilannoituksen aiheuttamaan vaurioita vähentävään muutokseen. Taulukoiden yhteydessä on kuitenkin erikseen mainittu, jos kokonaispituudella on ollut merkitsevä vaikutus.

epäkuntoon, joten maksimi-minimilämpömittareilla saadut havainnot ovat epäluotettavia ja puutteellisia eikä niitä sen vuoksi juuri voida käyttää.

Mittauksissa havaittiin kuitenkin, että eri koeruuduilla minimilämpötilat eivät havaittavasti poikenneet toisistaan. Eri korkeuksilla maanpinnasta laskien esiintyi sen sijaan pientä minimilämpötilojen vaihtelua. Kylmin ilmakerros hallaöinä oli noin 50–100 cm korkeudella maanpinnasta, mutta ero kylmimmän ja lämpimimpien ilmakerrosten välillä oli alle 1°C. Tämä karkeahko mittaus osoittaa siis samanlaista lämpötilan vaihtelua korkeussuunnassa, johon LEIKOLA ja PYLKKÖ (1969) ovat päätyneet avoimella paikalla tekemissään lämpötilamittauksissa.

Kuvassa 2 on esitetty eri vuorokausien minimilämpötilat Kivisuolla kesän 1968 aikana. Piirros on tehty termohygrograafihavainnoista poimittujen minimilämpötilarekisteröintien mukaan.

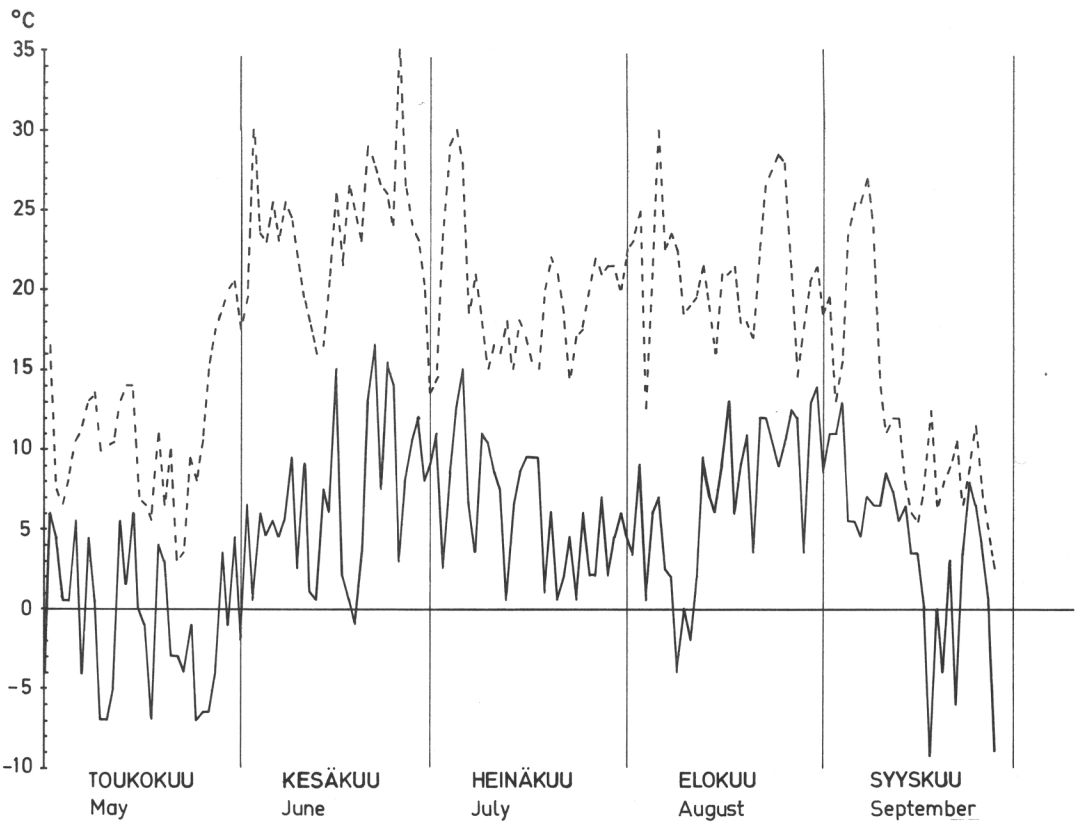
3. TULOKSET

31. Lannoituksen vaikutus kasvukauden aikaisten hallowien aiheuttamien vaurioiden esiintymiseen.

311. Kuusi

Ainoa kasvukauden 1968 aikana vaurioita aiheuttanut halla oli elokuun 7.–8. päivien välisenä yönä, jolloin lämpötila 50 cm:n korkeudella laski -4:ään pakkasasteeseen. Tämän hallan aiheuttamat vauriot olivat kotimaisen kuusen osalta lieviä, ja niitäkin esiintyi vain

yksitellen. Useimmilla koeruuduilla ei latvakasvaimen neulasten osittaista ruskettumista esiintynyt lainkaan. Eniten sitä esiintyi kaikkein runsaimman NPK-lannoituksen saaneella ruudulla, jossa tutkituista 31 taimesta neljällä oli havaittavissa neulasten kärjissä violetinruskeh-tavaa väriä.



Kuva 2. Vuorokausittaiset minimi- (—) ja maksimi- (---) lämpötilat Kivisuolla kesällä 1968. Mittaus termohygrograafilla koeruudulla 870. Havaintokorkeus 50 cm maanpinnasta.

Fig. 2. Daily minimum (—) and maximum (---) temperatures at Kivisuo in the summer of 1968. Readings were taken using a thermohygrograph located in sample plot 870 at a height of 50 cm from the ground.

Kovarianssianalyysin antamien tulosten mukaan kokonaispituuden lisääntyminen vähentää ja kalilannoitus lisää lievien vaurioiden määrää merkittävästi. Fosforilannoituksen vaikutus on erittäin merkittävästi vaurioita lisäävä. Myös puolalaista alkuperää olevan kuusen taimissa esiintyi yksittäisiä lieviä paleltumisvaurioita. Näiden määrään ovat fosforilannoitus ja kalilannoitus vaikuttaneet lisäävästi. Typpilannoituksen vaikutus on ollut hallavaurioita vähentävä. Edellä esitettyjä hallavaurioita on esiintynyt lähes yksinomaan vain runsaan lannoituksen saaneilla koeruuduilla.

Ainoan kasvukauden aikana esiintyneen vaurioita aiheuttaneen hallan seurauksena ei kotimaista alkuperää olevan kuusen kohdalla ilmennyt juuri lainkaan ensimmäistä luokkaa pahempia vaurioita. Puolalaista alkuperää olevilla ku-

silla sen sijaan toiseen luokkaan luettavat vauriot olivat yleisempiä. Kalilannoitus ja fosforilannoitus vähensivät vaurioiden esiintymistä, kun sen sijaan typpilannoituksen vaikutus oli vaihteleva, kuten taulukosta 1 voimme havaita. Varianssianalyysin mukaan on fosforilannoitus vähentänyt erittäin merkittävästi näiden vaurioiden määrää.

Sekä kali että fosfori vähentävät vaurioiden esiintymistä siirryttäessä ylimmälle käytetylle lannoitetasolle. Aineiston perusteella typpilannoitus ensin lisää vaurioita ja ylimmälle tasolle siirryttäessä taas vähentää niitä. Perusaineistoa tarkasteltaessa voidaan havaita, että typpilannoituksen kokonaisuudessaan ristiriitainen tulos johtuu typen vaikutuksen vaihtelevuudesta fosforilla lannoittamattomilla koealoilla.

Taulukko 1. Puolalaista alkuperää olevan kuusen vaikeampien paleltumien (luokka 2) esiintyminen eri tavoin lannoitetuilla koeruuduilla elokuun 7.–8. päivien välisen hallan jälkeen. ¹⁾

Table 1. The occurrence of frost damages of Class 2 on spruce of Polish origin in sample plots treated with different fertilizers. Situation after the frost night of August 7–8. ¹⁾

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		P ₂ O ₅ kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	66	133	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
N kg/ha	0	4.5	2.2	1.6	2.8
	50	7.4	3.8	2.7	4.6
	100	4.4	1.2	1.0	2.2
Keskimäärin <i>Average</i>		5.4	2.4	1.8	
K ₂ O kg/ha	0	6.1	3.3	3.2	4.2
	50	5.8	1.1	2.1	3.0
	100	4.4	2.7	0.0	2.4
Keskimäärin <i>Average</i>		5.4	2.4	1.8	

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		N kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	50	100	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
K ₂ O kg/ha	0	3.9	4.4	4.4	4.2
	50	1.7	5.1	2.3	3.0
	100	2.8	4.3	0.0	2.4
Keskimäärin <i>Average</i>		2.8	4.6	2.2	

¹⁾ Tässä ja seuraavissa vastaavanlaisissa taulukoissa on lannoituksen vaikutus esitetty lannoitepareittain tarkasteltuna, jolloin jokaiseen lukuun sisältyy kolmannen lannoitteen eri tasojen keskimääräinen vaikutus.

In this and the following tables of corresponding nature, the influence of fertilizers has been observed pairwise; consequently, each figure includes the average influence of the third fertilizer when applied at different rates.

312. Mänty

Elokuisen hallan seurauksena männyn taimissa esiintyi yksittäisiä lieviä hallavaurioita, mutta vaikeampia vaurioita ei esiintynyt lainkaan. Vaurioiden määrän ja saman kesän pituuskasvun välillä oli erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio, joka osoittaa, että hallan

esiintyessä tähän aikaan kasvukautta parhaiten kasvaneet taimet ovat myös helpoimmin vaurioituvia. Varianssianalyysillä suoritettujen testauksen mukaan fosforilannoitus ja fosforin ja typen yhdysvaikutus ovat lähes merkitsevästi lisänneet lievien vaurioiden määrää. Taulukosta 2 voidaan nähdä eri lannoitteiden keskimääräinen vaikutus paleltumien esiintymiseen.

Taulukko 2. Eri lannoitteiden (N, P, K) vaikutus männyntaimien lievään paleltumiseen (luokka 1) elokuun 7.–8. päivien välisen hallayön aikana.

Table 2. The influence of various fertilizers (N, P, K) on the occurrence of slight frost damages (Class 1) on pine after the frost night of August 7–8.

Lannoituskäsittely Fertilizer applied		P ₂ O ₅ kg/ha			Keskimäärin Average %
		0	66	133	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä Percentage seedlings damaged			
N kg/ha	0	0.0	3.8	1.7	1.8
	50	0.0	1.2	0.0	0.4
	100	0.0	0.0	2.0	0.7
Keskimäärin Average		0.0	1.7	1.2	1.0
K ₂ O kg/ha	0	0.0	0.5	0.0	0.2
	50	0.0	2.3	2.6	1.6
	100	0.0	2.2	1.1	1.1
Keskimäärin Average		0.0	1.7	1.2	1.0

Lannoituskäsittely Fertilizer applied		N kg/ha			Keskimäärin Average %
		0	50	100	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä Percentage seedlings damaged			
K ₂ O kg/ha	0	0.5	0.0	0.0	0.2
	50	3.4	0.0	1.5	1.6
	100	1.6	1.2	0.5	1.1
Keskimäärin Average		1.8	0.4	0.7	1.0

Kalilannoitus ja fosforilannoitus ovat siis lisänneet paleltumien määrää varsinkin siirryttäessä 0-tasolta keskimmaisille lannoitustasoille. Typpilannoituksen vaikutus on ollut päinvastainen, mutta senkin vaikutus ilmenee vain siirryttäessä 0-tasolta keskimmaiselle lannoitustasolle.

313. Rauduskoivu

Rauduskoivu osoittautui elokuun 6.–7. päivien välisen hallayön aikana kokeen puulajeista kestävimmäksi. Suoritettussa inventoinnissa ei voitu havaita hallan aiheuttaneen mitään ulkoisia muutoksia taimissa. Lämpötilan aleneminen n. -4°C:een ei siis aiheuttanut vaurioita eikä lannoituksen mahdollisia vaikutuksia kasvukau-

den aikaisten hallojen aiheuttamien vaurioiden ilmenemiseen voitu selvittää.

314. Siperialainen lehtikuusi

Siperialaisessa lehtikuusessa ilmeni hallayön jälkeen eri luokkiin luettavia paleltumisvaurioita. Lievimpiä vaurioita oli eniten ja kolmannen luokan vaurioita esiintyi vain vajaa puolet lievimpien määrästä. Luokan neljä hallavaurioita ei esiintynyt juuri lainkaan.

Taulukossa 3 on esitetty kolmannen luokan vaurioiden esiintymisrunsaus. Kovarianssianalyysin antamien tulosten mukaan fosfori- ja kalilannoituksen yhdysvaikutus vähentää näiden vaurioiden esiintymistä lähes merkitsevästi.

Taulukko 3. Toisen ryhmän kolmannen luokan hallavaurioiden esiintyminen erilaisen lannoituksen saaneilla koeruuduilla kasvavissa siperialaisen lehtikuusen taimissa vuoden 1968 elokuun 6.–7. päivien välisen hallayön jälkeen.

Table 3. Occurrence of frost damages of Group II, Class 3, on seedlings of Siberian larch growing in sample plots treated with different fertilizers. Situation after the frost night of August 6–7, 1968.

Lannoituskäsittely Fertilizer applied		P ₂ O ₅ kg/ha			Keskimäärin Average %
		0	66	133	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä Percentage seedlings damaged			
N kg/ha	0	15.2	3.1	11.8	10.0
	50	21.5	7.9	9.3	12.9
	100	16.6	11.7	12.6	13.6
Keskimäärin Average		17.8	7.6	11.2	12.2
K ₂ O kg/ha	0	17.7	4.7	14.5	12.3
	50	10.5	11.3	9.8	10.5
	100	25.0	6.6	9.4	13.7
Keskimäärin Average		17.8	7.6	11.2	

Lannoituskäsittely Fertilizer applied		N kg/ha			Keskimäärin Average %
		0	50	100	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä Percentage seedlings damaged			
K ₂ O kg/ha	0	11.2	12.8	13.0	12.3
	50	12.0	9.7	9.9	10.5
	100	6.9	16.2	18.0	13.7
Keskimäärin Average		10.0	12.9	13.6	

Keskimääräisistä luvuista voidaan havaita eri lannoitteiden vaikuttaneen eri tavoin hallavaurioiden esiintymiseen. Typpilannoitus on lisännyt vaurioiden määrää, kun taas fosforilannoitus ja kalilannoitus ovat ensin vähentäneet ja sitten seuraavalla tasolla lisänneet palettumien määrää.

Siperialaisen lehtikuusen taimissa esiintyi

runsaimmin lieviä 1-luokan hallavaurioita, näitä havaittiin n. 23 prosentissa koko tutkitusta taimimäärästä. Fosforin ja kalin osalta voidaan todeta, että siirryttäessä 0-tasolta keskimmaiselle lannoitustasolle, vähenevät vauriot, mutta nämä erot eivät kuitenkaan osoittautuneet tilastollisesti merkitseviksi.

32. Lannoituksen vaikutus pakkaskuivumis- ja keväthallavaurioiden esiintymiseen

Pakkaskuivumisvaurioiden ja keväthallavaurioiden inventointi suoritettiin Kivisuolla toukokuun 15–16 päivinä, jolloin koivun lehdet olivat puhjenneet ja kasvu oli alkanut.

Siperialaisen lehtikuusen ja rauduskoivun kärsimät vauriot esiintyivät silmuja puhkeamattomuutena tai puhkeamisen viivästymisenä ja senjälkeisenä heikkona kehityksenä. Kuusien

ja männyn osalta vauriot ilmenivät neulasten ruskeana värinä ja kuivuutena. Vaikeimmissa tapauksissa silmut olivat kuivuneet kehityskelvottomiksi. Myöhemmin tehtyjen havaintojen mukaan männyn ja kuusien vauriot ovat syntyneet keväällä aurinkoisina kevätpäivinä auringon lämmittäessä lumen pinnan yläpuolella olevan taimen osaa. Tällöin on taimi sulanut ja soluista on alkanut tapahtua haihduntaa. Muun osan taimesta ja maan ollessa jäässä ei juuristosta ole tapahtunut nestevirtauksia ylöspäin ja seurauksena taimen lumenpäällinen osa on kuivettunut (MULTAMÄKI 1942). Seuraavassa on puulajeittain esitetty lannoituksen vaikutus inventoinnissa havaittujen kevähalla- ja pakkaskuivumisvaurioiden esiintymiseen.

321. Kuusi

Sekä kotimaista alkuperää että puolalaista alkuperää olevissa kuusentaimissa esiintyi vaurioita runsaasti (vrt. taulukko 10). Puolalaista alkuperää olevassa kuusessa esiintyi vaurioita yli 70 prosentissa taimista.

Taulukossa 4 on esitetty eri lannoitteiden keskimääräiset vaikutukset vaurioiden esiintymiseen kotimaisen kuusen taimissa.

Fosforilannoituksen vaikutus on ollut molemmilla lannoitetasoilla vaurioita vähentävä. Samoin on vaikuttanut myös kalilannoitus, joka suoritettuna kovarianssianalyysitestin mukaan tuli lähes merkitseväksi. Typpilannoituksen vaikutus ei ole selvä, vaan kuten taulukosta 4 voimme

Taulukko 4. Keväällä 1968 havaittujen kotimaisen kuusen pakkaskuivumisvaurioiden (luokka 2) ja kautuminen erilaisen lannoituksen saaneille koeruuduille.

Table 4. Distribution of the occurrence of winter-frost damages (Class 2) observed on domestic spruce in the spring of 1968 with regard to different fertilizer application.

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		P ₂ O ₅ kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	66	133	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
N kg/ha	0	20.0	20.8	15.0	18.6
	50	25.0	26.7	15.8	22.5
	100	21.7	12.5	18.3	17.4
Keskimäärin <i>Average</i>		22.2	20.0	16.4	
K ₂ O kg/ha	0	30.0	31.7	19.2	26.9
	50	17.5	20.8	24.2	20.8
	100	19.2	7.5	5.8	10.9
Keskimäärin <i>Average</i>		22.2	20.0	16.4	

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		N kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	50	100	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
K ₂ O kg/ha	0	25.8	32.5	22.5	26.9
	50	15.8	25.8	20.8	20.8
	100	14.2	9.2	9.2	10.9
Keskimäärin <i>Average</i>		18.6	22.5	17.4	

havaita, on 50 kg N/ha kokeen puitteissa lisännyt vaurioiden esiintymistä, kun taas 100 kg typpeä hehtaarille käytettäessä vauriot ovat vähentyneet.

Puolalaista alkuperää olevan kuusen hallavaurioita näyttävät kaikki lannoitteet vähentä-

vän taulukon 5 mukaan. Lasketun kovarianssi-analyysin mukaan ei kuitenkaan mikään lannoite ole merkitsevästi vähentänyt vaurioita, kun sen sijaan taimien kokonaispituus on lähes merkitsevästi vaikuttanut vaurioiden esiintymiseen siten, että pitkät taimet ovat vaurioituneet vähemmän.

Taulukko 5. Keväällä esiintyneiden puolalaista alkuperää olevien kuusentaimien pakkaskuivumisvaurioiden (luokka 2) jakautuminen erilaisen lannoituksen saaneille koeruuduille.

Table 5. Distribution of the occurrence of winter-frost damages (Class 2) observed on spruce of Polish origin in spring in sample plots treated with different fertilizers.

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		P ₂ O ₅ kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	66	133	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
N kg/ha	0	75.8	75.0	67.5	72.8
	50	90.0	70.8	63.3	74.7
	100	80.0	54.2	64.2	66.1
Keskimäärin <i>Average</i>		81.9	66.7	65.0	
K ₂ O kg/ha	0	82.5	85.0	79.2	82.2
	50	83.3	58.3	64.2	68.6
	100	80.0	56.7	51.7	62.8
Keskimäärin <i>Average</i>		81.9	66.7	65.0	

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		N kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	50	100	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
K ₂ O kg/ha	0	80.8	89.2	76.7	82.2
	50	75.0	68.3	62.5	68.6
	100	62.5	66.7	59.2	62.8
Keskimäärin <i>Average</i>		72.8	74.7	66.1	

Tarkasteltaessa selvimmän vaikuttaneiden lannoitteiden, kalin ja fosforin, vaikutuksia lähemmin kotimaisen kuusen osalta, voidaan se suositella siten, että käytetään eri typpitasojen suhteen keskiarvoisia lukuja ja tarkastellaan toisen tehokkaamman lannoitteen vaikutusta toisen eri tasoilla (taulukko 4). Tällöin voidaan havai-

ta, että fosforilannoitus on vähentänyt vaurioita selvimmän K₁₀₀-tasolla, kun K₅₀-tasolla fosforin vaikutus on ollut jopa negatiivinen. K₀-tasolla on selvä vaikutus vain kaikkein suurimmalla fosforimäärällä. Kalilannoituksen vaikutus on myös vaihdellut eri fosforitasoilla. P₀-tasolla kali on ensin vähentänyt vaurioita, mutta

sen lisäys ei ole enää vaikuttanut suotuisasti. P₆₆- ja P₁₃₃-tasoilla kali on vaikuttanut korkeimmalla tasollaan parhaiten ja hallavaurioiden esiintyminen on ollut tällaisen lannoituskäsittelyn saaneilla koeruuduilla hyvin vähäistä.

Tarkasteltaessa puolalaista alkuperää olevan kuusen taimien hallavaurioiden määriä voidaan havaita, että selvästi vähiten vaurioita on koeruuduilla, joilla on suoritettu sekä kali- että fosforilannoitus. Verrattaessa näitä koeruutuja sellaisiin, joissa joko kali- tai fosforilannoitusta ei ole suoritettu, on ero selvä, vaurioituneisuus vähenee n. 20–30 prosenttiyksikköä. Kuitenkin ruuduilla, joilla esiintyy vähiten vaurioita, on keskimäärin vieläkin joka toinen taimi paljontunut.

322. Mänty

Pakkaskuivumisen ja keväthallojen aiheuttamat vauriot ovat männyllä olleet lievempiä kuin kuusella, yleensä lievimpään luokkaan kuuluvia, ja vain noin yksi prosentti taimista oli vaurioitunut toisen luokan mukaisesti.

Testattaessa luokan yksi mukaisia vaurioita kovarianssianalyysillä ei tyypilannoituksella osoittautunut olevan vaikutusta niiden esiintymiseen. Kalilannoitus sen sijaan vähensi vaurioituneisuutta erittäin merkittävästi ja fosfori- ja kalilannoitteiden yhdysvaikutus on lähes merkittävä. Fosforilannoitus ei ole saanut suoraan merkittävyttä, mutta sen vaikutus tuntuu vaurioita vähentävästi siten, että nimenomaan se on

Taulukko 6. Männyntaimien lievien pakkaskuivumisvaurioiden jakautuminen erilaisen lannoituksen saaneille koeruuduille. Inventointiaika oli toukokuussa 1968.

Table 6. Distribution of slight winter-frost damages on pine by sample plots treated with different fertilization. Situation in May 1968.

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		P ₂ O ₅ kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	66	133	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
N kg/ha	0	15.0	7.5	11.7	11.4
	50	31.7	10.0	11.7	17.8
	100	14.2	7.5	12.5	11.4
Keskimäärin <i>Average</i>		20.3	8.3	12.0	
K ₂ O kg/ha	0	20.0	22.5	32.5	25.0
	50	21.7	2.5	1.7	8.6
	100	19.2	0.0	1.7	7.0
Keskimäärin <i>Average</i>		20.3	8.3	12.0	

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		N kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	50	100	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
K ₂ O kg/ha	0	25.0	29.2	20.8	25.0
	50	5.0	10.8	10.0	8.6
	100	4.2	13.3	3.3	7.0
Keskimäärin <i>Average</i>		11.4	17.8	11.4	

erittäin merkitsevästi lisännyt taimien pituuskasvua, ja kovarianssianalyysissä regressiotekijänä ollut taimien kokonaispituuden lisääntyminen on vähentänyt paleltumien määrää merkitsevästi. Taulukosta 6 voimme havaita selvän eron vaurioituneisuuden määrissä verrattaessa kalin ja fosforin 0-tasoa korkeampiin tasoihin.

323. Rauduskoivu

Rauduskoivun taimissa esiintyi kuusen jälkeen eniten vaurioita. Luokan kaksi mukaisia

paleltumia tai pakkaskuivumisia esiintyi keskimäärin n. 17 prosentissa taimia ja luokan kolme mukaisia vaurioita neljässä prosentissa taimia. Kovarianssianalyysillä testattaessa käytettiin vaurioituneisuuden tunnuslukuna molempien vaurioasteiden summaa, koska vaurioasteen muuttuminen oli tasaista ja selvän rajan vetäminen oli hankalaa. Testaus osoitti, että kalilannoituksella ei ole merkitystä, mutta sekä typpi- että fosforilannoitus lisäävät lähes merkitsevästi vaurioiden esiintymistä. Keskimääräiset toisen luokan vaurioitumissadannekset selviävät taulukosta 7.

Taulukko 7. Rauduskoivun taimien toisen luokan vaurioiden jakautuminen erilaisen lannoituksen saaneille koeruuduille. Inventointi on suoritettu 16. 5. 1968.

Table 7. Distribution of damages of Class 2 on silver-birch seedlings by sample plots treated with different fertilization. Situation on May 16, 1968.

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		P ₂ O ₅ kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	66	133	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
N kg/ha	0	13.3	14.2	15.8	14.4
	50	12.5	19.2	15.0	15.6
	100	16.7	25.8	24.5	22.3
Keskimäärin <i>Average</i>		14.2	19.7	18.4	
K ₂ O kg/ha	0	17.5	15.0	14.2	15.6
	50	11.7	22.5	18.3	17.5
	100	13.3	21.7	22.5	19.2
Keskimäärin <i>Average</i>		14.2	19.7	18.4	

Lannoituskäsittely <i>Fertilizer applied</i>		N kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	50	100	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
K ₂ O kg/ha	0	12.5	14.2	20.0	15.6
	50	15.0	17.5	20.0	17.5
	100	15.8	15.0	26.7	19.2
Keskimäärin <i>Average</i>		14.4	15.6	22.3	

324. Siperialainen lehtikuusi

Keväthankien aikainen pakkaskuivuminen ja silmujen puhkeamisen aikaan esiintyneet hallat ovat aiheuttaneet taimien silmujen kuivettumista joko kokonaan tai osittain. Vaikeimmissa tapauksissa latvakasvaimen silmut ovat kuolleet ja lievimmissä tapauksissa neulasen neulat ovat jääneet alkukehityksessä jälkeen ja ovat pieniä ja punertavia.

Testattaessa lannoituksen vaikutusta vaurioiden runsauteen kovarianssianalyysillä yhdistettiin luokkien kaksi ja kolme mukaiset vauriot yhdeksi käsittelyryhmäksi, koska vauriot olivat

hyvin samanluonteisia ja rajan vetäminen niiden välille vaikeaa. Kovarianssianalyysin mukaan kalilannoitus vähensi lähes merkitsevästi vaurioiden esiintymistä. Muilla lannoitteilla ei ollut merkitsevää vaikutusta.

Vaurioista yli 80 prosenttia kuului luokkaan kaksi ja loput luokkaan kolme. Taulukossa 8 on esitetty luokan kaksi vaurioiden määrät. Taulukosta voimme havaita, että kalilannoitus on vähentänyt vaurioituneiden taimien määrän eri fosforilannoitetasoilla keskimäärin kolmesta prosentista alle yhden prosentin. Fosforilannoituksella ei kokeen tulosten mukaan ole vaikutusta siperialaisen lehtikuusen keväthallavaurioiden esiintymiseen.

Taulukko 8. Siperialaisen lehtikuusen taimissa havaittujen toisen luokan vaurioiden jakautuminen erilaisen lannoituksen saaneille koeruuduille. Inventointiaika 16. 5. 1968.

Table 8. Distribution of damages of Class 2 observed on Siberian larch in sample plots treated with different fertilizer application. Situation on May 16, 1968.

Lannoituskäsitteily <i>Fertilizer applied</i>		P ₂ O ₅ kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	66	133	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
N kg/ha	0	7.5	2.5	3.3	4.5
	50	10.0	7.5	7.5	8.4
	100	2.5	7.5	8.3	6.1
Keskimäärin <i>Average</i>		6.7	5.8	6.4	
K ₂ O kg/ha	0	10.0	14.2	9.2	11.1
	50	5.8	2.5	5.0	4.4
	100	4.2	0.8	5.0	3.3
Keskimäärin <i>Average</i>		6.7	5.8	6.4	

Lannoituskäsitteily <i>Fertilizer applied</i>		N kg/ha			Keskimäärin <i>Average</i> %
		0	50	100	
		Vaurioituneita taimia % koko taimimäärästä <i>Percentage seedlings damaged</i>			
K ₂ O kg/ha	0	7.5	14.2	11.7	11.1
	50	1.7	6.7	5.0	4.4
	100	4.2	4.2	1.7	3.3
Keskimäärin <i>Average</i>		4.5	8.4	6.1	

33. Muut hallankestävyyden eroja aiheuttaneet tekijät

Taimien hallavaurioiden inventointien lisäksi tehtiin Kivisuolla koko kesän 1968 ajan minimilämpötilamittauksia eri korkeuksilla maasta. Tällä pyrittiin selvittämään minimilämpötilan korkeussuuntaisia vaihteluja. Mittausten mukaan elokuun hallayönäkin lämpötilojen ero eri korkeuksilla oli pieni, mutta ero saattaa paleltumisen kannalta kriittisten lämpötilojen alittamisen suhteen olla merkittävä.

Aineistoa kovarianssianalyysillä testattaessa käytettiin taimien keskimääräistä pituutta regressiomuuttujana kaikkien puulajien taimien osalta, mutta kasvukauden aikana vain kotimaista alkuperää olevan kuusen taimien vaurioituneisuus väheni lähes merkittävästi taimien pituuden suuressa.

Pakkaskuivumis- ja keväthallavaurioiden vähenemiseen on taimien keskipituuden lisääntyminen vaikuttanut lähes merkittävästi puolalaista alkuperää olevan kuusen ja männyn taimien osalta.

Kuusikoealoilla esiintyi tutkimuksen aikana lievää luontaisesti syntynyttä n. 2–3 metriä

pitkää koivuverhoppuustoa. Tämä luokiteltiin inventoitaessa kolmeen peittävyysluokkaan. Koska täysin verhopuuston peittämiä koealoja ei ollut, luettiin koealat, joista verhopuusto peitti yli 50 %, luokkaan kolme, luokkaan kaksi kuuluivat koealat, joilla esiintyi verhopuustoa alle 50 %, ja luokkaan yksi koeruudut, joilla ei verhopuustoa käytännöllisesti katsoen lainkaan esiintynyt. Kovarianssianalyysiä käytettäessä verhopuusto oli regressiomuuttujana kuusen taimien vaurioituneisuuksia testattaessa.

Kotimaista alkuperää olevia taimia ei niukka verhopuusto ollut pystynyt lainkaan suojaamaan, sen sijaan puolalaista alkuperää olevan kuusen taimia oli verhopuusto suojaanut elokuun 8–9 päivien hallan aikana lähes merkittävästi. Vaikka sekä taimien keskipituuden että verhopuuston vaikutus on ollut vähäinen, on ne kuitenkin otettu huomioon laskettaessa lannoituksen vaikutuksia. Tämä on tehty siten, että käytettäessä kovarianssianalyysiä ovat keskipituus ja verhopuusto olleet regressiotekijöitä ja lannoitteet luokittelutekijöitä.

34. Paleltumisvaurioiden vaikutus taimien pituuskasvuun paleltumista seuraavan kasvukauden aikana

Hallavaurioiden laadun ja merkityksen selvile saamiseksi on seurattu vaurioituneiden taimien myöhempää kehitystä. Tutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa on käytettävissä ollut tiedot kahden vuoden hallavaurioista, joiden vaikutusta pituuskasvuun pyrittiin selvittämään valinnaisella regressioanalyysillä. Muiden puulajien paitsi rauduskoivun osalta, jonka pituuskasvumittauksia ei oltu suoritettu, analyysi voitiin suorittaa.

Hallavaurioita kuvaavina lukuina on käytetty arcsintransformoituja vaurioituneiden taimien osuutta kuvaavia prosenttilukuja. Vuoden 1967 osalta vaurioituneisuutta edustavat kaikki vaurioituneet taimet ja kevään 1968 vaurioituneisuutta kuvaavat yksi tai kaksi yleisimmän esiintynyttä rinnakkaista vaurioituneisuusluokkaa.

Jokaisen puulajin pituuskasvu selittävään malliin ovat joko vuoden 1967 aikaiset hallavauriot tai pakkaskuivumis- ja keväthallavauriot tai molemmat jääneet merkittävinä tai erittäin

merkittävinä selittäjinä. Kaikki vauriot ovat luonnollisesti vähentäneet pituuskasvu, jota loput mallissa olevat tekijät, eli lannoitteet, ovat lisänneet.

Männyn taimien pituuskasvu ovat sekä edellisenä kesänä havaitut vauriot, jotka osaksi ovat pakkaskuivumisvaurioita, että saman kevään pakkaskuivumisvauriot vähentäneet erittäin merkittävästi taimien pituuskasvu. Puolalaista alkuperää olevan kuusen taimien kehitykseen ovat pakkaskuivumis- ja keväthallavauriot vaikuttaneet pituuskasvu heikentävästi. Suomalaisen kuusen taimien ja siperialaisen lehtikuusen taimien vuonna 1967 kärsimät vauriot ovat olleet pahempia kuin keväällä 1968 havaitut paleltumat, jotka eivät tule lopullisessa pituuskasvu selittävässä mallissa esille.

Taulukossa 9 on esitetty eri puulajien ja hallavaurioiden väliset korrelaatiokertoimet koko aineistosta (62 koerutua/puulaji) rauduskoivua lukuunottamatta.

Taulukko 9. Eri puulajien vuoden 1968 pituuskasvun ja sitä edeltäneenä keväänä sekä edellisenä vuonna esiintyneiden vaurioiden korrelaatiot.

Table 9. Coefficients of correlation for the relation between the height growth of seedlings of different tree species in 1968 and the occurrence of frost damages in 1967 and the spring of 1968. The coefficients were calculated on the basis of the whole material (62 sample plots for each tree species).

Puulaji <i>Tree species</i>	Vauriot 1967 <i>Damages in 1967</i>	Vauriot toukokuu 1968 <i>Damages in spring 1968</i>
	Korrelaatiokerroin – <i>Correlation coefficient</i>	
Kuusi, suomalainen, pituuskasvu 1968 <i>Spruce, Finnish, height growth in 1968</i>	–0.47 ^{xxx}	–0.35 ^{xx}
Kuusi, puolalainen, ” <i>Spruce, Polish,</i> ”	–0.20	–0.58 ^{xxx}
Mänty, ” <i>Pine,</i> ”	–0.49 ^{xxx}	–0.59 ^{xxx}
Siperialainen lehtikuusi, ” <i>Siberian larch,</i> ”	–0.48 ^{xxx}	–0.27 ^x

Korrelaatiokertoimista käyvät selville muutoin samat asiat kuin regressioanalyysistä, mutta silloin kun saman puulajin eriaikaiset paleltumisvauriot ovat voimakkaasti korrelaatioissa keskenään ja molemmilla on myös selvä korrelaatio pituuskasvun kanssa, jää heikoimmin pituuskasvua selittävä vaurioituneisuus pois vali-

koivan regressioanalyysin lopullisesta mallista. Näin on käynyt tässä tapauksessa kotimaista alkuperää olevan kuusen kevään 1968 vaurioille.

Kaikkien testattujen puulajien osalta paleltumisen aiheuttamat vauriot aiheuttavat merkitsevästi keskimääräisen pituuskasvun heikkenemistä ja siten huomattavaa kasvutappiota.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

41. Kasvukauden aikaisten ja pakkas- ja keväthallavaurioiden vertailua

Toukokuussa ja elokuussa 1968 suoritettujen suurten yksityiskohtaisten inventointien tulokset poikkeavat jonkin verran toisistaan määrältään, esiintymiseltään ja käyttäytymiseltään lannoituksen suhteen.

Taulukosta 10 havaitaan, että elokuun hallan vaurioittamia taimia oli huomattavasti vähemmän kuin pakkaskuivumisesta ja keväthalloista kärsineitä taimia. Ainoastaan siperialaisen lehtikuusen taimissa oli elokuussa havaittavissa runsaammin paleltumia. Vain toisen luokan vaurioiksi luettavia vaurioita esiintyi enemmän toukokuun inventoinneissa.

Puolalaista alkuperää olevissa kuusen taimissa oli ero kaikkein selvin. Toukokuussa toisen

luokan vaurioita esiintyi yli 70 prosentissa taimia. Elokuun halla oli vaurioittanut yhtä vaikeasti vain noin kolmea prosenttia taimista ja kaikkiaan lievät tapauksetkin mukaan luettuna vaurioituneiden taimien osuus oli alle seitsemän prosenttia.

Yleisenä tuloksena kesältä 1968 oli myös, että toukokuun inventoinnissa vaurioituneisuus oli pääasiassa luokan kaksi mukaista ja elokuussa luokan yksi mukaista.

Tarkasteltaessa lannoituksen merkitystä hallavaurioiden esiintymiseen, poikkeavat toukokuussa ja elokuussa tutkitut vauriot luonteeltaan toisistaan.

Taulukko 10. Erilaisten pakkaskuivumis- ja hallavaurioiden esiintyminen ilmaistuna prosenteissa kukin puulajin inventoidusta taimimäärästä eri inventointikerroilla vuonna 1968.

Table 10. The occurrence of winter and late-frost damages of different kinds as per cents of the total number of seedlings studied at each separate time in 1968.

Ryhmä I Inventointiaika: 15.–17. 5. 1968
Group I Time of inventory: May 15–17, 1968

Puulaji Tree species	Luokka 1 Class 1 %	Luokka 2 Class 2 %	Luokka 3 Class 3 %	Luokka 4 Class 4 %	Yht. Total %
Kuusi Spruce	0	19.5	0	0	19.5
Kuusi (puol.) Spruce (Polish)	0	71.2	0	0	71.2
Mänty Pine	13.5	1.2	0	0	14.7
Rauduskoivu Birch	0	17.4	4.0	0	21.4
Sip. lehtikuusi Larch	0	6.3	1.4	0	7.7

Ryhmä II Inventointiaika: 21.–23. 8. 1968
Group II Time of inventory: August 21–23, 1968

Puulaji Tree species	Luokka I Class 1 %	Luokka 2 Class 2 %	Luokka 3 Class 3 %	Luokka 4 Class 4 %	Yht. Total %
Kuusi Spruce	1.5	0.1	0	0	1.6
Kuusi (puol.) Spruce (Polish)	3.7	3.2	0	0	6.9
Mänty Pine	1.0	0	0	0	1.0
Rauduskoivu Birch	0	0	0	0	0
Sip. lehtikuusi Larch	22.9	3.9	12.2	0.3	39.3

Elokuussa tehdyt havainnot jakaantuvat kahteen eri ryhmään. Toiseen ryhmään kuuluvat vauriot, jotka asettuvat luokittelussa lievimmät vauriot käsittävään luokkaan 1, ja toisen kokonaisuuden muodostavat vaikeimmat hallavauriot. Ensin mainittuun ryhmään kuuluvat vauriot, jotka esiintyvät runsaan kali- ja fosforilannoituksen saaneilla koeruuduilla. Fosforin tai kalin puutteesta kärsivillä ruuduilla ei näitä

esiintynyt lainkaan. Vaikeampia vaurioita sen sijaan ei esiintynyt runsaan kali- ja fosforilannoituksen saaneilla ruuduilla.

Tämänkaltaiseen vaurioiden erilaiseen esiintymiseen vaikuttaa todennäköisesti ratkaisevasti hallayön sijainti lähellä vaihetta, jolloin taimien pituuskasvu päättyy. Runsaan typpilannoituksen saaneilla koeruuduilla kasvu jatkuu pitempään (PHARIS, R. P. & KRAMER, P. S., 1964)

ja siten niillä taimet eivät hallayön kohdatessa olleet vielä niin lähellä kasvun päättymistä kuin muilla koeruuduilla. Tästä syystä sekä kali- että fosforilannoitus ovat vaikuttaneet lievien vaurioiden määrää lisäävästi.

Vaikeamman asteisten vaurioiden määrää niillä puulajeilla, joissa niitä esiintyi, ovat fosfori- ja kalilannoitus ja varsinkin näiden yhdysoike vaikutus vähentäneet.

Pakkaskuivumis- ja kevähallavaurioita on kalilannoitus vähentänyt kaikkien havupuiden osalta. Männyn taimien paleltumisvaurioiden määrää kalilannoitus on vähentänyt erittäin merkittävästi, kuusen taimien kärsimät vauriot ovat vähentyneet merkittävästi ja siperialaisen lehtikuusen osalta vaurioiden väheneminen on lähes merkittävä. Fosforilannoituksella ei ole saatu tilastollisesti merkittävä vaikutusta havupuiden pakkaskuivumis- ja kevähallavaurioiden vähenemiseen. Fosforilannoituksen vaikutus on kuitenkin tuntunut siten, että se on eniten lisännyt pituuskasvua ja kokonaispituuden li-

säntyminen on vähentänyt merkittävästi männyn ja puolalaista alkuperää olevan kuusen kärsimiä vaurioita. Rauduskoivun taimien pakkaskuivumis- ja kevähallavaurioita ovat kaikki lannoitteet hieman lisänneet ja vaikutus on ollut tyyntä ja fosforin osalta lähes merkittävä.

Pakkaskuivumis- ja kevähallavaurioita voidaan kaikkien tutkimuksessa mukana olleiden puulajien osalta vähentää kalilannoituksella. Kasvukauden aikaisia vaikeampia hallavaurioita vähentävät sekä kali- että fosforilannoitus, mutta niiden merkitys ei tutkimuksessa tullut täysin selväksi, koska tutkimuskesän 1968 ainoa halla oli lievä ja sen ajankohta oli lähellä kasvukauden päättymistä, jolloin erilaisen lannoituksen saaneiden taimien kehitys oli hieman eri vaiheessa. Kuitenkin on todennäköistä, että ainakin kalilannoitus lieventää vaurioiden laatua kovienkin hallojen sattuessa. Tätä tukevat myös saksalaiset tulokset (KOPITKE und WILDE 1940, KOPITKE 1941 (ref. BAULE und FRICKER 1967))

42. Puulajien vertailua

Kasvukauden aikaisena hallayönä olivat minimilämpötilat mittausten mukaan koekentän eri puolilla samat, joten eri puulajit olivat siinä suhteessa samassa asemassa. Eroja puulajien välille sen sijaan aiheutti niiden pituus, sillä sopivasti lannoitetuilla koeruuduilla oli taimien keskipituus suurempi kuin lannoittamattomilla koeruuduilla ja pituuden vaihtelu oli erilainen eri puulajeilla. Mänty ja molemmat kuuset olivat lähes samassa asemassa, mutta siperialaisen lehtikuusen ja rauduskoivun taimien pituudet vaihtelivat laajemmassa mitassa. Tosin siperialaisen lehtikuusen osalta ei pituudella ollut merkitystä vaurioiden esiintymiseen.

Rauduskoivu kesti hallan parhaiten, sillä siinä ei voitu todeta lainkaan hallavaurioita. Seuraavaksi parhaiten selvisi mänty. Vaurioituneita taimia oli yksi prosentti koko taimimäärästä. Kotimaista alkuperää olevan kuusen taimista oli vaurioituneita alle kaksi prosenttia ja puola-

laista alkuperää olevista taimista noin seitsemän prosenttia.

Siperialaisen lehtikuusen taimissa esiintyi runsaimmin hallavaurioita, kokeen puitteissa keskimääräinen vaurioituneisuus, joka käsittää kaikki vaurioasteet, oli yli 35 prosenttia.

Havupuiden hallankestävyyden muutokset lannoituksen vaikutuksesta sekä keväällä että kesällä ovat lähes samanlaiset, joskin pieniä voimakkuuseroja esiintyi. Rauduskoivu poikkesi kevähallavaurioiden esiintymisen suhteen muista tutkimuksen puulajeista, sillä ne hallavaurioita, jotka tosin olivat vähäisiä, ei lannoitus ollut vähentänyt. Edellisen kesän havaintojen mukaan rauduskoivu kuitenkin pahimpien vaurioiden kyseessä ollen suhtautui lannoitukseen positiivisesti, sillä fosforilannoitus vähensi hallavaurioiden määrää siten, että lannoituksen saaneilla koeruuduilla hallavauriot olivat vähäisempiä ja taimien kokonaispituus oli suurempi.

43. Tulosten merkitys käytännön lannoitustoiminnassa

Kivisuon kokeen mukaan voidaan lannoituksen paleltumista ehkäisevä ja vaurioiden aiheuttamaa haittaa vähentävä vaikutus jakaa neljään erilaiseen ryhmään.

1. Pakkasen ja hallan aiheuttamien vaurioiden määrää on lannoituksella voitu vähentää. Varsinkin silloin, kun paleltuneita taimia on esiintynyt runsaasti, tulos on ollut selvä. Tämä

aiheutunee pääasiassa siitä, että lannoitus on fysiologisesti lisännyt taimien hallankestävyyttä siten, että paleltumislämpötila on alentunut.

2. Niukkaravinteisilla lannoittamattomilla koealoilla on taimien pituuskasvu huomattavasti heikempi kuin sopivasti lannoitetuilla koealoilla. Tämä aiheuttaa sen, että lannoitetulla turvealustalla kasvavat taimet ohittavat suotuisissa olosuhteissa nopeasti kylmimmän ilmakehän ja myös vaiheen, jolloin latvakasvain keväthankien aikaan juuri on hangenpinnan yläpuolella. Heikosti kasvavien taimien kasvaimet ovat useana vuonna peräkkäin hallanarimmassa ilmakehässä, eivätkä ne suotuisinaan kasvukausina ehdi kasvaa riittävästi, jotta ne seuraavina vuosina olisivat paremmin suojassa hallantuhoilta. Tutkimus osoittikin, että kokonaispituudella on hallavaurioita vähentävä vaikutus. Pitkät taimet eivät palellu yhtä paljon ja pahoin kuin lyhyet taimet.

3. Kali- ja fosforilannoitus ovat ainakin Kivisuon perusteellisesti kuivatulla koekentällä aiheuttaneet luontaista koivuttumista. Tämä koivupuusto, joka syntyy ikään kuin luontaiseksi verhopuustoksi, muodostuu osaksi hies- ja osaksi rauduskoivusta. Vaikka verhopuuston pitääkin olla tiheä ennen kuin se antaa tehokkaan suojan hallaa vastaan, auttaa lannoituksen jälkeen luontaisesti syntyvä verhopuusto hallanarkoja kuusentaimia jonkin verran.

4. Lannoitetulla turvealustalla kasvavat taimet ovat kookkaampia ja elinvoimaisempia kuin ravinneköyhällä kasvualustalla kasvavat taimet.

Koska taimet paleltuvat yleensä vain osittain, jää kookkaaseen taimen usein niin paljon elinvoimaista osaa, että taimen elpyminen on mahdollista. Lannoituksella voidaan siis lisätä taimien toipumiskykyä vaurioitumisen jälkeen.

Kahden viimeisen ryhmän vaikutusta ei suoranaisesti ole mitattu ja niiden merkitys onkin vain havaintojen pohjalta tehty arvio. Ensimmäisten ryhmien hallavaurioita vähentävä vaikutus voitiin mittauksien perusteella laskea. Kaikkien edellä esitettyjen taimien hallankestävyyttä lisäävien ja hallavaurioiden tuhoja vähentävien ominaisuuksien vuoksi on lannoituksella suuri merkitys ravinnepuutetta potevia hallanarkoja kasvupaikkoja metsitettäessä. Lannoituksella saatavan suoranaisen kasvunlisäyksen ohella vaikuttaa lannoitus taimien kehitykseen myönteisesti siis myös siten, että taimien pituuskasvua heikentävät halla- ja pakkasvauriot vähenevät.

Männyn taimien halla- ja pakkasvauriot, joita ilmenee vain voimakkaan kalin- ja fosforinpuutteen yhteydessä, voidaan sopivalla PK-lannoituksella kokonaan poistaa. Muiden puulajien kohdalla lannoituksella saatava taimien hallankestävyyden paraneminen ilmenee vaurioiden lievenemisenä tai vähentymisenä.

Taimien hallankestävyyden paraneminen ja paleltumisvaaran väheneminen on katsottava erääksi lannoituksen edullisista sivuvaikutuksista ja se on syytä ottaa huomioon soiden lannoituksen kannattavuutta laskettaessa.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- BAULE, H. und FRICKER, C. 1967. Düngung von Waldbäumen. München.
- BERGAN, J. 1958. Et gjødlingsforsøk i en yngre gran planting i Troms. Norske Skogf. Vesen 15 (3) 51.
- BRÜNING, D. 1959. Forstdüngung. Leipzig.
- BURGTORF, H. 1968. Exempel på kaliumbrist hos gran, planterad på åker mark. Avdelning för Skogsekologi. Skogshögskolan. Rapporter och Uppsatser Nr 7.
- BÄRRING, U. 1967. Studier av metoder för plantering av gran och tall på åkermark i södra och mellersta Sverige. *Studia Forestalia Suecica* 50.
- COCHRAN, W. and COX, G. 1957. *Experimental Designs*. USA.
- HUIKARI, O. — PAARLAHTI, K. 1966. Kivisuon metsänlannoituskokeet. Helsinki.
- KURKELA, T. 1965. Männyn lumikaristetaudin ja lannoituksen suhteesta Kivisuon metsänlannoitusalueella. *Folia Forestalia* 14.
- KROGSRUD, H. 1969. Frostens virkning på levande planter. *Norsk skogsbruk* 1969:18.
- LEIKOLA, M. ja PYLKKÖ, P. 1969. Verho-
puuston tiheyden vaikutus metsikön minimi-
lämpötiloihin hallaöinä. Summary: On the
influence of stand density on the minimum
temperatures during frost nights. *Silva Fen-
nica* Vol. 3 1969:1.
- MATTILA, S. 1966. Tilastotiede I. Helsinki.
- MULTAMÄKI, S. E. 1942. Kuusen taimien pa-
llettuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden
metsittymiseen. *AFF* 51.1.
- PHARIS, R. P. & KRAMER, P. S. 1964. The
Effect of Nitrogen and Drought on Loblolly
Pine seedlings. *Forest Science* 10.2:143–150.
- REINIKAINEN, A. 1967. The Appearance of
Nutrient Deficiency in Plants Growing in
the Experimental Area for Forest Ferti-
lization at Kivisuo. *Forest Fertilization
Walddüngung*. Bern.
- SARASTO, J. 1963. Tutkimuksia koivun kyl-
vöstä ojitetuilla soilla. *Suo* 1963:4.
- SCHNELLE, F. 1963. Frostschutz im Pflanzen-
bau I. München.
- SNEDECOR, G. 1956. *Statistical methods*. Iowa.
- VALMARI, A. 1959. Väkilannoituksen vaiku-
tuksesta ohran, kauran ja perunan hallankes-
tävyYTEEN. *Maatalous ja koetoiminta XIII*.
- VIRO, P. J. 1966. Kangasmaan taimien lannoi-
tus. Summary: Manuring of young planta-
tions. *MTJ* 61.4.

AFF = Acta Forestalia Fennica

MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja

- No 45 Pentti Koivisto: Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Itä-, Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Keski-Suomen koivuvarat.
Birch resources in Forestry Board Districts of Etelä- and Pohjois-Karjala, Itä-, Etelä- and Pohjois-Savo and Keski-Suomi. 2,—
- No 46 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1966, ennakkotietoja vuodelta 1967 ja ennuste vuodelle 1968.
Wood utilization in Finland in 1966, preliminary data for 1967 and forecast for 1968. 3,—
- No 47 Metsätilastoa 1950—67.
Forest Statistics of Finland 1950—67. 4,—
- No 48 Tarmo Peltomäki ja Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen käyttämän lämpöenergian ominaiskuluks.
Specific consumption of thermal energy utilized by real estates. 2,50
- No 49 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1953—66.
Forest balance of Finland in 1953—66. 2,—
- No 50 Kalevi Asikainen: Tasausvara ja sahatavaran tasaus.
On the trimming allowance and trimming. 2,—
- No 51 Teuri J. Salminen: Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.
On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on the bark. 2,—
- No 52 Olli Makkonen: Paperipuutavaran pituuden vaikutuksesta runkojen hyväksikäyttöön minimiläpimitan ollessa 5 cm.
On the influence of the length of pulpwood bolts on the degree of utilization of tree stems when the minimum diameter is 5 cm. 2,—
- No 53 Simo Poso, Christian Keil and Tapani Honkanen: Comparison of film-scale combinations in examining some stand characteristics from aerial photographs.
Eri filmi-mittakaavayhdistelmät eräiden metsikkötunnusten ilmakuvatulkinnassa. 2,50
- No 54 Pertti Veckman: Suomen piensahat vuosina 1965 ja 1967.
Small sawmills in Finland in 1965 and 1967. 2,50
- No 55 Kimmo Paarlahti ja Kalevi Karsisto: Koetuloksia kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa.
On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. 1,50
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.
The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutiointiluvuista.
Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahti ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.
Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.
Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteen esiintymisestä Lapissa.
Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.
Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.
A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätilastollinen vuosikirja 1968.
Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.
Delimiting by axe and power saw in making of cordwood.
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irroittamisesta.
On the extraction of stumps and roots. 1,50

- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.
Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoit-
teiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.
Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees
growing on peat.
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L., ennakkotorjunnasta taimi-
tarhassa.
On the prevention of *Hylobius abietis* L. in the nursery.
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä.
Experimental results of the afforestation of swampy fields.
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen
halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä.
On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch
and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo.