METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSINSTITUTET I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÉRES DE LA FINLANDE

88

HELSINKI 1977

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN SKOGSFORSKNINGSINSTITUTET I FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT IN FINNLAND
PUBLICATIONS OF THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÉRES DE LA FINLANDE

88

HELSINKI 1977

COMMUNICATIONES INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

88

88.1 L ä h d e, E. & T u o h i s a a r i, O. 1976. An ecological study on effects of shelters on germination and germling development of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch. Seloste: Ekologinen tutkimus suojakylvön vaikutuksesta männyn, kuusen ja lehtikuusen itämiseen ja sirkkataimien alkukehitykseen ...... 1—37

88.2 K a u n i s t o, S. & N o r l a m o, M. 1976. On nitrogen mobilization in peat. I. Effect of liming and rotavation in different incubation temperatures. Seloste: Typen mobilisaatiosta turpeessa. I. Kalkituksen ja muokkauksen vaikutus erilaisissa haudutuslämpötiloissa 1—24

88.3 L e i k o l a, M. 1976. Maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta peltojen metsittämisessä. Summary: Soil tilling and weed control in afforestation of abandoned fields .... 1—101

88.4 R a u l o, J. 1976. Development of *Betula pendula* Roth progenies in northern Lapland. Seloste: Rauduskoivujälkeläistöjen kehitys Pohjois-Lapissa .... 1—17

88.5 K i n n u n e n, K. 1976. The effect of sowing date on the initial development of paperpot seedlings in plastic greenhouse. Seloste: Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien alkukehitykseen muovihuoneessa .... 1—30

88.6 L ö y t t y n i e m i, K. & H i l t u n e n, R. 1976. Effect of nitrogen fertilization and volatile oil content of pine logs on the primary orientation of Scolytids. Seloste: Typpilannoituksen ja männyn nilan haihtuvan öljyn koostumuksen vaikutus kaarnakuoriaisten orientointiin .... 1—19

AN ECOLOGICAL STUDY ON EFFECTS OF SHELTERS ON GERMINATION AND GERMLING DEVELOPMENT OF SCOTS PINE, NORWAY SPRUCE AND SIBERIAN LARCH

ERKKI LÄHDE and OLAVI TUOHISAARI

Selostus:

EKOLOGINEN TUTKIMUS SUOJAKYLVÖN VAIKUTUKSESTA MÄNNYN, KUUSEN JA LEHTIKUUSEN ITÄMISEEN JA SIRKKATAIMIEN ALKUKEHITYKSEEN

HELSINKI 1976

ABSTRACT

L ä h d e, E r k k i and T u o h i s a a r i, O l a v i. An ecological study on effects of sowing spot shelters on germination and germling development of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch. Selostus: Ekologinen tutkimus kylvösuojan vaikutuksesta männyn, kuusen ja lehtikuusen itämiseen ja sirkkataimien kehitykseen. (For. Res. Inst., Rovaniemi, Finland). Comm. Inst. For. Fenn. 88.1. 1975.

The objective of the study was to investigate the effect of the sowing spot shelter on the important temperature and humidity conditions. Included were two types of shelters: one decomposable by solar radiation and hand-made, the other decomposable by bacteria and factory-made. These were compared to ordinary band sowing in patches. Germination and germling development of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch were also investigated.

Inside the shelters the air was 0.9°C warmer than outside. The shelter also increased average soil temperature three centimeters below the surface by 0.4°C. Both the relative and absolute air humidity were greater inside than outside the shelter. Germination was higher and more rapid inside the shelter; the germlings were higher and farther in their development; and the number of damaged and dead germlings was smaller than in the band sowing. Germination of pine and spruce seed and development of their germlings were more promoted by the shelter, compared to larch which was less affected.

ISBN 951-40-0193-1

Helsinki 1976. Valtion painatuskeskus

PREFACE

Both authors of this paper have cooperated in the planning and data processing required by the study. Mr. Olavi Tuohisaari has mainly been responsible for collecting and processing the data, and Dr. Erkki Lähde has prepared the manuscript for publication.

The authors have received valuable help from the staff of the Rovaniemi Research Station. Prof. Paavo Yli-Vakkuri has read a thesis prepared from the manuscript. Professors Paavo Juutinen and Tauno Kallio have read the publication manuscript.

Dr. Kim v. Weissenberg has translated the paper from the Finnish language, and Joann v. Weissenberg has checked the English.

To all these persons and to those not mentioned who have contributed to the progress of the study the authors extend their gratitude.

Rovaniemi, July 1975

Erkki Lähde *Olavi Tuohisaari*

CONTENTS

Page

Abstract 2

Preface 3

1. Introduction 5

2. Materials and methods 7
   21. Experimental area and design 7
   22. Ecological measurements 8
      221. Temperature 8
      222. Humidity 8
   23. Measurements on the germlings 9
   24. Data processing 9

3. Weather conditions 11

4. Results 13
   41. Air temperature inside and outside the shelter 13
      411. Diurnal comparison 13
      412. Weather period comparison 14
   42. Air humidity inside and outside the shelter 17
      421. Diurnal comparison 17
      422. Weather period comparison 18
      423. Absolute humidity inside and outside the shelter 19
   43. Soil temperature 20
   44. Seed germination 21
   45. Germling development 24
      451. Height of germling 24
      452. Class of development 25
   46. Observations on the shelters 28

5. Discussion 29

6. Summary 32

7. List of references 33

8. Selostus 35

1. INTRODUCTION

Insufficient temperature and humidity are factors which commonly reduce seed germination. The seed of pine (*Pinus silvestris* L.) and spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) germinate most rapidly in +20—25°C (Mork 1933, 1938, Aaltonen 1942). Higher temperatures reduce germination, apparently due to lethal changes in the proteins (Mork, 1933, Kamra and Simak, 1968). At low temperatures germination is slow. Mork (1933, 1938) and Aaltonen (1942) have reported that pine seeds require 5—6°C and spruce seeds 7°C to germinate. According to Løken (1959), pine and spruce seeds still germinate well in +2—4°C. The time required for germination under these conditions is seven months for pine and over one year for spruce. Such long times probably mean that 5—6°C is not a sufficiently high temperature for regeneration.

The water content of the substrate influences the amount of water and oxygen available for the germinating seed. The germinating seed may be destroyed due to lack of water (Yli-Vakkuri 1961 b). According to Vaartaja (1954), spruce and pine seeds which have absorbed moisture are not very sensitive to drought. If, however, a 5—10 mm long radicle has developed from the seeds, they are not very resistant to drought. Germination is slowed down if the water content of the substrate is reduced. Optimum moisture of the substrate is probably 35—50 % by volyme (Mork 1938). In Finnish conditions the water content of the substrate is suitable early in the spring when there still is plenty of water in the soil after the snow and ground frost have melted. Also, the water content is suitable in the fall. In southern Finland dry periods are typical in the beginning of the summer, and the soil dries rapidly (Yli-Vakkuri 1961 b, Kaunisto 1974). Consequently, the moisture conditions are rapidly deteriorating when approaching the optimum temperature conditions towards the summer.

Improvement of the moisture- and temperature conditions of the substrate have been central problems in developing sowing methods. Soil preparation affects *i.a.* movement of water, soil temperature and gas exchange and reduces ground cover competition. Loosening the soil may, however, cause such dessication of the topsoil that the seed does not germinate (Lehto 1956). In the sowing patches the seed germinates best close to the edge of the humus layer, a stone, stump or other protective object. This is due to the reduction in microclimatic temperature and moisture extremes close to the protective object (Sirén 1952). Placing a small piece of wood on the south side of the sowing drill in a patch has had the same effect. In addition, it has been found that the piece of wood has reduced damage caused by frost heaving (S i r é n 1952, P o h t i l a 1972).

Protection of the sowed seeds has been very effective in the sowing spot shelter method (L ä h d e 1973, 1974). A plastic shelter, in the form of a truncated cone (open at the top), is placed on the sowed seeds. The shelter has improved germination of the seeds and development of the seedlings. This is due to the improved temperature- and moisture conditions. The effect of the shelter is comparable to the beneficial effects on the initial raising of germlings in a plastic greenhouse. The shelter reduces damage to the germlings and frost heaving. In addition, germlings grown in to shelter are, due to their large size, better prepared for the winter. Using the sowing spot shelters, reforestation is secured by smaller seed consumption compared to normal sowing methods (L ä h d e and P ö y h t ä r i 1972, L ä h d e 1973, 1974, H a g n e r and W e n d t 1973, H a g n e r *et al.* 1974, 1975, L ä h d e and M u t k a 1974).

The objective of this study was to investigate the effect of the sowing spot shelter on temperature and humidity. Shelters which are decomposed by solar radiation and bacterial activity were investigated. The effect of the shelters on germination and germling development of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch were also investigated.

2. MATERIALS AND METHODS

21. Experimental area and design

The experiment was established in the immediate vicinity of the Rovaniemi Research Station (N 66° 30′, E 25° 40′, elev. 94 m) of the Finnish Forest Research Institute. When the station was built, soil had been moved to the area and then levelled out.

Particle size distribution of the 10 top cm of the soil on the area was determined. The results are presented as averages of six measurements.

Particle size, mm							
>2.0	2.0—0.6	0.6—0.2	0.2—0.06	0.06—0.02	0.02—0.006	0.006—0.002	<0.002
7.3	32.6	23.8	26.3	4.5	2.6	1.7	1.2

The soil contained 5.2 % humus, density was 1.59 g/cm^3, pore volume was 40.0 %, and air volume was 11.0 % in the 0—10 cm layer according to measurements made on August 15, 1974.

The following variables were investigated: sowing method, tree species, quality of shelter. The shelters were hand-made of plastic decomposable by solar radiation and factory-made of plastic decomposable by bacteria. Both shelters were in the shape of truncated cones. The inside height of the factory-made shelters was 7.8 cm; bottom diameter was 5.8 cm; the basal area 26.4 cm^2; and the inclination of the wall was 77°. Measurements of the hand-made shelters were: height 10 cm, bottom diameter 9 cm, the basal area 63.6 cm^2 and inclination of the wall was 60°. These were compared to hand sowing. Size of the patch was 15×20 cm. Pine, spruce and larch were included.

Germination and class of seed were as follows:

Pine	90 %	B3
Spruce	84 %	B3
Larch	53 %	B3

At least eight germinating seeds were sown on each spot. The same number of seeds were used both for the shelters and the patches. Accordingly, 9, 10 and 16 seeds were used in each spot for the species pine, spruce and larch, repectively.

Each square plot contained nine sowing spots. The plot was 1×1 m, and the distance between spots was 0.5 m. There were nine combinations; three species ×

three sowing methods. These were replicated six times. Consequently, there were 54 plots and 486 sowing spots.

The sowing was done on June 6—7, 1974. The spot for the shelter was levelled with a piece of metal made for the purpose. The seeds were pressed lightly into the substrate and then covered with the shelter. For the band sowing, the patch was made with a hoe and the drill with a punch. The seeds were spread into the drill and thinly covered with mineral soil.

22. Ecological measurements

221. Temperature

On June 13 a thermograph was placed into a weather shelter on the ground. The thermograph was compared to a precision thermometer.

The temperatures were measured with thermocouples of copper and constantan. The readings were taken automatically at 2-hour intervals by means of a Honeywell Data Logger and a Newport Laboratories Inc. digital voltmeter. A Facit 4070 punched the data on a paper tape. According to the manufacturer, the accuracy of the temperature readings was $\pm 0.6°C$. There were some disturbances in functioning of the equipment. The measurements did not begin until June 18; and during July 22—31 no measurements were made, due to damage caused by lighting. Control measurements indicated that the readings obtained with the described equipment were correct. The measurements were discontinued on August 29, 1974.

In each replication one shelter of each kind and one patch was randomly selected for air temperature measurements. Similarly, points were selected for measurements of soil temperature at a depth of three cm. Consequently, there were six measuring points in each replication and a total of 36 points in the experiment.

222. Humidity

From each replication two of each type of shelter, i.e. a total of 24, were selected for measurement of inside humidity. Measurements were also similarly made from the control patches (outside the shelter). The measurements were made each week during two consecutive days between 06:00 and 24:00 four times a day. The measurements were made at different times of the day in order to investigate diurnal variation of the humidity. Between June 12 and August 21 humidity was measured a total of 83 times.

Humidity was measured with a thermohygrometer EP-400 made by Wallac Ltd. The principle is based on measurement of the dewpoint or crystallization temperatur of lithium chloride. The temperature of the lithium chloride device stays automatically at the dewpoint of lithium chloride, which is directly proportional to the partial pressure of water vapor, i.e. the absolute humidity. The accuracy of the device is $\pm 1.5 - \pm 3$ % at $+20°C$ in the range 15—90 % relative humidity.

Data on precipitation were obtained from the soiltreatment experimental fields at Petäjäskoski about 20 km to the southeast of the station.

23. Measurements on the germlings

Germination was followed by consecutive inventories. The first inventories were made 10, 14, 18 and 21 days after sowing. After this, the inventories were made each week until August 2. The germination percentage was calculated on the basis of number of sowed seeds and number of living seeds, i.e. field germination. Eight germinating seeds of each tree species were sown. By this method more true comparisons were made between seeds of different germinations. The last inventories were made on August 27—28, 1974. In each patch and under each shelter the number of germinated seeds was counted, and the height to the apex of the terminal bud of the dominating germling was measured to the nearest mm. In addition, the development and condition of the germlings were classified according to the scheme of Yli-Vakkuri (1961 a, b):

a. Normally developed germlings
aa. Germlings with radicale, hypocotyl, cotyledons and plumule or a plumule about to open
ab. Germlings with a whorl of clearly developed primary needles in addition to the cotyledons
ac. Germlings with a clearly discernable terminal leader with a few primary needles developed from the plumule
b. Damaged and diseased germlings
ba. Mechanical damage or damage caused by insects
bb. Diseased due to other causes
c. Dead germlings.

For spruce the classification was the same except for class ac. To this class belonged germlings with a branched terminal leader above the cotyledons. All germinated, but later on, dead germlings were classified as dead. The shelters were not removed during the inventories.

24. Data processing

Differences between treatments were tested with t-test, two-way analysis of variance, correlation and regression analysis. In addition to analysis of variance, the means were compared with Tukey's t-test and the honestly significant difference (HSD) at the 5 % level.

Temperature differences during various times of the day and between different weather periods for the various sowing methods were compared by t-test. Humidity differences were also compared by t-test. Germination of seed, percentage of fail sowing spots, and height of dominating seedlings were tested by analysis of variance. The percentages of fail spots were transformed according to *arc. sin* in order to get a more normal distribution.

Analyses of variance and regression were used to examine the condition and development classes of the germlings. Analysis of variance was applied to compare the frequency of each class between treatments. The association of development classes and temperature and humidity were studied by regression analysis. This was regarded as acceptable since only one point of the distribution was studied. At the border between two development classes the distribution may be regarded as binomial. The distribution approaches normality when the number of observations approaches infinity. The binomial distribution may be considered nearly normal when the number of observations is over 25. Since the experimental design fulfilled the assumptions of parametric tests, such tests were used.

The differences between treatments were designated as follows:

o = difference suggestive ($P < 0.10$)
* = difference nearly significant ($P < 0.05$)
** = difference significant ($P < 0.01$)
*** = difference very significant ($P < 0.001$)

3. WEATHER CONDITIONS

Figure 1 shows the daily average temperatures at the experimental area and daily precipitation at Petäjäskoski, 20 km to the southeast of the area.

The average temperature for June in the Rovaniemi area was higher than the long time (1930—1960) period. In mid-June there was a hot period of about 10 days when the daily average temperature was 22—23°C. This period was also nearly without precipitation. The total precipitation (69 mm) for June was, however, somewhat higher than normal, depending on the rains at the beginning and end of the month. The average temperature for July was also somewhat higher than the average for the long period, but in August the temperature was normal. The whole end of the summer was very rainy. From the beginning of July to mid-August

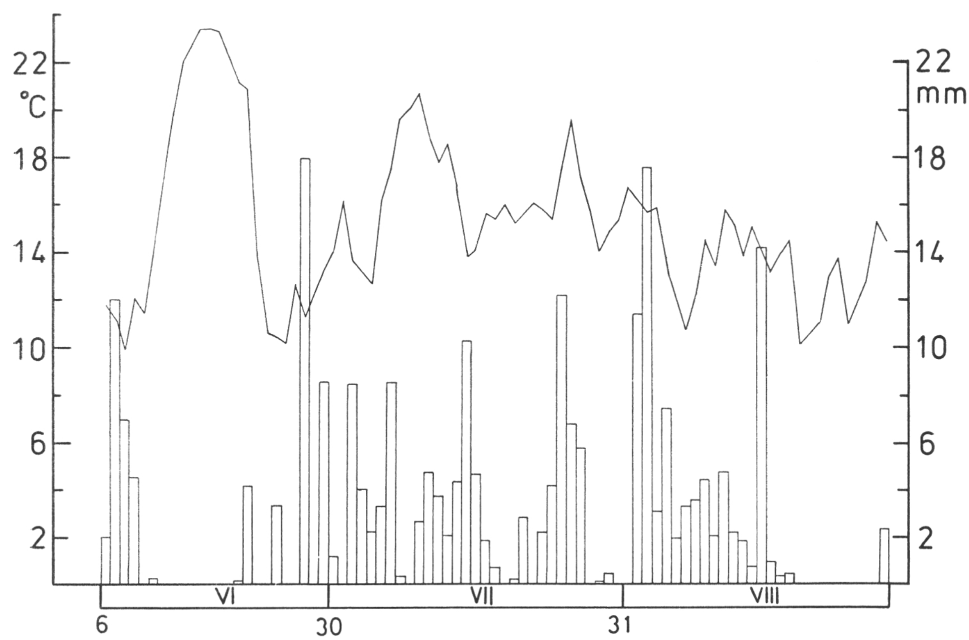


Figure 1. Mean daily air temperature 0.5 m above ground at the experimental area and precipitation (mm) at the Petäjäskoski experimental area in 1974.
Kuva 1. Vuorokautinen ilman keskilämpötila, 0.5 m:n korkeudella koealueella ja sadanta (mm) Petäjäskosken koekentällä kesällä 1974.

there were only 7 rain-free days. The total precipitation for July was 99 mm and exceeded the 1930—1960 average by 30 mm. There was only a little precipitation in the end of August. The total precipitation for August was 83 mm, which exceeded the 1930—1960 average by 9 mm. Figure 1 shows that the daily average temperatures for June dropped very markedly. In July and August the variation was less than in June.

At the Imari climate station, located about 8 km from the research station and at an elevation of 104 m, the number of degree days for 1974 was 1019.1 d.d. with a threshold value of 5°C. In the Rovaniemi area at the same elevation the average number of degree days in 1941—1970 was about 925 d.d. The number of degree days was thus 100 d.d. higher than average. Therefore, the summer of 1974 was warmer and rainier than average.

4. RESULTS

41. Air temperature inside and outside the shelter

411. Diurnal comparison

The diurnal variation of temperatures inside and outside the shelters was examined by comparing means using the t-test (Table 1).

Inside both shelters the temperature was higher around the clock compared to the outside temperature, with the exception that in the morning at 08:00 the temperature under the hand-made shelter was the same as outside. At this time of the day no statistically significant differences in temperature were found inside and outside the shelters. Toward noon, the differences increased. At the warmest time of the day, 14:00, the differences were statistically significant. During the whole afternoon, evening and until midnight the temperature inside both types of shelters was higher than outside. The difference was statistically very significant. Toward morning these differences decreased but at 06:00 were still suggestive.

The difference between the two types of shelters was not statistically significant. Judging by the means, the air was somewhat warmer between 08:00 and 11:00 in the factory-made shelter compared to the hand-made shelter. At other times of the day this was reversed.

Table 1. Diurnal variation of air temperature inside and outside the shelters (n = 10).
Taulukko 1. Ilman lämpötila suojissa ja suojan ulkopuolella eri vuorokauden aikoina (n = 10).

Hour of day *Aika klo*	Temperature — °C — *Lämpötila*			t-value — *t-arvo*		
	Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Outside shelter *Suojan ulkopuolella*	Factory-made vs. outside *Tehdasvalm./ Suojan ulkop.*	Hand-made vs. outside *Käsintehty/ Suojan ulkop.*	Factory-made vs. hand-made *Tehdasvalm./ Käsintehty*
00	12.4	12.6	11.6	5.768***	5.811***	—0.888
02	11.7	12.0	11.0	4.984***	5.571***	—1.241
04	12.1	12.3	11.4	4.407**	5.479***	—1.375
06	13.6	13.6	13.1	1.849°	1.813°	—0.159
08	18.0	17.2	17.2	1.359	—0.015	1.283
10	22.1	21.4	20.9	2.356*	0.673	1.177
12	23.7	23.5	22.3	5.067***	3.000*	0.495
14	23.7	23.8	22.4	3.957**	4.241**	—0.112
16	21.7	21.7	20.3	4.796***	5.268***	—0.064
18	19.2	19.4	18.2	5.526***	6.001***	—1.148
20	15.9	16.1	15.1	5.526***	5.656***	—1.347
22	13.7	13.7	12.9	6.095***	5.717***	—0.528

412. *Weather period comparison*

The temperature difference inside and outside the shelters during various types of weather was investigated. For this purpose the weather at the time of measurement was classified into three classes: sunny, cloudy, and rainy. During the sunny days, there were hardly any clouds. During cloudy days, the cloud cover was continuous; but no rain occurred. During rainy days, the rain was continuous and lasted the whole day. According to this classification, certain days were compined into periods, the daily average temperatures of which were compared for different treatments by t-test (Table 2).

Table 2. Comparison by t-test of air temperature inside and outside the shelters during different weather periods (n = 10).

Taulukko 2. Ilman lämpötilan vertailu t-testillä suojissa ja suojan ulkopuolella erilaisten sääjaksojen mukaan ryhmiteltynä (n = 10).

Weather period and date of measurements *Sääjakso ja mittauspäivä*	Temperature — °C — *Lämpötila*			t-value — *t-value*		
	Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Outside shelter *Suojan ulkopuolella*	Factory-made vs. outside *Tehdasvalm./ Suojan ulkop.*	Hand-made vs. outside *Käsintehty/ Suojan ulkop.*	Factory-made vs. hand-made *Tehdasvalm./ Käsintehty*
			Sunny weather — *Aurinkoinen*			
21. 6.	23.1	22.8	21.9	5.86***	2.01°	0.54
22. 6.	25.8	25.2	23.9	8.44***	1.96°	1.04
6. 7.	19.2	18.7	18.3	2.63*	0.84	1.86°
8. 7.	21.4	20.9	20.5	3.71**	1.13	2.44*
9. 7.	22.7	22.5	21.1	3.43**	2.84*	0.45
19. 7.	20.5	20.4	19.2	4.39**	4.44**	0.40
20. 8.	13.9	14.0	12.7	3.81**	3.50**	—0.05
Mean — *Keskim.*	20.9	20.6	19.7			
			Cloudy weather — *Pilvinen*			
1. 7.	15.9	16.2	15.4	2.19°	2.79*	—0.94
2. 7.	18.0	17.9	17.1	3.69**	2.37*	0.37
20. 7.	17.3	17.3	16.4	3.99**	3.28**	—0.24
7. 8.	12.0	12.2	11.4	3.38**	8.11***	—1.50
8. 8.	14.0	14.2	13.3	3.59**	7.54***	—0.95
19. 8.	14.0	14.3	12.8	4.55**	4.69***	—0.98
26. 8.	14.3	14.4	14.0	1.20	1.78	—0.66
Mean — *Keskim.*	15.1	15.2	14.3			
			Rainy weather — *Sateinen*			
30. 6.	14.4	14.3	13.8	2.56*	3.45**	0.31
3. 7.	15.5	15.4	14.5	2.26*	6.43***	0.34
4. 7.	12.1	12.5	11.2	3.10*	3.78**	—1.39
15. 7.	14.9	15.2	14.1	4.60***	6.68***	—1.38
3. 8.	17.1	17.3	16.5	3.09*	5.17***	—0.83
5. 8.	15.7	15.8	15.4	0.59	0.75	—0.34
15. 8.	15.0	15.1	14.6	2.47*	3.93**	—0.39
Mean — *Keskim.*	15.0	15.1	14.3			

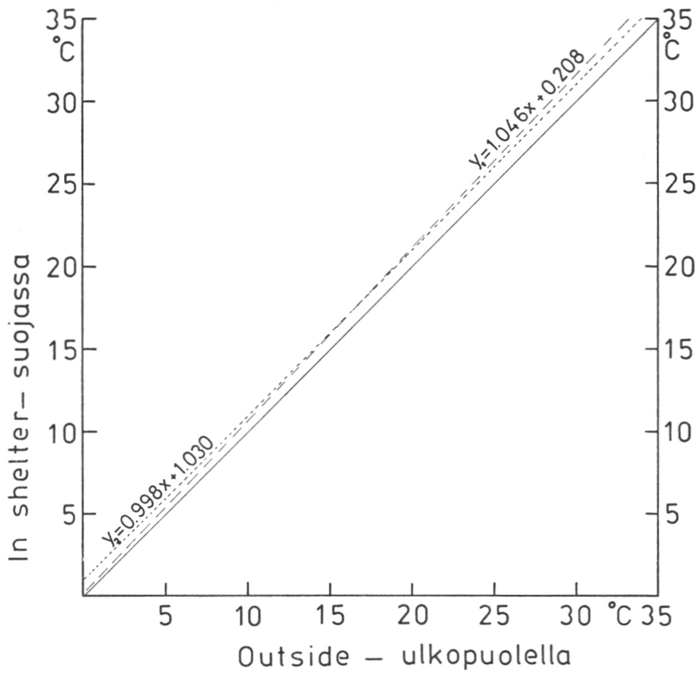


Figure 2. The regression of temperature in the factory-made (y_1) and hand-made (y_2) shelters on the outside temperature.

Kuva 2. Tehdasvalmisteisen (y_1) ja käsintehdyn (y_2) suojan ja niiden ulkopuolisen ilman lämpötilan välinen riippuvuus.

During sunny periods, the temperature was highest in the factory-made shelter. Compared to the outside temperature, the difference was very significant for two days and significant for four days out of seven. The difference inside the hand-made shelter compared to outside was significant twice. The difference between the shelters was not statistically significant, but the mean was 0.3°C higher in the factory-made compared to the hand-made shelter.

During cloudy periods, the temperature difference inside and outside the shelters remained nearly the same. It should be noted, however, that the temperature clearly decreased inside the factory-made shelter more than in the hand-made shelter. Thus, it was warmer in the hand-made shelter. The temperature difference between the shelters was 0.1°C. The differences in night temperature between inside and outside the hand-made shelters were statistically very significant for three days out of seven, and for six days at least nearly significant. The temperature differences inside and outside the factory-made shelter were statistically significant for five out of seven days.

During rainy periods, the temperature conditions corresponded closely to the conditions of the cloudy period. Even then it was warmer inside the hand-made

Table 3. Average air temperature (°C) and number of degree days (d.d.) inside and outside the shelters during the observational period.

Taulukko 3. Ilman lämpötila (°C) keskimäärin ja lämpösumma (d.d.) mittausjakson aikana suojissa ja suojan ulkopuolella.

Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Outside shelter *Suojan ulkopuolella*	t-value (n = 10) — *t-arvo (n = 10)*		
			Factory-made vs. outside *Tehdasv. suoja/ Suojan ulkop.*	Hand-made vs. outside *Käsintehty suoja/ Suojan ulkop.*	Factory-made vs. hand-made *Tehdasvalm./ Käsintehty suoja*
17.3°C 752.6 d.d.	17.3°C 750.5 d.d.	16.4°C 693.8 d.d.	t = 5.56***	t = 3.74**	t = 0.15

shelter. Except for one day, the differences between temperatures inside the hand-made shelter and outside it were at least significant. Inside the factory-made shelter the temperatures were once statistically very significant and five times nearly significantly higher than outside.

Figure 2 shows the regression between inside and outside temperatures. The curves indicate the same phenomenon as observed when comparing the conditions during the weather periods. Inside the shelters it was always warmer than outside. During periods of lower temperature, the temperatures inside the hand-made shelters were higher compared to the factory-made shelters. When the temperature outside the shelter exceeded about 17°C, then the temperature inside the shelter was the same. At higher temperatures it was warmer in the factory-made shelters.

Table 3 shows the average temperatures for the whole observational period. The temperature inside the shelters was statistically higher compared to the outside temperature. There were no differences between the two types of shelters.

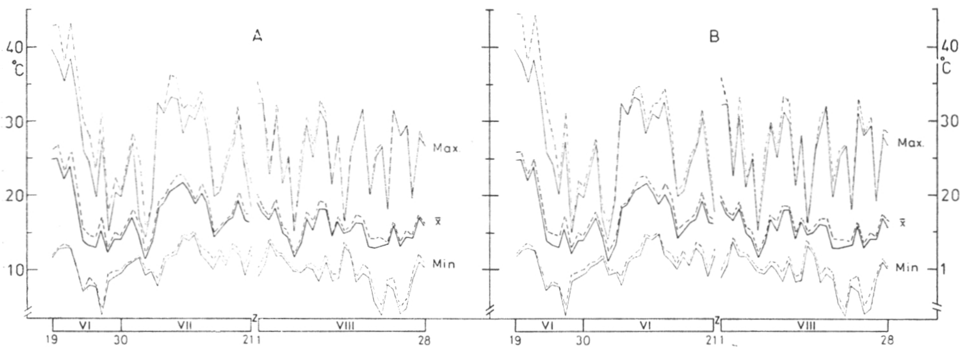


Figure 3. Daily mean, maximum and minimum air temperature (A) in the factory-made shelter (- - - -) and (B) in the hand-made shelter (- - - -) and outside these (——) during the observational period.

Kuva 3. Ilman vuorokautinen keskilämpötila sekä vuorokautiset maksimi- ja minimiarvot (A) tehdasvalmisteisessa suojassa (- - - -) ja (B) käsintehdyssä suojassa (- - - -) sekä suojan ulkopuolella (——) mittausjakson aikana.

The number of degree days inside the two types of shelters was the same. Inside the shelter the number of degree days during the observational period was 60 d.d. higher than outside. The difference was statistically significant.

Figure 3 shows the daily average temperatures and minimum and maximum temperatures. The daily average temperature was, without exception, higher inside the shelters compared to outside. Also, the minimum temperature was higher inside the shelter than outside. Only once was a temperature inside the shelter found to be as low as outside. The daily maximum temperature was usually also higher inside the shelter. During the hot period in early June, the temperature was several degrees higher inside than outside the shelter. The maximum temperature inside the shelter was often somewhat lower than outside.

42. Air humidity inside and outside the shelter

421. Diurnal comparisons

The relative humidity was higher inside than outside the shelters during all times of the day. Between 12:00 and 18:00, i.e. when the humidity of the air is lowest, the humidity inside the shelters was statistically very significantly higher than outside (Table 4).

Late in the evening, during the night and early in the morning the differences between the humidities inside and outside the shelters were reduced but remained statistically significant or nearly significant. Between 06:00 and 18:00 it was more humid inside the factory-made shelter compared to the hand-made one. During other hours, this was reversed. At 08:00 the difference was statistically significant.

Table 4. Diurnal variation of relative air humidity inside and outside the shelters (n = 10).
Taulukko 4. Ilman suhteellinen kosteus suojissa ja suojan ulkopuolella eri vuorokauden aikoina (n = 10).

Hour of day *Aika klo*	Relative humidity — % — *Suht. kosteus*			t-value — *t-arvo*		
	Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Outside shelter *Suojan ulkopuolella*	Factory-made vs. outside *Tehdasvalm./ Suojan ulkop.*	Hand-made vs. outside *Käsintehty/ Suojan ulkop.*	Factory-made vs. hand-made *Tehdasvalm./ Käsintehty*
00	95.6	97.2	88.9	3.96**	6.14***	—0.91
06	93.3	92.0	87.7	4.16**	4.01**	0.84
08	86.0	80.5	74.8	12.38***	4.18**	3.73**
12	83.5	80.5	66.0	14.06***	11.70***	2.33*
14	73.5	72.6	55.7	11.93***	12.11***	0.55
16	77.8	75.1	68.1	6.36***	5.39***	2.29*
18	84.7	86.3	67.0	7.23***	13.01***	—0.94
20	92.0	92.8	84.7	2.78*	3.55**	—0.33
Mean — *Keskim.* ...	85.8	84.6	74.1	13.57***	16.40***	1.18

422. Weather period comparison

During sunny periods, the relative humidity was highest in the factory-made shelters. The difference between the two types of shelters was significant one day out of four. The humidity was always higher inside than outside the shelters (Table 5).

Similarly, during cloudy periods, the humidity was highest in the factory-made shelters. The humidity was always higher inside than outside the shelters. The difference was similar to that during sunny days.

During rainy periods, the humidity was, in contrast, highest in the hand-made shelters. The difference between the two types of shelters was not statistically significant. Outside the humidity was again lower than inside the shelter. For three out of five days the difference in humidity outside and inside the hand-made shelters was very significant.

Table 5. Comparison by t-test of relative air humidity inside and outside the shelters during different weather periods (n = 10).

Taulukko 5. Ilman suhteellisen kosteuden vertailu t-testillä suojissa ja suojan ulkopuolella erilaisten sääjaksojen mukaan ryhmiteltynä (n = 10).

Weather period and date of measurements *Sääjakso ja mittauspäivä*	Relative humidity — % — *Suht. kosteus*			t-value — *t-arvo*		
	Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Outside shelter *Suojan ulkopuolella*	Factory-made vs. outside *Tehdasvalm./ Suojan ulkop.*	Hand-made vs. outside *Käsintehty/ Suojan ulkop.*	Factory-made vs. hand-made *Tehdasvalm./ Käsintehty*
			Sunny weather — *Aurinkoinen*			
10. 7.	81.0	80.0	75.6	2.48*	1.16	1.30
11. 7.	85.5	83.5	81.6	1.79	0.95	0.93
20. 8.	91.3	88.1	74.4	9.25***	7.92***	2.01°
21. 8.	73.4	67.7	61.8	9.38***	4.03**	3.42**
Mean — *Keskim.*	82.8	79.3	73.4			
			Cloudy weather — *Pilvinen*			
26. 6.	81.1	81.9	72.2	4.29**	4.84***	—0.46
2. 7.	92.1	86.5	83.5	3.76**	1.29	2.98*
7. 8.	94.0	96.9	85.2	4.32**	7.04***	—2.09°
14. 8.	86.8	82.4	79.9	7.15***	3.16*	5.39***
Mean — *Keskim.*	88.5	86.9	80.2			
			Rainy weather — *Sateinen*			
25. 6.	85.9	89.6	74.9	2.11°	8.89***	—0.74
3. 7.	98.6	96.9	97.2	0.58	—0.11	0.68
16. 7.	92.4	91.3	87.2	1.45	1.14	0.31
6. 8.	97.6	98.8	92.5	4.03**	7.43***	—0.97
13. 8.	98.3	99.0	93.0	10.62***	13.15***	—1.12
Mean — *Keskim.*	94.6	95.1	89.0			

During the whole observational period, the average relative humidity was as follows: inside the factory-made shelter 85.8 %, inside the hand-made shelter 84.6 % and outside the shelters 74.1 %. The difference between the shelters was thus about one percent unit and the difference between inside and outside the shelters, about 10 percent units.

423. Absolute humidity inside and outside the shelter

In order to investigate the absolute humidity, the amount of water per unit volume of air (g/m^3) was measured. Based on these measurements, the regression of amount of water inside the shelter on that outside was calculated (Figure 4). According to this, the absolute humidity was about 2.5 g/m^3 higher inside than outside the shelters. Inside the hand-made shelter it was more humid than outside when the outside humidity was below 21.8 g/m^3. The following table indicates the absolute air humidity at different temperatures at the beginning of a rain.

Air temperature, °C	Absolute air humidity, g/m^3
+ 5	7.0
+10	9.5
+15	13.5
+20	18.0
+25	24.0
+30	30.0

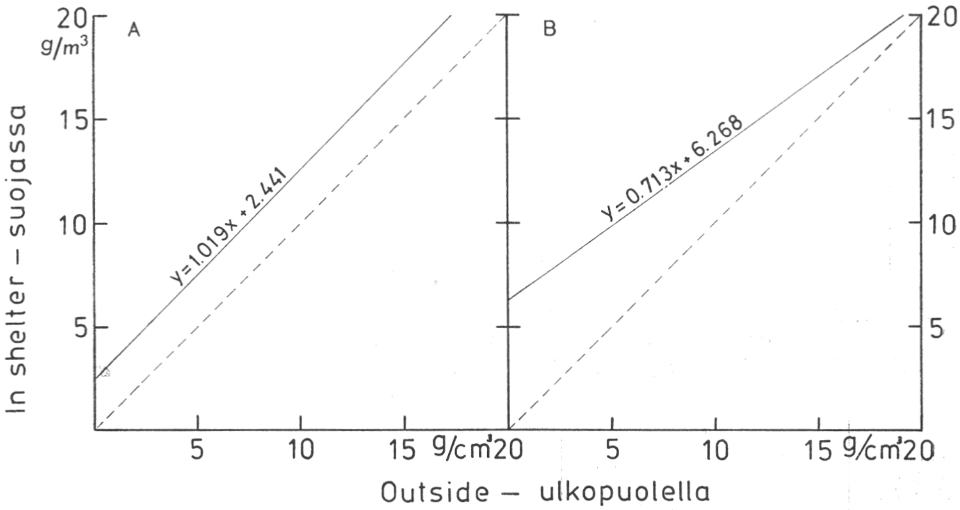


Figure 4. The regression of the absolute air humidity inside the factory-made (A) and hand-made (B) shelters on the outside temperature.
Kuva 4. Tehdasvalmisteisen (A) ja käsintehdyn (B) suojan ja niiden ulkopuolisen ilman absoluuttisen kosteuden välinen riippuvuus.

On the basis of these values and the regression it may be concluded that it was more humid inside the shelter than outside until the beginnig of a rain. When the rain began, it was drier inside the shelter since raindrops could not get inside the shelter easily. During the rain, the differences were reduced.

43. Soil temperature

Table 6 presents the soil temperature at different times of the day. With one exception, the temperature in the soil was higher under the shelter than in the soil outside the shelter. The difference was least during the warmest part of the day. It is clear that in the evening the soil cooled off more slowly inside than outside the shelter. This difference remained during the whole night. The average, minimum and maximum soil temperatures for different methods of sowing are presented in Tables 6 and 7.

Table 6. Diurnal variation of soil temperature inside and outside shelters.
Taulukko 6. Maan lämpötilan vuorokautinen vaihtelu suojan alla ja ulkopuolella.

Hour of day *Aika klo*	Soil temperature — °C — *Maan lämpötila*			t-value — *t-arvo*		
	Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Outside shelter *Suojan ulkopuolella*	Factory-made vs. outside *Tehdasvalm./ Suojan ulkop.*	Hand-made vs. outside *Käsintehty/ Suojan ulkop.*	Factory-made vs. hand-made *Tehdasvalm./ Käsintehty*
00	16.2	16.0	15.7	1.266	0.822	0.834
02	15.4	15.2	14.8	1.368	0.815	1.059
04	15.0	14.7	14.4	1.538	0.875	1.208
06	15.0	14.7	14.5	1.613	0.842	1.253
08	16.1	15.7	15.4	1.852°	0.913	1.162
10	18.2	17.9	17.4	1.552	1.114	0.612
12	20.0	20.0	19.9	0.256	0.330	—0.037
14	20.9	21.2	21.0	—0.206	0.445	—0.584
16	20.6	20.8	20.6	0.193	0.709	—0.525
18	20.0	20.1	19.8	0.525	1.034	—0.515
20	18.8	18.9	18.5	0.929	1.236	—0.350
22	17.3	17.3	16.9	1.142	0.935	0.392

Table 7. Average soil temperature (°C) and number of degree days (d.d.) inside and outside the shelters during the observational period.
Taulukko 7. Maan lämpötila (°C) keskimäärin ja lämpösumma (d.d.) mittausjakson aikana suojan alla ja ulkopuolella.

Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Outside shelter *Suojan ulkopuolella*	t-value (n = 10) — *t-arvo (n = 10)*		
			Factory-made vs. outside *Tehdasv. suoja/ Suojan ulkop.*	Hand-made vs. outside *Käsintehty suoja/ Suojan ulkop.*	Factory-made vs. hand-made *Tehdasvalm./ Käsintehty suoja*
17.8°C 781.5 d.d.	17.8°C 780.4 d.d.	17.4°C 755.1 d.d.	t = 1.28	t = 1.47	t = 0.07

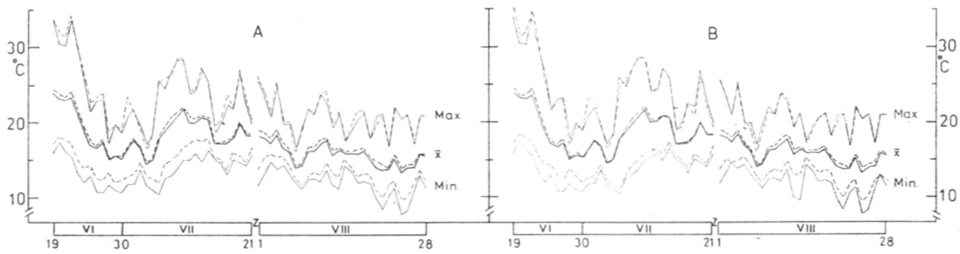


Figure 5. Daily mean, maximum and minimum soil temperatures (A) in the factory-made (- - - -) and (B) the hand-made (- - - -) shelters and outside these (——) during the observational period.

Kuva 5. Maan vuorokautinen keskilämpötila sekä vuorokautiset maksimi- ja minimiarvot (A) tehdasvalmisteisen suojan alla (- - - -) ja (B) käsintehdyn suojan alla (- - - -) sekä suojan ulkopuolella (——) mittausjakson aikana.

The daily average temperature in the soil under the shelter was usually higher than in the soil outside (Figure 5). With the exception of one observation, the same was true for the minimum soil temperature. The daily maximum temperature usually remained lower inside than outside the shelter.

The average soil temperature inside the shelters was about 0.4°C higher than outside, and the number of degree days during the observational period was about 25 d.d. higher under than outside the shelters (Table 7).

44. Seed germination

Percentages of germination are presented in Table 8 and in Figure 6. The seed germinated most rapidly inside the hand-made shelter. In the band sowing treatment germination was slowest, and the germination percentage remained smaller compared to that inside the shelter. In no treatment was it especially high, but the effect of the shelter was large. Inside the different shelters the germination varied between 35—45 % compared to band sowing where it was 16 %. According to analysis of variance, the germination was statistically very significantly higher under the shelters compared to band sowing. The average germination percentages were 40 % for pine, 31 % for spruce and 25 % for larch. Pine and spruce germinated better under the hand-made than under the factory-made shelter. The difference between the two types of shelters was about 12—13 percent units. No differences between shelters were observed for the germination of larch seed (Table 8).

The average number of fail spots was 14.6 %. According to analysis of variance, the differences between methods of sowing were statistically significant. The smallest number of fail spots occurred for the hand-made shelter, average 4.9 %. For spruce it was only about 2 % (Table 9). For band sowing the figure was 24.1 %, or about

Table 8. Percentage of germination (%) for the various species with different methods of sowing.

Taulukko 8. Siementen itävyys (%) eri puulajien erilaisissa kylvöksissä.

Tree species *Puulaji*	Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Band sowing *Vakoruutukylvö*	Mean *Keskim.*
Pine — *Mänty*	43.8 ± 8.0	57.0 ± 9.4	14.8 ± 2.4	38.5 ± 5.8
Spruce — *Kuusi*	33.5 ± 6.2	45.5 ± 7.6	14.3 ± 2.0	31.1 ± 4.4
Larch — *Lehtikuusi*	28.0 ± 3.4	28.4 ± 5.9	18.0 ± 2.0	24.8 ± 2.5
Mean — *Keskim.*	35.1 ± 3.7	43.6 ± 5.1	15.7 ± 1.2	31.5 ± 2.6

Analysis of variance — *Varianssianalyysi*

Source of variance *Vaihtelun lähde*	Variance *Varianssi*	Degree of freedom *Vapausasteet*	F-value *F-arvo*	HSD,05 %
Method of sowing — *Kylvötapa*	3 698.792	2/49	16.7604***	11.5
Tree species — *Puulaji*	854.670	2/49	3.8729*	11.5
Interaction — *Yhdysvaikutus*	401.386	4/45	1.9616	
Within plots — *Ruutujen sisäinen*	204.624	45		

Table 9. Percentage of fail spots for the various species with different methods of sowing (Percentages transformed to *arc. sin* values for the analysis of variance).

Taulukko 9. Tyhjälaikkuprosentti eri puulajien erilaisissa kylvöksissä (Prosenttiluvut varianssianalyysissä muunnettu arc. sin luvuiksi).

Tree species *Puulaji*	Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Band sowing *Vakoruutukylvö*	Mean *Keskim.*
Pine — *Mänty*	14.8 ± 6.8	7.4 ± 7.4	29.6 ± 6.8	17.3 ± 4.4
Spruce — *Kuusi*	18.5 ± 6.2	1.9 ± 1.9	29.6 ± 7.4	16.7 ± 4.1
Larch — *Lehtikuusi*	11.1 ± 7.6	5.6 ± 3.8	13.0 ± 7.3	9.8 ± 3.6
Mean — *Keskim.*	14.8 ± 3.8	4.9 ± 2.7	24.1 ± 4.3	14.6 ± 2.3

Analysis of variance — *Varianssianalyysi*

Source of variance *Vaihtelun lähde*	Variance *Varianssi*	Degree of freedom *Vapausasteet*	F-value *F-arvo*	HSD,05 %
Method of sowing — *Kylvötapa*	1 765.833	2/49	7.9144**	12.1
Tree species — *Puulaji*	335.464	2/49	1.5035	12.1
Interaction — *Yhdysvaikutus*	213.193	4/45	0.9517	
Within plots — *Ruutujen sisäinen*	224.004	45		

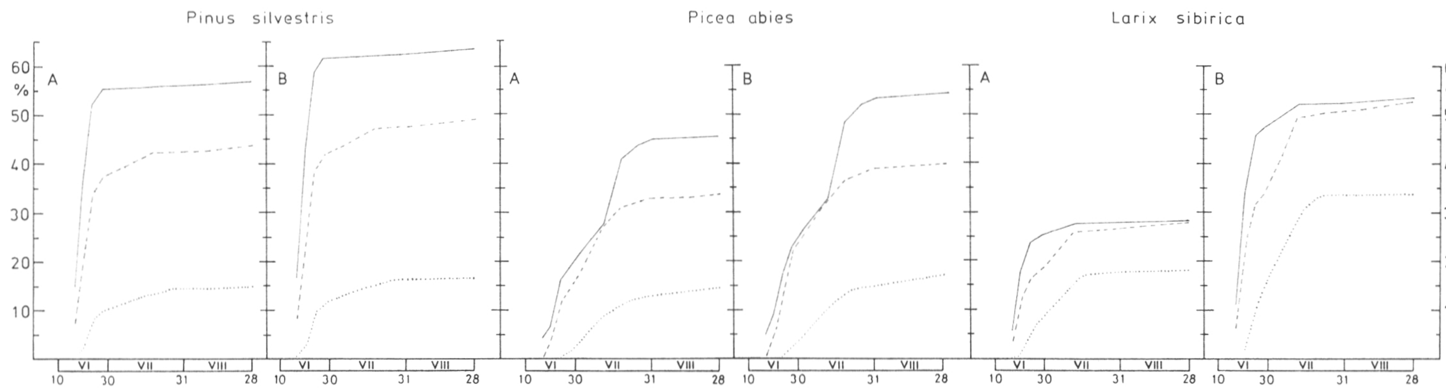


Figure 6. Seed germination of pine *(Pinus silvestris)*, spruce *(Picea abies)* and larch *(Larix sibirica)* in percent of sown seed (A) and (B) viable seed in the hand-made (——) and factory-made (- - - -) shelters, and in sowing spots without shelters (. . . .).

Kuva 6. Männyn (Pinus Silvestris), kuusen (Picea abies) ja lehtikuusen (Larix sibirica) siementen itäminen (%) laskettuna kylvettyjen siementen lukumäärästä (A) ja itämiskelpoisten siementen määrästä (B) käsintehdyssä (——) ja tehdasvalmisteisessa (- - - -) suojassa sekä ilman suojaa (. . . .).

one quarter of the patches failed. There were no statistically significant differences between species in number of fail spots. The most uniform germination occurred for larch, with 9.8 % fail spots. No difference occurred between pine and spruce; both had about 17 % fail spots. The number of fail spots was clearly smallest under the hand-made shelters.

45. Germling development

451. Height of germling

The dominating germling in each cluster was highest under the hand-made shelter (Table 10). The corresponding germling was second highest under the factory-made shelter. The germlings were smallest in the patches. The differences in height were statistically very significant. The average height of germlings in the patches was only two-third of that under the shelters.

The pine germlings grew best, reaching an average height of 26.2 mm. The larch germlings grew about equally well. In contrast, the spruce germlings clearly were smallest. This was partly due to the fact that in all methods the spruce seed germinated more slowly compared to the other species.

Statistically, the differences between the species were very significant, indicating the slow development of the spruce compared to the others. In practice there were no differences between pine and larch. For larch the difference in height between

Table 10. Height (mm) of dominant germling of different tree species with different methods of sowing.
Taulukko 10. Valtataimen pituus (mm) eri puulajien erilaisissa kylvöksissä.

Tree species *Puulaji*	Factory-made shelter *Tehdasvalm. suoja*	Hand-made shelter *Käsintehty suoja*	Band sowing *Vakoruutukylvö*	Mean *Keskim.*
Pine — *Mänty*	30.7 ± 4.6	31.4 ± 3.6	16.5 ± 1.6	26.2 ± 2.5
Spruce — *Kuusi*	18.3 ± 1.8	21.3 ± 1.5	12.0 ± 1.1	17.2 ± 1.2
Larch — *Lehtikuusi*	25.8 ± 2.6	30.2 ± 3.1	20.4 ± 2.2	25.5 ± 1.7
Mean — *Keskim.*	25.0 ± 2.1	27.6 ± 1.9	16.3 ± 1.2	23.0 ± 1.2

Analysis of variance — *Varianssianalyysi*

Source of variance *Vaihtelun lähde*	Variance *Varianssi*	Degree of freedom *Vapausasteet*	F-value *F-arvo*	$HSD_{,05}$ %
Method of sowing — *Kylvötapa*	630.602	2/49	14.8851***	5.3
Tree species — *Puulaji*	450.602	2/49	10.6363***	5.3
Interaction — *Yhdysvaikutus*	36.876	4/45	0.8605	
Within plots — *Ruutujen sisäinen*	42.852	45		

the dominant germling under the hand-made shelter and in the patch was smallest, i.e. 30 %. For spruce and pine the difference was nearly 50 %. Consequently, the shelter promoted the growth of pine and spruce more than that of larch.

452. Class of development

For all sowing treatments the proportion of the best-developed germlings, i.e. those classified as ac, was largest (Figure 7). On an average this proportion was 68.3 %. The germlings had developed most under the factory-made shelter where 78 % of the germlings were classified as ac. Under the hand-made shelter 2/3 of the germlings and in the patches about 1/2 of all germlings were classified as ac. Consequently the shelter promoted the development of the germlings. The differences in development between the shelters and the band sowing was significant at the 0.1 % level. The average proportion of germlings classified as aa was 8.2 %. Such germlings occurred mostly in the patches. The difference in proportion of this class between shelters and patches was significant at the 5 % level.

Twelve and a half to 21.3 % of the germlings were classified as ab and occurred mostly in the patches. Statistically, the difference was at the 1 % level. Under the shelters there were only 2 % damaged germlings; in the patches there were 8.5 %. Under the shelters there were 3—4.5 % dead germlings. In the patches there were 6.6 % dead germlings. The difference in proportion of dead germlings between shelters and patches was not statistically significant. In the patches the damage and mortality were due mainly to insect feeding. Most of this damage occurred in class aa. There were also a large number of yellow germlings in the patches. No feeding damage occurred under the shelters, but the damaged and dead germlings were yellow.

The best-developed germlings were the larch, of which 79 % were classified as ac. Almost an equal proportion of pines were similarly classified. Only about half of the spruce germlings had developed this far. This was due to the slow germination of the spruce seed and to the large proportion of delayed germination. The large proportion of spruce seedlings classified as aa and ab were due to the same reasons. Twenty-one percent of the spruce germlings were classified as aa, compared to about 3 % for the other species. A third of the spruce germlings were classified as ab, compared to 13.5 % for pine and 7.5 % for larch.

The difference in proportions of germlings classified as aa, ab, and ac between spruce and the other species was significant at the 0.1 % level. Of the spruce germlings, the smallest proportion, 2 %, were damaged or dead. For pine and larch the corresponding proportions were 7.3 % and 11 %, respectively. Thirteen and one-tenth percent of the pine germlings died in the patches. This was a considerable amount compared to the shelters.

4 17935—75

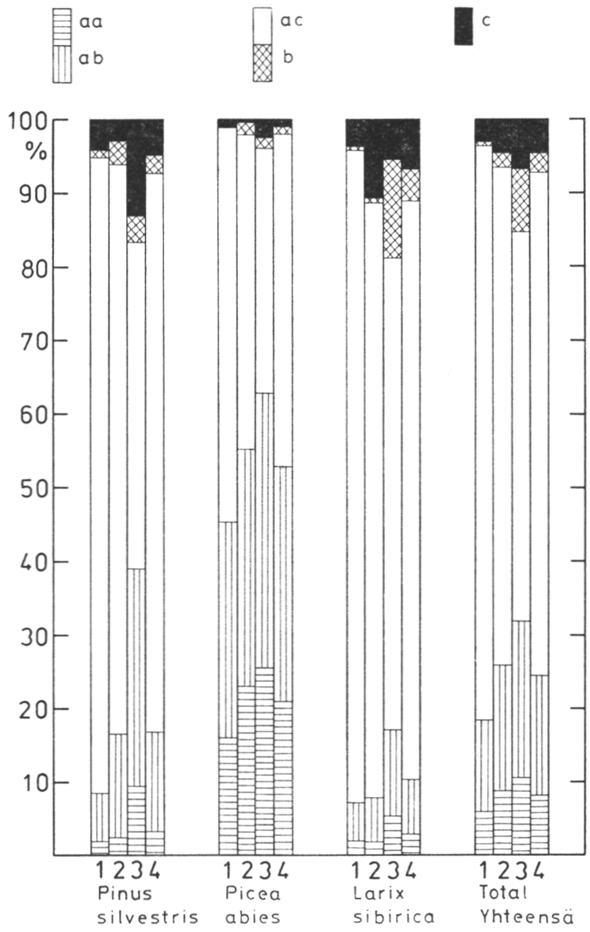


Figure 7. Distribution of germlings into development classes in different methods of sowing.

Legend: 1 = factory-made shelter
2 = hand-made shelter
3 = band-sowing
4 = all three methods grouped together
aa-c are development classes cf. p. 9.

Kuva 7. Sirkkataimien jakaantuminen kehitysluokkiin erilaisissa kylvöksissä.

Selitys: 1 = tehdasvalmisteinen suoja
2 = käsintehty suoja
3 = kylvö ilman suojaa vakoruutukylvö
4 = edelliset yhteensä
aa-c ovat kehitysluokkia ks. s. 9.

Table 11. Correlation coefficients and their statistical significance and R^2 for the germling characteristics and air temperature (°C) and relative humidity (%) inside and outside the shelters.

Taulukko 11. Taimitunnusten ja suojan sekä sen ulkopuolella olevan ilman lämpötilan (°C) ja suhteellisen kosteuden (%) väliset korrelaatiokertoimet ja niiden merkitsevyys sekä regressioanalyysin mukainen selitysaste.

Germling characteristic *Taimitunnus*	Air temperature *Ilman lämpötila*	Relative humidity *Suht. kosteus*	R^2
Height of dominant germling — *Valtataimen pituus*, mm..	0.356**	0.538***	29.1
Class of development — *Kehitysluokka* aa	0.026	0.095	1.3
ab	0.059	0.155	3.0
ac	0.302*	0.535***	30.2
ba	—0.316*	—0.187	10.4
bb	—0.312*	—0.171	10.3
c	0.101	—0.024	3.0
Germination — *Itävyys*, %	0.366**	0.601***	37.1
Fail spots — *Tyhjälaikku*, %	—0.201	—0.370**	14.6

In addition to analysis of variance, correlation analysis was made for the association between the germling classification and air temperature and humidity. Regression analysis was applied to the dependent variables germination, fail spot percentage, height of dominant germling and development class distribution. Independent variables were temperature and relative air humidity inside and outside the shelters.

According to the regression analysis, the dominant germling was taller with higher air temperature and relative humidity (Table 11). The air temperature and relative humidity explained 29.1 % of the variation in growth of the germlings. The variation in the proportion of germlings classified as aa and ab was not very highly correlated with the independent variables. The warmer and more humid the air was, the farther the germlings were in their development. Thirty and two-tenths percent of the variation in the proportion of germlings classified as ac was explained by the air temperature and relative humidity. The number of germlings with mechanical damage, insect feeding and damaged due to other causes increased with lower temperature and drier air. Under these conditions the germlings developed more slowly.

The model explained 10.4 and 10.3 % of the variation in seedlings classified as ba and bb, respectively. Apparently the protective effect of the shelters resulted in a small amount of mechanical damage. The mortality was not very highly correlated with the independent variables. Germination increased with higher temperature and air humidity. Thirty-seven and one-tenths percent of the variation was explained by the regression of these independent variables. The number of fail spots increased with lower air temperature and humidity. Fourteen and six-tenths percent of the number of fail spots was explained by air temperature and relative humidity. According to the results, the warmer and more humid air in the shelter increased germination, speeded up the development and height growth of the germlings and reduced the number of fail spots.

46. Observations on the shelters

The shelters remained in their places during the whole summer. The heavy mineral soil, which was compressed by the rain, fixed the shelters very tightly to the ground. Due to location of the experimental area, reindeer and other animals did not remove the shelters.

The hand-made shelters were made of a plastic decomposable by solar radiation. Due to the exceptionally cloudy and rainy summer, the shelters did not decompose. The factory-made shelters were decomposable by bacteria. These shelters were damaged in warm weather even from the slightest knock. About 3 % of them were destroyed due to mechanical damage during the summer.

5. DISCUSSION

One of the main effects of the shelters is to increase air humidity and the temperature of both air and soil to levels more favorable to germination of the seeds and development of the germlings (cf. Lähde 1973, Lähde and Mutka 1974). Low temperature may, especially in northern Finland, reduce germination and development of germlings (Sirén 1952, Yli-Vakkuri 1961 a, b, Pohtila 1972). On mineral soils, especially in southern Finland, drought is consired even more dangerous for these processes. Especially during the summer, when the temperature is near optimum, lack of moisture often hinders germination (Sirén 1952, Lehto 1956, Yli-Vakkuri 1961 a, b, Pohtila 1972).

According to the data, the average temperature outside the shelters was 0.9°C lower than inside. During different types of weather, there were somewhat different temperatures inside the two types of shelters. Comparing diurnal variation in temperature, it was found that the temperature-increasing effect of the shelter was statistically significant from noon until early morning. In the morning the temperature difference inside and outside the shelter was least.

According to Lähde and Mutka (1974), the temperature inside is higher than outside the shelter located on a bog; but when the temperature is above +25°C, it is cooler inside than outside the shelter. It must be noted that this result was obtained on a treeless bog during a very sunny summer. The substrate is usually more moist on an open bog than on mineral soil. Consequently, the evaporating and condensing (on the inside of the shelter) water consumes heat. This fact probably, at least partly, explains why on an open bog the temperature inside is higher than outside the shelter at high temperatures.

The shelters used in the experiment increased the average soil temperature at a depth of 3 cm during the whole observational period by 0.4°C, even if the shelters were fairly small in size. The temperature-increasing effect of the shelter was highest when the day's temperatures were lowest. Consequently, the shelter reduced the radiant heat emittance and cooling of the soil.

Yli-Vakkuri (1961 b) used a 0.25 m^2 piece of plastic on top of the sowing patch. This cover increased the air temperature at 5 cm above the ground by a couple of degrees centigrade. The highest increase caused by the cover occurred at noon. The temperature of the humus was, at the same time, increased by 2.5°C. The effect of the plastic cover was still noticeable at a depth of 17.5 cm. The small shelters used in the present study were not able to increase soil temperature very much, and the effect did not reach very far down into the soil.

The average relative humidity inside the shelters was about 10 percent units higher than outside the shelters. The differences were largest during the warmest time of the day. These differences were reduced during the evening and night. The absolute humidity inside the factory-made shelter increased as rapidly as that outside the shelter. The process was slower inside the hand-made shelter. This explains why the relative humidity during warm weather was higher in the factory-made than in the hand-made shelter. During cold and rainy weather, this was reversed.

Correlation and regression analyses showed the effects of temperature and humidity on germination and development of the germlings. There was a significant correlation between temperature and seed germination and germling height. The associations between relative air humidity and germling characteristics were even stronger. According to Lähde (1973), the shelter improved the seed germination on mineral soil in the summer of 1972, which was very warm. On an open bog the shelter increased germination when the sowing was done in June and July, and the difference in germination between sowing in July and ordinary band sowing was 20 % (Lähde and Mutka 1974).

The germination under the shelters was 20—30 percent units higher than in band sowing. The seed germinated faster inside the hand-made shelters. Since this type of shelter had more steeply inclined walls and the opening in the top was smaller, moisture condensed on its walls and dripped or trickled back to the soil. The moisture evaporated more out of the factory-made shelter, and drying of the substrate slowed down germination more than inside the hand-made shelter. When the rains started in July, the differences in germination between various methods of sowing did not increase anymore. In contrast, the differences between the two types of shelters were somewhat reduced both for pine and larch.

When the time of germination lengthens, a portion of the seed is destroyed. When soil moisture is high, the number of destroyed seeds increases (Mork 1938). The heavy and almost daily rains in July and August probably destroyed some seed and reduced delayed germination. In nature seed pests may also cause great damage (Yli-Vakkuri 1961 a, b, Valtanen 1966, 1969, Lehtiniemi 1970, Heikkilä 1972). Seed damage was not investigated, and the role of such damage can therefore not be estimated. Seed-damaging insects and birds usually do not get inside the shelters, but in the sowed patches they may have occurred.

The number of fail spots was smaller under the shelters compared to band sowing. The number of fail spots could have been considerably reduced by using more seeds in each sowing spot. In general, it is recommended that 25—30 living seeds be used in each spot in ordinary patch and band sowing. In the sowing spot shelter method only 8—10 living seeds are recommended (cf. Lähde 1973).

Usually germling mortality is high during the first winter (Yli-Vakkuri 1961 b). This is important when one estimates the seed requirement for acceptable reforestation. Especially in northern Finland, delayed germination is important for the reforestation result (S i r é n 1952). Pine seed remains alive fairly well over the winter; but on the other hand, heavy seed damage reduces the importance of delayed germination. Spruce seed totally loses its viability during the first winter (Y l i - V a k k u r i 1961 b). Under favorable conditions at least four germlings in each patch in the first fall ensures that seedlings will also remain in the patch later. Under unfavorable conditions not even seven germlings are enough for this purpose (Y l i - V a k k u r i and R ä s ä n e n 1971). Not even larger numbers of germlings in each patch improved the eventual result.

In this experiment 4.7 germlings developed out of eight living seeds under the hand-made shelter and 3.9 germlings under the factory-made shelter. L ä h d e and M u t k a (1974) found that nine seeds probably ensure statisfactory reforestation on peatland when good quality seed is used. Germlings developed under the shelter are more hardy during the winter since they have developed farther and are physiologically in a better condition. In addition, the shelter reduces damage by frost heaving and seed damage, which may increase delayed germination (cf. L ä h d e 1973, L ä h d e and M u t k a 1974). Inside the shelter the germlings were more developed compared to those in the band sowing. Thus, the shelter increased growth and development of the germlings. During the dry and warm period succeeding the sowing, germination continued inside the shelters while in the band sowing, germination was considerably delayed due to the drought.

Examining the results by species indicates that germination of larch seed remained the lowest; but on the other hand, its germination was most uniform. The importance of the shelter was clearly smallest for germination and development of Siberian larch compared to corresponding characteristics for Scots pine and Norway spruce. Germination of spruce was, in all methods of sowing, slower; and the germlings developed less than the other species.

In the band sowing some damage due to feeding was observed; inside the shelters such damage was not found. Agents for the damage were not investigated. Seeds and germlings are eaten by birds, small mammals and various invertebrates (L e h t o 1956, Y l i - V a k k u r i 1961 a, b, L e h t i n i e m i 1970). In contrast, both inside the shelters and in the band sowings yellow, damaged and dead germlings were found. During the heavy rains of July and August, the air volume of the soil may have been reduced to such an extent that the small germlings may have died due to lack of oxygen.

6. SUMMARY

The objective of this study was to investigate the effect of the sowing spot shelter on the important temperature and humidity conditions. Included were two types of shelters: one decomposable by solar radiation and hand-made, the other decomposable by bacteria and factory-made. These were compared to ordinary band sowing in patches. Germination and germling development of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch were also investigated.

The experiment was established in the immediate vicinity of the Rovaniemi Research Station. The seeds were sown on June 6—7, 1974. In each spot eight germinating seeds were sown. Air temperature was measured inside the shelters and in the band sowing patches during June 18—August 28, 1974 at two-hour intervals. Soil temperature was similarly measured three centimeters below the sowing points. Air humidity was measured inside and outside the shelters four times daily during two consecutive days each week. Germination of the seed was examined weekly. The final inventory was made during August 27—28, 1974. The number of germinated seeds was counted; the heigh of the dominant germling was measured; and all germlings were classified according to stage of development. The main results of the experiment were:

1. Inside the shelters it was warmer than outside. The average difference was 0.9°C, and it was statistically significant. The average temperature inside the two types of shelters was the same during the observational period.
2. The shelter increased air temperature, regardless of the weather. The effect of the two types of shelters was, however, somewhat different depending on the type of weather. The temperature-increasing effect of the shelter was largest in the afternoon and continued beyond midnight.
3. The shelter increased average soil temperature three centimeters below the surface by 0.4°C.
4. Both the relative and absolute air humidity were greater inside than outside the shelter. The difference between the two types of shelters was not statistically significant. The difference in relative humidity inside and outside the shelter was greatest during the warmest part of the day.
5. Germination was higher and more rapid inside the shelter; the germlings were higher and farther in their development; and the number of damaged and dead germlings was smaller than in the band sowing.
6. Germination of pine and spruce seed and development of their germlings were more promoted by the shelter, compared to larch which was less affected.
7. The shelters remained undamaged in their places.

7. LIST OF REFERENCES

Aaltonen, V. T. 1942. Muutamia kasvukokeita puuntaimilla. Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen. Acta For. Fenn. 50.6.

Hagner, M. and Wendt, K-L. 1973. Rationalisering av sådd. Umeå Universitet. Rapport till Statens Råd för Skogs- och Jordbruksforskning.

Hagner, M., Björkroth, G. and Wendt, K-L. 1974. Skyddad sådd. Av df skoglig produktionslära Umeå Universitet. Rapport till Statens Råd för Skogs- och Jordbruksforskning.

—»— 1975. Skyddad sådd. Skogen 4.

Heikkilä, R. 1972. Männyn taimistotuholaisista ja siementuhoista metsämaassa. Metsäntutkimuslaitos. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja n:o 2.

Kamra, S. K. and Simak, M. 1968. Germination studies on Scots pine (Pinus silvestris L.) seed of different provenances under alternating and constant temperatures. Zusammenfassung: Keimungsstudien auf Föhrensamen von verschiedenen Proveniezen unter wechselnden und konstanten Temperaturen. Sammanfatting. Groningsstudier på tallfrö av olika provenienser under växlande och konstante temperaturer. Studia Forestalia Suecica 62: 1—14.

Kaunisto, S. 1974. Kylvöajankohta ojitetulla suolla. Summary: Date of direct seedling on drained peatlands. Folia For. 203.

Lehtiniemi, T. 1970. Metsämaassa tapahtuvista siementuhoista ja niiden torjunnasta. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteenlaitos. Tiedonantoja n:o 4.

Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland. Acta For. Fenn. 66.2.

Lähde, E. 1973. The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of pine (Pinus silvestris L.) seed. Seloste: Kylvösuojan ja kylmästratifioinnin vaikutus männyn siemenen itämiseen. Folia For. 196.

—»— 1974. Såddskyddmetoden. Skogen 7.

Lähde, E. and Mutka, K. 1974. Kylvösuojan ja raakafosfaattilannoituksen vaikutus männyn siementen itämiseen ja sirkkataimien kehitykseen ojitetulla avosuolla Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of sowing shelters and rock phosphate on germination of pine (Pinus silvestris L.) seeds and development of the germlings on a drained open swamp in northern Finland. Comm. Inst. For. Fenn. 83.2.

Lähde, E. and Pöyhtäri, O. 1972. Uusi kylvömenetelmä — suojakylvö — kehitteillä Pohjois-Suomessa. Metsä ja Puu n:o 2.

Løken, A. 1959. Spiretorsøk i Kjølerom. Medd. Vest. Forst. Forsøksstasjon 33: 1—19.

Mork, E. 1933. Temperaturen som foryngelsefaktor i de Nord — Tronderske granskoger. Referat: Über die Bedeutung der Temperatur für die Verjüngung in den Fichtenwäldern von Nord — Tröndelag. Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen 16: 1—144.

—»— 1938. Gran- och furufröets spiring ved forskjellig temperatur och fuktighet. Summary: Germination of spruce and pine seed at various temperatures and degrees of moisture. Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen 21: 225—249.

5 17935—75

Pohtila, E. 1972. Tutkimuksia aurattujen alueiden metsänviljelymenetelmistä Koillis-Suomessa. Tulokset vuosina 1967—68 tehdyistä männyn kylvö- ja istutuskokeista. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja n:o 6.

Sirén, G. 1952. Havaintoja Peräpohjolan valtion mailla vuosina 1948—50 suoritetuista männyn kylvöistä. Summary: Observations on pine sowings on stateowned lands in Peräpohjola (far north) in 1948—50. Silva Fenn. 78.

Vaartaja, O. 1954. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. Selostus: Puiden siemeniä ja sirkkataimia tuhoavista tekijöistä. Acta For. Fenn. 62.3.

Valtanen, J. 1966. Havaintoja männyn viljelystä erisuuruisilla hakkuualueilla. Metsätaloudellinen aikakauslehti n:o 9.

—»— 1969. Kylvösiemenen tuhoutumisesta. Metsä ja Puu n:o 4.

Yli-Vakkuri, P. 1961 a. Emerge and initial development of tree seedlings on burnt-over land. Seloste: Taimien syntymisestä ja alkukehityksestä kulotetuilla alueilla. Acta For. Fenn. 74.1.

—»— 1961 b. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. Acta For. Fenn. 75.1.

Yli-Vakkuri, P. and Räsänen, P. K. 1971. Siementen peittämisen ja kylvökohdan polkaisun vaikutus männyn ruutukylvön tulokseen. Summary: The influence of covering and of tramping the seeds into the soil on the succes of spot sowing of pine. Silva Fenn. Vol. 5. n:o 1: 1—10.

8. SELOSTUS

Johdanto

Itämisalustan lämpö- ja kosteusolojen parantaminen on ollut keskeisellä sijalla kylvömenetelmiä kehitettäessä. Maanmuokkauksella voidaan vaikuttaa mm. veden liikkumiseen, maan lämpötalouteen ja kaasujen vaihtoon sekä vähentää kilpailua muiden kasvien taholta. Kuohkeuttaminen saattaa aiheuttaa kuitenkin pintamaan kuivumisen niin perusteellisesti, ettei siemen idä (Lehto 1956). Kylvölaikuissa siemenet itävät parhaiten suojaavan humuksen reunan, kiven, kannon tai muun kohouman läheisyydessä. Tämä johtuu suojan pienilmaston lämpö- ja kosteusoloja tasaavasta vaikutuksesta (Sirén 1952). Vakoruutukylvön sovellutuksella, jossa kylvövaon eteläpuolelle asetetaan puukapula, on ollut samanlainen positiivinen vaikutus. Erittäin tehokasta on kylvösten suojaaminen suojakylvömenetelmässä. Siementen päälle asetetaan kartionmuotoinen, yläpäästään avoin muovinen suoja. Suojan on todettu parantavan siementen itämistä ja taimien kehitystä (Lähde ja Pöyhtäri 1972, Lähde 1973, 1974).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kylvösuojan vaikutuksen suuruutta lämpö- ja kosteusoloihin. Tarkastelun kohteena ovat auringon valon ja bakteerien toiminnan vaikutuksesta hajoavat suojalaadut. Samalla selvitetään suojien vaikutusta männyn, kuusen ja lehtikuusen siementen itämiseen ja sirkkataimien kehitykseen.

Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

Koe perustettiin v. 1974 Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman välittömään läheisyyteen. Tutkittavina muuttujina kokeessa olivat kylvötapa, puulajin sekä suojamateriaalin vaikutus. Käytetyt suojamallit olivat katkaistun kartion muotoisia. Sisäpuolelta mitattuna bakteerien vaikutuksesta hajoavan, tehdasvalmisteisen suojan korkeus oli 7.8 cm, pohjan halkaisija 5.8 cm ja seinän kaltevuus 77°. Käsintehdyn, auringon valossa hajoavasta muovista valmistetun suojan mitat olivat: korkeus 10 cm, pohjan halkaisija 9 cm ja seinän kaltevuus 60°. Kontrollina oli vakoruutukylvö, jossa ruudun koko oli 15 × 20 cm. Mukana kokeessa oli mänty, kuusi ja lehtikuusi.

Lämpötila mitattiin kuparikonstantaanitermoelementtejä käyttäen. Mittaus tapahtui automaattisesti kahden tunnin välein. Kustakin toistosta (6 kpl) arvottiin yksi tehdasvalmisteinen suoja, yksi käsintehty suoja ja yksi kontrollina oleva vakoruutukylvön kohta, joista ilman lämpötila mitattiin. Vastaavasti arvottiin toistoista pisteet, joista mitattiin maan lämpötila 3 cm:n syvyydeltä.

Kosteuden mittausta varten kustakin toistosta arvottiin kaksi kappaletta kumpaakin suojatyyppiä. Niiden sisältä mitattiin kosteus. Mittaukset tehtiin vastaavasti myös kontrollikylvöstä. Kosteus mitattiin päivittäin klo 06.00 ja 24.00 välisenä aikana yhteensä neljä kertaa Wallac Oy:n valmistamalla termohygrometri EP-400:lla. Sen toiminta perustuu litiumkloridisuolan kastepiste- eli kiteytymislämpötilan mittaamiseen. Mittaukset pyrittiin sijoittamaan eri aikoihin päivästä, jotta saataisiin selville kosteuden vuorokautinen vaihtelu.

Kylvö tehtiin 6.—7.6.1974. Itämistä seurattiin toistuvin inventoinnein. Ensimmäiset inventoinnit tehtiin kun kylvöstä oli kulunut 10, 14, 18 ja 21 vuorokautta. Sen jälkeen inventointeja jatkettiin viikoittain aina 2.8. asti. Viimeinen inventointi tehtiin 27.—28.8.1974, jolloin jokaisesta suojasta ja laikusta laskettiin itäneiden siementen lukumäärä ja mitattiin valtataimen pituus silmun kärkeen millimetrin tarkkuudella. Lisäksi taimet luokiteltiin kehitykseltään ja kunnoltaan Yli-Vakkurin (1961 a, b) käyttämän luokituksen mukaan.

Tulokset

Molemmissa suojatyypeissä lämpötila oli ympäri vuorokauden korkeampi kuin suojan ulkopuolelta mitattu kontrolliarvo (taulukko 1). Aurinkoisen sään vallitessa lämpimintä oli tehdasvalmisteisessa suojassa (taulukko 2). Suojien välillä ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta keskiarvo oli 0.3°C suurempi tehdasvalmisteisessa suojassa verrattuna käsintehtyyn suojaan. Pilvisen sään aikana lämpötilaero suojien ja kontrollin välillä oli lähes yhtä suuri kuin aurinkoisella säällä. Kuitenkin on huomattava, että lämpötila laski tehdasvalmisteisessa suojassa selvästi enemmän kuin käsintehdyssä suojassa. Käsintehdyssä suojassa olikin lämpimintä. Ero suojien välillä oli keskimäärin 0.1°C. Sateisen sääjakson aikana lämpö-olot olivat melkein pilvisen sään aikana vallinneen tilanteen mukaisia (taulukko 2). Käsintehdyssä suojassa oli nytkin lämpimintä.

Mittausjakson keskilämpötila suojissa oli tilastollisesti tarkasteltuna merkitsevästi korkeampi kuin ulkopuolella. Suojien välillä ei ollut eroa. Mittausjakson lämpösummat eri suojatyypeissä olivat samansuuruiset. Suojassa kertyi lämpösummaa n. 60 d.d. enemmän kuin suojan ulkopuolella (taulukko 3).

Suhteellinen kosteus oli kummassakin suojatyypissä kaikkina vuorokauden aikoina suurempi kuin suojan ulkopuolella. Klo 12 ja 18 välisenä aikana, siis ilman kosteuden ollessa pienimmillään, kosteus suojissa oli tilastollisesti erittäin merkitsevästi suurempi kuin suojan ulkopuolella (taulukko 4).

Aurinkoisina päivinä suhteellinen kosteus oli suurin tehdasvalmisteisessa suojassa (taulukko 5). Pilvisellä säällä oli myös kosteinta tehdasvalmisteisessa suojassa. Sadesäällä suhteellinen kosteus oli suurin käsintehdyssä suojassa. Ero suojien välillä ei ollut yleensä tilastollisesti merkitsevä. Suojan ulkopuolella kosteus oli kaikissa tapauksissa alhaisempi kuin suojissa. Koko mittausjakson suhteellisen kosteuden keskiarvo oli tehdasvalmisteisessa suojassa 85.8 %, käsintehdyssä suojassa 84.6 % ja suojan ulkopuolella 74.1 %.

Maan keskilämpötila suojien alla oli 0.4°C korkeampi kuin suojan ulkopuolella ja mittausjakson lämpösumma oli n. 25 d.d. suurempi suojan alla kuin ulkopuolella (taulukko 7).

Itäminen tapahtui nopeimmin käsintehdyssä suojassa. Vakoruutukylvössä itäminen oli hitainta ja itävyysprosentti jäi kokonaisuudessaankin selvästi alhaisemmaksi kuin suojissa (taulukko 8 ja kuva 6). Eri suojatyypeissä itävyys oli keskimäärin 35—45 %:n välillä, kun taas vakoruutukylvössä se jäi 16 %:n suuruiseksi. Varianssianalyysin mukaan itävyys oli suojissa erittäin merkitsevästi suurempi kuin vakoruutukylvössä. Männyn itävyys oli keskimäärin n. 40 %, kuusen 31 % ja lehtikuusen 25 %. Puulajeista mänty ja kuusi itivät paremmin käsintehdyssä kuin tehdasvalmisteisessa suojassa. Ero suojien välillä oli 12—13 %-yksikköä. Lehtikuusen itämisessä suojissa ei todettu eroa.

Tyhjien kylvökohtien määrä oli keskimäärin 14.6 %. Varianssianalyysin mukaan erot eri kylvötapojen välillä olivat tilastollisesti merkitseviä. Vähiten tyhjiä kylvökohtia oli käsintehdyssä suojassa, keskimäärin 4.9 %. Vakoruutukylvössä tyhjien laikkujen osuus oli lähes neljännes eli 24.1 %.

Kylvötuppaasta mitatun valtataimen pituus oli suurin käsintehdyssä suojassa (taulukko 9). Seuraavaksi parhaiten taimet olivat kasvaneet tehdasvalmisteisessa suojassa. Vakoruutukylvössä taimet olivat pienimpiä. Erot suojakylvöjen ja vakoruutukylvön välillä olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Vakoruutukylvössä taimet olivat keskimäärin kolmanneksen lyhyempiä kuin suojissa.

Suoja edisti taimien kehitystä. Eniten heikoimmin kehittyneitä taimia oli vakoruutukylvössä. Vaurioituneita taimia oli suojissa vain 2 %, vakoruutukylvössä vastaavasti 8.5 %. Kuolleita taimia oli suojissa 3—4.5 %. Vakoruutukylvössä niiden määrä oli 6.6 %. Vakoruutukylvössä suurin osa taimien vaurioitumisesta ja kuolemisesta johtui syömätuhoista. Vakoruutukylvössä oli myös huomattavasti kellastuneita taimia. Suojissa ei esiintynyt syömätuhoja, vaan vaurioituneet ja kuolleet taimet olivat kellastuneita.

Valtataimen pituus oli regressioanalyysin mukaan sitä suurempi, mitä korkeampi oli ilman lämpötila ja mitä suurempi oli ilman suhteellinen kosteus (taulukko 10). Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus selittivät taimien kasvusta 29.1 %. Mitä lämpimämpää ja kosteampaa ilma oli sitä kehittyneempiä taimet olivat. Kehittyneimpien taimien määrästä ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus selittivät 30.2 %. Mekaanisen vaurion kärsineiden tai hyönteisten tuhoamien taimien lukumäärä samoin kuin muun vaurion kärsineiden taimien lukumäärä oli sitä suurempi mitä kylmempää ja kuivempaa ilma oli. Samoissa oloissa taimet kehittyivät hitaasti.

Itävyys oli sitä parempi mitä korkeampi lämpötila oli ja mitä kosteampaa ilma oli. Selitysaste oli 37.1 %. Tyhjien kylvökohtien määrä kasvoi ilman kylmetessä ja muuttuessa kuivemmaksi. Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus selittivät tyhjien kylvökohtien määrästä 14.6 %. Tulosten mukaan suojassa vallitseva korkeampi lämpötila ja suurempi suhteellinen kosteus paransivat itävyyttä, nopeuttivat taimien kehitystä ja pituuskasvua sekä vähensivät tyhjien kylvökohtien määrää.

Tiivistelmä

Suojissa ilma oli keskimäärin 0.9°C lämpimämpää kuin ulkopuolella. Koko mittausjakson keskimääräinen lämpötila kummassakin suojatyypissä oli sama. Suoja kohotti lämpötilaa vallitsevasta säästä riippumatta. Eri suojatyyppien vaikutus sen sijaan oli hieman erilainen säästä riippuen. Suojan lämpötilaa kohottava vaikutus oli suurimmillaan iltapäivästä alkaen ja jatkuen yli keskiyön. Suoja kohotti myös maan lämpötilaa 3 cm:n syvyydellä keskimäärin 0.4°C.

Suojassa olivat sekä absoluuttinen että suhteellinen kosteus suuremmat kuin ulkopuolella. Ero suhteellisessa kosteudessa suojan ja ulkopuolisen ilman välillä oli suurimmillaan vuorokauden lämpimimpään aikaan. Suojakylvössä oli itävyys nopeampi ja suurempi, taimet pidempiä ja kehittyneempiä sekä vaurioituneiden ja kuolleiden taimien määrä pienempi kuin ilman suojaa tehdyssä vakoruutukylvössä. Suoja edisti enemmän männyn ja kuusen kuin lehtikuusen siementen itämistä ja sirkkataimien kehitystä.

ON NITROGEN MOBILIZATION IN PEAT. I. EFFECT OF LIMING AND ROTAVATION IN DIFFERENT INCUBATION TEMPERATURES

SEPPO KAUNISTO AND MARJUT NORLAMO

SUOMENKIELINEN SELOSTE

Typen mobilisaatiosta turpeessa. I.
Kalkituksen ja muokkauksen vaikutus erilaisissa haudutuslämpötiloissa.

HELSINKI 1976

ISBN 951-40-0194-X

Helsinki 1976. Valtion painatuskeskus

FOREWORD

This study belongs to a larger study series, the purpose of which is to illustrate the possibilities of mobilizing organic nitrogen in peat. The study is based on an experiment carried out at the Parkano Research Station of the Finnish Forest Research Institute.

Dr. Seppo Kaunisto designed and supervised the study and wrote the manuscript. Marjut Norlamo, M.Sc., contributed to the completion of the publication and was also responsible for the practical realization of the microbial analyses. Miss Raija Eerikäinen assisted in laboratory work. Nutrient analyses were performed by Viljavuuspalvelu Oy. Miss Pirkko Marjamäki made the calculations and Miss Liisa Majuri the illustrations. Mr. Esko Mansikkaviita and Mr. Tauno Suomilammi made the practical arrangements for the experiment. Leena Kaunisto, M. A., translated the text. Suomen luonnonvarain tutkimussäätiö gave economical support by providing funds for the experiment. Professor Olavi Huikari, professor Pentti Viro, Dr. Olavi Laiho, Kimmo Paarlahti (Lic.For.), and John Derome (B.Sci.For.) read the manuscript and gave valuable suggections.

We extend our best thanks to all the contributors.

Parkano, November 1975 | Helsinki

Seppo Kaunisto | *Marjut Norlamo*

CONTENTS

1. Introduction 5
2. Material and methods 7
3. Results 11
31. Peat acidity 11
32. Number of aerobic bacteria with special reference to starch decomposing bacteria 11
33. Ammonifying and nitrifying bacteria 13
34. Mineral nitrogen content of peat 16
4. Discussion 18
5. Summary 21
6. References 23
Suomenkielinen seloste 25

1. INTRODUCTION

Peat soils contain vast amounts of organically bound nitrogen, which is in a form that is completely unavailable to trees. When considering the high costs of nitrogen fertilizers, the measures which favour nitrogen mineralization and enhance nitrogen circulation in peat soils are most profitable.

Nitrogen mineralization is highly dependent on the pH of the substrate (Alexander 1961). Hence it is quite understandable that many attempts have been made to enhance nitrogen mineralization by liming. Several independent studies, however, have shown that liming does not improve tree growth during the first years following the application, but may however have a detrimental effect on it (see Lukkala 1951, Huikari 1961, Meshechok 1968, Dickson 1972, and Kaunisto 1973). On the other hand, Jaeger (1972) for instance has presented results which show that the combined effect of liming and phosphorus fertilization is favourable. There are some interesting observation made by Meshechok (1967, 1971). In his earlier report he found that during ten years following liming and planting, liming had decreased the growth of pine and spruce. However, his later report showed quite an opposite trend. After ten years the height growth of seedlings on limed plots surpassed that on unlimed ones. There were some instances where the growth proved the better, the more lime had been applied. In the experiments carried out by Meshechok, liming was done in conjunction with heavy fertilization. He assumed that the detrimental effect of liming during the first ten years was due to excessive amounts of $CaCO_3$ or the fixation of nutrients, especially nitrogen, to the microbial body. His hypothesis was that initially there was a nitrogen shortage, since the total nitrogen content of the peat was only about 1.0 % when the experiment was established. Moreover, he supposed that nitrogen subsequently became more mobile because of liming. Meshechok suggests that by applying lime it is possible to diminish the subsequent need for nitrogen fertilization.

Adams and Dickson (1973) investigated the effect of liming on the nitrogen and phosphorus contents of litter and Sitka spruce needles. They found that liming greatly decreased the nitrogen and phosphorus contens of the needles and that nitrogen had disappeared from the litter. Adams and Cornforth (1973) carried out an incubation experiment belonging to the same series, and found that liming strongly increased the decomposition of litter that had been collected from the root layer of the tree stands. Simultaneously mineral nitrogen, both natural and applied as a fertilizer, was fixed by the microflora during the incubation. Some other incubation studies concerning peat soils also indicate that liming decreases the amount of ammonium (Kaila et.al. 1953 and 1954). On the other hand, Kivekäs (1960) reports that liming has no effect on the mineral nitrogen content of peat. Küster and Cardiner (1973) found no effect of liming in virgin peat soils, but in cultivated soils nitrogen mineralization was improved by liming.

There seems to be some controversy regarding the effect of liming on nitrogen mobilization. However, it seems quite possible that the initial detrimental effect of liming on tree growth is connected with the nitrogen status of the peat. The aim of this study is to obtain more information about the possible causal relationships concerning liming and the nitrogen balance in order to clarify the afore-mentioned shock effect of liming on tree growth.

In the incubation studies referred to above, peat samples were dried and milled before the incubation. This means that drastic changes have taken place in peat, which may affect microbial activity. In this study great emphasis was laid on the methodology in order to ensure that the incubation conditions were as similar as possible to the conditions in natural peat soils.

2. MATERIAL AND METHODS

The effect of liming was examined by observing the size of some microbial populations grouped according to their physiological properties (proteolytic, nitrifying, and starch decomposing bacteria) as well as the total number of aerobic bacteria in peat samples. In addition peat was analyzed for ammonium and nitrate. The effect of liming in conjunction with different fertilization, soil preparation, and temperature conditions was studied on two peat types. The combinations between liming, fertilization, soil preparation, and peat type are shown in Table 1.

Table 1. Variables and combinations of variables in the study except the incubation temperatures which were: 12, 15, 18, and 21°C for each treatment.

Taulukko 1. Tutkitut muuttujat ja niiden kombinaatiot tutkimuksessa lukuunottamatta muhituslämpötiloja, jotka olivat 12, 15, 18 ja 21°C jokaiselle kombinaatiolle.

Amelioration treatment — *Maanparannustoimenpide*	Peat type — *Turvelaji*			
	CS-p		LSC-p	
	Fertilization — *Lannoitus*			
	O	NPK	O	NPK
Untreated—Käsittelemätön	X	X	X	X
Rotavated—Jyrsitty	X	X	X	X
Rotavated & Limed—Jyrsitty ja kalkittu	X	X	X	X

The CS peat used in the study came from the level surface of a small sedge open swamp and the LSC peat from an open area of a Carex pine swamp. The properties of the different peat types are presented in Tables 2 and 3.

All the main nutrients (NPK) were applied. The following fertilizers were used: calcium ammonium nitrate (26 % N) containing 50 % of the nitrogen as ammonium and 50 % as nitrate, ground mineral phosphate (14.4 % P) and muriate of potash (49.8 % K). In connection with soil preparation the fertilizers were worked into the whole rotavated peat layer.

Table 2. The total N, P, and K contents in untreated peat.
Taulukko 2. Luonnontilaisen turpeen kokonaistyppi, -fosfori ja -kali.

Nutrient *Ravinne*	Depth of peat layer — *Turvekerroksen paksuus* 0—10 cm		10—20 cm	
	CS-p	LSC-p	CS-p	LSC-p
N %	1.00	1.29	1.25	1.48
P ‰	.39	.61	.49	.49
K ‰	.87	.81	.39	.33

Table 3. The degree of humification (according to v. Post).
Taulukko 3. Maatumisaste v. Postin mukaan.

Peat layer, cm *Turvekerros, cm*	Peat type — *Turvelaji* CS-p	LSC-p
0—5	H_1	H_1
5—10	H_1	H_2
10—15	H_2	H_3
15—20	H_2	H_3

Dolomite (25 % Ca and 7 % Mg) was used for liming, the application rate being 1000 kg/ha. It was mixed into the shredded peat layer.

In the work by Adams and Cornforth (1973) the incubation temperature was 22 %, which is rather high when considering the conditions prevailing in natural peatlands. In the study of Kaila et.al. (1953) a large number of different incubation temperatures were used, but only two of them, 5°C and 20°C, are applicable to natural peat soils. In this study the incubation temperatures have been chosen to cover the main temperature fluctuations occurring in peat during the growing season.

Although the incubation temperatures of 12, 15, 18, and 21°C were aimed at, there was some variation, however, in the temperature during the study period, as shown in Table 4. Despite the insulation measures, heat regulation during the first test months was not completely successful. During the last two months these fluctuations levelled off to some degree. Although the different temperature values are not quite exact, later in the text they will referred to as 12, 15, 18, and 21°C.

The conditions for the incubation were arranged to resemble those in the field as much as possible. Peat samples were extracted using the method introduced by Juusela, Kaunisto and Mustonen (1969) and later successfully used by Kaunisto (1971 and 1975). In this method the peat samples are taken as so-called undisturbed profiles directly into plastic cylindrical tubes, which serve as the final experimental containers (diameter 19 cm, height 40 cm).

Table 4. The average monthly peat incubation temperatures measured at a depth of 5 and 15 cm from peat surface and their standard deviations.

Taulukko 4. Turpeen keskilämpötila peräkkäisinä muhituskuukausina 5 ja 15 cm:n syvyydessä sekä keskilämpötilojen keskihajonta

Depth, cm *Syvyys, cm*	Month *Kuukausi*	Temperatures aimed at—*Tavoitelämpötilat, C°* 12	15	18	21
		Temperatures measured—Mitatut lämpötilat, C°			
5	I	13.7 ± 2.3	17.6 ± 1.3	18.4 ± 0.8	21.1 ± 1.1
	II	13.3 ± 0.6	18.6 ± 1.7	18.7 ± 1.3	22.5 ± 0.9
	III	12.4 ± 0.7	15.2 ± 1.9	17.3 ± 1.3	20.6 ± 1.3
	IV	12.2 ± 1.0	15.3 ± 1.5	16.6 ± 1.9	20.9 ± 1.2
	V	11.7 ± 0.9	14.8 ± 1.2	17.8 ± 1.0	19.9 ± 0.9
15	I	12.5 ± 2.2	15.4 ± 1.3	17.3 ± 0.4	20.4 ± 0.9
	II	11.6 ± 0.6	16.0 ± 1.9	17.8 ± 1.1	21.2 ± 0.4
	III	11.4 ± 0.3	14.4 ± 1.6	16.5 ± 0.9	20.3 ± 0.9
	IV	12.2 ± 0.6	14.8 ± 1.3	16.3 ± 2.0	20.8 ± 0.6
	V	11.7 ± 0.8	15.5 ± 1.0	18.4 ± 1.1	20.4 ± 1.0

The incubation was carried out by immersing the sample pots in water baths, whose temperature could be regulated. The bottoms of the sample pots were made watertight before immersing them in the incubation bath. The sides of the baths were protected with heat insulating polystyrene plates and the peat and water surfaces with a 10—15 mm crushed polystyrene layer.

The peat was not watered during the experiment, but the ground water table in the peat was kept at a constent depth of 30 cm by means of a simple lysimeter system (see J u u s e l a et.al. 1969).

Peat preparation was performed in the field by a L a m u V preparation-fertilization-seeding machine, in which a rotavator (Howard E 70) thoroughly breaks and mixes the upper 15—20 cm peat layer (K a u n i s t o 1974). Prepared samples were made so that the 15 cm surface peat layer was cut off from each sample and the remaining space in the container filled with rotavated peat produced in the field. Vegetation was continuously removed from the peat surface.

The chemical soil analyses were carried out by Viljavuuspalvelu Oy (Soil Testing Service) using the standard methods employed in their laboratories (e.g. K u r k i 1972). Nitrate nitrogen was determined with a nitrate specific electrode from a prepared solution (1: 2.5). Ammonium nitrogen was determined by extracting with 0.5 M $CaCl_2$ and distilling the ammonia with alkaline MgO. Soil pH was determined in distilled water.

The microbial analyses were carried out at the Department of Peatland Forestry in the Finnish Forest Research Institute.

1. The total number of aerobic bacteria was determined using plate count method with IM soil extract agar (Taylor 1951): tryptone 0.5 g, yeast extract 0.5g, K_2HPO_4

0.4 g, $MgSO_4$ 0.05 g, NaCl 0.1 g, $FeCl_3$ 0.01, agar 15 g, soil extract 250 ml, distilled water 750 ml, pH 6.8.

2. The number of proteolytic and starch degrading bacteria was determined using a modified IM substrate (Casein-peptone-starch-substrate): Casein 0.5 g, soluble starch 0.5 g, Bacto peptone 0.5 g, glyserol 1 ml, K_2HPO_4 0.2 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.05 g, $FeCl_3$ (0.001 % solution) 4 drops, agar 15 g, soil extract 250 ml, distilled water 750 ml pH 6.9. The plates were stained with Lugol solution after the incubation for counting the starch degrading bacteria.

3. The nitrite forming bacteria were determined by the MPN methods as a tube test using the nutrient solution of Meiklejohn (1950). Meiklejohn substrate: $(NH_4)_2SO_4$ 1 g, K_2HPO_4 1 g, NaCl 2.0 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 g, $FeCl_3$ a little, $CaCO_3$ 10 g, distilled water 1000 ml, the formation of nitrite was detected by a naphthylamine-sulphaniline-acid-reagent. The red colour indicates the presence of nitrite.

The microbiological analyses must be performed as soon as possible after sampling, since changes occur in the soil samples owing to variations in microbial activity during the transportation and storing of the samples (Paarlahti and Hanioja 1962). Peat samples were packed immediately after sampling in plastic bags and transported to the laboratory. Samples were stored at a temperature of +4—+5°C until they could be analyzed. The microbial determinations were carried out on the sampling day. 20 g of peat was weighed and mixed with 180 ml of sterile water and homogenised with an Ultra-Turrax homogenisor. The cultures used for determining the total number of bacteria were diluted 10^5—10^7 times, for proteolytic and starch degrading bacteria 10^4—10^6 times and for nitrification bacteria 10^2—10^4 times. Four plates and five nitrification tubes per dilution were used. The cultures were incubated at room temperature for 10 or 18 days, after which the number of bacteria was counted.

An incubation period of 10 or 18 days was used in all the determinations. The results were expressed as the number of bacteria per 1 g of dry peat. All analyses were performed on newly extracted peat on the day of sampling.

3. RESULTS

31. Peat acidity

Table 5 shows the mean pH values of unfertilized and fertilized peat at the end of the experiment. The figures indicate that the peat was rather acid. The pH of unlimed peat was usually less than 3.5 and that of limed peat less than 4.0. It is worth noting that liming quite clearly decreased the acidity of both peat types. Generally CS peat was somewhat more acid than LSC peat. The incubation temperature and rotavation treatment did not affect the acidity of the peat.

Table 5. pH of peat after an incubation period of five months as the means of the fertilized and unfertilized samples.
Taulukko 5. Turpeen pH viiden kuukauden muhitusajan kuluttua lannoitettujen ja lannoittamattomien turvenäytteiden keskiarvoina.

Treatment *Käsittely*	CS-p				LSC-p			
	Temperature — *Lämpötilat, C°*							
	12	15	18	21	12	15	18	21
Untreated—Käsittelemätön	3.20	3.33	3.27	3.34	3.39	3.43	3.45	3.50
Rotavated—Jyrsitty	3.26	3.26	3.60	3.37	3.35	3.44	3.55	3.46
Limed and Rotavated—Kalkittu ja jyrsitty	3.46	3.64	3.54	3.88	4.00	3.74	4.09	3.89

32. Number of aerobic bacteria with special reference to starch decomposing bacteria

In this study general aerobic microbial growth was clarified by means of aerobic bacteria. Special attention was given to starch decomposing bacteria, which represent the microbial population utilizing easily decomposing organic material. This was regarded as important because starch easily satisfies the energy requirements of microbes. Thus also the need for mineral nutrients is rather high.

Fig. 1 and Appendix 1 show that liming distinctly increased the size of the aerobic bacterial population. Liming was especially beneficial to starch decomposing bacteria

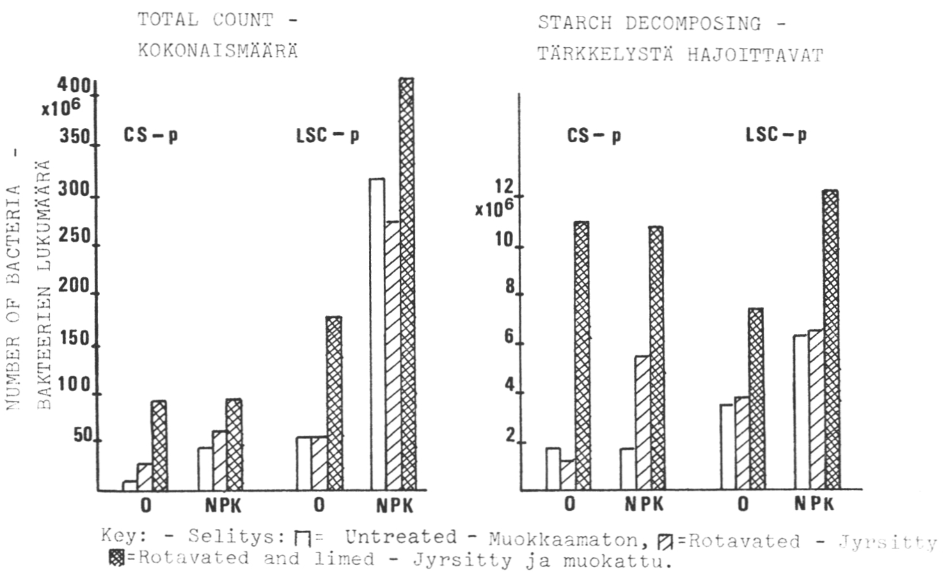


Fig. 1. The total number of aerobic bacteria and the number of starch decomposing bacteria (per 1 gram of oven dry peat) as affected by fertilization, rotavation and liming.
Kuva 1. Aerobien bakteerien kokonaismäärä ja tärkkelystä hajoittavien bakteerien määrä (1 g:ssa uunikuivaa turvetta) erilaisissa lannoitus-, muokkaus- ja kalkitusolosuhteissa.

and on the average doubled the size of this group. In most cases also fertilization markedly enhanced microbial growth.

The total number of aerobic bacteria was considerably higher in LSC peat than in CS peat. This was probably caused by the natural differences in the nutritional status of the various peat types, as shown in Tables 2 and 5. Yet, both peat types contained quite similar numbers of starch decomposing bacteria. The reason for this may be that LSC peat was more humified than CS peat (Table 3), hence suggesting that easily decomposable organic matter is more abundant in CS peat than in LSC peat.

Fig. 2 illustrates the effect of the incubation temperature on the number of starch decomposing and the total number of aerobic bacteria. In both groups the population size usually increased with increasing temperature (cf. G o u n o t 1973). With only one exception the increase was statistically significant (Appendix 1). In CS peat the effect of increasing temperature on the number of aerobic bacteria was dependent on liming which was also indicated by significant interaction between these variables (Appendix 1). In CS peat the starch decomposing bacteria also seemed to benefit from increasing temperature more in limed than unlimed peat, although the interaction between liming and temperature was not significant. In LSC peat no such interactions were found.

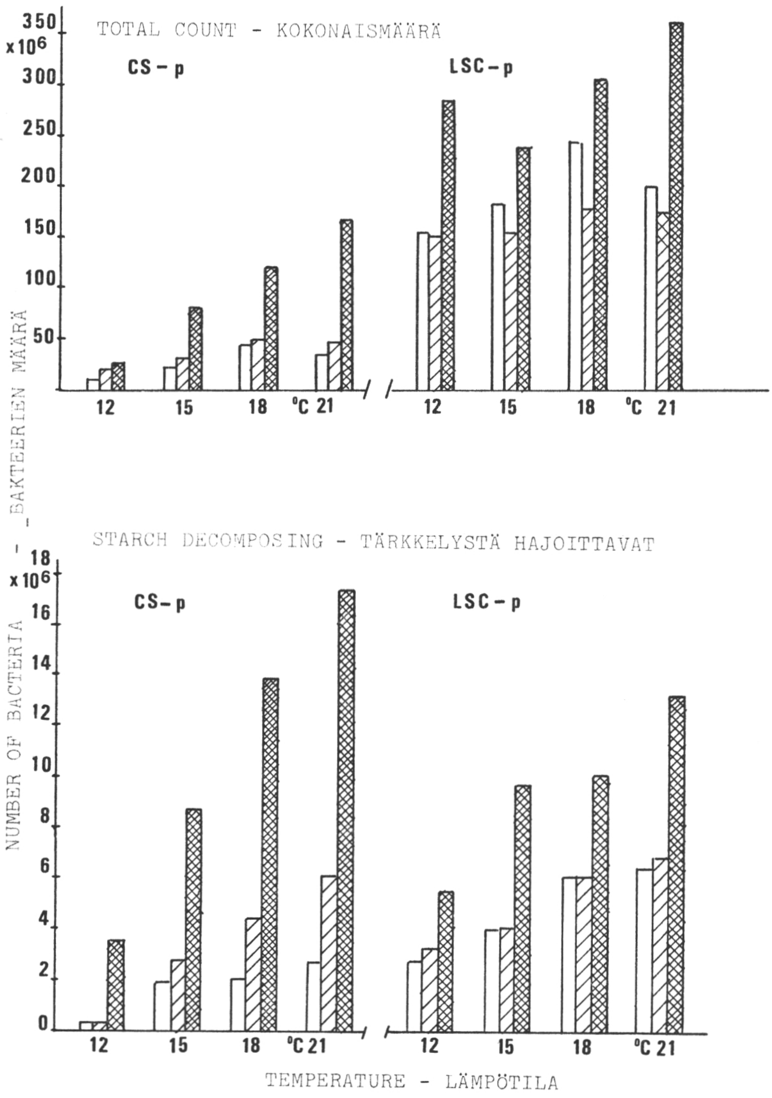


Fig. 2. The total number of aerobic bacteria and the number of starch decomposing bacteria (per 1 gram of oven dry peat) as affected by the incubation temperature, rotavation, and liming. Key as in Fig. 1.

Kuva 2. Muhituslämpötilan, jyrsinnän ja kalkituksen vaikutus bakteerien kokonaismäärään ja tärkkelystä hajoittavien bakteerien määrään (1 g:ssa uunikuivaa turvetta). Selitys kuten kuvassa 1.

33. Proteolytic and nitrifying bacteria

The mineralization of the organically bound nitrogen was investigated by detemining the number of proteolytic and nitrifying bacteria.

Fig. 3 shows that both liming and fertilization (cf. Paavilainen and Norlamo 1975) resulted in a sharp increase in the number of proteolytic and nitrifying bacteria. However, the number of nitrifying bacteria was very small in comparison to the number of the proteolytic ones. Various studies have shown that liming increases nitrification (Kaila et.al. 1953 and 1954, Alexander 1961, Viro 1963, Mai 1973). Alexander for instance attributes this to the rise in soil pH. Furthermore, he states that nitrification below pH 5 is insignificant. The decrease in acidity after liming was clearly apparent in this study. The great positive effect of liming on the number of nitrogen mineralizing bacteria (especially on nitrifying bacteria), however, was surprising, when considering the fact that even after liming only in one case was peat acidity less than pH 4.0. However, in the vicinity of lime particles it could be higher.

Fig. 4 shows that the number of proteolytic bacteria appears to increase with increasing incubation temperature (see Davy and Taylor 1974). This, however, was not significant in either of the peat types concerned (Appendix 2). On the other hand it appears that the effect of temperature was linked with liming and that the size of the proteolytic bacterial population in limed peat grew along with increasing temperature. This was also indicated by the significant interaction between liming+rotavation and temperature (Appendix 2).

Fig. 5 reveals that in unfertilized LSC peat the incubation temperature did not affect the number of proteolytic bacteria, although in fertilized LSC peat the number of bacteria grew almost linearly along with increasing incubation temperature. It seems that, other environmental conditions allowing, the rate of ammonification was greater, the higher the temperature used in the study. An increasing temperature,

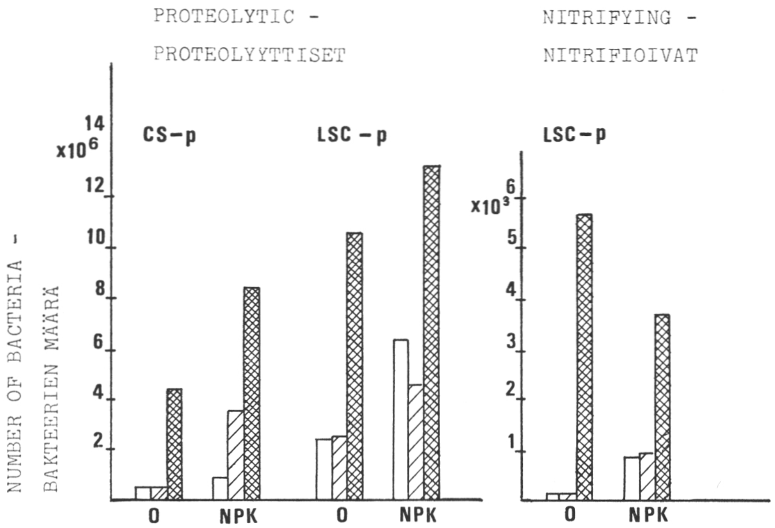


Fig. 3. The number of proteolytic and nitrifying bacteria (per 1 gram of oven dry peat) as affected by fertilization, rotavation, and liming. Key as in Fig. 1.
Kuva 3. Proteolyyttisten ja nitrifikaatiobakteerien määrä (1 g:ssa uunikuivaa turvetta) erilaisissa lannoitus-, muokkaus- ja kalkitusolosuhteissa. Selitykset kuten kuvassa 1.

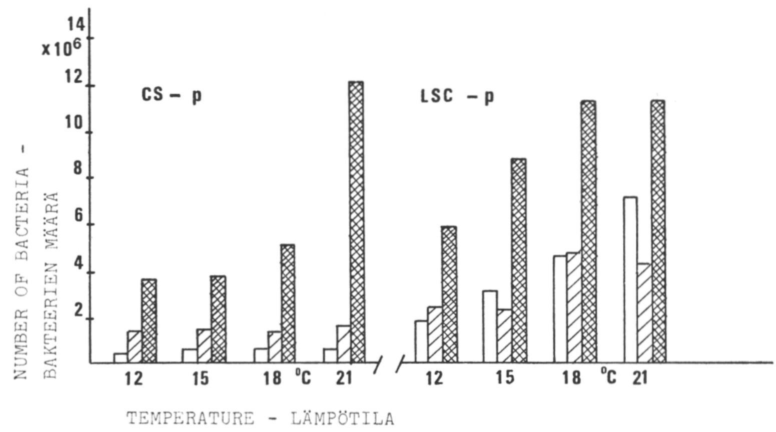


Fig. 4. The number of proteolytic bacteria (per 1 gram of oven dry peat) at different incubation temperatures. Key as in Fig. 1.

Kuva 4. Proteolyyttisten bakteerien määrä (1 g:ssa uunikuivaa turvetta) erilaisissa muhituslämpötiloissa. Selitykset kuten kuvassa 1.

however, could not make up for low nutritional status and/or acid conditions. On the other hand, ammonification occurred even at low temperatures if the peat was limed and/or fertilized.

The results indicate that the mineralization of nitrogen in acid and nutrient deficient peats can be increased by liming and fertilizing. In addition, the measures affecting the peat temperature also affect the rate of mineralization.

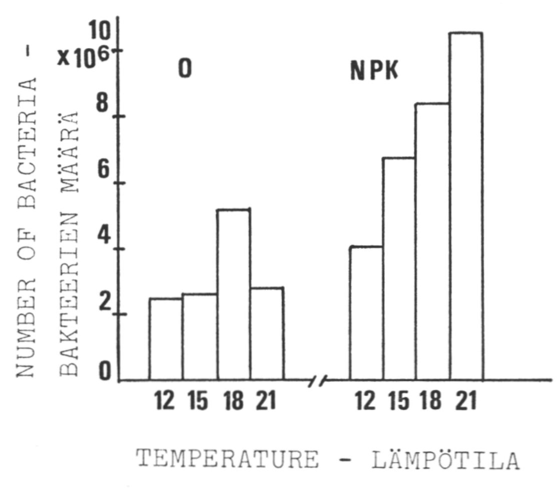


Fig. 5. The number of proteolytic bacteria (per 1 gram of oven dry peat) in LSC peat as affected by the incubation temperature and fertilization.

Kuva 5. Lannoituksen vaikutus proteolyyttisten bakteerien määrään (1 g:ssa uunikuivaa turvetta) erilaisissa muhituslämpötiloissa LSC-turpeessa.

34. Mineral nitrogen content of peat

The amount of different forms of mineral nitrogen at the end of the experiment is presented in Figs. 6 and 7. Fig. 6 shows that the amount of mineral nitrogen in fertilized, unlimed peat greatly surpassed that in unfertilized peat. In this experiment rotavation increased the ammonium and nitrate contents of all rotavated peat samples. Liming decreased the amount of mineral nitrogen in fertilized peat to the same level as in the unfertilized samples. In this respect both peat types were identical.

It is interesting to compare the amounts of both forms of nitrogen (Fig. 6). The amount of ammonium is many times greater than that of nitrate in fertilized, unlimed samples. However, at the beginning of the study each sample received equal amounts (150 mg/sample pot) of both types of nitrogen. Nearly all the nitrogen applied as nitrate has disappeared from the peat, whereas the ammonium nitrogen has remained very well.

The effect of incubation temperature on the amount of ammonium nitrogen is illustrated in Fig. 7. There were no significant differences in ammonium content over the temperature range of 12 to 18°C. However, there was a clear increase in ammonium in the peat when the temperature increased from 18 to 21°C (see also Appendix 3).

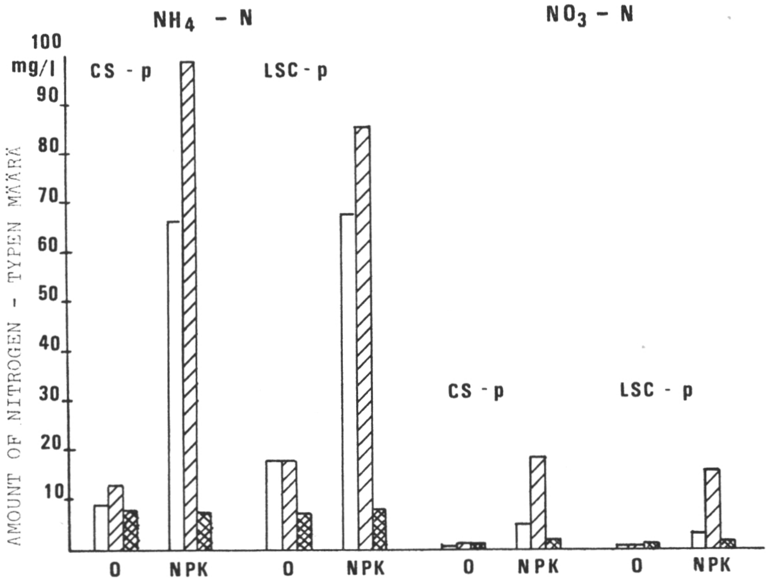


Fig. 6. The content of mineral nitrogen in the 10 cm surface peat layer as affected by fertilization, rotavation, and liming. Key as in Fig. 1.
Kuva 6. Mineraalitypen määrä 10 cm:n pintaturvekerroksessa erilaisissa lannoitus-, muokkaus- ja kalkitus-olosuhteissa. Selitykset kuten kuvassa 1.

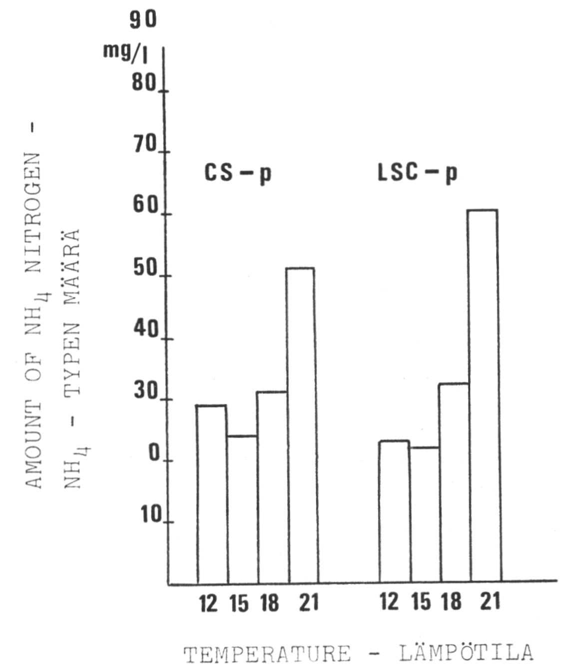


Fig. 7. The amount of ammonium nitrogen in the 10 cm surface peat layer at different incubation temperatures.
Kuva 7. Ammoniumtypen määrä erilaisissa muhituslämpötiloissa.

4. DISCUSSION

Most of the nitrogen found in peat is bound to organic material and only microbial transformation can release it in a form available to plants. Plants receive nitrogen only in a situation where nitrogen mineralization is greater than nitrogen losses. Alexander (1961) expresses the net change in the amount of inorganic nitrogen (N_i) by means of the following relationship:

N_i = organic nitrogen mineralized — ($N_a + N_c + N_l + N_d$) where N_a, N_c, N_l, and N_d represent the nitrogen assimilated by the microflora, removed by the crop, lost by leaching, and volatilized through denitrification respectively.

In this study, liming had two opposite effects on the nitrogen balance. On the one hand liming increased the size of both the proteolytic and nitrifying bacterial population, while on the other hand it decreased the amount of mineral nitrogen. No removal of nitrogen by crop or leaching was possible. Neither was volatilization through denitrification probable because of the low pH and quite adequite drainage conditions. Consenquently the reduction in the mineral nitrogen contents of the peat caused by liming must have been entirely due to immobilization by microflora.

The substrate used were Carex-Sphagnum and woody Sphagnum-Carex peats. In both cases the degree of humification, as well as the nitrogen content, were rather low. Consequently the C:N ratio was presumably quite high. Unfortunately the C/N ratios were not determined during the study period. This was, however, carried out later on the untreated peats taken from the sampling areas. It appeared that in untreated CS peat the C/N ratio varied from 27 to 45 and in LSC peat from 23 to 40. Hattori (1973) for instance states that nitrogen is effectively immobilized at a C/N ratio greater than 30. At a C/N ratio from 20 to 30 there is neither fixation nor release of mineral nitrogen. Thus it seems that the C/N ratio in this study favoured nitrogen immobilization to some extent.

Organic matter serves as an energy and nutrient source for the soil microflora. In the conditions where a high C:N ratio is prevailing, during complete decomposition, most of the organic carbon is volatilized as CO_2 and only a small part is assimilated and bound to the microbial body. On the other hand, nitrogen and also other nutrients are bound to the microbial population and only a small amount is likely to be lost. Thus the decomposition process of peat inevitably leads to a decrease in the amount of readily decomposable material and to an increase in the nutrient content per unit volume of peat (see also Hende et.al. 1952 and Alexander 1961). After a certain period of time the rate of mineralization and immobilization by microflora will reach equilibrium, and subsequently nitrogen will also be available to plants.

The time taken to reach this state of equilibrium presumably depends, at least partly, on the quality of the peat. Allison and Sterling (1949) state that the rate of production in inorganic nitrogen is closely correlated with the total nitrogen content of the soil. On the other hand immobilization greatly depends on a suitable energy source for the microflora which are actively decomposing carbohydrates. Thus it seems that the higher nitrogen content and the degree of humification, the sooner equilibrium will be reached.

Liming makes a positive contribution to the decomposition of the organic matter. It is quite possible that the time required to reach a state of equilibrium between mineralization and immobilization of nitrogen is simultaneously shortened. The growth losses of trees after liming reported in several publications (see introduction) may quite well be due to more or less complete nitrogen fixation by microbes as was observed in this study, and the growth increase which follows several years after application reported for instance by Meshechok (1971) may be due to the fact that the net mineralization of nitrogen started earlier on limed than unlimed peat.

Considering the afore-mentioned ideas we approach the hypothesis that the detrimental effect on tree growth caused by liming could be reduced or entirely avoided by applying mineral nitrogen at adequate levels in connection with liming. Thus it might be possible to supply both the microbes and the trees with enough mineral nitrogen until the natural mineralization of nitrogen balances the nitrogen cycle. In fact some indications that this may be the case have been found in some field experiments set up by the Department of Peatland Forestry, the Finnish Forest Research Institute. Seven years after fertilization and liming trees have responded to nitrogen application better on limed than unlimed areas (Huikari 1973). In tree cut areas and open mires it may be better to postpone afforestation until the the equilibrium between nitrogen mineralization and immobilization is reached.

It is also interesting to compare the various forms of nitrogen. Alexander (1961) states that ammonium salts are the most readily assimilated nitrogen sources for most bacteria, actinomycetes, and fungi. In the investigations in which both ammonium and nitrate are used, ammonium tends to disappear first. There is no reason to assume that the microbial population in the peat would have favoured nitrate rather than ammonium in this investigation. A more likely supposition is that the microbial population was adapted to utilizing ammonium in particular since there is obviously very little nitrification in such acid conditions (Alexander 1961, Paarlahti and Vartiovaara 1958). As the ground water level was kept at a distance of 30 cm throughout the experiment, there are no grounds for the assumption that excessive water in the 0—10 cm surface layer would have led to anaerobic conditions and thus to the reduction of nitrate to ammonium. The small amount of nitrate in the peat despite nitrogen fertilization can be explained in such a way that the microbes have used practically all the mineral nitrogen applied as a fertilizer and that the presence of abudant NH_4 nitrogen is a result of the mineralization of the organic nitrogen in peat. It seems that the net mineralization of nitrogen may occur in conditions quite similar to the natural ones i.e. at rather low temperatures and in acid peat, naturally nutrient deficient, provided that the site is drained and nutrient status has been improved by fertilization.

It is interesting that peat rotavation alone increased nitrogen mobilization. Some unpublished data by the author show that rotavation also raises the temperature of the peat. In this study ammonification seemed to benefit from an increase in temperature. Hence it seems that rotavation favours nitrogen mineralization in at least two ways.

There still remain several questions concerning nitrogen mobilization in peat that this study leaves unanswered. In addition, it must be kept in mind that the hypotheses introduced have not yet been conclusively proved. It is, however, obvious that, as far as liming is concerned, the study does give some guidelines about the course of events and also some ideas for future experimental activity concerning the use of the natural nitrogen reserves of peat for growing trees on peat soils.

5. SUMMARY

This study deals with liming and nitrogen mineralization in peat. The problem is approached by investigating the influence of liming in an incubation experiment on the total number of aerobic bacteria, the number of starch degrading, proteolytic and nitrifying bacteria as well as the effect of liming on the amount of mineral nitrogen in peat in different fertilization, soil preparation and temperature conditions. The experiment lasted for 5 months. The various treatments and treatment combinations are presented in Table 1.

The peat types were Carex Sphagnum (CS-p) and woody Sphagnum Carex (LSC-p). The nutritional status and degree of humification are shown in Tables 2 and 3 respectively.

The main nutrients were applied at levels of 100 kg of N, 43.6 kg of P, and 83.0 kg of K/ha. 1000 kg/ha of dolomite (25 % Ca and 7 % Mg) was used for liming. Soil preparation was performed in the field by means of a rotary filler,

The investigation used four different incubation temperatures: 12, 15, 18, and 21°C. The temperature variation during the study is presented in Table 4. Using the method developed by Juusela, Kaunisto and Mustonen (1969) peat samples were extracted as the so-called undisturbed profiles directly into plastic tubes, which were also used as the incubation containers (diameter 19 cm and height 40 cm). After making them watertight the containers were immersed in insulated water baths, the temperature of which was kept constant at afore mentioned levels.

The investigation revealed that fertilization and especially liming clearly increased the size of all the bacterial groups studied in peat (Figs. 1—4 and Appendices 1 and 2). Increasing the temperature usually enhanced the corresponding microbial populations as well (Figs. 2, 4, and 5).

Fertilization, rotavation and an increase in temperature increased the amount of mineral nitrogen (Figs. 6 and 7, Appendix 3). On the other hand, the amount of mineral nitrogen in limed peat was very small totally regardless of the other treatments (Fig. 6).

The results suggest that mineral nitrogen was completely fixed by microflora in limed peat. This applies to all nitrogen sources, both given as a fertilizer and released from the organic matter as a result of the more effective ammonification and nitrification processes caused by liming. The result confirms the supposition that

the shock effect caused by liming may be at least partly, due to the biological fixation of nitrogen.

The investigation shows that liming can accelerate the decomposition of peat and promote the concentration of nutrients. This leads to a hypothesis that, despite the initial strong biological fixation of nitrogen, the state of net mineralization could be reached more effectively and rapidly with than without liming. Another hypothesis is that a state of equilibrium between biological fixation and release of nitrogen could be reached faster when liming is carried out in conjunction with nitrogen fertilization.

REFERENCES

Adams, S. N. & Cornforth, I. S. 1973. Some short-term effects of lime and fertilizers on a Sitka spruce plantation II. Forestry 46, (1): 39—47.

Adams, S. N. & Dickson, D. A. 1973. Some short-term effects of lime and fertilizers on a Sitka spruce plantation. I. Forestry 46, (1): 31—37.

Alexander, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York 472p.

Allison, F. E. & Sterling, L. D. 1949. Nitrate formation from soil organic matter in relation to total nitrogen and cropping practices. Soil Sci 67: 239—252.

Davy, A. J. & Taylor, K. 1974. Seasonal patterns of nitrogen availability in contrasting soils in Chiltern hills. J. Ecol. 62, 3:

Dickson, D. A. 1972. Effects of limestone, phosphate and potash on the early growth and nutrient uptake of sitka spruce (Picea sitchensis (Bong.) Carr.) planted on deep peat in Northern Ireland. Proc. 4th international peat congress 3: 479—488.

Gounot, A-M. 1973. Importance of the temperature factor in the study of cold soils microbiology. Bull. Ecol. Res. Comm. Stockholm. 17: 172—173.

Hattori, T. 1973. Microbial life in the soil. An introduction. Inst. Agric. Res. Tokoku Univ. Sendal, Japan. New York p. 324.

Hende, A. van den, Cottenie, A. & Vlieghere, R. 1952. Preparation and appreciation of artificial organic manure. Trans. Intl. Soc. Soil Sci., Comm. II and IV, 2: 37—47.

Huikari, O. 1961. Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. Metsätal. Aikak. 1961, (5): 212—216.

—»— 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. A duplicate in the Deparment of Peatland Forestry of the Finnish Forest Research Institute.

Juusela, T., Kaunisto, S. & Mustonen, S. 1969. Turpeesta tapahtuvaan haihduntaan vaikuttavista tekijöistä. Summary: On factors affecting evapotranspiration from peat. Comm. Forest. Fenn. 67, 1: 1—45.

Jaeger, K. 1972. Hochmooraufforstung mit Düngungsversuch in Ürstromtal der Weser. Forst- u. Holzwirt 27, (15): 334—338.

Kaila, A., Köylijärvi, J. & Kivinen, E. 1953. Influence of temperature upon the mobilization of nitrogen in peat. J. Sci. Agric. Soc. Finland. 25, (2): 37—46.

Kaila, A., Soini, S. & Kivinen, E. 1954. Influence of lime and fertilizers upon the mineralization of peat nitrogen in incubation experiments. J. Sci. Agric. Soc. Finland. 26, (2): 79—95.

Kaunisto, S. 1971. Lannoituksen, muokkauksen ja vesipinnan etäisyyden vaikutus kylvötaimien ensi kehitykseen turvealustalla. Kasvihuoneessa suoritettu tutkimus. Summary: Effect of fertilization soil preparation, and distance of water level on the initial developement of Scots pine and Norway Spruce seedlings on peat. Comm. Inst. Forest. Fenn. 75.2, 64 p.

—»— 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetulla suolla. Summary: Afforestation of open peatlands with Betula verrucosa and B. pubescens. Suo 24, (1): 4—7.

—»— 1974. On direct seeding of open peatlands. Intern. Symp. For. Drain. Proc. Finland: 139—143.

—»— 1975. Jyrsintämuokkaus ja lannoitteiden sijoitus männyn kylvön yhteydessä turvemaalla. Kasvihuonekokeita. Summary: Rotavation and fertilizer placement in connection with direct seeding of Scots pine on peat. Greenhouse experiments. Comm. Inst. For. Fenn. 85.4, 58 p.

Kivekäs, J. 1960. Typen mobilisaatiosta eräillä Leteensuon koeasemalta otetuilla turvenäytteillä järjestetyssä muhituskokeessa. Summary: On the mobilization of peat nitrogen in incubation experiments by samples taken from Leteensuo. Suo 1960, (6): 101—104.

Kurki, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Referat: Über die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerbondens. Helsinki 1972, 182 p.

Küster, E. & Gardiner, J. J. 1968. Influence of fertilizers on microbial activities in peatlands. Third Int. Peat Congr. Proc. Canada. 314—317.

Lukkala, O. J. 1951. Kokemuksia Jaukkoinsuon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoinsuo experimental drainage area. Comm. Inst. Forest. Fenn. 39 a: 1—53.

Mai, H. 1973. Bodenbiologische Untersuchungen an zwei Düngungsversuchen zu Fichte auf Pseudogleystandorten des Hygellandes. Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden 22: 366—367.

Meshechok, B. 1968. Om startgjødsling ved skogkultur på myr. Medd. Norske Skogforsøks. 87: 1—140.

—»— 1971. Kalking ved skogkultur på nedbøsmyr. Medd. Norske Skogforsøks.: 242—259.

Paarlahti, K. & Hanioja, P. 1962. Methodological studies on the colony count of soil microbes. Comm. Inst. For. Fenn. 55.29, 8 p.

Paarlahti, K. & Vartiovaara, U. 1958. Havaintoja luonnontilaisten ja metsäojitettujen soiden pieneliöistä. Summary: Observations ancerning the microbial populations in virgin and drained bogs. Comm. Inst. For. Fenn. 50.4, 38 p.

Paavilainen, E. & Norlamo, M. 1975. Effect of various nitrogen fertilizers on the initial development of birch, spruce, and pine. Comm. Inst. For. Fenn. 86.2, 43 p.

Taylor, B. D. The nutritional requirements of the predominant bacterial flora of the soil. Proc. Soc. Bact. 1951 (14): 101—111.

Viro, P. J. 1963. Factorial experiments on forest humus decomposition Soil Sci. 95, 1: 24—30.

TYPEN MOBILISAATIOSTA TURPEESSA. I. KALKITUKSEN JA MUOKKAUKSEN VAIKUTUS ERILAISISSA HAUDUTUSLÄMPÖTILOISSA

SELOSTE

Johdanto ja tutkimusmenetelmä

Useissa tutkimuksissa on todettu, että kalkitus ensimmäisinä kalkitusta seuraavina vuosina heikentää puuston kasvua turvemailla. Toisaalta on myös esitetty havaintoja tilanteen muuttumisesta päinvastaiseksi myöhemmässä vaiheessa. Eri yhteyksissä on arveltu kalkituksen shokkivaikutuksen liittyvän ravinteiden, erityisesti typen sitoutumiseen inaktiiviseen muotoon.

Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu kalkituksen vaikutusta turpeen typpitaluoteen tutkimalla sen vaikutusta aerobien bakteerien kokonaismäärään, tärkkelystä hajoittavien sekä proteolyyttisten ja nitrifioivien bakteerien määrään samoin kuin kalkituksen vaikutusta mineraalitypen määrään turpeessa erilaisissa lannoitus- muokkaus- ja lämpöoloissa. Koe kesti 5 kk. Erilaiset käsittelyt ja käsittely-yhdistelmät on esitetty taulukossa 1.

Turvelajit olivat sararahka- (CS-t) ja metsärahkasaraturve (LSC-t). Turvelajien ravinteisuus ja maatumisaste on esitetty taulukoissa 2 ja 3 vastaavasti.

Lannoituksessa annettiin typpeä 100, fosforia 43.6 ja kalia 83 kg/ha. Kalkittaessa annettiin dolomiittikalkkia (Ca 25 % ja Mg 7 %). 1000 kg/ha. Muokkaus toteutettiin jyrsimällä Lamu V lannoitus-muokkaus-kylvökoneella.

Tutkimus toteutettiin neljässä eri muhituslämpötilassa: 12, 15, 18 ja 21. Lämpötilan vaihtelu kokeen aikana ilmenee taulukosta 4. Turvenäytteet otettiin J u u s e l a n, K a u n i s t o n ja M u s t o s e n (1969) kehittämällä menetelmällä ns. häiriintymättöminä profiileina suoraan muhitusastioina käytettyjen muoviputkien sisään (läpimitta 19 cm korkeus 40 cm) ja upotettiin tiivistyksen jälkeen lämpöeristettyihin vesialtaisiin, joissa veden lämpötilaa säätelemällä pyrittiin turve pitämään vakiolämpötiloissa.

Tulokset

Tutkimuksessa todettiin, että lannoitus ja erityisesti kalkitus selvästi lisäsi kaikkea mikrobitoimintaa turpeessa (kuvat 1—4 ja liitetaul. 1 ja 2). Myös lämpötilan kohottaminen yleensä edisti mikrobitoimintaa (Kuvat 2, 4 ja 5).

Lannoitus, jyrsintä ja lämpötilan kohottaminen lisäsivät mineraalitypen määrää (Kuvat 6 ja 7, liitetaul. 3). Toisaalta kalkitussa turpeessa mineraalitypen määrä oli erittäin vähäinen täysin riippumatta muista käsittelyistä (Kuva 6).

Tulosten perusteella oletetaan, että kaikki lannoitteina annettu samoinkuin kalkituksen ansiosta tehostuneen ammonifikaation ja nitrifikaation tuloksenakin vapautunut typpi on täydellisesti sitoutunut mikrobistoon kalkitussa turpeessa. Saatu tulos tukee olettamusta, että kalkituksen puustolle aiheuttamassa shokkivaikutuksessa olisi kysymys erityisesti typen ja mahdollisesti muidenkin ravinteiden biologisesta sitoutumisesta.

Tutkimuksessa todetaan edelleen, että kalkitsemalla voidaan nopeuttaa turpeen hajaantumista ja edistää ravinteiden konsentroitumista. Tämän perusteella esitetään hypoteesi, että huolimatta typen voimakkaasta biologisesta sitoutumisesta alkuvaiheessa, voidaan kalkitsemalla kuitenkin saada typen nettomineralisaatio tehokkaammin ja nopeammin käyntiin kuin ilman kalkitusta. Edelleen esitetään hypoteesi, että kalkituksen yhteydessä toteutetulla typpilannoituksella nopeutettaisiin tasapainon syntymistä typen biologisen sitoutumisen ja vapautumisen välillä.

APPENDIXES

LIITETAULUKOT

Appendix 1. F ratios and their degree of significance in the analyses of variance concerning the total number of aerobic bacteria and the number of starch decomposing bacteria.

Liitetaulukko 1. F-suhteet ja merkitsevyydet tärkkelystä hajoittavien ja kaikkien aerobien bakteerien kokonaismäärää koskevissa varianssianalyyseissä.

Variable — *Muuttaja*	Aerobic bacteria *Aerobit*		Starch decomposing bacteria Tärkkelystä hajoittavat	
	CS-p	LSC-p	CS-p	LSC-p
1. Fertilization—Lannoitus	24.96***	65.20***	1.07	14.13***
2. Rotavation and Liming—Jyrsintä ja kalkitus	55.74***	6.71**	22.48***	12.20***
3. Temperature—Lämpötila	24.67***	0.79	6.72**	5.50**
Interactions				
1 x 2	5.65**	0.45	1.30	0.51
1 x 3	2.65	0.11	0.22	1.15
2 x 3	9.66***	0.33	1.86	0.38
1 x 2 x 3	2.43	0.26	0.77	0.37

Appendix 2. F ratios and their degree of significance in the analyses of variance concerning the number of proteolytic and nitrifying bacteria.

Liitetaulukko 2. F-suhteet ja merkitsevyydet ammonifioivien ja nitrifioivien bakteerien määrää koskevissa varianssianalyyseissä.

Variable — *Muuttuja*	Proteolytic *Proteolyyttiset*		Nitrifying *Nitrifioivat*
	CS-p	LSC-p	LSC-p
1. Fertilization—Lannoitus	7.26*	10.84***	0.04
2. Rotavation and liming—Jyrsintä ja kalkitus	8.37**	18.24***	14.43***
3. Temperature—Lämpötila	1.85	0.23	0.34
Interactions			
1 x 2	2.50	11.52***	1.64
1 x 3	0.05	5.75**	1.47
2 x 3	3.66*	2.82	0.49
1 x 2 x 3	0.50	0.13	0.55

Appendix 3. F ratios and their degree of significance in the analyses of variance concerning the contents of ammonium and nitrate in the top 10 cm peat layer.

Liitetaulukko 3. F-suhteet ja merkitsevyydet 10 cm:n pintaturvekerroksessa olevaa ammonium- ja nitraattitypen määrää koskevissa varianssianalyyseissä.

Variable — *Muuttuja*	NH_4		NO_3	
	CS-p	LSC-p	CS-p	LSC-p
1. Fertilization—Lannoitus	44.71***	59.59***	12.34***	12.70**
2. Rotavation and liming—Jyrsintä ja kalkitus	15.61***	27.51***	5.68***	6.64**
3. Temperature—Lämpötila	2.71	12.16***	0.31	0.44
Interactions				
1 x 2	12.60***	15.56***	5.72**	7.24**
1 x 3	0.24	0.85	0.20	0.57
2 x 3	1.30	1.02	0.40	0.83
1 x 2 x 3	1.00	1.38	0.40	0.74

MAANMUOKKAUS JA PINTAKASVILLISUUDEN TORJUNTA PELTOJEN METSITTÄMISESSÄ

MATTI LEIKOLA

Summary

SOIL TILLING AND WEED CONTROL IN AFFORESTATION OF ABANDONED FIELDS

HELSINKI 1976

ISBN 951-40-0209-1

Helsinki 1976. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Tullessani Metsäntutkimuslaitoksen palvelukseen kesällä 1969 sain ensimmäiseksi päätehtäväkseni erilaisten peltojen metsityskokeiden perustamisen. Peltojen metsitys oli juuri tuolloin noussut tärkeäksi maankäyttöpoliittiseksi kysymykseksi, ja valtiovalta oli ryhtynyt tehostettuihin toimenpiteisiin metsityksen saamiseksi käyntiin laajassa mitassa. Aihepiirin tutkimustarve koettiin niin voimakkaana, että ensimmäiset selvitykset, jotka tehtiin yhteistyönä Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon ja metsäteknologian tutkimusosastoissa, pantiin alulle stipendivaroilla.

Tässä julkaisussa esitellään päätulokset niistä peltojenmetsityskokeista, joita metsänhoidon tutkimusosaston toimesta perustettiin vuosina 1970 — 1972 Suomen eri puolille. Karttulan koealueen rakenteen suunnitteli fil.lis. Jyrki Raulo ja koealueen perustamista maastoon johti silloinen metsät. yo Risto Tapani. Yo. Tapani käsitteli myös ensimmäisen vuoden inventointitulokset ja laati aiheesta opinnäytetyön Helsingin yliopistoon. Maalahden ja Rymättylän koealueiden suunnitelma on allekirjoittaneen, jonka johtoon koko tutkimusprojekti siirtyi vuoden 1971 alusta lähtien. Maalahden ja Rymättylän koealueiden perustamista johti maastossa metsänhoitaja Tapani. Koealojen inventointia kentällä johti vv. 1971—1972 metsäteknikko Pekka Suolahti, ja vuonna 1973 suoritettua loppuinventointia johtivat mt. Suolahti sekä silloinen metsät. yo. Risto Rikala. Vuoden 1972 aineiston käsittelyn suoritti yo. Rikala ja vuoden 1973 aineiston käsittelyn silloinen metsät. yo. Jari Parviainen. Kuvat ovat metsäteknikko Suolahden ja biol. yo. Olli Virran käsialaa. Metsäteknikko T. Ylitalo on kerännyt koeajan säätilastot ja metsäteknikko V. Silander kustannustiedot. Julkaisun englanninkielisen tiivistelmän on kääntänyt FK Leena Kaunisto ja sen on tarkastanut B.Sc. J. Derome. Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. T. Kallio, prof. P. Hakkila, maat.metsät.tri., dos. E. Paavilainen, maat.metsät.tri E. Mälkönen, maat.metsät. lis. S.-E. Appelroth, maat.metsät. lis. P. K. Räsänen sekä fil.lis. J. Raulo.

Lausun parhaat kiitokseni kaikille edellä luetelluille hyvin ja huolellisesti suoritetusta työstä. Mieluisa tehtäväni on edelleen kiittää kokeiden perustamisvaiheessa tutkimusta tukeneita maanomistajia: H. Saastamoinen OY:tä Karttulassa, maanvilj. E. Stooria ja J. Skogmania Maalahdessa sekä Rymättylän Venetelakka OY:tä Rymättylässä, jotka luovuttivat omistamiansa peltoja koealueiksi. Metsäteknikko A. With sekä Vasa distriktskogsnämnd avustivat Maalahdessa sekä Lounais-Suomen piirimetsälautakunta Rymättylässä koealojen perustamista ja inventointeja monin tavoin. Apul. prof. U. Bärringin opastuksella allekirjoittaneella oli tilaisuus syksyllä 1969 tutustua Ruotsissa suoritettuihin peltojen metsityskokeisiin, mikä auttoi suuresti tutkimuksen ongelmanasettelun selkiinnyttämistä.

Tätä kirjoittaessa yleinen kiinnostus peltojen metsittämiseen ei ole varsin suuri, vaan muut metsätalouden ongelmat askarruttavat metsänviljelytoiminnasta vastaavia ammattimiehiä. Ottaen kuitenkin huomioon aihepiiristä julkaistun tiedon vähäisyyden ja tutkimuksessa ilmi tulleet, yleisempääkin kantavuutta omaavat johtopäätökset, on katsottu tarkoituksenmukaiseksi julkaista päätulokset viljelytaimien menestymisen osalta näinkin laajassa mitassa. Tutkimukseen olennaisesti liittyvät havainnot pintakasvillisuuden määrästä ja lajikoostumuksesta eri tavoin muokatuilla aloilla julkaistaan erillisenä työnä toisaalla.

Helsingissä, tammikuussa 1976 Matti Leikola

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 7
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ 9
   21. Kokeen perustaminen 9
      211. Koealojen sijainti ja rakenne 9
      212. Koealojen maa 12
      213. Maanmuokkaus 15
      214. Taimimateriaali 18
      215. Taimien istutus 20
      216. Pintakasvillisuuden torjunta 20
   22. Aineiston keruu 21
   23. Aineiston käsittely 23
3. KOEVUOSIEN SÄÄSUHTEET 24
4. TUTKIMUSTULOKSET 27
   41. Taimien eloonjääminen 27
      411. Muokkauksen vaikutus eloonjäämiseen 27
      412. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus eloonjäämiseen 31
      413. Muokkauksen ja pintakasvillisuuden torjunnan yhdistelmien vaikutus eloonjäämiseen 38
   42. Taimien pituuskasvu 40
      421. Muokkauksen vaikutus pituuskasvuun 40
      422. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus pituuskasvuun 45
      423. Muokkauksen ja pintakasvillisuuden torjunnan yhdistelmien vaikutus pituuskasvuun 51
   43. Taimien kunto 55
   44. Taimituhot 58
      441. Tuholuokat 58
      442. Tuhonaiheuttajat 64
   45. Metsitysmenetelmien kustannukset 68
5. TULOSTEN TARKASTELUA 74
6. TIIVISTELMÄ 79
7. KIRJALLISUUS 81
SUMMARY IN ENGLISH 85
LIITTEET 98

1. JOHDANTO

Peltojen metsittäminen tuli Suomessa ajankohtaiseksi talouspoliittiseksi kysymykseksi 1960-luvun lopulla. Sen merkitystä painotettiin maatalouden ylituotannon supistamiseksi sekä metsäteollisuuden puuraaka-aineen lisääntyvän tarpeen tyydyttämiseksi laadituissa valtakunnallisissa ohjelmissa (katsaus esim. S e l b y 1975). Metsänparannuslain (425/1969) sekä pellonvarauslain (216/1969) perusteella metsitettiinkin maassamme vuosina 1969—1973 yhteensä 44 900 ha, josta peltojen metsitystä oli 36 500 ha. Muuta kautta kuin valtion rahoituksella metsitettiin vastaavana ajanjaksona peltoja lisäksi noin 2 100 ha. Valtion tuen ja maanomistajien asenteiden muutoksen seurauksena metsitettävän peltopinta-alan oletettiin 1970-luvun alussa lisääntyvän ripeästi (mm. H o l o p a i n e n 1970, N u m m i n e n 1970). Niinpä esim. MERA-ohjelman tavoitteena esitettiin noin 30 000 ha jatkuvaa vuotuista metsittämistä (M e r a III 1969, E r v a s t i ym. 1970).

Elintarvikkeiden ja polttoaineiden jyrkästi kohonneet maailmanmarkkinahinnat asettivat kuitenkin suurisuuntaisen peltojenmetsitysohjelman vuonna 1973 uuteen valoon. Pellonvaraustoimintaa alettiin arvostella yhä ankarammin, ja varsinainen peltojen ns. paketointi lopetettiin 1. 5. 1975 alkaen. Sen sijaan peltojen metsitystoimintaa edistäneen metsänparannuslain 6a §:n voimassaoloaika, jonka piti niinikään päättyä 30. 6. 1975, säädettiin toistaiseksi jatkuvaksi. Samalla lakia on kuitenkin muutettu niin, että vain laadultaan ja sijainniltaan huonot pellot kuuluvat sen piiriin (mm. M i e t o l a 1975). Mikä on mp-lain vaikutus peltojenmetsitystoimintaan 1970-luvun loppupuolella, on kuitenkin vaikeata ennustaa. Ilmeistä on, että 1970-luvun alkuvuosien tasoa (n. 10—13 000 ha/v) ei saavuteta, vaikka useat maatalouden rakennemuutokset suosivatkin peltojenmetsitystoimintaa.

Metsäteollisuuden raaka-ainetilanteen yhä kiristyessä on ns. lyhytkiertoviljelyn harjoittaminen herättänyt viime vuosina jonkin verran mielenkiintoa. Hyvälaatuiset pellot soveltuvatkin tähän tarkoitukseen erittäin hyvin, joten ne voivat tarjota kiitollisen kohteen niillekin metsänomistajille, jotka vierastavat viljelystä hylätyn pellon metsittämistä tavanomaisilla havupuulajeilla pitkän kiertoajan tms. syyn vuoksi (H a k k i l a 1973 ym).

Varhaiset peltojen metsitykset ovat meillä olleet pääosiltaan kuusen kylvämistä tai istuttamista muokkaamattomaan sänkipeltoon tai nurmeen (mm. C a j a n d e r 1933), sekä erilaisten kaskeamisesta johdettujen viljelytapojen käyttöä (esim. H e i k i n h e i m o 1955). Viime vuosikymmenellä aiheen ajankohtaisuus jälleen suuntasi tutkimusta jonkin verran myös peltojen metsittämiseen. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa laadittiin muutamia opinnäytetöitä, jotka selvittivät pellolle istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien selviytymistä pintakasvillisuudesta (Karlsson ja Päivänen 1963, Miettinen ja Reinius 1964). Metsäntutkimuslaitoksessa on julkaistu peltojen metsittämisen biologiaa ja tekniikkaa koskevia tutkimuksia ja ennakkotietoja (Appelroth ja Harstela 1970, Paavilainen 1970). Myös viljelemättä jätettyjen peltojen luontaista metsittymistä on aikaisemmin selvitetty ns. Porkkalan vuokra-alueelta kerätyn aineiston perusteella (Kalela 1961).

Pintakasvillisuuden torjuntaa pelloilla kemiallisin ja mekaanisin menetelmin on Suomessa kyllä kokeiltu melko runsaasti (esim. Lallukka ja Borg 1965, Mukula ja Ruutunen 1969, Rummukainen 1970, Selander 1971) ja käytännön kokemuksiin perustuvia ohjeita peltojen metsityksestä esiteltiin 1970-luvun alussa runsaasti metsäalan ammattilehdissä (Appelroth 1969, 1970, Leikola 1970, Lepistö 1970, Raulo 1970, Saikku 1970 ym.). Muita varsinaisia peltojenmetsityskokeiden tuloksia ei maassamme toistaiseksi ole julkaistu.

Ruotsissa suoritetuista tutkimuksista on ennen kaikkea mainittava Bärringin (1965, 1967) monipuoliset selvitykset peltojen metsityksessä käytettävistä istutusmenetelmistä, herbisidien käytöstä, taimia pelloilla uhkaavista tuhoista jne. Peltojen metsitystä ovat käsitelleet myös Magnusson (1957), Oksbjerg (1959), Callin (1962) ja Ahlbäck (1969). Haugberg (1971) on julkaissut Norjassa laajan tutkimuksen kuusen istutuksesta peltomaalle, ja norjalaiset tutkijat ovat käsitelleet entisten laidun- ja nummimaiden metsittämisessä kohdattuja vaikeuksia (Braathe 1950, Brantseg 1954).

Myös Eestissä on maatalouteen sopimattomien peltomaiden metsittäminen ollut ajoittain vilkasta. Vv.1950—1969 perustettiin pääasiassa heikkotuottoisille heinä- tai laidunmaille lähes 50 000 ha viljelymetsiä (Margus 1970). Koetoiminnan kohteina ovat olleet puulajien valinta, maanmuokkaus, istutus sekä viljelmien hoito ja tuotos (esim. Margus 1955, 1957, Muiste 1970). Tulokset ovat soveltamiskelpoisia ainakin Etelä-Suomessa, vaikka useat Eestissä koetoiminnan piiriin otetut menetelmät, kuten havupuiden kylvö kauran sekaan tai lupiinin viljely ovatkin viime aikojen suomalaiselle peltojen metsittäiselle vieraita toimenpiteitä.

Koska normaali metsänuudistusala ja metsitettävä pelto poikkeavat toisistaan monessa suhteessa, ja koska varmoja ohjeita ei ollut käytettävissä peltojen metsittämiseen, Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosastossa ryhdyttiin vuonna 1969 selvittämään erilaisten metsittämismenetelmien käyttöä biologiselta kannalta. Nyt käsillä olevassa julkaisussa esitellään tulokset koesarjasta, jonka tarkoituksena on ollut selvittää, miten erilaiset maanpinnan valmistusmenetelmät ja pintakasvillisuuden torjuntatoimenpiteet vaikuttavat männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien alkukehitykseen aikaisemmin heinää kasvaneella pellolla. Osatuloksia on aikaisemmin esitelty lehtiartikkeleissa sekä eräissä ennakkojulkaisuissa (Tapani 1971, Leikola ja Raulo 1973). Myös eri viljelymenetelmien vaatimia kustannuksia on tarkasteltu lyhyesti.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ

21. Kokeen perustaminen

211. Koealojen sijainti ja rakenne

Koealat perustettiin kolmelle paikkakunnalle: vuonna 1970 Karttulan kunnan Syväniemen kylään (P 62°52′, I 27°10′, H 98 m mpy) (Karttulan koealue), sekä vuonna 1971 Maalahden kunnan Storsjön kylään (P 62°52′, I 21°33′, H 15 m mpy) ja Rymättylän kunnan Röölän kylään (P 60°22′, I 21°59′, H 10 m mpy) (Maalahden ja Rymättylän koealueet) (kuva 1).

Koealueiden perustamispaikkakuntia valittaessa pyrittiin ennen kaikkea sisällyttämään kokeeseen paitsi Suomen eteläpuoliskon sisämaan myös rannikkoseutujen olosuhteita, sillä täällä peltojen metsittäminen oli osoittautunut erityisen vaikeaksi.

Karttulan koealueella rajattiin laajalle metsitettävälle peltoalueelle yhteensä viisi koealaa, joista kaksi (n:ot 1 ja 3) sijoitettiin turvemaalle ja kolme (n:ot 2, 4 ja 5) kivennäismaalle. Kaikilla peltolohkoilla oli aikaisemmin viljelty heinää usean vuoden ajan. Maalahden koealueelle perustettiin yhteensä kolme koealaa ja Rymättylän koealueelle kaksi koealaa. Maalahdessa oli aikaisemmin viljelty heinää ja Rymättylässä valkoapilaa.

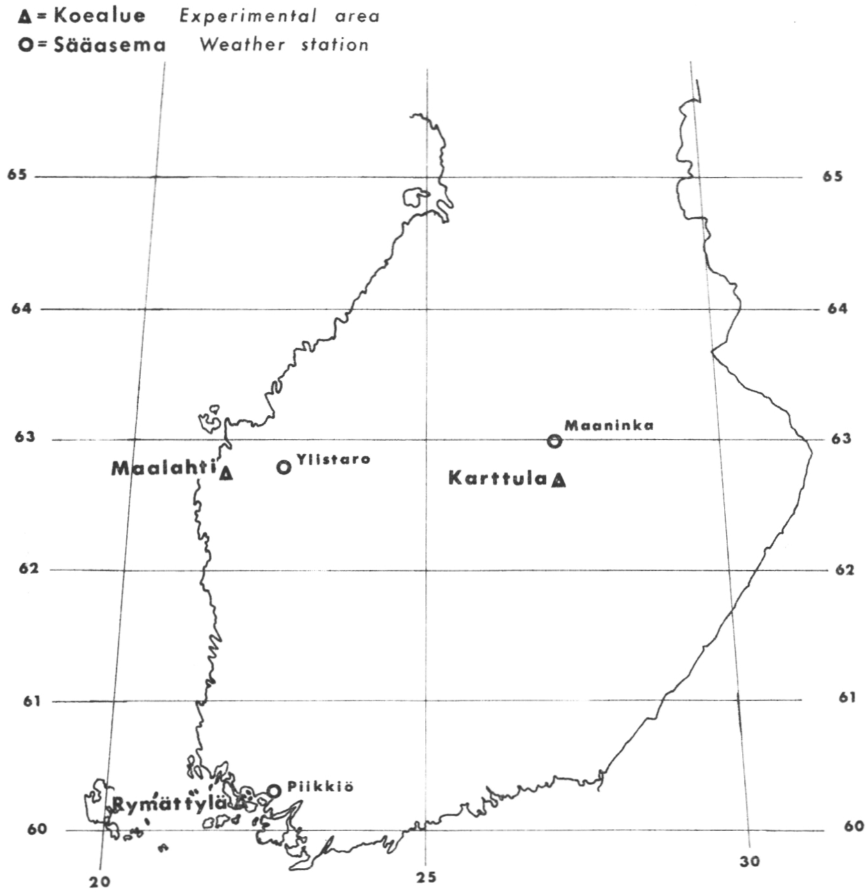
Kaikkien koealojen rakenne oli seuraava: koealat jaettiin perustettaessa aluksi kolmeen *lohkoon*, joihin viljeltiin eri puulajeja. Kunkin puulajin muodostama lohko jaettiin edelleen *riveihin*, jotka muokattiin eri tavoin. Muokkausrivit toistuivat puulajilohkossa 3—5 kertaa arvotussa järjestyksessä (kuva 2).

Muokkausrivit jaettiin pintakasvillisuuden torjuntatoimenpiteitä varten alayksikköihin seuraavasti: Karttulassa kukin muokkausrivi jaettiin ensin arpomalla kahtia heinimis- ja toisaalta herbisidikäsittelyjä varten. Kumpikin rivin puolikas jaettiin vielä kolmeen *ruutuun* käsittelyn voimakkuuden mukaan. Ruutu käsitti viisi tainta ja kukin muokkausrivi $2 \times 3 \times 5 = 30$ tainta. Maalahdessa ja Rymättylässä muokkausrivit jaettiin arpomalla kahtia, ja rivin puolikkaat viljeltiin vertaamalla keskenään havupuilla eri taimilajeja ja rauduskoivulla eri taimilajeja ja -tyyppejä. Rivien puolikkaat jaettiin vielä arpomalla kolmeen ruutuun pintakasvillisuuden torjuntamenetelmän mukaan. Jokainen ruutu käsitti 6 tainta ja kukin muokkausrivi $2 \times 3 \times 6 = 36$ tainta.

Koealojen rakenne oli hierarkkinen ns split-plotperiaatteen mukaisesti. Kukin muokkausmenetelmä (rivi) edusti kokeen *pääkäsittelyä*, joka jakaantui edelleen *alakäsittelyihin* pintakasvillisuuden torjuntamenetelmän ja taimilajin (taimityypin) mukaan.

Kokeeseen sisällytettyjen puulajien, maanmuokkausmenetelmien, pintakasvillisuuden torjuntatoimenpiteiden, toistorivien ja istutettujen taimien lukumäärät on koealoittain esitetty taulukossa 1. Käsittelyt esitetään yksityiskohtaisesti jäljempänä.

Koealojen sijainnista ympäröiviin maastokuvioihin nähden voidaan lyhyesti esittää seuraavaa:



Kuva 1. Koealueiden ja näitä lähinnä olevien sääasemien sijainti.
Fig. 1. The location of the experimental areas and the nearest weater stations.

Karttula

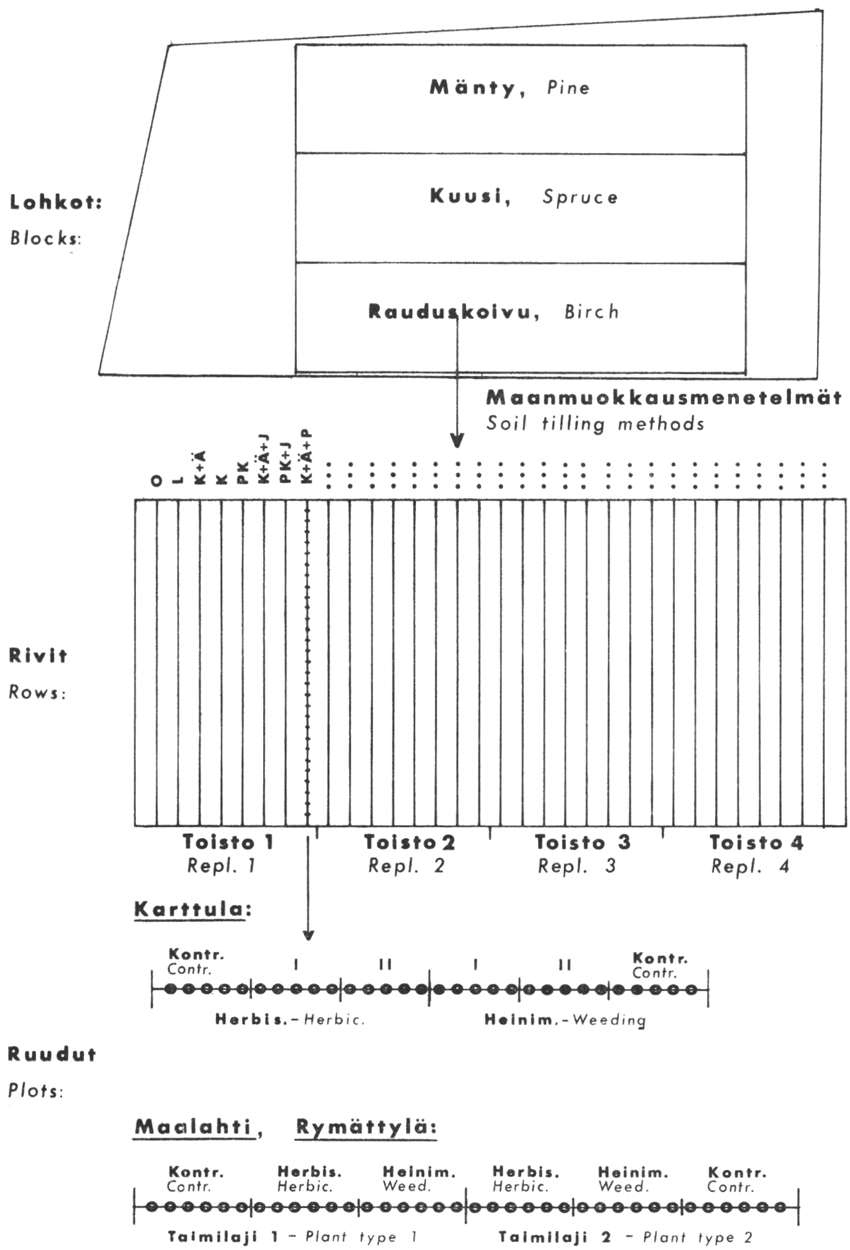
— *Koeala 1* sijaitsee laajahkon (n. 50 ha) peltoalueen itäpäässä, peltojen poikki laskevan valtaojan lähellä. Koealan maa on tasainen, reunakuvioiden vaikutusta ei ole. Hallanvaara mahdollinen.

— *Koeala 2* sijaitsee saman peltoalueen pohjoisrinteessä, minkä vuoksi kasvuolosuhteet koealan sisällä ovat epäyhtenäiset. Koealan yläosa kuivahko, mutta alaosa tuore. Ei reunakuvioiden vaikutusta.

— *Koeala 3* sijaitsee peltoaukean keskellä valtaojan vieressä. Tasainen, alava maa. Ei reunakuvioiden vaikutusta. Hallanvaara mahdollinen.

— *Koeala 4* sijaitsee peltoaukean eteläreunassa talouskeskukseen vievän tien varressa. Koeala on perustettu rinteeseen, joka kuitenkin yläosastaan on loiva. Koealan takana olevan metsikön varjostava vaikutus mahdollinen.

— *Koeala 5* sijaitsee maantien muista koealoista erottamalla peltoalueella. Koealan maa viettää loistavasti itään. Ei reunakuvioiden vaikutusta.



Kuva 2. Koealojen yleinen rakenne. Selostus tekstistä.

Fig. 2. The general desing of the experimental areas. Explanation in the text.

Maalahti

— *Koeala 1* sijaitsee tasaisella peltolohkolla, jossa pohjaveden vaikutus on varsinkin toistolla n:o 1 selvästi havaittavissa. Koealan maa viettää jonkin verran kaakkoon. Reunametsän vaikutus tuntunee jonkin verran.

— *Koealat 2 ja 3* sijaitsevat vierekkäin tasaisella peltoalueella. Reunakuvioiden vaikutusta ei ole. Koealat ovat hallanaroilla paikoilla.

Taulukko 1. Kokeeseen sisällytettyjen puulajien maanmuokkausmenetelmien, pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyiden, toistojen ja istutettujen taimien lukumäärät koealoittain.

Table 1. Tree species tilling methods, weed control methods, number of replications and number of transplants by sample plot.

Koealue *Experimental area* Koeala n:o *Experimental plot, No*	Puulaji, kpl *Tree species, No*	Maan-muokk. menet., kpl *Soil tilling methods, No*	Taimilaji, kpl/puulaji *Size class, No/tree species*	Pintakasvill. torjunta *Weed control*		Tois-toja, kpl *Replications, No*	Taimien luku *Number of plants*	
				Menet., kpl *Methods, No*	Taso, kpl *Level, No*		Kpl/ruutu *No/plot*	Yht. kpl *Total, No*
Karttula								
Koeala n:o 1 - *Experim. plot* 1	3	8	1	2	3	4	5	2 880
» » 2 - » 2	3	8	1	2	3	4	5	2 880
» » 3 - » 3	3	8	1	2	3	4	5	2 880
» » 4 - » 4	3	8	1	2	3	3	5	2 160
» » 5 - » 5	3	8	1	2	3	4	5	2 880
								13 680
Maalahti								
Koeala n:o 1 - *Experim. plot* 1	3	7	1—2	2	2	5	6	3 780
» » 2 - » 2	3	7	1—2	2	2	5	6	3 780
» » 3 - » 3	3	7	2	2	2	5	6	3 780
								11 340
Rymättylä								
Koeala n:o 1 - *Experim. plot* 1	3	7	2	2	2	5	6	3 780
» » 2 - » 2	3	7	2	2	2	5	6	3 780
								7 560
Yhteensä — *Total*	3	11	3—5	2	2—3	3—5	5—6	32 580

Rymättylä

— *Koeala 1* sijaitsee kallioiden välissä olevalla n. 10 ha peltolohkolla, joka viettää hieman pohjoiseen. Reunametsän vaikutus saattaa tuntua seuraavilla toistoilla: mänty; toisto 5, kuusi; toisto 1 ja rauduskoivu; toistot 2 ja 3.

—*Koeala 2* sijaitsee kallioiden välissä olevalla likimain kolmion muotoisella peltolohkolla, joka viettää havupuiden lohkoilla hieman pohjoiseen ja rauduskoivun lohkolla etelään ja länteen. Reunakuvioiden vaikutusta on jonkin verran.

212. Koealojen maa

Karttulan koealue. Kemiallista ja mekaanista maa-analyysiä varten otettiin kaikilta Karttulan koealoilta pintamaasta maanäytteet kesäkuussa 1970. Näytteenottoa täydennettiin vielä seuraavana vuonna koealojen 1 ja 2 osalta. Kultakin koealalta ja lohkolta kolmesta kohdasta otetut maanäytteet yhdistettiin ja lähetettiin Viljavuuspalvelu oy:öön, jossa näytteet analysoitiin. Mekaanisen maa-analyysin tulokset on kivennäismaakoealojen 2, 4 ja 5 osalta esitetty taulukossa 2. Koealoilla 1 ja 3 orgaanisen aineksen osuus oli maassa niin suuri, ettei vastaavaa analyysiä tehty.

Erityistä huomiota ansaitsee osakseen koeala 2, joka sijaitsi rinteessä ja oli kasvupaikkana mm. maan suhteen selvästi epäyhtenäinen. Alinna rinteessä maa oli hienojakoisinta, mutta siirryttäessä rinnettä ylemmäksi karkeampien maalajitteiden osuus kasvoi niin, että koealan yläreuna oli jo suu-

Taulukko 2. Karttulan, Maalahden ja Rymättylän kivennäismaakoealojen lajitekoostumus.
Table 2. Particle size composition of the mineral soil plots at Karttula, Maalahti and Rymättylä.

Koeala *Experim. plot*	Toisto, puulaji *Replic., Tree species*	Lajitekoostumus, % — *Fraction, per cent* Lajitteen läpimitta, mm — *Particle size, mm*								
		KSr 20—6	HSr 6—2	HKk 2—0.6	HHk 0.6—0.2	KHt 0.2—0.06	HHt 0.06—0.02	KHs 0.02—0.006	HHs 0.006—0.002	S <0.002
Karttula										
2	1	0	1	1	2	7	21	17	13	38
2	2	0	1	1	2	25	25	16	10	20
2	3	0	0	1	2	38	20	12	16	11
2	4	1	2	3	16	40	13	8	2	14
4	Keskim.— *Average* . .	3	1	4	4	20	17	19	14	18
5	Keskim.— *Average* . .	1	1	4	4	24	20	18	11	17
Maalahti										
2	Keskim.— *Average* . .	—	—	0.4	0.4	1.3	13.8	24.0	20.5	39.6
3	Keskim.— *Average* . .	—	—	0.5	0.3	2.1	10.3	25.7	19.1	42.0
Rymättylä										
1	Mänty — *Pine*	12.3	5.1	9.4	11.0	8.1	4.9	7.4	9.8	32.0
1	Kuusi — *Spruce*	11.4	6.5	8.1	8.3	6.1	5.2	6.5	12.0	35.9
1	Raudus — *Birch*	5.3	3.7	6.2	7.6	6.5	7.6	12.1	14.1	36.9
1	Keskim.— *Average* . .	9.66	5.1	7.9	8.96	6.9	5.9	8.66	11.96	34.93
2	Mänty — *Pine*	9.6	2.3	15.5	8.8	12.1	6.4	4.4	8.5	32.4
2	Kuusi — *Spruce*	9.9	2.4	22.4	21.8	5.6	5.2	3.7	6.2	22.8
2	Raudus — *Birch*	10.7	5.5	18.1	6.7	11.3	6.0	5.5	6.9	28.7
2	Keskim.— *Average* . .	10.06	3.4	18.66	12.43	9.66	5.86	4.53	7.2	27.96

reksi osaksi karkeata hietaa. Koska mahdollisimman suuri osa vaihtelusta pyrittiin sulauttamaan toistojen väliseen vaihteluun, sijoitettiin puulajilohkot rinteeseen vierekkäin. Toistot järjestettiin kunkin lohkon puitteissa siten, että pääkäsittelyjen (muokkausmenetelmät) ensimmäinen toistokerta oli rinteessä alinna, sitten toinen ja kolmas, ja neljäs toisto on ylinnä. Toiset kivennäismaakoealat, no 4 ja 5, sijaitsivat yhtenäisemmällä maalla. Karkea hieta, hieno hieta ja karkea hiesu ovat näiden koealojen yleisimmät maalajit.

Karttulan koealojen maan ravinneanalyysin tulokset on esitetty taulukossa 3. Vaihtuvat kationit ja helppoliukoinen fosfori on analysoitu ammonium-asetaattimenetelmällä (ph 4.65) ja kokonaistyppi Kjeldahl-menetelmällä.

Ravinnemääristä varsinkin kalsiumin määrä on koealoilla tavalliseen metsämaahan verrattuna huomattava; noin 10—40 kertainen (metsämaan keskimääräisestä ravinnepitoisuudesta esim. V i r o 1969 ja U r v a s ja E r v i ö 1974). Kaliumia oli koealoilla noin 1—3 kertaa niin paljon kuin metsämaassa ja helppoliukoista fosforia saman verran tai hieman vähemmän kuin metsämaassa. Koealojen maan typpipitoisuus on niinikään suurempi kuin metsämaassa.

Eri koealojen kesken maan ravinteisuudessa on huomattavaa vaihtelua, josta osa on tietenkin vähäisestä näytemäärästä johtuvaa otantavirhettä. Huomiota kiinnittää varsinkin koealan 1 rauduskoivun lohkon suuri kalsiumin ja fosforin määrä sekä koealojen 4 ja 5 muita koealoja suuremmat kaliumin ja fosforin määrät.

Taulukko 3. Karttulan, Maalahden ja Rymättylän koealojen maan happamuus sekä ravinne- ja humuspitoisuus.

Table 3. Soil acidity, and nutrient and humus contents at Karttula, Maalahti and Rymättylä.

Koeala n:o *Experim. plot, No*	Toisto, n:o — *Replication, No* Puulaji — *Tree species*	pH	Ca mg/l	K mg/l	P mg/l	N_{tot} %	Johtoluku *Electrical conductivity*	Humus, % *Humus, per cent*
Karttula								
1	Mänty — *Pine*	6.2	3 750	50	6.2	0.57	1.7	17.5
1	Kuusi — *Spruce*	5.8	2 900	64	3.4	0.70	1.9	22.8
1	Raudus — *Birch*	6.1	5 700	45	8.0	0.71	1.9	25.4
1	Keskim.— *Average* ..		4 116	53	5.86	0.66	1.83	21.9
2	Toisto 1 — *Replic. 1*	5.7	1 983	104	6.0	0.44	1.5	13.3
2	Toisto 2 — *Replic. 2*	5.7	1 817	46	3.3	0.61	1.3	10.2
2	Toisto 3 — *Replic 3*	5.8	1 275	45	3.1	0.22	1.4	7.2
2	Toisto 4 — *Replic. 4*	5.8	1 650	59	4.9	0.32	1.2	10.2
2	Keskim.— *Average* ..		1 681	63.5	4.3	0.39	1.35	10.2
3	Mänty — *Pine*	5.7	4 400	88	3.4	1.25	2.2	36.8
3	Kuusi — *Spruce*	5.6	2 400	120	3.8	1.08	2.0	34.8
3	Raudus — *Birch*	5.6	1 800	92	3.6	0.70	1.4	19.2
3	Keskim.— *Average* ..		2 866	100	3.6	1.01	1.86	30.3
4	Keskim.— *Average* ..	5.6	1 975	250	15	0.28	1.1	9.1
5	Keskim.— *Average* ..	5.7	2 025	220	27	0.28	1.5	8.8
Maalahti								
1	Mänty — *Pine*	4.4	900	58	5.8	1.09	1.9	30.0
1	Kuusi — *Spruce*	4.4	1 025	92	10.0	1.04	2.0	31.6
1	Raudus — *Birch*	4.4	1 050	80	6.6	1.40	2.1	32.6
1	Keskim.— *Average* ..	4.4	991.6	76.6	7.46	1.18	2.0	31.4
2	Keskim.— *Average* ..	4.8	975	48	7.4	0.90	1.7	17.9
3	Keskim.— *Average* ..	4.6	850	39	6.0	0.80	2.0	12.6
Rymättylä								
1	Mänty — *Pine*	5.1	850	186	14.0	0.34	1.3	4.71
1	Kuusi — *Spruce*	4.9	975	261	15.0	0.29	1.3	4.71
1	Raudus — *Birch*	5.3	1 200	188	8.0	0.27	1.4	3.68
2	Keskim.— *Average* ..	5.1	1 008	211.6	12.3	0.30	1.33	4.37
2	Mänty — *Pine*	5.2	1 275	198	12.0	0.28	1.2	4.59
2	Kuusi — *Spruce*	5.0	1 050	200	18.0	0.63	1.4	5.99
2	Raudus — *Birch*	4.9	975	212	11.0	0.29	1.4	4.45
2	Keskim.— *Average* ..	5.03	1 100	203	13.7	0.40	1.3	5.01

Maalahden ja Rymättylän koealueilla otettiin maanäytteet kesäkuussa 1971. Viljavuuspalvelu oy:n suorittaman mekaanisen maa-analyysin tulokset on esitetty kivennäismaakoealojen osalta taulukossa 2. Maalahden koeala 1:n pintamaan muodosti n. 10—20 cm paksu orgaaninen kerros, jonka alla pohjamaana oli urpasavea. Myös koealojen 2 ja 3 pintakerroksessa oli runsaasti orgaanista ainetta, joka ilmeisesti aikaisemman viljelyn johdosta oli kuitenkin sekoittanut pohjamaana olevaan saveen.

Rymättylän koealojen maa on Maalahden tavoin savivaltaista, mutta varsinkin koealalla 2 joukossa on myös karkeampaakin ainesta, karkeaa ja hienoa hiekkaa. Molempien koealojen pohjamaa on jäykkää savea.

Maalahden ja Rymättylän koealojen maan happamuus on metsäpuiden kasvatusta ajatellen suotuisa (taulukko 3), sama kuin keskimääräisessä tai viljavassa metsämaassa. Kalsiumia on molemmilla koealueilla huomattavasti enemmän kuin keskimäärin metsämaassa. Kalin runsaus on Maalahdessa suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin keskimäärin metsämaassa, mutta Rymättylässä kalia on 4—5 kertaa niin paljon kuin metsämaassa. Helppoliukoisen fosforin määrä maassa on kaikilla koealoilla samaa suuruusluokkaa kuin metsämaassakin. Koealojen typpipitoisuus on suurempi kuin metsämaan, ja varsinkin Maalahden koealojen humuspitoisuus on huomattavan suuri.

Maa-analyysin tulosten perusteella Karttulan koealueen koealat 1 ja 3 luokitettiin erikseen turvemaiden ryhmäksi ja koealat 2, 4 ja 5 vastaavasti omaksi kivennäismaiden ryhmäkseen. Vastaavasti olisi Maalahden koeala 1 pitänyt erottaa tulosten tarkastelun yhteydessä omaksi ryhmäkseen. Aineiston liiallisen pirstoutumisen välttämiseksi tätä ei kuitenkaan ole tehty, vaan Maalahden samoin kuin Rymättylän koealat esitetään jäljempänä koealueittain yhtenäisinä ryhminä.

213. Maanmuokkaus

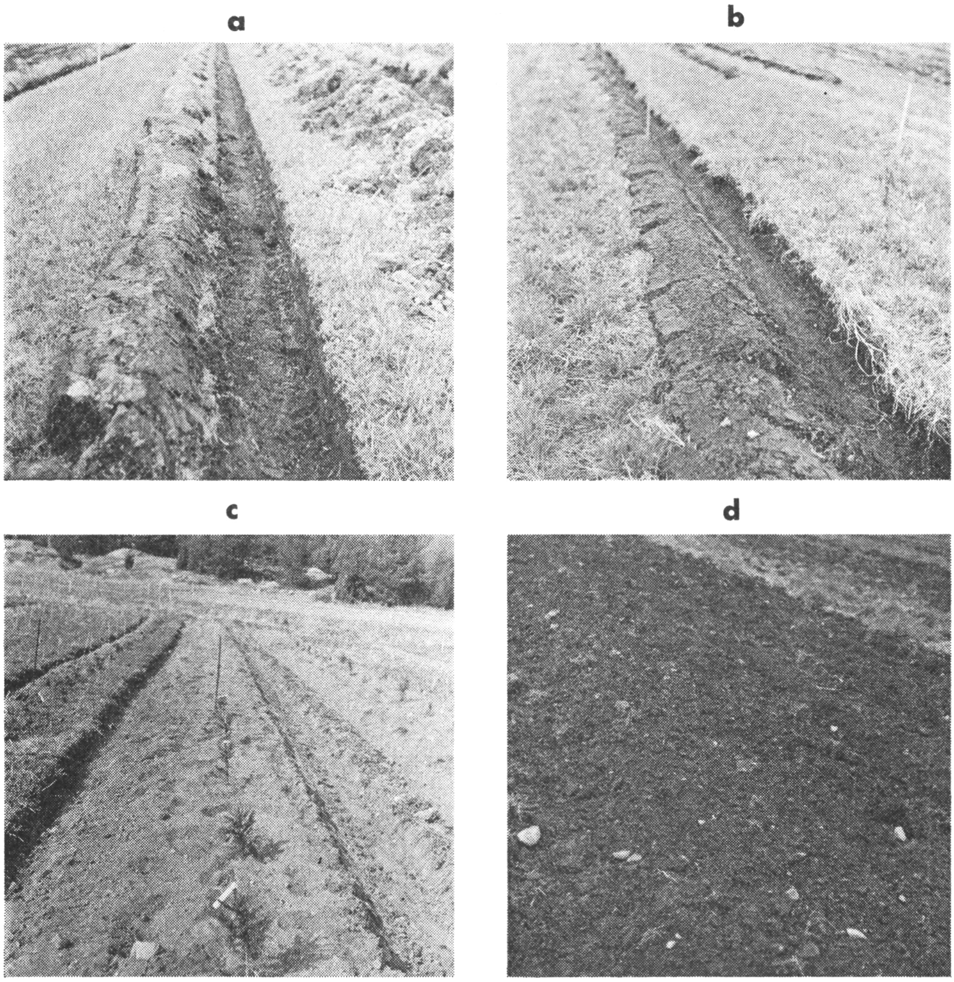
Kokeessa käytetyt maanmuokkausmenetelmät on esitetty koealueittain taulukossa 4.

Karttulan koealueella maa muokattiin 15.—20. 5. 1970. Laikut valmistettiin käsityönä tavallisella peltokuokalla. Kyntö suoritettiin ajamalla keskiraskaan maataloustraktorin vetämällä kaksisiipisellä auralla samansuuntaisia viiluja niin, että saatiin aikaan vähintään 2 m leveä kynnös. Koealalla n:o 5 palteet kuitenkin kynnettiin vastakkain harjaksi. Äestyksessä käytettiin veitsirullaäestä l. hankmoa ja jyrsinnässä pientä jyrsimellä varustettua puutarhatraktoria. Jyräyksessä käytettiin n. 3 m leveätä kiekkojyrää. Äestys, jyrsintä ja jyräys suoritettiin kahdesti. Pallekynnössä ajettiin yksisiipisellä auralla kertaalleen, jolloin syntyi aina yksi auranpalle.

Kyntötöitä haittasi Karttulassa eniten maan takertuminen auran vantaisiin. Varsinkin koealoilla 1 ja 3 oli lisäksi kiusana juolavehnän ja muiden sitkeäjuuristen rikkakasvien juuristo. Pallekyntöön käytetystä yksisiipisestä aurasta puuttui koealalla n:o 5 leikkuri, minkä vuoksi palteesta syntyi paikoitellen katkonaista. Kynnön aikana satoi joinakin päivinä, mutta ennen äestystä maa ehti kuivahtaa muutaman päivän.

Yleiskuvan saamiseksi kynnön syvyydestä mitattiin palteen paksuus kynnön jälkeen 120 kohdasta kultakin koealalta. Seuraavassa asetelmassa on esitetty koealakohtaiset keskiarvot:

Koeala n:o	Kyntö	Pallekyntö
	Palteen paksuus, cm	
1	16.4	17.0
2	13.9	15.3
3	16.0	17.3
4	15.9	18.1
5	13.5	16.4
1 ja 3 keskim.	16.2	17.2
2, 4 ja 5 keskim.	14.4	16.6



Kuva 3. Tutkimuksessa käytettyjä maanmuokkausmenetelmiä. a. Paksu pallekyntö, Maalahti. b. Pallekyntö, Maalahti. c. Harjakyntö, Rymättylä. d. Täysmuokkaus ja jyrsintä, Karttula. Valok. R. Tapani.

Fig. 3. Some soil tilling methods included in the study. a. Thick furrow ploughing, Maalahti. b. Furrow ploughing, Maalahti. c. Bedded ploughing, Rymättylä. d. Ploughing, harrowing and rotary tilling, Karttula. Photo: R. Tapani.

Savon maanviljelyinsinööripiirissä on 1950-luvulla keskimääräinen muokkaussyvyys ollut 17.5 cm (Halonen ja Juusela 1957). Tämän mukaan kokeen kyntö oli normaalia matalampaa, mutta pallekyntö edusti normaalia kyntösyvyyttä.

Maalahden koealueella maa muokattiin 21.—27. 5. 1971. Kyntöön käytettiin raskasta Ferguson —65 maataloustraktorin vetämää Hydrein $2 \times 14''$ auraa. Mätästykseen käytettiin Ahma-450 kaivuria. Jotta mättäisiin olisi saatu korkeutta vaadittavat 20—25 cm, otettiin kuopasta kauhalla maata, kunnes haluttu korkeus saavutettiin. Koealalla 2 jouduttiin mätästyksen asemasta käyttämään raskaalla uudisraivausauralla ($2 \times 28''$) tehtyä pallekyntöä (kuva 3).

Pallekynnössä koealat 1 ja 2 kynnettiin matalalta ja koealalla 3 syvältä pyrkien 20 cm palteen paksuuteen.

Taulukko 4. Kokeessa käytetyt maanmuokkausmenetelmät.
Table 4. The different tilling methods used in the experiments.

Maanmuokkausmenetelmä *Soil tilling method*	Lyhenne *Legend*	Koealue — *Experimental area* Karttula	Maalahti	Rymättylä
Ei muokkausta — *No tilling*	O	×	×	×
Laikku, 40 × 40 cm — *Hand scalping, 40 × 40 cm*	L	×	×	×
Kyntö — *Ploughing*	K	×		
Kyntö ja äestys (täysmuokkaus) — *Ploughing and harrowing*	K+Ä	×	×	×
Kyntö, äestys ja jyrsintä — *Ploughing, harrowing and rotary tilling*	K+Ä+J	×		
Kyntö, äestys ja jyräys — *Ploughing, harrowing and rolling*	K+Ä+P	×		
Harjakyntö — *Bedded ploughing*	HK		×	×
Mätästys — *Mounding*	Mä		×	×
Pallekyntö, istutus samana vuonna — *Furrow ploughing, planting in the same year*	PK_1	×	×	×
Pallekyntö, istutus seuraavana vuonna — *Furrow ploughing, planting in the following year*	PK_2		×	×
Pallekyntö ja jyrsintä — *Furrow ploughing and rotary tilling*	PK+J	×		
Paksu pallekyntö — *Thick furrow planting*	PPK		×	×

Rymättylän koealueella maa muokattiin 8.—10. 5. 1971 lukuunottamatta mätästystä, joka suoritettiin vasta 19.—21. 5. Kyntöön käytettiin kevyttä Fordson Dexta traktorin vetämää Sampo 2 ×13″ auraa. Harjakyntö äestettiin kertaalleen kaksirullaisella veitsirullaäkeellä (kuva 3). Täysmuokkauksessa maa äestettiin kynnön jälkeen kahteen kertaan. Mätästys suoritettiin kevyellä traktorikaivurilla.

Seuraavassa esitetään Maalahden ja Rymättylän koealoilla suoritettujen palteen paksuuden mittausten tulokset. Ne edustavat jokaista toistoa, yhteensä 45 kpl/koeala:

Koeala n:o		Harjakyntö Palteen paksuus, cm	Pallekyntö	Mätästys
Maalahti	1	16.0	10.7[1]	21.4
»	2	16.3	10.8[1]	20.8[3]
»	3	15.8	17.2[2]	23.1
»	keskim.	16.0		21.7

1) Matala kyntö
2) Syvä kyntö
3) Kyntö uudisraivausauralla

3 8472—76

Koeala n:o		Harjakyntö	Pallekyntö 1	Pallekyntö 2
Rymättylä	1	12.6	10.2	11.9
»	2	13.9	12.2	13.1
»	keskim.	13.3	11.2	12.5

Kun Vaasan maanviljelysinsinööripiirin alueella keskimääräinen muokkaussyvyys on 1950-luvulla ollut 16.0 cm, ja Turun maanviljelysinsinööripiirin alueella vastaavasti 20.0 cm (Halonen ja Juusela 1957), havaitaan Maalahden koealueen harjakynnön ja syvän pallekynnön edustaneen tavallista syvempää muokkausta. Rymättylässä muokkaus oli yleensä keskimääräistä matalampaa. Esim. Bärring (1967) luonnehtii peltojen metsityskokeissaan 11—16 cm:n paksuista palletta ohueksi ja 17—21 cm:n paksuista palletta paksuksi.

214. Taimimateriaali

Karttulassa käytettiin maanomistajan ko. peltoalueen metsitykseen hankkimia paljasjuurisia taimia. Näiden alkuperät, taimilajit ja rauduskoivun osalta taimityyppi (kokoluokka) olivat seuraavat:

Puulaji	Alkuperä	Taimilaji [1]	Taimityyppi
Mänty	Vesanto	2A+1A	
Kuusi	Virrat	1M+2A	
Rauduskoivu	Punkaharju	1M	II [2]

1) Raulon ym. (1972) mukaan.
2) Pituus 40—60 cm, tyviläpim. väh. 4 mm.

Männyn taimet toimitti Pohjois-Savon piirimetsälautakunnan taimitarha, kuusen taimet Metsänjalostussäätiön Pieksämäen taimitarha ja rauduskoivut Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen taimitarha.

Männyn taimien koko ja laatu vaihteli varsin paljon. Ne oli nostettu taimitarhasta keväällä välittömästi ennen lähetystä. Kuusen taimet olivat varsin tasakokoisia, isoja ja elinvoimaisen näköisiä. Ne oli nostettu taimitarhasta jo edellisenä syksynä, säilytetty kylmävarastossa muovisäkeissä talven yli ja ne toimitettiin tilaajalle keväällä ennen viljelyä. Rauduskoivun taimet oli edellisenä syksynä lajiteltu taimitarhassa erilleen kasvatuserästä, jonka pääosa koostui taimityyppiin III kuuluneista taimista. Tämän jälkeen ne oli valeistutettu taimitarhaan, josta ne toimitettiin tilaajalle varhain keväällä. Taimien silmut olivat tuolloin pienet, ja uusien taimien latvat olivat talvivarastoinnin aikana kuivuneet.

Maalahden koealueelle istutetut taimet oli kasvatettu Vaasan piirimetsälautakunnan Mellanån taimitarhalla Dagsmarkissa, lukuunottamatta vuonna 1972 käytettyjä männyn rullataimia. Taimien alkuperät, taimilajit ja taimityypit olivat seuraavat:

Puulaji	Alkuperä	Taimilaji	Taimityyppi
Istutus v. 1971			
Mänty	Leppävirta	1M+1A	
»	Vaasan pml.	1M+1Ar	
»	»	2A+2A	
Kuusi	Jokioinen	1M+2A	
Rauduskoivu	Eno	1M	I [1]
»	Rautalampi	1M+1M	III [2]

1) Pituus 20—40 cm, typiläpim. väh. 3mm.
2) Pituus 60—80 cm, typiläpim. väh. 5 mm.

Puulaji	Alkuperä	Taimilaji	Taimityyppi
Istutus v. 1972			
Mänty	Suonenjoki	1M+1A	
»	Vaasa	2A+2A	
»	Joroinen	1M+1Ar	
Kuusi	Ruovesi	1M+2A	
Rauduskoivu	Keuruu	1M	I[1]
»	»	1M+1A	III[2]

1) Pituus 20—40 cm, tyviläpim. väh. 3 mm.
2) Pituus 60—80 cm, tyviläpim. väh. 5 mm.

Paljasjuuriset männyt ja kuuset oli nostettu välittömästi ennen kuljetusta istutuspaikalle. Ne oli pakattu valkoisiin muovisäkkeihin. Männyn rullataimet oli kasvatettu ja ne myös kuljetettiin rullissa istutuspaikalle. Pienet, koulimattomat rauduskoivun taimet (taimityyppi I) oli nostettu edellisenä syksynä ja säilytetty yli talven kylmävarastossa. Myös isot, koulitut rauduksen taimet (taimityyppi III) oli nostettu syksyllä, mutta ne oli säilytetty yli talven valeistutuksessa.

Taimet olivat yleensä laadultaan elinvoimaisia ja terveitä. Isojen rauduksen taimien joukossa oli kuitenkin kuivalatvaisia yksilöitä. Avomaalla kasvatettujen männyn taimien pituus vaihteli suuresti.

Maalahdessa jouduttiin poikkeamaan suunnitellusta koejärjestelystä siten, että kuusen rullataimien sijalle istutettiin kuusen paljasjuurisia, koulittuja taimia. Rullataimien ja paljasjuuristen taimien vertailu suoritettiin siten kuusen osalta vain Rymättylän koealalla.

Rymättylän koealalle istutetut taimet oli kasvatettu KML Tapion Hietikon taimitarhalla Virttaalla lukuunottamatta männyn ja kuusen rullataimia, jotka toimitti Metsänjalostussäätiön Vanajan taimitarha. Taimien alkuperät, taimilajit ja taimityypit olivat seuraavat:

Puulaji	Alkuperä	Taimilaji	Taimityyppi
Istutus 1971			
Mänty	Yläne	2A+ 1A	.
»	Tammela	1M+ 1Ar	.
Kuusi	Pohj. Häme	2A+ 2A	.
»	Pornainen	1M+ 1Ar	I
Rauduskoivu	Joutsa	$^1/_2$M+$^1/_2$A	I
»	Eno	1A+ 1A	III
Istutus 1972			
Mänty	Sysmä	2A+ 1A	.
»	Joroinen	1M+ 1Ar	.
Kuusi	Tammela	2A+ 2A	.
»	Miehikkälä	1M+ 1Ar	.
Rauduskoivu	Joutsa	$^1/_2$M+$^1/_2$A	I
»	»	1M+ 1A	III

Männyn ja kuusen taimet oli nostettu aikaisin keväällä, välivarastoitu taimitarhalle ja toimitettu tilaajalle vasta välittömästi ennen istutusta. Rullataimet oli kasvatettu ja ne kuljetettiin rullissa istutuspaikalle. Rauduskoivun taimet oli nostettu edellisenä syksynä ja ne oli varastoitu kylmävarastoon talven yli. Pienet rauduskoivun taimet oli pakattu muovisäkkeihin ja isot taimet oli kiedottu tervapaperista tehtyihin nyytteihin.

Kaikkiaan kokeeseen sisältyi männyn neljää taimilajia, kuusen kolmea taimilajia ja rauduskoivun viittä taimilajia.

215. Taimien istutus

Taimet istutettiin kaikilla koealoilla välittömästi muokkauksen jälkeen. Istutusmiehistö oli paikallista ja ammattitaitoista. Istutusmenetelmänä oli istutus avoimen kuopan reunaan (katso esim. A n t o l a ja L e h t o 1969, H u u r i 1972), ja istuttajan varusteina olivat kourukuokka ja taimivakka. Istutettaessa käytettiin työryhmänä 3—4 miestä, joista kukin istutti jokaisella koealalla yhden toiston. Käytetyllä järjestelyllä pyrittiin sisällyttämään istuttajan ammattitaidosta ja työtavasta johtuva vaihtelu mahdollisimman suuressa määrin toistojen väliseen vaihteluun (vrt. A p p e l r o t h ja H a r s t e l a 1970). Taimien istutusväli muokkausrivissä oli 1 m ja rivien välinen etäisyys oli 2 m.

Istutusajan sää oli Karttulassa yleensä pilvistä ja kohtalaisen kosteata. Vain ensimmäisenä istutuspäivänä oli aurinkoista ja tuulista, ja ajoittain satoi öisin. Ilman lämpötila pysytteli viimeistä istutuspäivää lukuunottamatta +10°C:n alapuolella.

Maalahdessa istutusajan sää oli v. 1971 koko ajan pilvistä ja kosteaa; ajoittain sateli. Rymättylässä sitä vastoin paistoi aurinko koko vuoden 1971 istutuskauden ajan. Ilman päivittäinen maksimilämpötila oli noin +20°C ja tuuli oli ajoittain hyvinkin voimakas.

Maalahdessa ja Rymättylässä istutettiin toinen puoli pallekynnettyjä ruutuja vasta keväällä 1972, kun palteet olivat saaneet tekeytyä yhden vuoden ajan. Erotukseksi ensimmäisenä vuonna istutetusta pallekynnöstä (PK_1) tätä merkitään lyhennyksellä PK_2.

216. Pintakasvillisuuden torjunta

Pintakasvillisuuden torjunnassa käytettiin kahta menetelmää, kemiallista torjuntaa herbisidien avulla ja mekaanista torjuntaa käsin heinimällä.

Herbisidikäsittelyssä käytettiin levitysvälineenä tavallista reppuruiskua, joka oli varustettu taimia suojaavalla suppilolla. Torjunta-aineena oli Campaprim 231-ruiskute, joka sisältää valmistajan mukaan amitrolia (lehtiherbisidiä) ja atratsiinia (maaherbisidiä) suhteessa 36 ja 18 aina sataa aineyksikköä kohden (K a s v i n s u o j e l u .... 1969). Torjunta-ainetta levitettiin 1.4 g/m² ja suihku suunnattiin n. 0.5 m² alalle taimien ympärille.

Ensimmäinen herbisidikäsittely suoritettiin Karttulassa toukokuun lopussa 1970, välittömästi istutuksen jälkeen. Kustakin taimirivin puolikkaasta käsiteltiin tällöin kaksi kolmasosaa jättäen vain kontrolliruudut käsittelemättä. Saman vuoden elokuun 15.—25. päivinä toistettiin herbisidikäsittely voimakkaan käsittelyn ruuduilla. Ruiskutusten aikana sää oli kaunis ja helteinen. Käsittelyä ei toistettu myöhempinä vuosina.

Maalahdessa ja Rymättylässä suoritettiin herbisidikäsittely ja heiniminen taimien istutusvuoden (1971; käsittelyssä PK_2 vuoden 1972) elokuun alussa. Käytetyt torjunta-aineet ja -menetelmät olivat samat kuin Karttulassa loppukesällä 1970 suoritetuissa käsittelyissä.

Pintakasvillisuutta torjuttiin Karttulassa *mekaanisesti heinimällä* taimiruudut ruohosaksilla kesäkuun lopulla 1970. Kasvillisuus haittasi ensimmäisen heinimisen aikoihin koskemattomassa nurmessa ja joissakin kuokkalaikuissa selvästi taimien kehitystä, mutta muokatuilla aloilla uudet siemensyntyiset rikkaruohot olivat tuolloin vielä pääasiassa alle 10 cm pituisia. Syyskesällä, samaan aikaan kuin toinen herbisidikäsittely, heinittiin voimakkaan käsittelyn ruudut uudelleen sirpillä. Käsitellyt laikut olivat tällöin suuremmat kuin alkukesällä. Elokuun 3.—13. päivinä seuraavana vuonna (1971) toistettiin heinimiskäsittely vain vahvan käsittelyn ruuduilla.

Pintakasvillisuuden kehittymisestä koealoilla suoritettiin kuivapainomittauksia sekä lajiluku- ja peittävyysarviointeja, mutta näiden tulokset on tarkoitus julkaista erikseen.

Taulukko 5. Koealojen inventointien yhteydessä taimista mitatut tunnukset.
Table 5. Seedling characteristics measured when the experimental areas were inventoried.

Mitattu tunnus / *Measured characteristic* — Inventointiajankohta taimien istutuksesta / *Time of survey from planting*	Eloonjääminen — *Survival*	Verson pituus — *Shoot length*	Pituuskasvu — *Height growth*	Kuntoluokka — *Vigour class*	Vikaisuusluokka — *Defect class*	Tuholuokka — *Damage class*	Tuhon aiheuttaja — *Damaging agent*
1. kevät — *1st spring*	X	X		X			
1. syksy — *1st autumn*	X	X (1	X (1	X			
2. kevät — *2nd spring*	X						
2. syksy — *2nd autumn*	X	X (3	X (3	X			
3. syksy — *3rd autumn*	X	X	X	X	X (4	X (4	X (4
4. syksy — *4th autumn*	X	X	X	X	X	X	X

1) Maalahdessa ja Rymättylässä 1 taimi/ruutu — *At Maalahti and Rymättylä one plant per plot*
2) Vain Karttulassa — *Only at Karttula.*
3) 1 taimi/ruutu — *One plant per plot.*
4) Vain Maalahdessa ja Rymättylässä — *Only at Maalahti and Rymättylä.*

22. Aineiston keruu

Koealat pyrittiin inventoimaan jokaisen kasvukauden lopussa sekä myös ensimmäisen talven jälkeisenä keväänä. Syksyllä suoritetut inventoinnit olivat täydellisempiä kuin keväällä, jolloin tyydyttiin vain toteamaan taimien eloonjääminen (taulukko 5). Monipuolisin inventointi suoritettiin Karttulassa neljän ja Maalahdessa ja Rymättylässä kolmen kasvukauden kuluttua istutuksesta (loppuinventointi).

Yleensä on Pohjoismaissa seurattu tämänkaltaisia metsänistutuskokeita 2—5 vuoden ajan (katso esim. B ä r r i n g 1967 ss. 32—33). Pelloilla taimien kehitys on kuitenkin keskimäärin nopeampaa kuin metsämaalla, joten kolmen-neljän vuoden katsottiin edustavan täysin tyydyttävää kokeen kestoaikaa; päätehtävähän oli maanmuokkauksen ja pintakasvillisuuden torjunnan välittömien vaikutusten selville saaminen. Kokeen ruudut olivat myös niin kapeita, että näiden väliset reunavaikutukset alkoivat ennen pitkää näkyä taimien kehityksessä. Taimet olivat loppuinventoinnin aikaan jo selvästi vapautuneet pintakasvillisuudesta ja varsinkin koivulohkoilla ne alkoivat vuorostaan vaikuttaa pintakasvillisuuden määrään.

Inventoitaessa taimista määritettiin eri tunnukset seuraavasti:

Eloonjääminen määritettiin jäljempänä esitettävän kuntoluokituksen luokkien 1—3/4 (elävä/kuollut) mukaisesti.

Verson pituus mitattiin 1 cm:n tarkuudella maan pinnasta latvakasvaimen päätesilmun tyveen.

Verson pituuskasvu mitattiin 1 cm:n tarkkuudella latvakasvaimen tyvestä päätesilmun tyveen.

Kuntoluokituksessa noudatettiin eri puulajien osalta seuraavaa luokitusta:

MÄNTY

1. *Voimakas, hyvä.* Taimi on elinvoimaisen näköinen, hyväkasvuinen ja »terhakka». Neulasto on tuuhea ja vähintäin normaalin mittainen. Myös suhteellisen vähän kasvaneet, mutta muuten tummat ja voimakkaan näköiset taimet kuuluvat tähän luokkaan samoin kuin hyväkuntoiset, normaalia lyhyemmilläkin neulasilla varustetut taimet.
2. *Normaali, tyydyttävä.* Taimen elinvoimaisuus on jonkin verran edellistä heikompi. Neulaset ovat selvästi edellistä lyhyemmät tai niitä on harvassa. Haaraisista taimista tähän luokkaan kuuluvat ne, joilla on jokin selvästi muista erottuva nouseva kasvain ja kunnollinen latvasilmu, samoin kuin ne joiden neulasten yleisväri on voimakas.
3. *Kituva, heikko.* Taimien neulaset ovat lyhyet ja latvakasvain heikko ja ohut. Tähän luokkaan kuuluvat myös kaikki ruusukkeiset, heikkokuntoiset tai pintakasvillisuuden pahasti painamat taimet.
4. *Kuollut (ei löydy).* Taimi on kokonaan ruskea, neulaset kuolleet tai jo irronneet. Kasvainta ei ole muodostunut tai se on tullut ruskeaksi kesken kasvun. Jos tainta ei löydy paikaltaan, se luetaan kuolleeksi.

KUUSI

1. *Voimakas, hyvä.* Taimi on elinvoimaisen näköinen ja hyväkasvuinen. Neulasto on tuuhea ja vähintään normaalin mittainen.
2. *Normaali, tyydyttävä.* Taimen elinvoimaisuus jonkin verran edellistä heikompi. Neulaset ovat selvästi edellistä lyhyemmät ja pehmeät. Sellaiset hyvin kasvaneet taimet, joiden latvakasvain on kuitenkin ohut ja pehmeä sekä neulaset lyhyet, luetaan tähän luokkaan kuuluviksi.
3. *Kituva, heikko.* Taimille on tyyppillistä vaalea väri ja heikko tai täysin pysähtynyt kasvu. Neulaset ovat usein lyhyet.
4. *Kuollut (ei löydy).* Taimi on kokonaan ruskea, neulaset kuolleet tai jo irronneet. Jos tainta ei löydy paikaltaan, se luetaan kuolleeksi.

RAUDUSKOIVU

1. *Voimakas, hyvä.* Taimi on elinvoimaisen näköinen ja hyväkasvuinen. Lehdet ovat isoja ja tummansävyisiä.
2. *Normaali, tyydyttävä.* Taimen elinvoimaisuus on jonkin verran edellistä heikompi. Lehdet voivat olla normaalia pienemmät ja vaaleammat. Verson paksuus on normaali, latvakasvaimen pituus yleensä yli 10 cm.
3. *Kituva, heikko.* Lehdet pienet ja vaaleat, kasvu heikkoa. Taimi usein kuivalatvainen tai muuten vikainen.
4. *Kuollut (ei löydy).* Taimen verso ruskea ja usein laho. Lehdet joskus vielä kiinni rungossa, mutta ne ovat ruskeita ja käpristyneitä. Jos tainta ei löydy paikaltaan, se luetaan kuolleeksi.

Vikaisuus määritettiin seitsemänluokkaisen asteikon mukaan seuraavasti:

1. Verso suora, ei olennaisia vikaisuuksia.
2. Verso kaksihaarainen.
3. Verso pensastava, useampia haaroja.
4. Latvakasvain kuollut, ei selvää uutta kasvainta.
5. Verso kuollut puoliväliin saakka. Esiintyy varsinkin kevätahavan vioittamilla kuusilla.
6. Oksisto jotakuinkin kokonaan kuollut, mutta silmut ovat jäljellä.
7. Taimen verso kuollut, vesoja.

Tuhonastetta kuvailtiin neljäluokkaisella asteikolla seuraavasti:

1. Tuho lievä.
2. Tuho kohtalainen.
3. Tuho ankara.
4. Tuho täydellinen.

Sellaiset taimet, joissa ei ollut tuhoja, jätettiin pois tästä luokituksesta.

Tuhonaiheuttaja pyrittiin määrittämään silmävaraisesti. Yleisimmistä ja helpoimmin tunnistettavista tuhon syistä merkittiin inventointilomakkeelle muistiin seuraavat:

1. Männyn neulasruoste (*Coleosporium pini*).
2. Lumikariste (*Phacidium infestans*).
3. Tukkikärsäkäs (*Hylobius abietis*).
4. Juuriniluri (*Hylastes sp.*).
5. Koivun ruoste (*Melampsoridium betulium*).
6. Hirvi (*Alces alces*).
7. Peltomyyrä (*Microtus agrestis*).
8. Vesimyyrä (*Arvicola terrestris*).
9. Pintakasvillisuus.
10. Kevätahava; kevättalvella esiintyvä verson kuivuminen.
11. Routa.
12. Halla.
13. Kuivuus.
14. Muu tuhonaiheuttaja.
15. Tuntematon.

23. Aineiston käsittely

Kenttälomakkeille merkityt taimikohtaiset tiedot tarkistettiin ja yhdisteltiin ATK:n avulla. Taimien eloonjäämisen tilastollinen testaus suoritettiin suoraan sadanneslukujen pohjalta käyttäen apuna binominaalisen jakautuman tunnuslukuja. Eri pää- ja alakäsittelyjen välisten erojen testaus suoritettiin matriisimuodossa. Taimien pituuskasvun tilastollinen testaus suoritettiin t-testillä. Eri pää- ja alakäsittelyjen välisten erojen testaus suoritettiin niinikään matriisimuodossa.

Taimien kuntoluokkien osalta tilastollisia testauksia ei käytetty, Verrattaessa toisiinsa taimien jakaantumista eri luokkiin kunnon ja viimeisen vuoden pituuskasvun perusteella, luokkien riippuvuus toisistaan testattiin X^2-testillä. Tuholuokkien osalta tilastollisia testejä ei käytetty, mutta verrattaessa toisiinsa tuholuokitusta ja kuntoluokitusta käytettiin, kuten edelläkin, X^2-testiä.

3. KOEVUOSIEN SÄÄSUHTEET

Koealueiden sääolojen kuvaus vv. 1970—1973 perustuu ensi sijassa lähimmiltä Ilmatieteen laitoksen sääasemilta (kuva 1) saatuihin tietoihin (taulukot 6—7). Tarkastelujakson kesäkausien lämpösuhteita kuvaavat tehoisat lämpösummat on laskettu S a r v a k s e n (1965) esittämällä tavalla.

Vuoden 1970 talvi oli kylmä ja lunta oli Kuopion ympäristössä suunnilleen normaalisti. Kevät oli aluksi myöhässä, mutta toukokuun alkupuoliskon lämmin sää nopeutti kevään tuloa ja sulatti viimeiset lumet Etelä- ja Keski-Suomesta.

Toukokuun loppupuolisko oli normaalia viileämpi, mutta kesäkuusta muodostui erittäin lämmin ja kuiva. Kesäkuun keskilämpötila oli Kuopiossa 3.1° vuosien 1930—60 keskiarvoa korkeampi ja sademäärä oli normaalimäärästä vain 20 %.

Heinäkuussa sää muuttui epävakaiseksi ja sadetta saatiin runsaasti aina elokuun alkupuoliskolle saakka. Parin viikon poutakauden jälkeen sää muuttui uudelleen sateiseksi ja syyskuun sademäärät kohosivat melko suuriksi.

Heinä-, elo- ja syyskuun keskilämpötilat olivat likimain normaaleja, mutta tehoisan lämpötilan summa koko kasvukaudelta muodostui kuitenkin hiukan 30 vuoden keskiarvoa korkeammaksi.

Talvi tuli Kuopion seudulle jo lokakuun lopussa ja marraskuussa lunta oli jo 30 cm.

Taulukko 6. Koealueiden vuotuiset tehoisat lämpösummat tarkastelukauden aikana lähimmän sääaseman mukaan.
Table 6. Annual effective temperature sums at the experimental areas during the course of the experiments. (calculated according to data from nearest meteorological station).

Koealue *Experimental area*	Käytetty sääasema *Weather station*	Vuosi *Year*	Lämpösumma *Temperature sum*	
			d.d. *d.d.*	Prosentti 30 v:n keskiarvosta *Per cent of 30-year average*
Karttula	Maaninka	1970	1 213	106
»	»	1971	1 062	92
»	»	1972	1 377	120
»	»	1973	1 224	107
Maalahti	Ylistaro	1971	1 029	90
»	»	1972	1 284	112
»	»	1973	1 160	102
Rymättylä	Piikkiö	1971	1 281	96
»	»	1972	1 480	111
»	»	1973	1 357	102

Vuoden 1971 talvi oli erittäin leuto. Lumi suli tammikuun aikana kokonaan Etelä- ja Länsi-Suomesta, mutta uusi lumipeite saatiin helmikuussa ja sää alkoi samalla myös vähitellen kylmetä.

Lumipeite suli Lounais-Suomesta aukeilta jo huhtikuun alussa ja huhtikuun loppuun mennessä linjan Vaasa-Tampere-Lappeenranta eteläpuolelta.

Kevät oli vähäsateinen ja lämpötiloiltaan jaksottain vaihteleva. Touko-kesäkuun vaihteessa oli lyhyt lämmin jakso, mutta sitä seurasi viileämpi sää ja kesäkuun 9. päivänä mitattiin monin paikoin yöpakkasia.

Kokonaisuudessaan kesä oli normaalia viileämpi ja kuivempi. Tehoisa lämpösumma jäi noin 10 % keskimääräistä alhaisemmaksi ja kasvukauden sademäärät 10—50 % pienemmiksi. Vähäsateisinta oli Turun seudulla. Kuopion seudulla elokuun runsaat kuurosateet nostivat kokonaissademääriä.

Syksy oli suhteellisen lämmin syyskuun puoliväliin asti. Pysyvät pakkaset alkoivat marraskuun 5. päivä ja lumipeite saatiin koko maahan jo marraskuun aikana.

Talvi 1972 ei ollut mitenkään poikkeuksellinen. Lumimäärät olivat tavanomaiset ja kevät edistyi normaalivauhdilla. Kesäkuun alussa alkoi kuitenkin erittäin lämmin sääjakso ja sitä jatkui koko kesän aina elokuun lopulle asti. Niinpä kasvukauden lämpösumma muodostui erittäin korkeaksi varsinkin Itä-Suomessa, jossa se ylitti keskimääräisen arvon n. 20 %. Muuallakin maassa lämpösumma oli 10 % normaalia korkeampi.

Sadetta saatiin toukokuussa Vaasan seudulla normaalisti, mutta Turussa ja Kuopiossa huomattavasti normaalia vähemmän. Kesäkuu oli kyseisillä alueilla vähäsateinen. Heinä- ja elokuussa sadetta saatiin hiukan enemmän ja varsinkin Kuopion seudulla sattui elokuussa runsaita sadekuuroja. Vähäsateisinta oli Vaasan seudulla ja siellä jäikin kasvukauden sademäärä n. 10 % normaalia pienemmäksi.

Lumipeite tuli suurimpaan osaan maata lokakuun lopussa ja marraskuun alkupuolella, mutta lämpimän joulukuun ansiosta lumet sulivat linjan Oulu-Kuhmo eteläpuolelta joulukuun loppuun mennessä.

Taulukko 7. Koealueiden suhteelliset sademäärät kesäkuukausina tarkastelukauden aikana lähimmän sääaseman mukaan.

Table 7. Relative amount of precipitation falling in June at the experimental area during the course of the experiments. (Calculated according to data from nearest meteorological station).

Koealue *Experimental area*	Käytetty sääasema *Weather station*	Vuosi *Year*	Kuukausi — Month: Toukok. *May*	Kesäk. *June*	Heinäk. *July*	Elok. *August*	Syysk. *Septemb.*	Touko—syyskuu, yhteensä *May—September, total*
			Sademäärä, % 30 vuoden keskiarvosta *Precipitation, per cent of 30-year average*					
Karttula	Kuopio	1970	103	22	185	85	139	110
»	»	1971	68	47	63	198	73	92
»	»	1972	71	51	82	250	73	108
»	»	1973	118	263	59	162	88	137
Maalahti	Vaasa	1971	63	75	29	54	120	69
»	»	1972	100	50	81	87	112	87
»	»	1973	163	57	213	67	134	127
Rymättylä	Turku	1971	14	44	57	73	45	53
»	»	1972	62	65	129	140	50	99
»	»	1973	100	140	88	42	130	92

4 8472—76

Talvi 1973 jatkui vuoden alussa erittäin lauhana ja vähälumisena. Koko Etelä- ja Länsi-Suomi oli miltei täysin lumeton tammikuun puoliväliin asti. Lounaissaaristo pysyi lyhyitä jaksoja lukuunottamatta lumettomana miltei koko talven.

Huhtikuun alussa lumipeite oli hävinnyt aukeilta paikoilta osasta Etelä- ja Keski-Suomea ja kuun lopussa samalta alueelta myös metsistä.

Kevät ja kesä muodostuivat erittäin lämpimiksi ja lämmintä säätä jatkui aina elokuulle saakka. Touko- ja kesäkuu olivat jopa lämpimämpiä kuin edellisenä vuonna ja heinäkuukin oli vielä yhtä lämmin. Kuopiossa kuukauden keskilämpötila oli 30 vuoden keskiarvoa korkeampi: toukokuussa 1.4, kesäkuussa 2.1° ja heinäkuussa 2.9°.

Elokuun puolivälin jälkeen ilmat kylmenivät ja normaalia kylmempi sää jatkui koko syksyn. Niinpä kasvukauden lämpösumma muodostui vain hiukan keskimääräistä korkeammaksi huolimatta erittäin lämpimästä alku- ja keskikesästä.

Sadetta saatiin kasvukauden aikana huomattavasti enemmän kuin edellisenä kesänä. Toukokuussa ja kesäkuun alussa sademäärät olivat huomattavasti normaalia suurempia, paitsi Vaasan seudulla, missä kesäkuun sademäärä jäi noin puoleen normaalista. Keskikesä oli koko maassa poutaista heinäkuun puoliväliin asti, minkä jälkeen saatiin runsaitakin sademääriä. Sateet olivat luonteeltaan paikallisia ukkoskuuroja, minkä vuoksi alueittainen sademäärien vaihtelu jatkui suurena kuten kesälläkin. Kuopion seudulla jäi heinäkuu ja Turun ja Vaasan seudulla vastaavasti elokuu suhteellisen vähäsateiseksi.

Vaasassa ja Kuopiossa koko kasvukauden sademäärä oli huomattavasti keskimääräistä suurempi. Sen sijaan Turun seudulla se jäi hiukan normaalia pienemmäksi.

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Taimien eloonjääminen

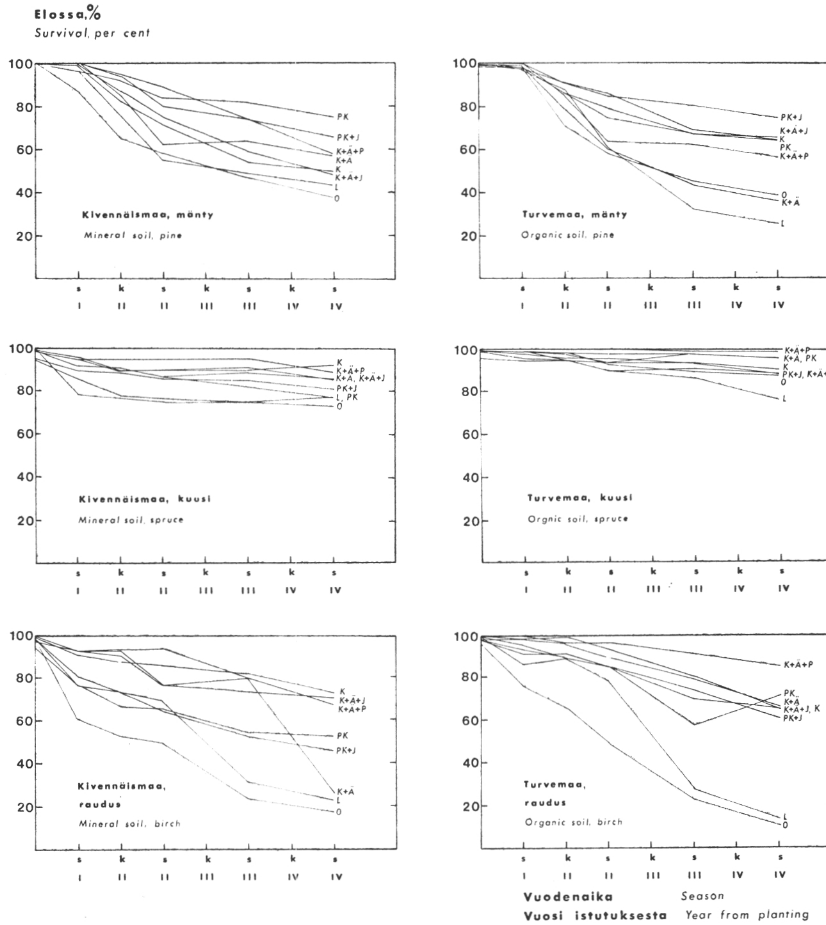
411. Muokkauksen vaikutus eloonjäämiseen

Karttulassa pallekyntö (PK) ja tähän yhdistetty jyrsintä (PK+J) osoittautuivat *männylle* edullisimmaksi maanmuokkausmenetelmäksi (kuva 4, yläosa). Ero oli neljäntenä syksynä merkitsevä verrattuna kivennäismailla kyntöön (K) sekä turvemailla kyntöön, äestykseen ja jyräykseen (K+Ä+J) tai näitä huonomman tuloksen antaneisiin menetelmiin. Vähäisintä taimien eloonjääminen oli molemmilla kasvupaikoilla muokkaamattomalla (O) tai laikutetulla (L) maalla, joiden tuottama viljelytulos erosi merkitsevästi kivennäismaalla kynnön ja äestyksen (K+Ä) sekä turvemaalla kynnön, äestyksen ja jyräyksen (K+Ä+P) tai näitä paremman tuloksen antaneista menetelmistä. Varsinkin turvemaalla taimien juurten saattaminen hieman ympäröivää maanpintaa korkeammalle esim. istuttamalla auranpalteeseen paransi taimien eloonjäämistä (vrt Paavilainen 1970).

Kuusen taimet pysyivät Karttulassa keskimäärin elossa melko hyvin, ja tulos näyttää jo vakiintuneen (kuva 4, keskiosa). Vain turvemaalla laikutus oli taimien eloonjäämiselle muita maanmuokkausmenetelmiä selvästi epäedullisempi. Vm. tulos erosi myös merkitsevästi parhaimman tuloksen antaneista muokkauskäsittelyistä (K+Ä+P, K+Ä, PK). Kivennäismailla eri maanmuokkausmenetelmien tuottamien tulosten väliset erot eivät olleet merkitseviä.

Rauduskoivulla saavutettiin Karttulassa muokkauksen avulla suurimmat taimien eloonjäämisen lisäykset (kuva 4, alaosa). Muokkaamaton (O) tai laikutettu (L) maa onkin rauduskoivulla tuottanut huonon tuloksen. Viljelytulos erosi merkitsevästi kaikista muista maanmuokkausmenetelmistä lukuunottamatta kyntöä ja äestystä (K+Ä) kivennäismaalla. Raudukselle ei pallekyntö (PK) ollut niin otollinen menetelmä kuin männylle, vaan kivennäismailla kyntö (K) ja siihen yhdistetyt käsittelyt (kyntöä ja äestystä (K+Ä) lukuunottamatta) osoittautuivat parhaiksi maanmuokkausmenetelmiksi.

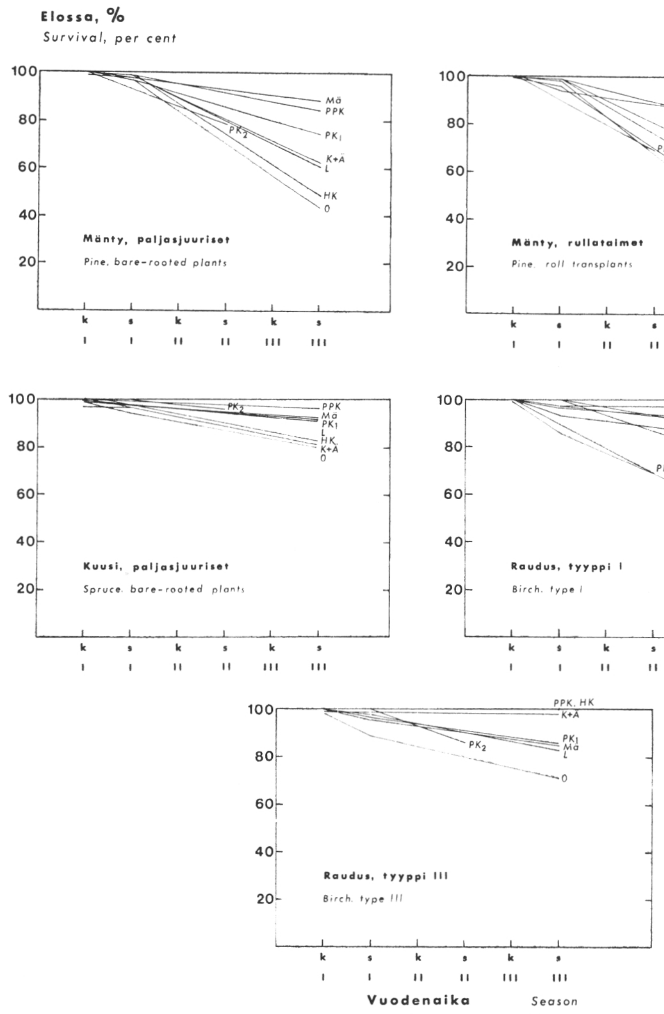
Eri puulajien eloonjäämisen vuotuista kehitystä tarkasteltaessa huomio kiintyy näiden välisiin olennaisiin eroihin. Männyn osalta eloonjäämisen taso tuntuu tasaantuvan 3.—4. vuonna istutuksen jälkeen, ja kuusen osalta tilanne on lähes vakiintunut jo toisena istutuksen jälkeisenä vuonna. Rauduskoivun taimien eloonjäämisessä on odotettavissa vähenemistä vielä tarkastelukauden jälkeenkin.



Kuva 4. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien eloonjääminen Karttulan koealueella. Ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Maanmuokkausmenetelmien lyhenteet kuten taul. 4. Inventointiajankohdat: k = kevät, s = syksy.

Fig. 4. Survival of pine, spruce, and birch seedlings in the Karttula experimental area. No weed control. The legend for soil tilling methods are explained in Table 4. Seasons of survey: k = spring, s = autumn.

Maalahdessa (kuva 5, yläosa) mätästys (Mä) ja paksu pallekyntö (PPK) tuottivat *männyn* taimille parhaan eloonjäämistuloksen, joka erosi täysmuokkauksesta (K+Ä) ja tätä huonomman tuloksen antaneista menetelmistä merkitsevästi. Muokkaamaton maa (O) oli täälläkin epäedullisinta taimien eloonjäämiselle. Tulos erosi merkitsevästi laikutuksesta (L) ja tätä paremman tuloksen antaneista menetelmistä. Eri maanmuokkausmenetelmistä harjakyntö (HK) ei tällä koealueella vastannut siihen savipeltojen metsityksessä yleensä kiinnitettyjä odotuksia (A p p e l r o t h ja H a r s t e l a 1970). Männyn paljasjuuriset taimet pysyivät elossa paremmin kuin männyn rullataimet käytettäessä kaikkia muita menetelmiä paitsi paksua ja tavallista pallekyntöä (PPK, PK_1), mutta em. taimilajien väliset erot eivät olleet merkitseviä muita muokkausmenetelmiä kuin paksua pallekyntöä käytettäessä.

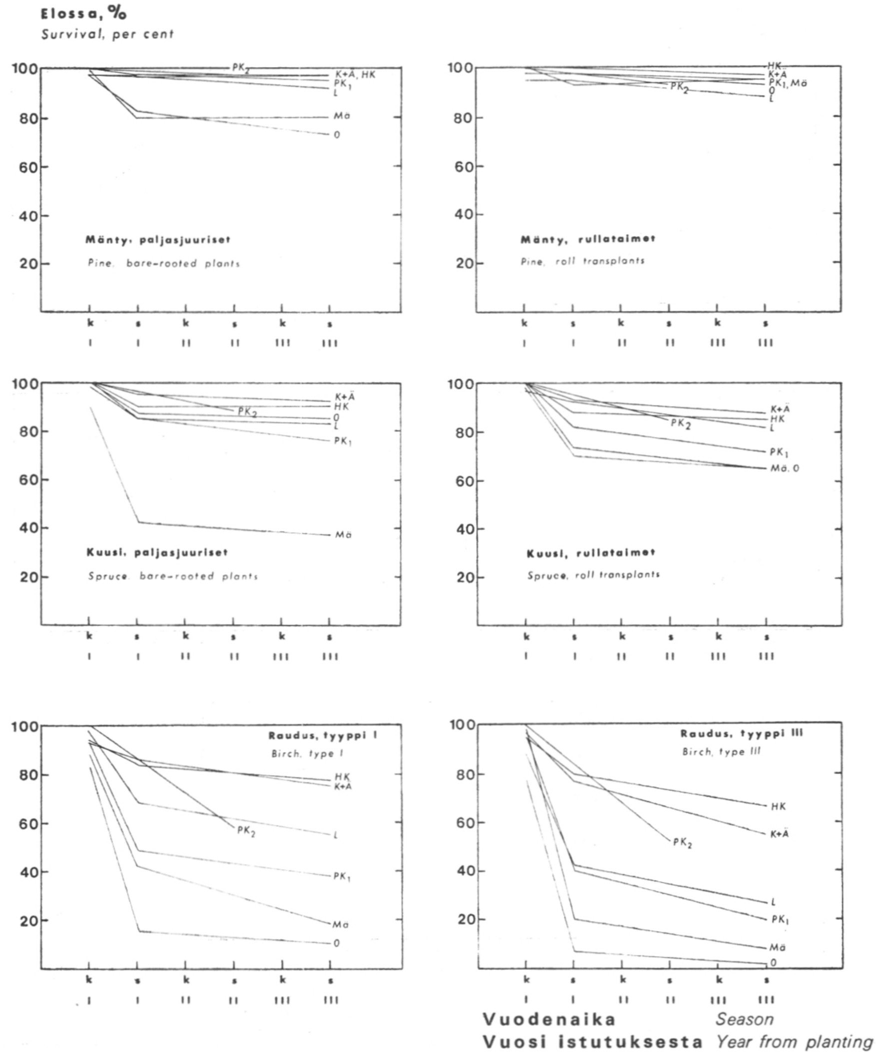


Kuva 5. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien eloonjääminen Maalahden koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 4 ja taulukossa 4.

Fig. 5. Survival of pine, spruce, and birch seedlings in the Maalahti experimental area. Legend as in Fig. 4 and Table 4.

Kuusen osalta viljelytulokset olivat Maalahdessa samanlaisia kuin Karttulassakin (kuva 5, keskiosa). Ainoastaan parhaan eloonjäämisen tuottaneen menetelmän, paksun pallekynnön (PPK), tulokset erosivat merkitsevästi kolmesta vastaavasti huonoimman tuloksen antaneesta menetelmästä: harjakynnöstä (HK), täysmuokkauksesta (K+Ä) ja muokkaamattomasta maasta (O).

Paksun pallekynnön antama hyvä viljelytulos oli selvä myös *rauduskoivunkin* osalta. Tätä maanmuokkaustapaa käytettäessä taimien eloonjääminen erosi merkitsevästi taimityyppi I:llä laikutuksesta (L) ja muokkaamattomasta maasta (O) ja taimityyppi III:lla pallekynnöstä (PK_1) ja sitä huonomman tuloksen antaneista menetelmistä.



Kuva 6. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien eloonjääminen Rymättylän koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 5.

Fig. 6. Survival of pine, spruce, and birch seedlings in the Rymättylä experimental area. Ledend as in Fig. 5.

Taimityyppi III:een kuuluvat suurikokoiset rauduksen taimet menestyivät selvästi pienikokoisia I-tyyppiin kuuluvia taimia paremmin kaikkia maanmuokkausmenetelmiä käytettäessä, mutta ero oli merkitsevä vain muokkaamattoman maan (O), ja melkein merkitsevä pallekynnön jälkeisenä vuonna istutettujen (PK_2) taimien osalta.

Yleisesti ottaen *männyn* uudistaminen onnistui *Rymättylässä* erittäin hyvin (kuva 6, yläosa). Vain mätästys (Mä) tuotti paljon huonomman viljelytuloksen kuin Maalahdessa. Muokkaamattoman maan (O) ja mätästyksen (Mä) tuottama männyn paljasjuuristen taimien eloonjäämistulos erosikin merkitsevästi kaikista muista menetelmistä, mutta rullataimia käytettäessä em. erot eivät olleet merkitseviä. Rymättylässä, toisin kuin Maalahdessa, rullataimet menestyivät keskimäärin paremmin kuin paljasjuuriset taimet, mutta em. taimilajien eloonjäämisen väliset erot eivät olleet merkitseviä muita muokkausmenetelmiä kuin mätästystä käytettäessä.

Kuusen taimien osalta tulos oli edellisen kaltainen (kuva 6, keskiosa). Mätästys (Mä) ja pallekyntö (PK_1) olivat viljelytulosta ajatellen huonoimmat menetelmät, kun taas kyntö ja äestys (K+Ä) sekä harjakyntö (HK) antoivat parhaimman viljelytuloksen. Ero mätästyksestä muihin maanmuokkausmenetelmiin oli kuusen paljasjuuristen taimien eloonjäämisessä merkitsevä. Kaikissa maanmuokkauskäsittelyissä mätästystä lukuunottamatta kuusen paljasjuuriset taimet säilyivät elossa hieman paremmin kuin rullataimet mutta erot eivät olleet merkitseviä.

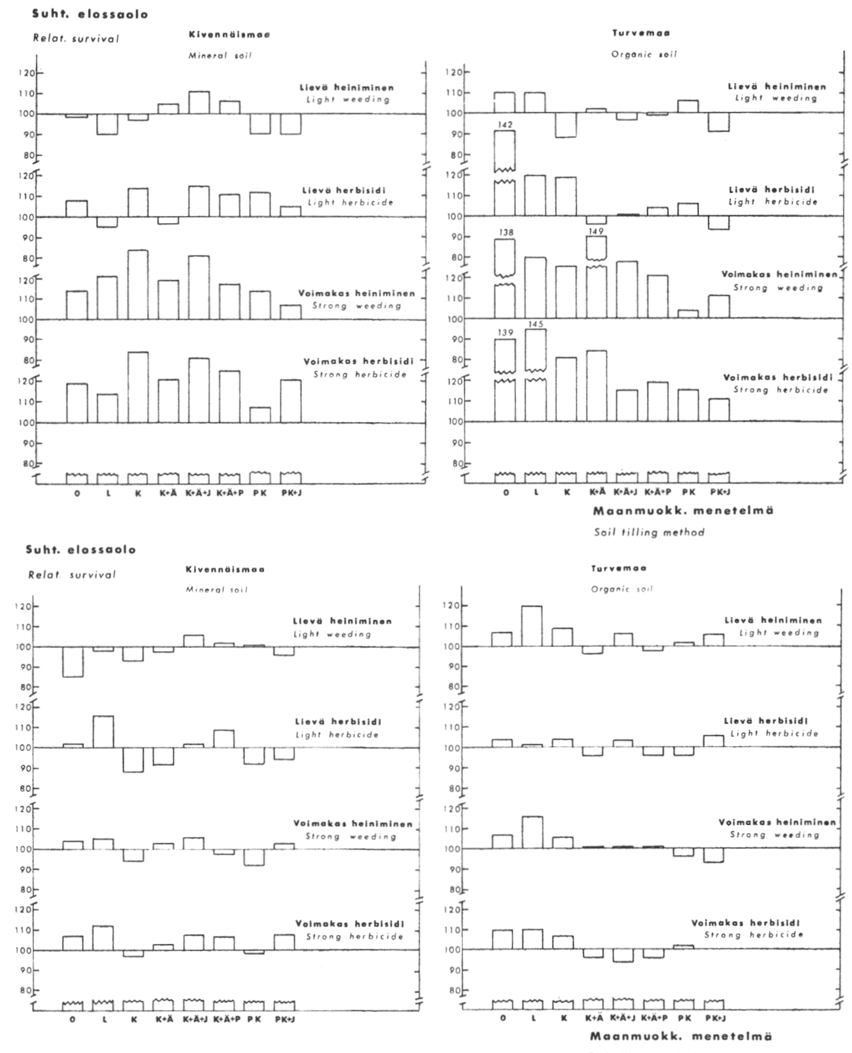
Rauduskoivulla toistui suunnilleen sama maanmuokkausmenetelmien järjestys kuin havupuillakin; erot olivat vain hyvin selviä (kuva 6, alaosa). Ero parhaimman tuloksen antaneen menetelmän, harjakynnön (HK) sekä taimityyppi I:n osalta pallekynnön (PK_1) ja taimityyppi III:n osalta laikutuksen (L) tai tätä huonompien menetelmien tuottamien viljelytulosten välillä oli merkitsevä. Muokkaamattoman maan (O) ja eri maanmuokkausmenetelmien tuottamat tulokset erosivat mätästystä lukuunottamatta molempien taimityyppien osalta merkitsevästi toisistaan. Pienemmät taimet (tyyppi I) olivat säilyneet elossa paremmin kuin isommat (tyyppi III) kaikkia muokkausmenettelyitä käyttäen. Taimityyppien välinen ero oli tosin vain laikutusta käytettäessä merkitsevä.

Kun tarkastellaan kaikkien puulajien suurimman kuolleisuuden ajankohtaa, sen keskittyminen nimenomaan viljelykesään viittaa hyvin selvästi taimien kuivumiseen Rymättylässä kuivana ja lämpimänä alkukesänä 1971 (vrt. taul. 6 ja 7). Maalahdessa ja Karttulassa tulos ei ole näin selvä. Kuivuminen on luonnollisesti tuntunut voimakkaimpana käytettäessä mätästystä, pallekyntöä ym. maankuokkausmenetelmiä, joiden seurauksena taimien juuret oli saatettu normaalia maanpintaa korkeammalle. Myös laikutuksen tuottama tyydyttävä ja täysmuokkauksen hyvä eloonjäämistulos vahvistavat tätä päätelmää. Tasoltaan esim. koivulle viljellyt, muokkaamattomat ruudut edustavat joko osaksi tai täysin epäonnistuneita, viipymättä uudistettavia aloja.

412. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus eloonjäämiseen

Kuvissa 7—10 on esitetty eri pintakasvillisuuden torjuntamenetelmien suhteellinen vaikutus taimien eloonjäämiseen loppuinventoinnin mukaan ilmaistuna sadanneksina ao. käsittelemättömän maan (kontrollin) tuottamista tuloksista eri maanmuokkausmenetelmiä käytettäessä.

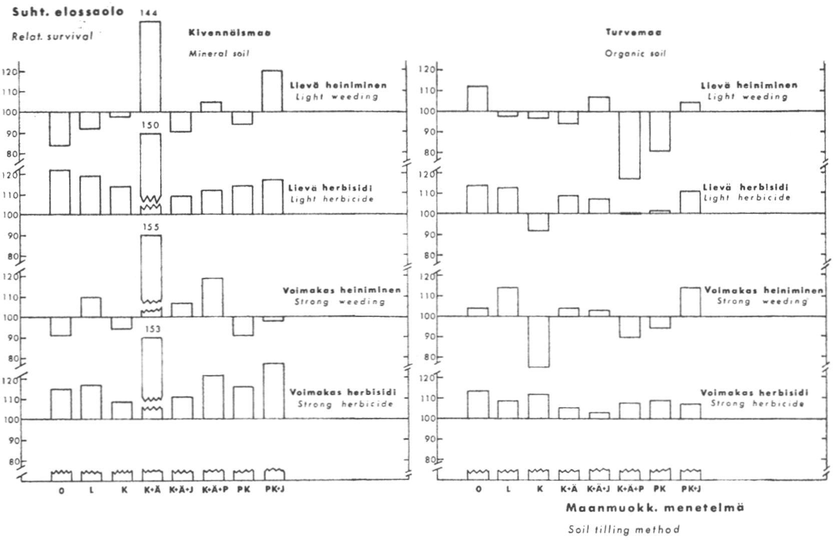
Karttulassa voimakas heiniminen tai herbisidin käyttö paransivat *männyn* taimien eloonjäämistulosta jokaista maanmuokkausmenetelmää käytettäessä (kuva 7, yläosa). Voimakas pintakasvillisuuden torjunta nosti eloonjäämistä merkitsevästi kontrolliin verrattuna käytettäessä sitä kivennäismaalla kynnön (K) ja kynnön, äestyksen ja jyrsinnän (K+Ä+J) sekä turvemaalla laikutuksen (L), kynnön (K) ja täysmuokkauksen (K+Ä) kanssa tai jättämällä maa kokonaan muokkaamatta (O).



Kuva 7. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus männyn (yläosa) ja kuusen (alaosa) taimien eloonjäämisen Karttulan koealueella. Maanmuokkausmenetelmien lyhenteet kuten taul. 4. Kontrolli = 100. Inventointi syksyllä 1973.

Fig. 7. The effect of weed control on the survival of pine (upper Fig.) and spruce (lower Fig.) seedlings in the Karttula experimental area. The legend for soil tilling methods as in Table 4. Control = 100. Survey in autumn 1973.

Sellaisten maanmuokkausmenetelmien yhteydessä, joissa taimi muutoinkin sai kilpailevaan pintakasvillisuuteen nähden suotuisan lähtöaseman (esim. pallekyntö), männyn taimien eloonjäämistulos ei parantunut läheskään näin paljon. Lievät torjuntakäsittelyt olivat muutamien maanmuokkausmenetelmien yhteydessä aiheuttaneet vähäistä kuolleisuuden lisääntymistä, mutta erot kontrolliin eivät olleet merkitseviä.



Kuva 8. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus rauduskoivun taimien eloonjäämiseen Karttulan koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 7. Inventointi syksyllä 1973.

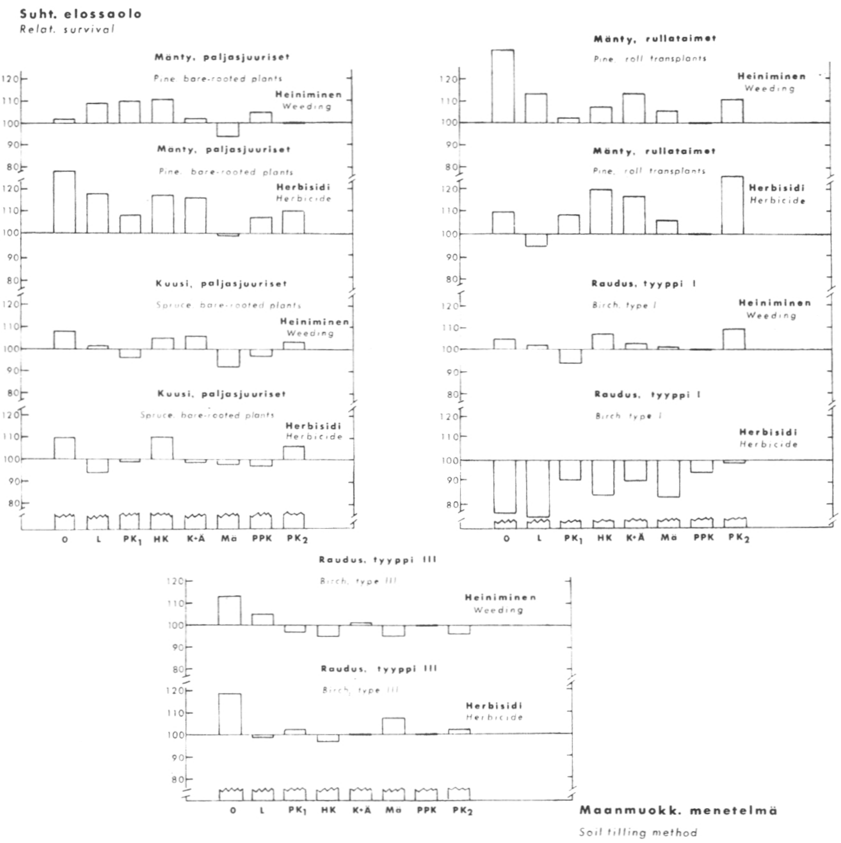
Fig. 8. The effect of weed control on the survival of birch seedlings in the Karttula experimental area. Legend as in Fig. 7. Survey in autumn 1973.

Odotusten mukaisesti pintakasvillisuuden torjunta vaikutti *kuusen* eloonjäämistulokseen paljon vähemmän kuin männyn (kuva 7, alaosa). Vain laikutuksen (L) yhteydessä käytettynä lievä heiniminen tuotti turvemailla kontrollia merkitsevästi paremman eloonjäämistuloksen; muut käsittelyt eivät eronneet käsittelemättömistä aloista merkitsevästi. Voimakas pintakasvillisuuden torjunta vaikutti taimien eloonjäämiseen epäedullisesti kivennäismailla kynnön (K) ja turvemailla täysmuokkauksen (K+Ä) sekä tätä tehokkaampien maanmuokkausmenetelmien kanssa käytettynä.

Rauduskoivulla pintakasvillisuuden torjunta paransi eloonjäämistulosta merkitsevästi kivennäismailla täysmuokkauksen (K+Ä), sekä voimakas herbisidikäsittely lisäksi pallekynnön ja jyrsinnän (PK+J) käyttöön yhdistettynä (kuva 8). Torjunnan epäedullisista vaikutuksista huomio kiintyy ensi sijassa kivennäismaiden muokkaamattomiin (O) ja pallekynnettyihin (PK), heinittyihin sekä turvemaiden kynnettyihin (K), täysmuokattuihin (K+Ä) ja sen jälkeen jyrättyihin (K+Ä+P), heinittyihin ruutuihin. Täällä taimien eloonjääminen oli laskenut kontrolliin verrattuna.

Maalahdessa herbisidikäsittely paransi *männyn* paljasjuuristen taimien eloonjäämistulosta merkitsevästi käytettäessä sitä muokkaamattomassa maassa (O) tai laikutuksen (L), harjakynnön (HK) ja täysmuokkauksen yhteydessä (kuva 9, yläosa). Rullataimien osalta vain muokkaamattoman maan (O) heinimiskäsittely ja pallekyntöön (PK_2) yhdistetty herbisidikäsittely paransivat tulosta merkitsevästi.

Kuusella pintakasvillisuuden torjuntamenetelmät eivät parantaneet taimien eloonjäämistulosta merkitsevästi (kuva 9). Käsittelyn vaikutus oli suurin muokkaamattomassa maassa (O) tai harjakynnön (HK), täysmuokkauksen (K+Ä) ja pallekynnön (PK_2) yhteydessä.



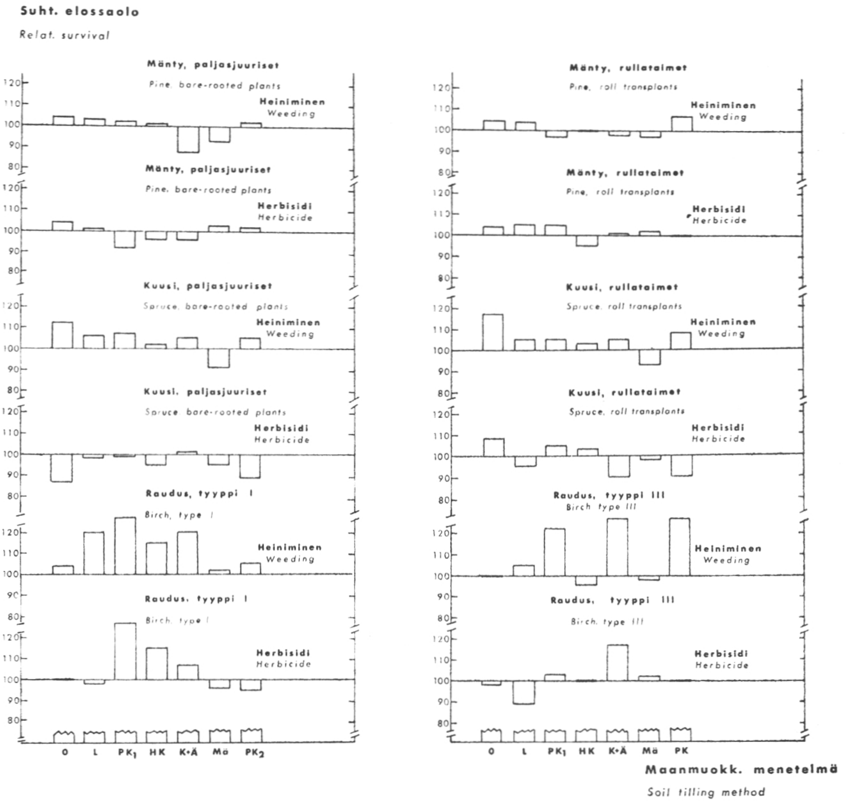
Kuva 9. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien eloonjäämiseen Maalahden koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 7 ja taulukossa 4. Inventointi syksyllä 1973.

Fig. 9. The effect of weed control on the survival of pine, spruce, and birch seedlings in the Maalahti experimental area. Legend as in Fig. 7 and Table 4. Survey in autumn 1973.

Rauduskoivun eloonjäämistulokset olivat hyvin vaihtelevia. (kuva 9, alaosa). Varsinkin pienillä taimilla (tyyppi I) herbisidikäsittely maanmuokkauksen yhteydessä huononsi viljelytulosta käsittelemättömään kontrolliin verrattuna. Käytettäessä isoja taimia (tyyppi III), herbisidikäsittelyn tuottama eloonjäämistulos erosi muokkaamattomassa maassa (O) merkitsevästi käsittelemättömästä kontrollista, mutta maanmuokkauksen yhdistettynä ero ei ollut merkitsevä.

Rymättylässä pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus *männyn* taimien eloonjäämiseen oli paljon vähäisempi kuin Maalahdessa tai Karttulassa (kuva 10, yläosa). Vain täysmuokkauksen (K+Ä) ja mätästyksen (Mä) kanssa käytettynä heinimisen negatiivinen vaikutus paljasjuuristen taimien eloonjäämiseen oli ilmeinen, mutta ero käsittelemättömään kontrolliin ei tällöinkään ollut merkitsevä.

Kuusella varsinkin heiniminen vaikutti edullisesti taimien eloonjäämiseen; poikkeuksen teki vain pintakasvillisuuden torjunnan käyttö mätästyksen yhteydessä



Kuva 10. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien eloonjäämiseen Rymättylän koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 9. Inventointi syksyllä 1973.

Fig. 10. The effect of weed control on the survival of pine, spruce and birch seedlings on the Rymättylä experimental area. Legend as in Fig. 9. Survey in autumn 1973.

(kuva 10, keskiosa). Herbisidikäsittelyn vaikutus vaihteli maanmuokkausmenetelmittäin jonkin verran, mutta erot käsittelemättömään kontrolliin eivät yhdessäkään tapauksessa olleet merkitseviä.

Rauduskoivu hyötyi Rymättylässä pintakasvillisuuden torjunnasta kaikkein eniten (kuva 10, alaosa). Käytettäessä heinimistä pallekynnön (PK_1) ja täysmuokkauksen (K+Ä) kanssa viljelytuloksen ero käsittelemättömään kontrolliin verrattuna oli pienillä rauduksen taimilla (tyyppi I) merkitsevä. Isoilla rauduksen taimilla (tyyppi III) käsittelemättömän kontrollin ja heinimiskäsittelyn välinen ero oli merkitsevä käytettäessä em. pintakasvillisuuden torjuntamenetelmää pallekynnön (PK_1) ja (PK_2) sekä täysmuokkauksen (K+Ä) kanssa. Herbisidikäsittely antoi isoilla taimilla maanmuokkausmenetelmästä riippuvia, vaihtelevia tuloksia. Täysmuokkauksen (K+Ä) yhteydessä tulos oli selvästi edullisin ja laikutukseen yhdistettynä epäedullisin. Erot kontrolliin eivät kuitenkaan olleet merkitseviä.

Taulukko 8. Karttulan koealueella parhaimman eloonjäämistuloksen tuottaneet maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. ++ = elossaolo yli 90 %, + = elossaolo 80—90 %, — = elossaolo alle 80 %, .. = käsittely puuttuu. Maanm. menet. lyhenn. katso taul. 2. Inventointi syksyllä 1973.

Table 8. Tilling methods and weed control methods (giving the highest survival rates at Karttula. ++ = survival rate over 90 %, + = survival rate between 80—90 %, — = survival rate below 80 %, .. = controls. See Table 2 for tilling method abbreviations. Survey in autumn 1973.

Kasvualusta, Maanmuokkausmenetelmä *Soil type, Soil tilling method*	Mänty — *Pine*					Kuusi — *Spruce*					Rauduskoivu — *Birch*				
	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong herbicide*	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong herbicide*	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong herbicide*
Kivennäismaa — *Mineral soil*															
O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L	—	—	—	—	—	—	—	++	+	+	—	—	—	—	—
K	—	—	—	++	+	++	+	—	+	+	—	—	+	—	+
K + Ä	—	—	—	+	—	+	+	+	+	+	—	—	—	+	+
K + Ä + J .	—	—	—	++	+	+	++	+	++	++	—	—	—	—	+
K + Ä + P .	—	—	—	—	+	++	++	++	+	++	—	—	+	+	+
PK	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PK + J	—	—	—	+	+	+	—	—	+	+	—	—	+	—	—
Turvemaa — *Organic soil*															
O	—	—	+	—	++	+	++	++	++	++	—	—	—	—	—
L	—	—	—	—	—	—	++	—	++	+	—	—	—	—	—
K	—	—	+	+	++	++	++	++	++	++	—	—	—	—	—
K + Ä	—	—	—	—	—	++	++	++	++	++	—	—	—	—	—
K + Ä + J .	—	—	—	+	+	+	++	++	++	+	—	—	—	—	—
K + Ä + P .	—	—	—	—	—	++	++	++	++	++	+	—	+	—	++
PK	—	—	—	+	+	++	++	++	++	++	—	—	—	—	+
PK + J	—	—	—	—	+	+	++	++	+	+	—	—	—	—	—

Taulukko 9. Maalahden ja Rymättylän koealueilla parhaimman eloonjäämistuloksen tuottaneet maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. Merkinnät kuten taulukoissa 2 ja 10. Inventointi syksyllä 1973.

Table 9. Tilling methods and weed control methods giving the highest survival rates at Maalahti and Rymättylä. Symbols are the same as those used in Tables 2 and 10. Survey in autumn 1973.

Koealue, Maanmuokkausmenetelmä *Experimental area, Soil tilling method*	Mänty — *Pine*						Kuusi — *Spruce*						Rauduskoivu — *Birch*					
	Paljasjuuriset *Bare-rooted plants*			Rullataimet *Roll transplants*			Paljasjuuriset *Bare-rooted plants*			Rullataimet *Roll transplants*			Tyyppi I *Size class I*			Tyyppi III *Size class III*		
	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*
Maalahti																		
O	—	—	—	—	—	—	+	+	++	..	..	..	—	—	—	—	+	++
L	—	—	—	—	—	—	++	++	+	..	..	..	—	—	—	+	+	+
PK_1	—	+	+	+	+	++	++	+	++	..	..	..	+	—	—	+	+	+
HK	—	—	—	—	—	—	+	+	++	..	..	..	++	++	—	++	++	++
K + Ä	—	—	—	—	—	—	+	+	+	..	..	..	+	++	—	++	++	++
Mä	+	+	+	+	+	+	++	+	++	..	..	..	+	+	—	+	+	++
PPK	+	++	++	++	++	++	++	++	++	..	..	..	++	++	++	++	++	++
PK_2	—	—	+	—	—	++	++	++	++	..	..	..	—	—	—	+	+	+
Rymättylä																		
O	—	—	—	++	++	++	+	++	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
L	++	++	++	+	++	++	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
PK_1	++	++	+	++	++	++	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
HK	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	—	++	++	—	—	—
K + Ä	++	+	++	++	++	++	++	++	++	+	++	—	—	++	+	—	+	—
Mä	+	—	+	++	++	++	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPK													—	—	—	—	—	—
PK_2	++	++	++	++	++	++	+	++	—	+	++	—	—	—	—	—	+	—

413. Muokkauksen ja pintakasvillisuuden torjunnan yhdistelmien vaikutus eloonjäämiseen

Eri menetelmiä käyttäen suoritetun pellon metsityksen tuloksista päähuomio kiintyy aina ensimmäiseksi niihin viljelyketjuihin, jotka tuottavat lopputuloksena hyvän tai vähintään tyydyttävän tuloksen. Tätä silmälläpitäen on taulukkoihin 8 ja 9 koottu koealakohtainen viljelysuositus, jossa on otettu huomioon vain hyvän (yli 90 %) tai tyydyttävän (80 — 89 %) eloonjäämissadanneksen antaneet maanmuokkauksen ja pintakasvillisuuden torjuntamenetelmät. Täydelliset tulokset on esitetty liitteissä 1 ja 2.

Karttulassa männyn istutuksen saattoi odottaa onnistuvan vain jos tehokkaaseen maanmuokkaukseen oli yhdistetty voimakas pintakasvillisuuden torjunta (taulukko 8). Kivennäismailla vain pallekyntöä voi suositella, jos tyydytään lievään herbisidikäsittelyyn. Jos pintakasvillisuuden torjunta laiminlyödään, männyn viljely ei onnistu. Turvemaalla männyn taimet menestyvät jokseenkin hyvin käytettäessä heinäntorjuntaa yhdistettynä kyntöön, pallekyntöön, tms.

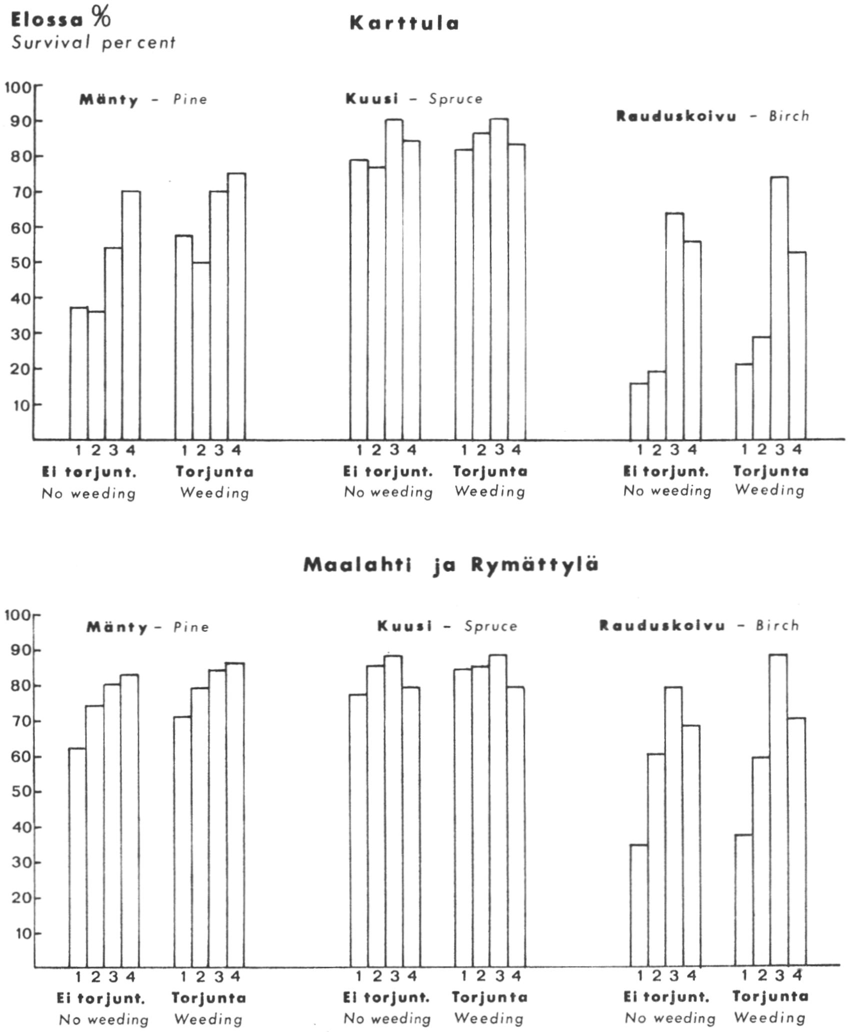
Kuusi on Karttulassa menestynyt selvästi mäntyä paremmin. Jos maa muokataan tehokkaasti, kuusta voi tämän perusteella suositella viljeltäväksi ilman mitään heinäntorjuntatoimenpiteitä. Laikutus ja myös kivennäismaalla pallekyntö eivät ole antaneet tyydyttävää tulosta. Laikutusta onkin syytä käyttää kuusella varoen ja silloinkin vain vahvaan pintakasvillisuuden torjuntaan yhdistettynä (vrt. Haugberg 1971).

Rauduskoivu on Karttulassa tuottanut yleisesti ottaen heikon tuloksen, mikä on osaksi katsottava johtuneen kooltaan pienestä ja istutettaessa osittain heikosta taimimateriaalista. Vain tehokkaan maanmuokkauksen avulla ja huolehtimalla pintakasvillisuuden torjunnasta on mahdollista istuttaa pienikokoista rauduskoivua heinällä olleelle pellolle.

Maalahdessa vain pallekyntö ja mätästys ovat antaneet männyllä hyvän tuloksen (taulukko 9). Näyttää siltä, että näitä maanmuokkausmenetelmiä käyttäen pintakasvillisuuden torjunta voi olla suhteellisen vähäistä. Rullataimien ja paljasjuuristen taimien menestymisessä ei ollut merkitsevää eroa, joten käytännön kuljetus-, varastointi- ym. näkökohdat voinevat ratkaista näiden taimilajien käytön valinnan.

Pallekynnön edullisuus muihin maanmuokkausmenetelmiin nähden ilmeni myös kuusen kohdalla. Pienikokoisia rauduksen taimia käytettäessä tehokas maanmuokkaus oli tarpeen, mutta isoja taimia käytettäessä myös vähemmän tehokkaat maanmuokkausmenetelmät kuten laikutus antoivat vielä tyydyttävän eloonjäämistuloksen.

Rymättylässä mänty on menestynyt yleisesti ottaen paljon paremmin kuin Maalahdessa. Lukuunottamatta paljasjuuristen taimien istuttamista täysin muokkaamattomaan maahan männyn viljelyä voi täällä suositella melkeinpä mitä tahansa riittävän tehokasta maanmuokkausmenetelmää käytettäessä. Rullataimet ovat Rymättylässä menestyneet hieman paremmin kuin paljasjuuriset taimet.



Kuva 11. Maanmuokkauksen ja pintakasvillisuuden torjunnan yhdistelmien vaikutus männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien eloonjäämiseen. Selitys: 1 = muokkaamaton maa, 2 = taimet istutettu vallits. maanp tason allapuol., 3 = taimet istutettu vallits. maanp. tasolle, 4 = taimet istutettu vallits. maanp. tason yläpuol.

Fig. 11. The influence of soil tilling and weed control on the survival of pine, spruce, and birch seedlings. Legend: 1 = no tilling, 2 = planting lower than surrounding soil surface, 3 = planting at the same level than surrounding soil surface, 4 = planting above the surrouding soil surface.

Kuusen taimille suositeltava maanmuokkausmenetelmä on Rymättylän koealan perusteella harjakyntö tai täysmuokkaus. Pallekyntö ei ole antanut kaikilta osin tyydyttävää tulosta, luultavasti kuivasta viljelykesästä johtuen. Kuusen paljasjuuriset taimet ovat menestyneet hieman paremmin kuin rullataimet.

Rauduskoivun pienet taimet ovat menestyneet hyvin käytettäessä harjakyntöä tai täysmuokkausta sekä pintakasvillisuuden torjuntaa, kun taas isot taimet ovat menestyneet tyydyttävästi vain käytettäessä täysmuokkausta tai pallekyntöä (PK_2) heinimisen kanssa.

Edellä esitetty, vain parhaisiin viljelytuloksiin perustuva yleiskuva ei muutu paljoakaan, jos tarkastellaan kaikkien vaihtoehtoisten maanmuokkaus- ja pintakasvillisuudentorjuntamenetelmien perusteella laadittuja graafisia yhdistelmiä (kuva 11). Yhdistely on suoritettu jakamalla maanmuokkausmenetelmät kolmeen ryhmään sen mukaan, onko taimet istutettu muokkausjälkeä ympäröivän maanpinnan tason alapuolelle (L), maanpinnan tasolle (K, K+Ä,K+Ä+J, K+Ä+P) tai sen yläpuolelle (PK, PK+J, HK, Mä, PPK). Myös kaikki pintakasvillisuuden torjuntamenetelmät on yhdistelty samaksi torjuntatoimenpiteitä osoittavaksi pylväiköksi.

Yleisesti ottaen mänty on jäänyt eloon parhaiten, kun se on istutettu ympäröivän maanpinnan tason yläpuolelle. Kuusi sekä rauduskoivu taas ovat jääneet eloon parhaiten, kun ne on istutettu vallitsevan maanpinnan tasolle. Ero on selvä ennen kaikkea rauduksen kohdalla. Laikutuksen edullinen vaikutus muokkaamattomaan maahan verrattuna on selvä rauduskoivun ja kuusen osalta, mutta mänty on menestynyt keskimäärin paremmin muokkaamattomassa kuin laikutetussa maassa.

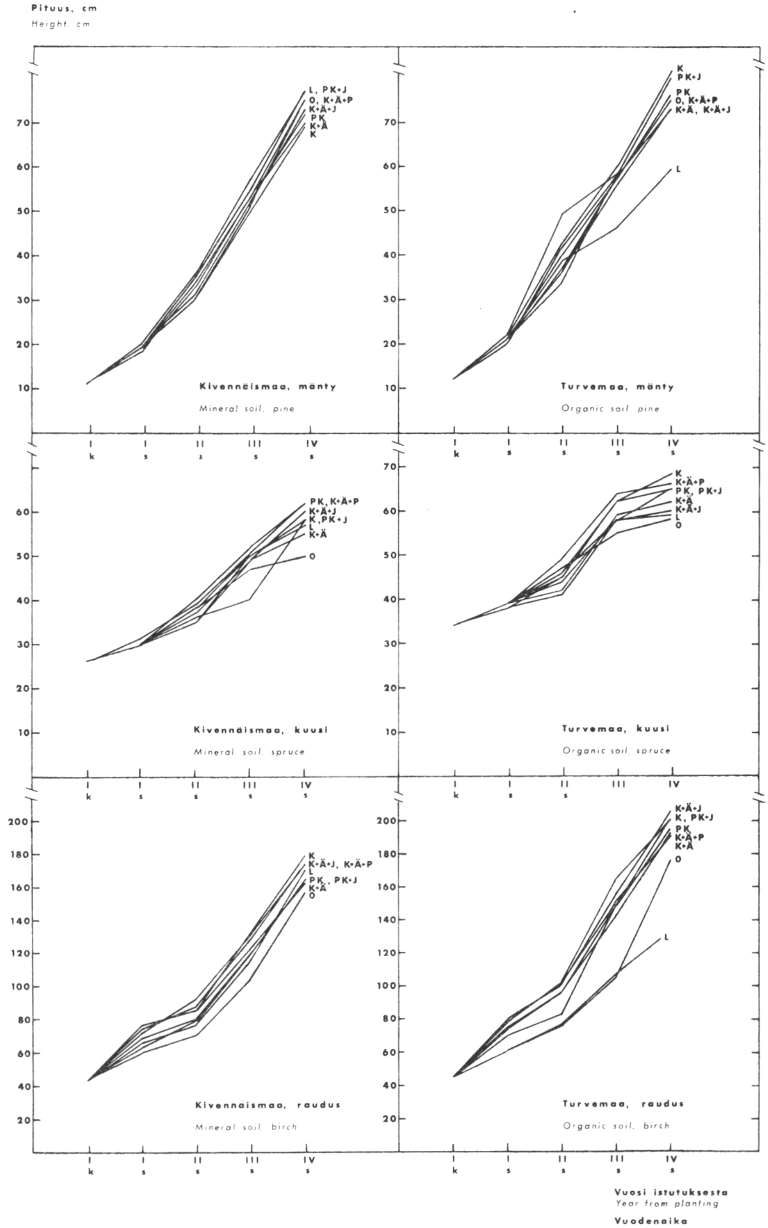
Myös pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus taimien eloonjäämiseen on ollut keskimäärin suotuisa. Erityisesti mänty, mutta myös rauduskoivu on hyötynyt torjuntatoimenpiteistä. Kuusen elossaolosadannes on ilmankin pintakasvillisuuden torjuntaa keskimäärin korkea, ja tämän puulajin osalta torjunnan aiheuttama hyöty näkyykin vain muokkaamattomaan tai laikutettuun maahan istutettujen taimien keskimääräisen elossa pysymisen nousuna.

42. Taimien pituuskasvu

421. Muokkauksen vaikutus pituuskasvuun

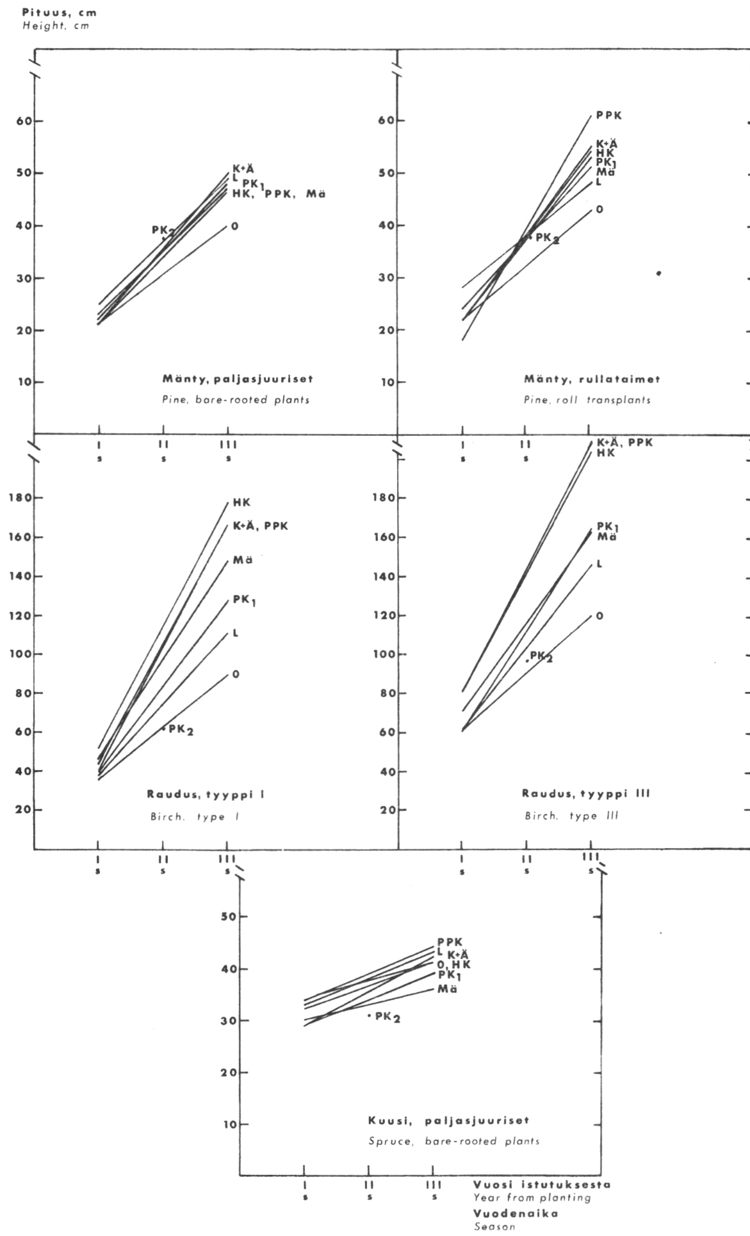
Karttulassa männyn taimet olivat kivennäismaalla kasvaneet eri tavoin muokatuilla ruuduilla hyvin yhdenmukaisesti (kuva 12, yläosa). Pituuskehityksessä syntyneet vähäiset erot eivät olleet merkitseviä. Sen sijaan turvemaalla laikutetuilla ruuduilla kasvaneet männyn taimet jäivät kolmantena vuonna pituudessa jälkeen muista merkitsevästi (vrt. Paavilainen 1970). Tulos osoittaa jälleen laikutuksen epäedullisuuden taimien menestymisen kannalta turvemaalla, sillä kivennäismaalla männyntaimet olivat laikutetuissa ruuduissa kasvaneet parhaiten.

Kuusen taimet ovat Karttulassa jääneet jälkeen pituuskehityksessään männyistä (kuva 12, keskiosa). Varsinkin neljäntenä vuonna turvemaalle istutettujen kuusien pituuskasvu hidastui selvästi. Muokkaamattomaan maahan (O) istutetut taimet ovat jääneet kaikkein lyhyimmiksi sekä kivennäismaalla että turvemaalla. Pituuskehityksen ero oli merkitsevä kivennäismaalla kyntöön (K), pallekyntöön (PK) ja tätä paremman pituuskehityksen tuottaneisiin menetelmiin nähden sekä turvemaalla kyntöön, äestyksen ja jyräykseen (K+Ä+P) sekä kyntöön (K) verrattuna. Turvemaalla myös laikutuksen tuottama kuusen pituuskehitys jäi merkitsevästi jälkeen parhaan tuloksen tuottaneen menetelmän, kynnön (K) vaikutuksesta.



Kuva 12. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien pituuden kehitys Karttulan koealueella. Ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Maanmuokkausmenetelmien lyhenn. kuten taul. 4. Inventointiajankohdat: k = kevät, s = syksy.

Fig. 12. Height development of pine, spruce, and birch seedlings in the Karttula experimental area. No weed control. The legend for soil tilling as in Table 4. Seasons of survey: k = spring, s = autumn.



Kuva 13. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien pituuden kehitys Maalahden koealueella. Merkit kuten kuvassa 12 ja taulukossa 4.

Fig. 13. Height development of pine, spruce, and birch seedlings in the Maalahti experimental area. Legend as in Fig. 12 and Table 4.

Rauduksen taimet ovat varsinkin turvemaalla kasvaneet sangen nopeasti niin, että ne jo toisena istutuksen jälkeisenä vuonna sivuuttivat pintakasvillisuuden valtapituuden (kuva 12, alaosa). Eri maanmuokkausmenetelmistä kyntö on tuottanut kivennäismaalla muokkaamatonta maata (O) merkitsevästi paremman tuloksen.

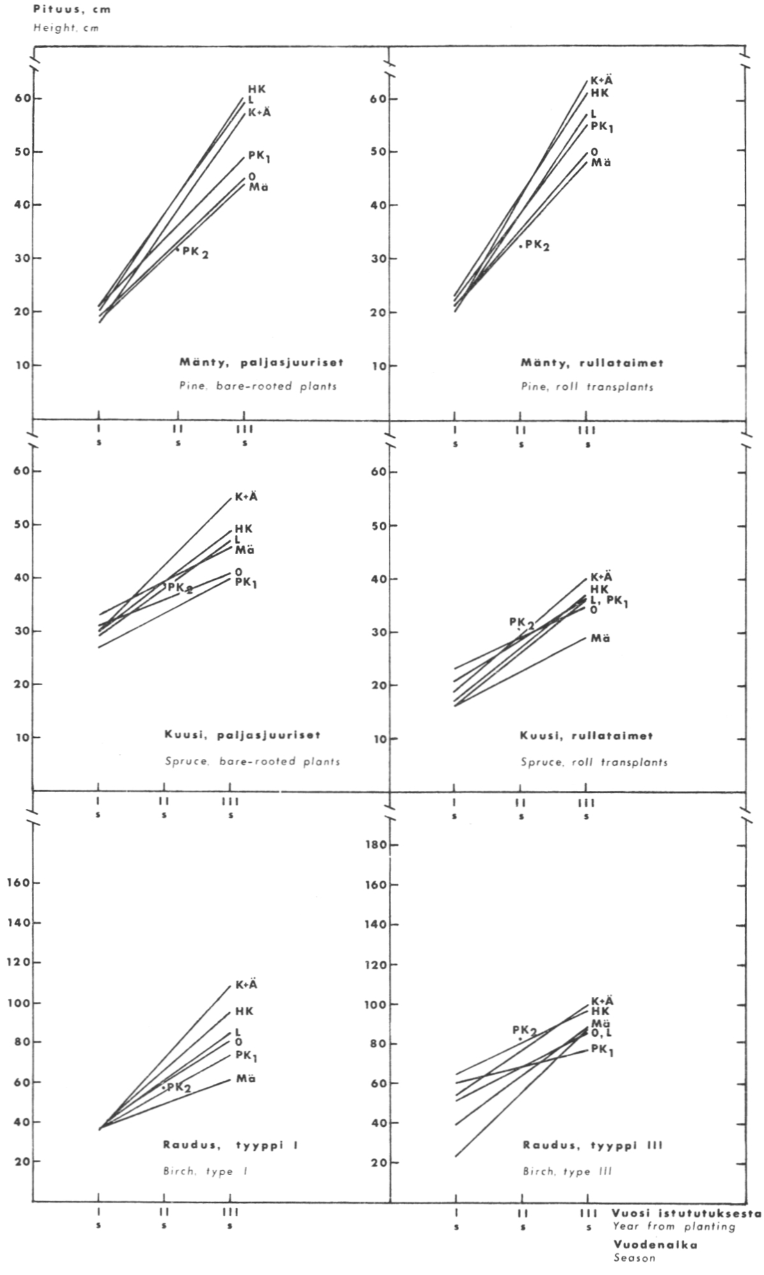
Merkille pantavaa on erityisesti pallekynnön (PK) raudukselle tuottanut suhteellisen huono pituuskehitys. Turvemaalla laikutus (L) tuotti kaikkia muita maanmuokkausmenetelmiä merkitsevästi huonoimman tuloksen. Laikutetulla maalla kasvaneet raudukset olivat jopa merkitsevästi lyhyempiä kuin muokkaamattomalla maalla kasvaneet.

Maalahdessa muokkaamattomaan maahan istutetut *männyt* ovat kasvaneet merkitsevästi heikommin kuin muokattuun maahan istutetut (kuva 13, yläosa). Varsinkin rullataimille paksu pallekyntö (PPK) tuotti erittäin voimakkaan pituuskehityksen, joka erosi merkitsevästi harjakynnön (HK) tai tätä huonomman tuloksen antaneiden menetelmien vaikutuksesta. Yleisesti ottaen rullataimet olivat kasvaneet tarkastelukauden aikana n. 3—5 cm enemmän kuin vastaavalla tavalla muokattuun maahan istutetut paljasjuuriset taimet, mutta ero ei ollut merkitsevä muita maanmuokkausmenetelmiä kuin edellämainittua paksua pallekyntöä käytettäessä.

Muokkauksen vaikutus *kuusen* taimien pituuskasvuun oli Maalahdessa kaikkiaankin melko vähäinen (kuva 13, keskiosa). Ero huonoimmam tuloksen tuottaneen menetelmän, mätästyksen (Mä), ja parhaimpien menetelmien välillä oli kuitenkin merkitsevä. Tosin kuin esim. Karttulassa, jossa kuusen taimet kasvoivat laikutetuilla ja muokkaamattomilla ruuduilla heikoimmin, ne menetelmät, joissa taimet istutetaan vallitsevan maanpinnan tasoa ylemmäksi (esim. Mä ja PK_1), johtivat Maalahdessa taimien huonompaan pituuskasvuun.

On luonnollista, että jo alkupituudeltaan lyhyemmät *rauduskoivun* tyyppi I:n taimet kasvoivat keskimäärin vähemmän kuin pitemmät tyyppi III:n taimet (kuva 13, alaosa). Ero oli kuitenkin eräitä maanmuokkausmenetelmiä (K+Ä ja PPK) käytettäessä kasvanut yli 40 cm, kun se toisaalta esim. mätästystä käytettäessä oli tarkastelukauden lopussa vain 14 cm. Sekä pieni- että isokokoiset rauduksen taimet olivat hyötyneet eniten harjakynnöstä (HK), paksusta pallekynnöstä (PPK) ja täysmuokkauksesta (K+Ä). Ero näiden maanmuokkausmenetelmien ja pallekynnön tai tätä huonomman tuloksen antavien menetelmien välillä oli merkitsevä. Huonoimman pituuskehityksen olivat kummallekin taimityypille tuottaneet muokkaamaton maa (O) ja laikutus (L). Maanmuokkausmenetelmän valinnan vaikutus rauduksen taimien pituuskehitykseen oli erittäin selvä. Parhaiten kasvaneet taimet olivat kolmen vuoden kuluttua istutuksesta lähes kaksi kertaa pitempiä kuin huonoimmin kasvaneet.

Rymättylässä männyn taimet olivat kasvaneet parhaiten harjakynnetyillä (HK), täysmuokatuilla (K+Ä) tai laikutetuilla (L) ruuduilla (kuva 14, yläosa). Ero oli merkitsevä mätästetyillä ja muokkaamattomilla ruuduilla kasvaneisiin taimiin verrattuna. Rullataimet olivat yleensä kasvaneet hieman paremmin (2—6 cm) kuin vastaavalla menetelmällä muokattuun maahan istutetut paljasjuuriset taimet, mutta erot eivät muodostuneet merkitseviksi.



Kuva 14. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien pituuden kehitys Rymättylän koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 13.

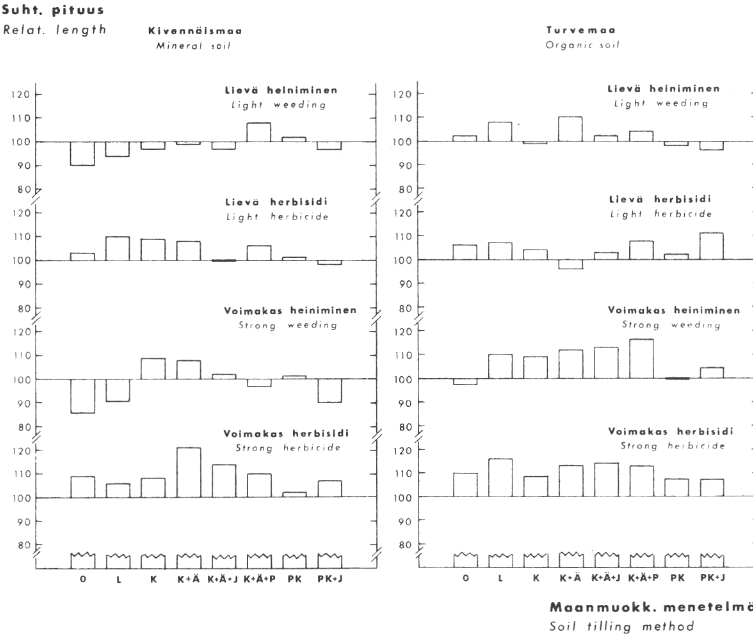
Fig. 14. Height development of pine, spruce, and birch seedlings in the Rymättylä experimental area. Legend as in Fig. 13.

Kuusen taimet kasvoivat parhaiten täysmuokatuilla (K+Ä) ruuduilla ja seuraavaksi parhaiten harjakynnetyillä (HK) ja laikutetuilla ruuduilla (kuva 14, keskiosa). Ero oli paljasjuurisilla taimilla merkitsevä laikutukseen (L) ja tätä huonomman tuloksen anataneisiin menetelmiin sekä rullataimilla mätästykseen (Mä), joka on antanut huonoimman tuloksen. Paljasjuuriset taimet olivat järjestään kasvaneet paremmin kuin rullataimet, mutta tämän voi katsoa johtuvan myös niiden suuremmasta istutuspituudesta.

Rauduksen taimien kasvua tarkasteltaessa on muistettava, että niiden kuolleisuus oli hyvin suuri (kuva 14, alaosa). Pituuskasvutulokset perustuvatkin joidenkin muokkausmenetelmien kohdalla vain muutamiin harvoihin taimiin. Parhaiten raudukset ovat kasvaneet täysmuokatuilla (K+Ä) ja harjakynnetyillä (HK) ruuduilla ja heikoimmin pallekynnetyillä (PK), laikutetuilla (L) ja mätästetyillä (Mä) ruuduilla.

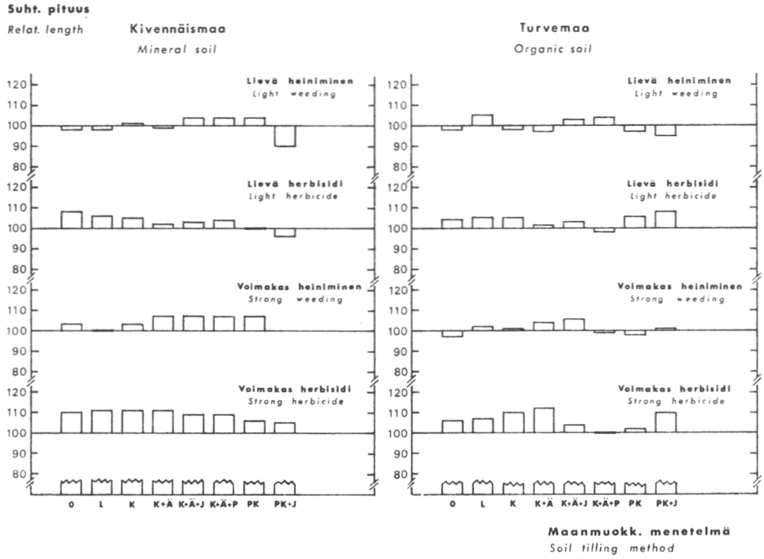
422. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus pituuskasvuun

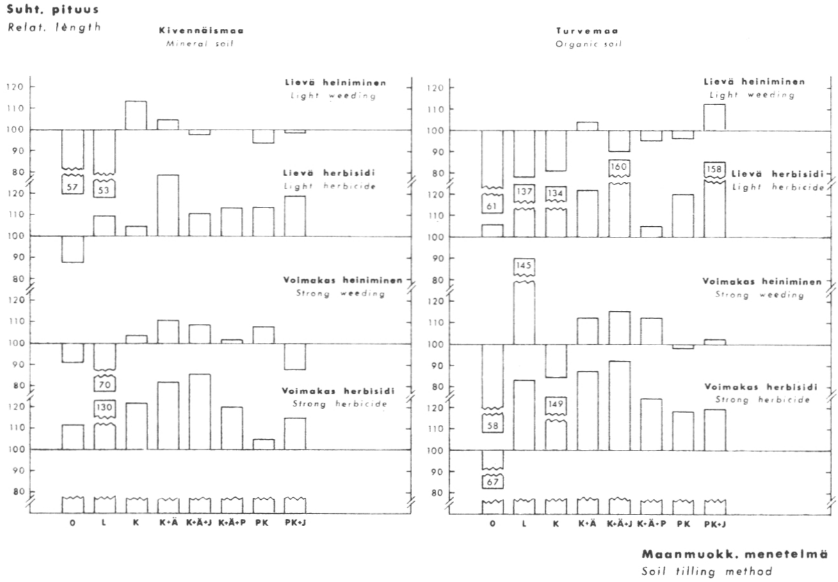
Kuviin 15—18 on koottu eri pintakasvillisuuden torjuntamenetelmien suhteellinen vaikutus taimien kokonaispituuteen loppuinventoinnin mukaan ilmaistuna sadanneksina ao. käsittelemättömän maan tuottamista tuloksista eri maanmuokkausmenetelmiä käytettäessä.



Kuva 15. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus männyn taimien pituuteen Karttulan koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 7. Inventointi syksyllä 1973.

Fig. 15. The effect of weed control on the shoot length of pine seedlings at Karttula experimental area. Legend as in Fig. 7. Survey in autumn 1973.





Kuva 16. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus kuusen (yläosa) ja rauduskoivun (alaosa) taimien pituuteen Karttulan keoalueella. Merkinnät kuten kuvassa 7. Inventointi syksyllä 1973.

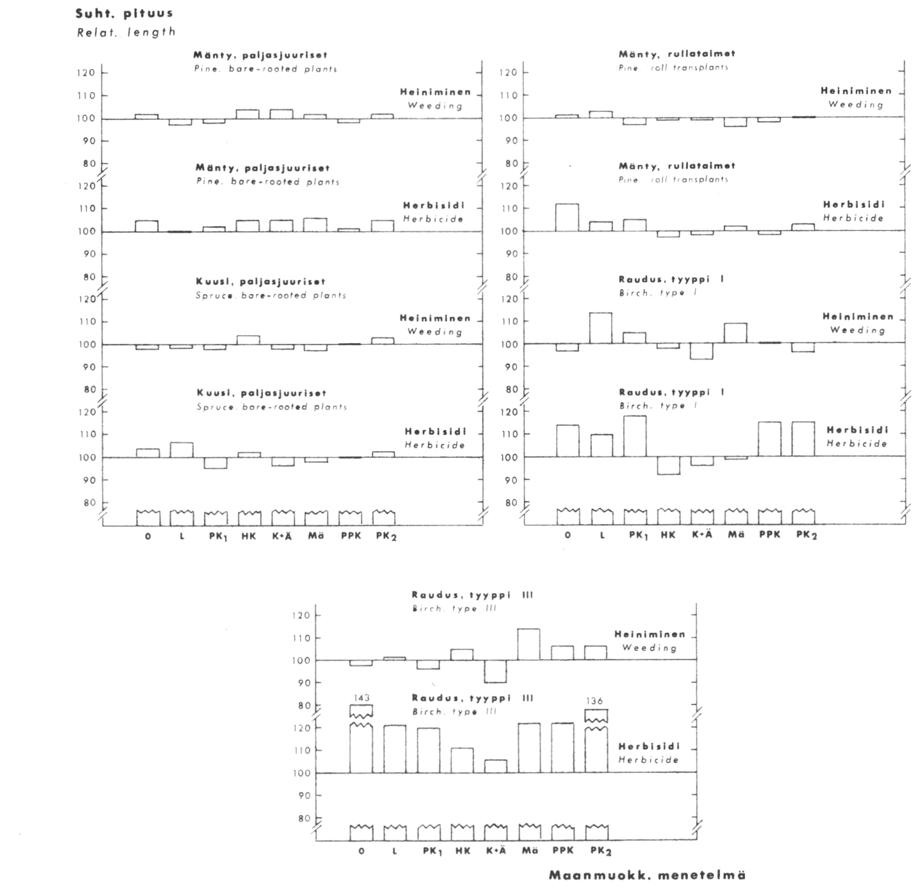
Fig. 16. The effffect of weed control on the shoot lenght of spruce (upper Fig.) and birch (ower Fig. seedlings in the Karttula experimental area. Legend as in Fig. 7. Survey in autumn 1973.

Karttulassa varsinkin vahva heiniminen ja herbisidin käyttö ovat parantaneet *männyn* taimien pituuskasvua (kuva 15), mutta tulos ei ole ollut niin yhdenmukaisen myönteinen kuin taimien eloonjäämisen osalta (vrt. kuva 7). Kivennäismaalla varsinkin kynnön (K) ja täysmuokkauksen (K+Ä) yhteydessä käytettynä vahva herbisidikäsittely on lisännyt taimien pituuskasvua erittäin merkitsevästi käsittelemättömään kontrolliin verrattuna. Merkille pantavaa on myös vahvan pintakasvillisuuden torjunnan edullinen vaikutus turvemaalla. Käsiteltyjen alojen taimien pituuskasvu oli merkitsevästi kontrollia parempi täysmuokkauksen (K+Ä) sekä tätä tehokkaampien maanmuokkausmenetelmien (K+Ä+J ja K+Ä+P) yhteydessä. Myös laikutuksen (L) yhteydessä käytettynä pintakasvillisuuden torjunta edisti taimien pituuskasvua turvemaalla; vahva herbisidikäsittely jopa erittäin merkitsevästi.

Kuusen taimien pituuskasvuun pintakasvillisuuden torjunta vaikutti vähemmän kuin männyn taimien kasvuun, mutta varsinkin vahvan torjuntakäsittelyn antamat tulokset olivat selvästi positiiviset (kuva 16, yläosa). Kivennäismaalla muokkaamattomassa maassa (O) kasvaneiden taimien kasvu on parantunut sekä lievän että vahvan herbisidikäsittelyn ansiosta merkitsevästi. Samoin herbisidikäsittely on parantanut kuusen taimien pituuskasvua merkitsevästi tai erittäin merkitsevästi kaikkien muiden maanmuokkausmenetelmien paitsi pallekynnön (PK) ja pallekynnön sekä jyrsinnän (PK+J) yhteydessä käytettynä. Turvemaalla saadut tulokset olivat vaihtelevampia, mutta täälläkin kyntöön (K), täysmuokkaukseen (K+Ä) sekä pallekyntöön ja jyrsintään (PK+J) yhdistetty vahva herbisidikäsittely oli lisännyt merkitsevästi taimien pituukasvua kontrolliin verrattuna.

Rauduskoivun taimien pituuskasvuun pintakasvillisuuden torjunta vaikutti erittäin voimakkaasti (kuva 16, alaosa). Vaikka yleiskuva on melko positiivinen, torjuntakäsittelyn tuottamat tulokset olivat hyvin vaihtelevia varsinkin muokkaamattomassa (O) tai laikutetussa (L) maassa. Kivennäismaalla lievä herbisidikäsittely paransi taimien kasvua merkitsevästi täysmuokkauksen (K+Ä) yhteydessä käytettynä ja vahva herbisidikäsittely laikutuksen (L), kynnön (K), täysmuokkauksen (K+Ä) sekä tätä tehokkaampien menetelmien (K+Ä+P ja K+Ä+J) yhteydessä. Turvemaalla lievä herbisidikäsittely paransi taimien pituuskasvua erittäin merkitsevästi täysmuokkauksen ja jyrsinnän (K+Ä+J) sekä pallekynnön ja jyrsinnän (PK+J) yhteydessä. Vahva herbisidikäsittely tuotti kontrollia merkitsevästi paremman taimien pituuskasvu tuloksen kynnön (K), täysmuokkauksen (K+Ä) sekä täysmuokkauksen ja jyrsinnän (K+Ä+J) yhteydessä.

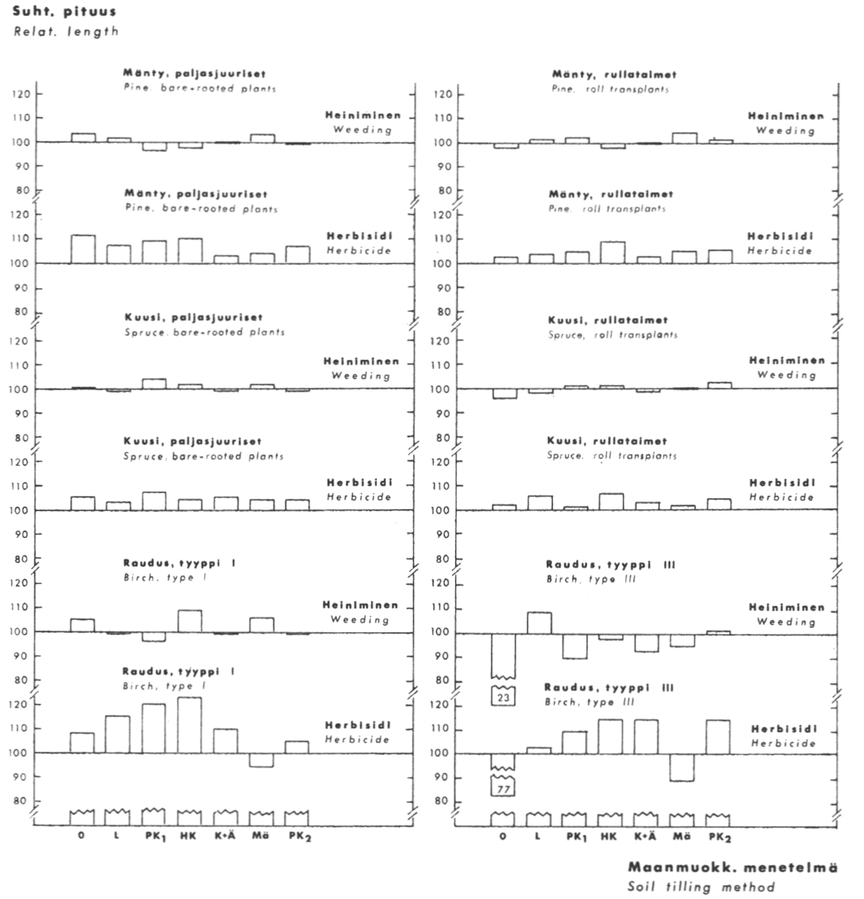
Jostakin syystä pintakasvillisuuden torjunta toisaalta huononsi merkitsevästi taimien pituuskasvua seuraavien maanmuokkausmenetelmien yhteydessä käytettynä: lievä ja vahva heiniminen kivennäismaalla laikutuksen (L) yhteydessä, lievä heiniminen muokkaamattomassa maassa (O) sekä kivennäis- että turvemaalla. Yleisesti ottaen näyttää siltä, että huonoimmat kasvutulokset saatiin niillä maanmuokkausmenetelmillä, jotka myös tuottivat heikoimman eloonjäämistuloksen. Erityisesti muokkaamaton maa, mutta myös laikutus ovat tuottaneet huonoja tuloksia.



Kuva 17. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien pituuteen Maalahden koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 7 ja taulukossa 4. Inventointi syksyllä 1973.
Fig. 17. The effect of weed control on the shoot length of pinem spruce, and birch seedlings in the Maalahti experimental area. Legend as in Fig. 7 and Table 4. Survey in autumn 1973.

Maalahdessa herbisidikäsittely on parantanut *männyn* paljasjuuristen taimien pituuskasvua merkitsevästi käytettäessä mätästyksen (Mä) ja pallekynnön (PK_2) yhteydessä (kuva 17, yläosa). Männyn rullataimien kasvu paransi merkitsevästi vain käytettäessä herbisidikäsittelyä muokkaamattomaan maahan (O). Muokkauskäsittelyjen yhteydessä pintakasvillisuuden torjunta ei lisännyt taimien pituuskasvua merkitsevästi.

Kuusen taimien pituuskasvua pintakasvillisuuden torjunta edisti varsin vähän (kuva 17, keskiosa), mutta sen sijaan *rauduskoivun* taimien kasvuun heinimis- ja herbisidikäsittelyillä oli Maalahdessa varsin selvä vaikutus (kuva 17, alaosa). Varsinkin suurikokoiset taimet (tyyppi III) ovat hyötyneet herbisidikäsittelystä suuresti. Taimien pituus erosi käsittelemättömästä kontrollista erittäin merkitsevästi käytettäessä herbisidiä laikutuksen (L), paksun pallekynnön (PPK), mätästyksen (Mä) ja pallekynnön (PK_2) yhteydessä tai jätettäessä maa muokkaamatta (O).



Kuva 18. Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien pituuteen Rymättylän koealueella. Merkinnät kuten kuvassa 17. Inventointi syksyllä 1973.

Fig. 18. The effect of weed control on the shoot length of pine, spruce, and birch seedlings in the Rymättylä experimental area. Legend as in fig. 17. Survey in autumn 1973.

Rymättylässä pintakasvillisuuden mekaaninen torjunta ei vaikuttanut merkitsevästi *männyn* taimien pituuskehitykseen (kuva 18, yläosa). Herbisidikäsittely sen sijaan lisäsi paljasjuuristen taimien pituuskasvua merkitsevästi laikutuksen (L), pallekynnön (PK_1) ja harjakynnön (HK) yhteydessä käytettäessä tai jätettäessä maa muokkaamatta (O). Myös rullataimien kasvu lisääntyi merkitsevästi käytettäessä herbisidikäsittelyä seuraaviin maanmuokkausmenetelmiin yhdistettynä: laikutus (L), pallekyntö (PK_1) ja harjakyntö (HK).

Myös *kuusen* taimet ovat Rymättylässä hyötyneet herbisidikäsittelystä selvästi enemmän kuin mekaanisesta heinimisestä (kuva 18, keskiosa). Paljasjuuristen taimien pituus erosi merkitsevästi kontrollista käytettäessä herbisidiä pallekynnön (PK_1 ja PK_2), harjakynnön (HK) ja täysmuokkauksen (K+Ä) yhteydessä tai jätettäessä maa kokonaan muokkaamatta (O). Myös herbisidillä käsiteltyjen kuusen rullataimien pituuskasvu oli merkitsevästi kontrollia parempi seuraavien maanmuokkausmenetelmien yhteydessä: laikutus (L), harjakyntö (HK), täysmuokkaus (K+Ä) sekä pallekyntö (PK_2). Mekaaninen heiniminen ei vaikuttanut kuusen rullataimien kasvuun merkitsevästi yhdessäkään tapauksessa.

Rauduskoivun kasvuun oli pintakasvillisuuden torjunnalla Rymättylässäkin suurin vaikutus (kuva 18, alaosa). Herbisidikäsittely lisäsi pienten rauduksen taimien (tyyppi I) kasvua merkitsevästi laikutuksen (L), pallekynnön (PK_1) ja harjakynnön (HK) yhteydessä, mutta mekaanista heinäntorjuntaa käytettäessä erot käsiteltyjen taimien ja kontrollitaimien kokonaispituuden välillä eivät olleet merkitseviä. Isoja rauduksen taimia (tyyppi III) käytettäessä herbisidikäsittely lisäsi taimien pituuskasvua merkitsevästi kontrolliin nähden seuraavien maanmuokkausmenetelmien kanssa käytettäessä: harjakyntö (HK), täysmuokkaus (K+Ä) sekä pallekyntö (PK_2). Pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus muokkaamattomalla maalla kasvaneiden rauduksen taimien kasvuun perustuu kuitenkin vain muutamiin havaintoihin (tyyppi III:lla vain 1 kpl), joten tulosten yleistettävyys on erittäin vähäinen.

Taulukko 10. Karttulassa parhaimman pituuskasvutuloksen tuottaneet maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. Inventointi 1973.

Table 10. Tillin methods and weed control methods giving the best height growth results at Karttula. Survey in 1973.

Järj. n:o *Order*	Maanm. menet. *Soil tilling method*	Pintakasvillis. torj. menetelmä *Weed control method*	Taimien pituus, cm *Plant height, cm*	Järj. n:o *Order*	Maanm. menet. *Soil tilling method*	Pintakasvillis. torj. menetelmä *Weed control method*	Taimien pituus, cm *Plant height, cm*
Mänty, kivennäismaa — *Pine, mineral soil*				Mänty, turvemaa — *Pine, organic soil*			
1	K+Ä	Va.herb. — *Strong herbic.*	91	1	K	Va.hein. — *Strong weeding*	91
2	K+Ä+J	Va.herb. — *Strong herbic.*	87	2	K+Ä+P	Va.hein. — *Strong weeding*	91
3	L	Li.herb. — *Light herbic.*	87	3	VK+J	Li.herb. — *Light herbic.*	91
4	K+Ä+P	Va.herb. — *Strong herbic.*	85	4	K	Va.herb. — *Strong herbic.*	90
5	O	Va.herb. — *Strong herbic.*	84	5	K+Ä+P	Va.herb. — *Strong herbic.*	88
6	PK+J	Va.herb. — *Strong herbic.*	84	6	K+Ä+J	Va.herb. — *Strong herbic.*	87
Kuusi, kivennäismaa — *Spruce, mineral soil*				Kuusi, turvemaa — *Spruce, organic soil*			
1	K+Ä+P	Va.herb. — *Strong herbic.*	71	1	K	Va.herb. — *Strong herbic.*	78
2	K	Va.herb. — *Strong herbic.*	69	2	PK+J	Va.herb. — *Strong herbic.*	75
3	K+Ä+J	Va.herb. — *Strong herbic*	69	3	K+Ä	Va.herb. — *Strong herbic.*	74
4	K+Ä+P	Va.hein. — *Strong weeding*	69	4	K	Li.herb. — *Light herbic.*	73
5	L	Va.herb. — *Strong herbic.*	68	5	PK+J	Li.herb. — *Light herbic.*	73
6	PK+J	Va.herb. — *Strong herbic.*	67	6	PK	Li.herb. — *Light herbic.*	70
Rauduskoivu, kivennäismaa — *Birch, mineral soil*				Rauduskoivu, turvemaa — *Birch, organic soil*			
1	K+Ä+J	Va.herb. — *Strong herbic.*	209	1	K+Ä+J	Li.herb. — *Light herbic.*	265
2	K	Va.herb. — *Strong herbic.*	201	2	PK+J	Li.herb. — *Light herbic.*	259
3	L	Va.herb. — *Strong herbic.*	200	3	K	Va.herb. — *Strong herbic.*	249
4	K+Ä	Va.herb. — *Strong herbic.*	194	4	K+Ä+J	Va.herb. — *Strong herbic*	247
5	K+Ä+P	Va.herb. — *Strong herbic.*	194	5	K	Li.herb. — *Light herbic.*	234
6	K	Li.hein. — *Light weeding*	193	6	K+Ä	Va.herb. — *Strong herbic.*	227

423. Muokkauksen ja pintakasvillisuuden torjunnan yhdistelmien vaikutus pituuskasvuun

Taulukkoihin 10—12 on koottu yhdistelmät kuuden parhaimman pituuskasvutuloksen tuottaneista maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyistä.

Karttulassa vahva heinimis- tai herbisidikäsittely yhdistettynä tehokkaaseen maanmuokkaukseen on tuottanut pisimmät männyn taimet (taulukko 10). Herbisidikäsittelyn edullinen vaikutus kuusen taimien pituuskasvuun näkyi Karttulassa selvänä sekä kivennäis- että turvemailla. Rauduskoivun pisimmät taimet kasvoivat käytettäessä täysmuokkausta ja jyrsintää (K+Ä+J) ja herbisidikäsittelyä. Turvemaalla saavutettu paras tulos, 265 cm kokonaispituus 4 vuotta istutuksesta osoittaa myös maan hyvää kasvukuntoa.

Maalahdessa täysmuokkaus (K+Ä) osoittautui paljasjuurisille taimille parhaaksi maanmuokkausmenetelmäksi pituuskasvun kannalta, kun taas männyn rullataimet kasvoivat Maalahdessa parhaiten käytettäessä paksua pallekyntöä (PPK) (taulukko

Taulukko 11. Maalahdessa parhaimman pituuskasvutuloksen tuottaneet maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntamenetelmät. Inventointi 1973.

Table 11. Tilling methods and weed control methods giving the best height growth results at Maalahti. Survey in 1973.

Järj. n:o *Order*	Maanm. menet. *Soil tilling method*	Pintakasvillis. torj.menetelmä *Weed control method*	Taimien pituus, cm *Plant height, cm*	Järj. n:o *Order*	Maanm. menet. *Soil tilling method*	Pintakasvillis. torj.menetelmä *Weed control method*	Taimien pituus, cm *Plant height, cm*
Mänty, paljasjuuriset — *Pine, bare-rooted plants*				Mänty, rullataimet — *Pine, roll transplants*			
1	K+Ä	Herb. — *Herbic*	55	1	PPK	Ei käs. — *No treatm.* ..	61
2	K+Ä	Hein. — *Weeding*	54	2	PPK	Herb. — *Herbic.*	59
3	Mä	Herb. — *Herbic.*	53	3	PPK	Hein. — *Weeding*	59
4	HK	Herb. — *Herbic.*	52	4	PK_1	Herb. — *Herbic.*	58
5	HK	Hein. — *Weeding*	51	5	O	Herb. — *Herbic.*	55
6	PK_1	Herb. — *Herbic.*	50	6	K+Ä	Ei käs. — *No treatm.* ..	55
Kuusi, paljasjuuriset — *Spruce, bare-rooted plants*				Rauduskoivu, tyyppi I — *Birch, size class I*			
1	L	Herb. — *Herbic.*	46	1	PPK	Herb. — *Herbic.*	181
2	PPK	Herb. — *Herbic.*	45	2	HK	Ei käs. — *No treatm.* ..	176
3	PPK	Ei käs. — *No treatm.* ..	44	3	HK	Hein. — *Weeding*	174
4	O	Herb. — *Herbic.*	44	4	HK	Herb. — *Herbic.*	168
5	HK	Herb. — *Herbic.*	41	5	PPK	Hein. — *Weeding*	166
6	HK	Ei käs. — *No treatm.* ..	41	6	PPK	Ei käs. — *No treatm.* ..	166
Rauduskoivu, tyyppi III *Birch, size class III*							
1	PPK	Herb. — *Herbic.*	230				
2	K+Ä	Herb. — *Herbic.*	215				
3	PPK	Hein. — *Weeding*	214				
4	HK	Herb. — *Herbic.*	214				
5	K+Ä	Ei käs. — *No treatm.* ..	209				
6	HK	Hein. — *Weeding*	208				

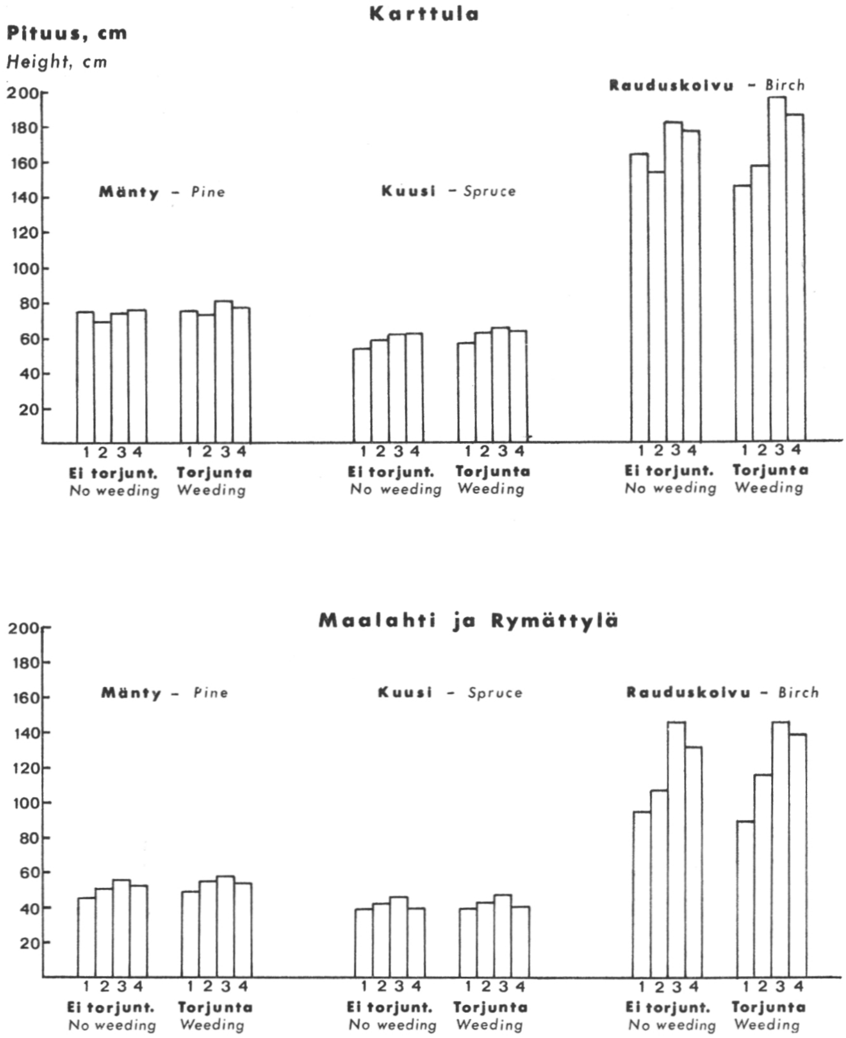
Taulukko 12. Rymättylässä parhaimman pituuskasvutuloksen tuottaneet maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntamenetelmät. Inventointi 1973.

Table 12. Tilling methods and weed control methods giving the best height growth at Rymättylä. Survey in 1973.

Järj. n:o *Order*	Maanm. menet. *Soil tilling method*	Pintakasvillis. torj.menetelmä *Weed control method*	Taimien pituus, cm *Plant height, cm*	Järj. n:o *Order*	Maanm. menet. *Soil tilling method*	Pintakasvillis. torj.menetelmä *Weed control method*	Taimien pituus, cm *Plant height, cm*
Mänty, paljasjuuriset — *Pine, bare-rooted plants*				Mänty, rullataimet — *Pine, roll transplants*			
1	HK	Herb. — *Herbic.*	70	1	HK	Herb. — *Herbic.*	70
2	L	Herb. — *Herbic.*	66	2	K+Ä	Herb. — *Herbic.*	66
3	HK	Ei käs. — *No treatm.* ..	60	3	K+Ä	Hein. — *Weeding*	63
4	L	Hein. — *Weeding*	60	4	K + Ä	Ei käs. — *No treatm.* ..	63
5	K+Ä	Herb. — *Herbic.*	60	5	L	Herb. — *Herbic.*	61
6	PK_1	Herb. — *Herbic.*	58	6	HK	Ei käs. — *No treatm.* ..	61
Kuusi, paljasjuuriset — *Spruce, bare-rooted plants*				Kuusi, rullataimet — *Spruce, roll transplants*			
1	K+Ä	Herb. — *Herbic.*	60	1	HK	Herb. — *Herbic.*	44
2	K+Ä	Ei käs. — *No treatm.* ..	55	2	K+Ä	Herb. — *Herbic.*	43
3	K+Ä	Hein. — *Weeding*	54	3	L	Herb. — *Herbic.*	42
4	HK	Herb. — *Herbic.*	53	4	K+Ä	Ei käs. — *No treatm.* ..	40
5	HK	Hein. — *Weeding*	50	5	K+Ä	Hein. — *Weeding*	39
6	L	Herb. — *Herbic.*	50	6	HK	Hein. — *Weeding*	38
Rauduskoivu, tyyppi I — *Birch, size class I*				Rauduskoivu, tyyppi III *Birch, size class III*			
1	HK	Herb. — *Herbic.*	118	1	K+Ä	Herb. — *Herbic.*	114
2	K+Ä	Herb. — *Herbic.*	118	2	HK	Herb. — *Herbic.*	112
3	K+Ä	Ei käs. — *No treatm.* ..	108	3	K+Ä	Ei käs. — *No treatm.* ..	99
4	K+Ä	Hein. — *Weeding*	107	4	PK_2	Herb. — *Herbic.*	98
5	L	Herb. — *Herbic.*	106	5	HK	Ei käs. — *No treatm.* ..	97
6	HK	Hein. — *Weeding*	104	6	HK	Hein. — *Weeding*	95

11). Rullataimien pituuskasvu oli melko hyvä vaikka maata ei oltu muokattu, mutta herbisidiä oli käytetty pintakasvillisuutta vastaan. Kuusen taimille parhaat maanmuokkausmenetelmät olivat paksu pallekyntö (PPK) ja harjakyntö (HK), mutta myös laikutuksen (L) avulla saatiin hyvä pituuskasvutulos käytettäessä herbisidikäsittelyä. Paksu pallekyntö (PPK) ja harjakyntö (HK) olivat myös rauduskoivun taimien kasvun kannalta parhaat maanmuokkausmenetelmät. Varsinkin isokokoiset rauduksen taimet ovat kasvaneet nopeasti; 230 cm kokonaispituus kolme vuotta istutuksesta.

Rymättylän koealueen tulokset ovat hyvin samanlaiset kuin Maalahdenkin (taulukko 12). Männyn taimien pituuskasvulle parhaat menetelmät olivat harjakyntö (HK) ja täysmuokkaus (K+Ä), vaikka myös laikutetuille (L) aloille istutetut taimet olivat kasvaneet nopeasti. Täysmuokkauksen (K+Ä) ja harjakynnön (HK) tuottama pituuskasvutulos oli hyvä myös kuusen paljasjuurisilla ja rullataimilla. Rauduksen osalta pituuskasvu ei ollut läheskään yhtä nopeata kuin Maalahdessa, mikä johtunee mm. istutuskesän kuivuudesta. Pallekyntö (PK_2) on kuitenkin tuottanut hyvän tuloksen: 98 cm:n pituisia taimia vain kaksi vuotta istutuksesta.

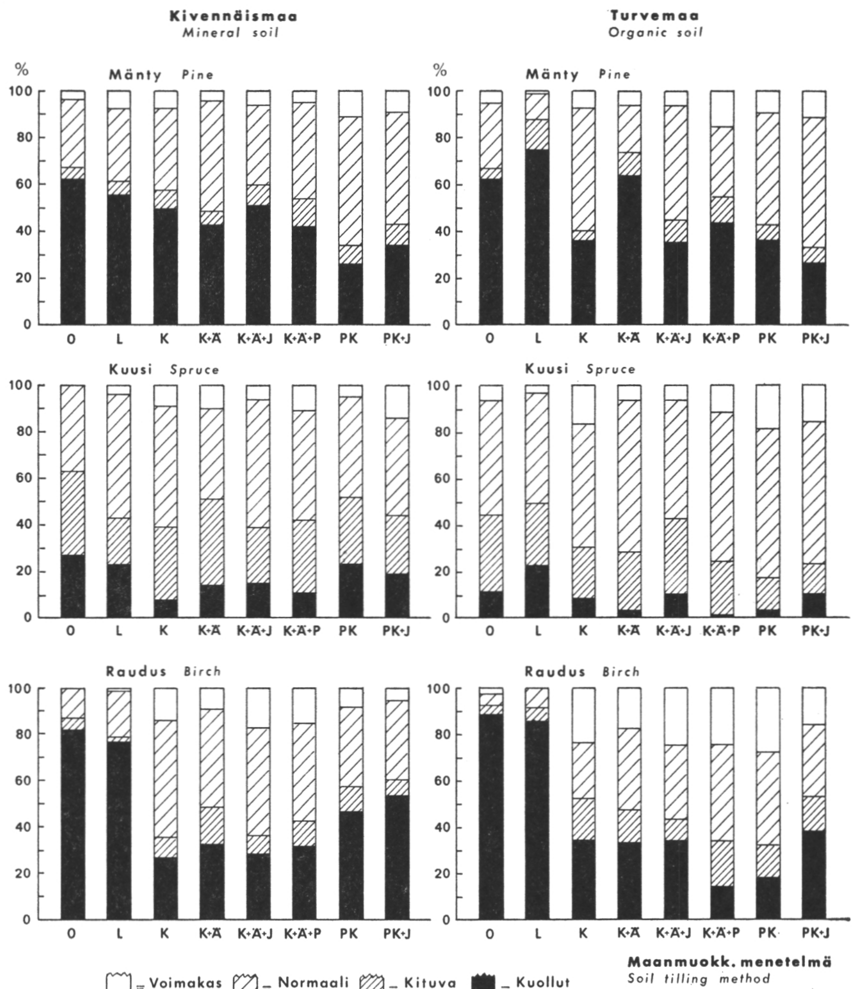


Kuva 19. Maanmuokkauksen ja pintakasvillisuuden torjunnan yhdistelmien vaikutus männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien pituuskehitykseen. Selitys kuten kuvassa 11.

Fig. 19. The influence of soil tilling and weed control on the height development of pine, spruce, and birch seedlings. Legend as in Fig. 11.

Tarkasteltaessa kaikkien maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyiden perusteella laadittuja yhdistelmiä (kuva 19), tulos ei ole aivan yhtä johdonmukainen kuin taimien eloonjäämisen osalta oli laita. Varsinkin Maalahdessa ja Rymättylässä näkyy silti selvä yleissuuntaus: istutettaessa muokattuun maahan ympäröivän maanpinnan tasolle taimien keskimääräinen pituuskehitys oli voimakkainta. Sitten seurasivat ne taimet, jotka on istutettu ympäröivän maan pinnan tason yläpuolelle ja keskimäärin lyhyimpiä olivat sellaiset taimet, jotka oli istutettu muokkaamattomaan maahan. Varsinkin rauduskoivulla eri maanmuokkauskäsittelyjen aikaansaamat pituuskehityksen erot olivat selvät.

Pintakasvillisuuden torjunta on yleisesti ottaen lisännyt taimien pituuskasvua jonkin verran tai sitten taimien kasvu on sekä käsitellyillä että käsittelemättömillä ruuduilla ollut samanveroista. Hyvän esimerkin torjunnan vaikutuksen vähäisyydestä tarjoavat Maalahden ja Rymättylän kuuset. Sen sijaan varsinkin muokatuilla ruuduilla kasvaneet rauduskoivun taimet olivat kaikilla koealueilla hyötyneet pintakasvillisuuden torjunnasta.

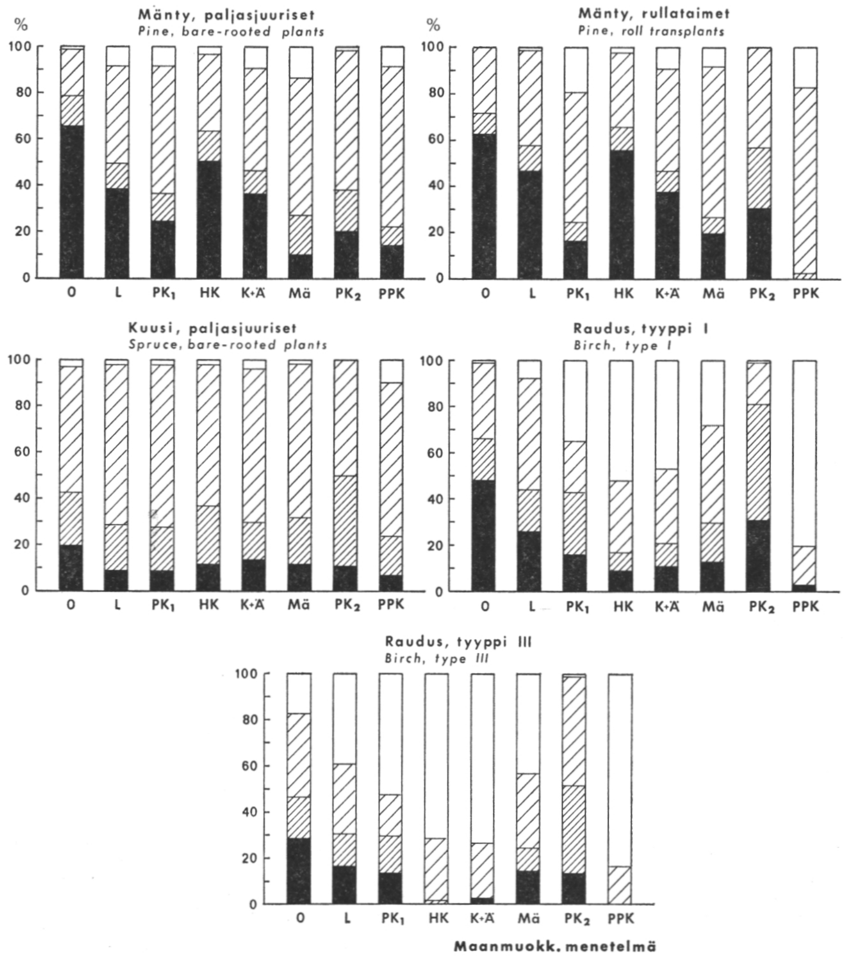


Kuva 20. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien jakaantuminen kuntoluokkiin Karttulan koealueella. Ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Maanmuokkausmenetelmien lyhenn. kuten taul. 4. Inventointi syksyllä 1973.

Fig. 20. The distribution of pine, spruce, and biech seedlings into vigour classes in the Karttula experimental area. No weed control. The legend for soil tilling methods as in Table 4. Survey in autumn 1973.

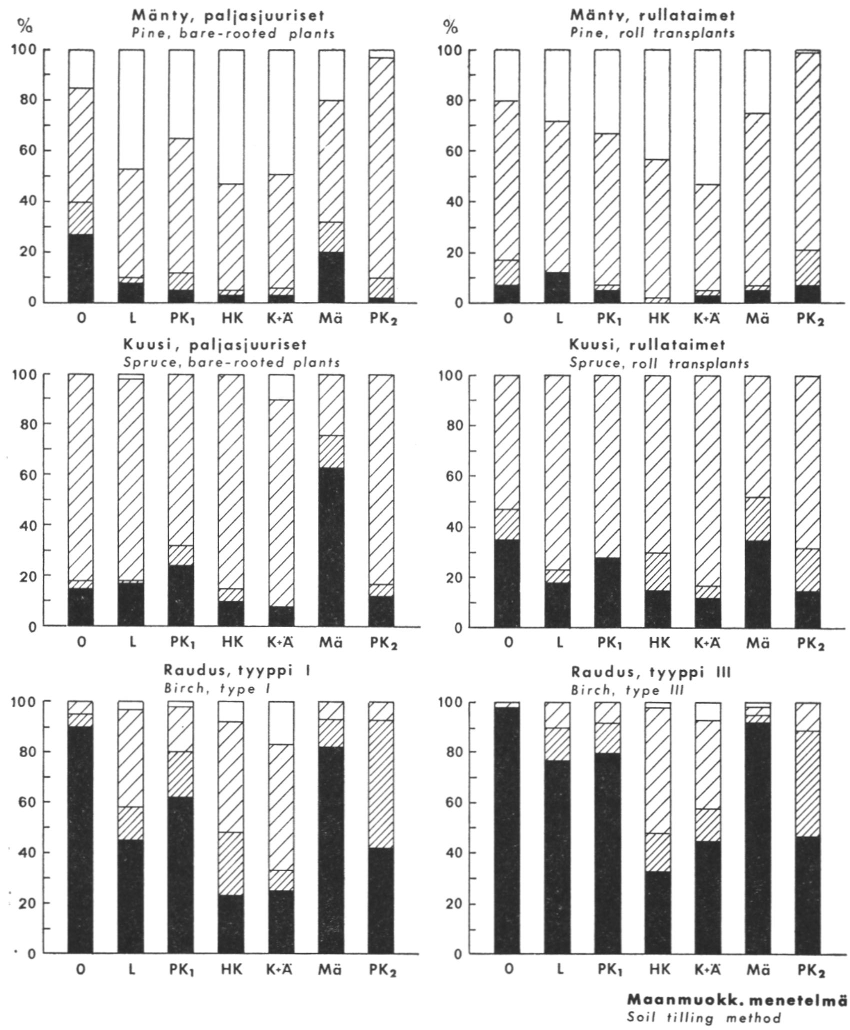
43. Taimien kunto

Metsänviljelykokeissa on taimien kuvaamisessa ja tulosten havainnollistamisessa käytetty paljon erityistä kokonaisvaltaista kuntoluokitusta, jonka inventoija määrittää etukäteen sovittujen tunnusten perusteella. Yleisesti ottaen onkin todettu, että tällainen subjektiivinen luokitus on käyttökelpoinen kuvattaessa taimien tilaa ja haluttaessa ennustaa niiden kehitystä. Toisaalta on selvää, että kuntoluokitus on riippuvainen kasvupaikasta, luokittajasta, luokitusolosuhteista, käytetystä puulajista ja taimimateriaalista jne. (taimien kuntoluokituksesta esim. Y l i - V a k k u r i ym. 1968, R ä s ä n e n 1970).



Kuva 21. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien jakaantuminen kuntoluokkiin Maalahden koealueella. Ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Merkinnät kuten kuvassa 20 ja taulukossa 4. Inventointi syksyllä 1973.

Fig. 21. The distribution of pine, spruce, and birch seedlings into vigour classes at Maalahti experimental area. No weed control. Legend as in Fig. 20 and Table 4. Survey in autumn 1973.



Kuva 22. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien jakaantuminen kuntoluokkiin Rymättylän koealueella. Ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Merkinnät kuten kuvassa 20. Inventointi syksyllä 1973.
Fig. 22. The distribution of pine, spruce, and birch seedlings into condition classes in the Maalahti experimenta area. No weed control. Legend as in Fig. 20. Survey in autumn 1973.

Kuvassa 20 on esitetty eri tavoin muokatulla maalla kasvaneiden taimien jakaanminen kuntoluokkiin Karttulan koealueella. Melko selvänä nähdään taimien kuolleisuuden ja eloonjääneiden taimien kuntoluokituksen välinen vahva yhteys. Sellaiset maanmuokkausmenetelmät, joita käytettäessä vain vähäinen määrä taimista on kuollut, ovat myös tuottaneet runsaasti voimakkaiksi luokiteltuja taimia. Sen sijaan sellaiset maanmuokkausmenetelmät, joita käytettäessä taimien kuolleisuus on ollut suuri (esim. laikutettu turvemaa rauduskoivulla) ovat tuottaneet yksinomaan normaaleiksi katsottavia tai tätä heikompikuntoisia taimia.

Taulukko 13. Eri kuntoluokkiin kuuluvien männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien jakaantuminen viimeisen vuosikasvaimen pituuden mukaisiin luokkiin. Kaikki koealueet, inventointi 1973.

Table 13. Pine, spruce and birch seedlings belonging to different vigour classes distributed into classes on the basis of height in final year. All experimental areas, survey in 1973.

Puulaji *Tree species* / Kuntoluokka *Vigour class*	Latvakasvain, cm — *Annual leader*, cm							Taimia — *Plants*	
	0—14	15—29	30—44	45—59			Keskimäärin cm *Average cm*	Kpl *No*	% *Per cent*
Mänty — *Pine*	Taimia, % — *Plants, per cent*								
1. Voimakas — *Vigorous* ..	0.6	57.0	41.9	0.5	·	·	28.7	1 916	15.8
2. Normaali — *Normal* ...	26.0	71.9	2.0	0.1	·	·	18.2	5 699	47.1
3. Kituva — *Stunted*	93.7	6.3	0	0	·	·	7.1	1 115	9.2
(4. Kuollut — *Dead*)	(100.0)	..	..	..	..	..	(0)	(3 382)	(27.9)
Yhteensä, kpl — *Total, No*	5 923	5 260	918	11	·	·	19.3	12 116	100.0
Yhteensä, %— *Total, per cent*	48.9	43.4	7.6	0.1	·	·		100.0	
Kuusi — *Spruce*	0—9	10—19	20—29	30—39	40—49				
	Taimia, % — *Plants, per cent*								
1. Voimakas — *Vigorous* ..	2.7	40.3	40.3	15.1	1.6	·	21.8	667	7.0
2. Normaali — *Normal* ...	33.3	55.2	10.8	0.6	0.1	·	12.4	5 559	57.9
3. Kituva — *Stunted*	87.5	12.2	0.3	0	0	·	5.4	1 939	20.2
(4. Kuollut — *Dead*)	(100.0)	..	..	..	..	..	(0)	(1 435)	(15.1)
Yhteensä, kpl — *Total, No*	4 996	3 583	880	134	17		11.5	9 610	100.0
Yhteensä, %— *Total, per cent*	51.9	37.3	9.2	1.4	0.2			100.0	
Rauduskoivu — *Birch* ...	0—19	20—39	40—59	60—79	80—99	100+			
	Taimia, % — *Plants, per cent*								
1. Voimakas — *Vigorous* ..	0.7	3.6	17.3	34.5	32.2	11.7	75.5	2 231	20.5
2. Normaali — *Normal* ...	8.3	35.5	36.0	15.9	3.7	0.6	43.9	3 251	29.9
3. Kituva — *Stunted*	55.5	30.5	10.8	2.9	0.2	0.1	21.5	1 330	12.3
(4. Kuollut — *Dead*)	(100.0)	..	..	..	..	..	(0)	(4 046)	(37.3)
Yhteensä, kpl — *Total, No*	5 070	1 640	1 701	1 327	841	279	49.9	10 853	100.0
Yhteensä, %— *Total, per cent*	46.7	15.1	15.7	12.2	7.7	2.6		100.0	

Tämä yleinen suuntaus on selvänä nähtävissä myös Maalahden (kuva 21) ja Rymättylän (kuva 22) taimien kuntoluokituksissa. Eri maanmuokkausmenetelmien järjestys on kuntoluokituksen valossa likimain sama kuin jo aiemmin esitellyn taimien kuolleisuuden perusteella on esitetty. Yleisesti ottaen suuri taimikuolleisuus merkitsi myös eloonjääneiden taimien huonoa kuntoluokkajakaantumaa. Hyväkuntoisiksi luokiteltuja taimia esiintyi ainoastaan sellaisten maanmuokkausmenetelmien yhteydessä, jotka ovat tuottaneet runsaasti eloonjääneitä taimia.

Kuvan saamiseksi kuntoluokituksen riippuvuudesta muista taimitunnuksista ryhmitettiin kaikkien kolmen koealueen taimet puulajeittain ja kuntoluokittain ja verrattiin näin saatuja jakautumia inventointivuoden aikana syntyneen (viimeisen) latvakasvaimen pituuteen (taulukko 13). Voimakkaiksi luokiteltujen taimien viimeisen vuoden pituuskasvu oli kaikilla puulajeilla selvästi suurinta, ja sitten seurasivat järjestyksessä normaalit ja kituvat taimet. Varsinkin kituviksi luokiteltujen taimien pi-

Taulukko 14. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien jakaantuminen tuholuokkiin Karttulan koealueella. Ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Maanmuokkausmenet. lyhenn. katso taul. 2. Inventointi syksyllä 1973.

Table 14. Pine, spruce and birch seedlings at Karttula distributed into different damage classes. See Table 2 for tilling method abbreviations. Survey in autumn 1973.

Puulaji, Maanmuokkausmenet. *Tree species, Soil tilling method*	Kivennäismaa — *Mineral soil*					Turvemaa — *Organic soil*				
	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*
	Taimia, % — *Plants, per cent*									
Mänty — *Pine*										
O	24	6	4	4	62	33	4	1	1	61
L	74	5	3	2	56	12	3	5	5	75
K	36	5	5	4	50	53	7	4	—	36
K + Ä	41	7	6	3	43	26	5	4	1	64
K + Ä + J	34	6	8	2	50	49	11	4	1	35
K + Ä + P	40	9	5	5	42	45	4	2	5	44
PK	58	7	7	2	26	47	9	4	4	36
PK + J	55	4	4	4	33	59	10	5	—	26
Kuusi — *Spruce*										
O	23	8	19	23	27	24	20	20	24	12
L	37	19	11	10	23	13	27	26	10	24
K	44	14	14	20	18	38	25	21	7	9
K + Ä	29	16	16	25	14	29	31	21	15	4
K + Ä + J	44	17	15	9	15	19	20	26	22	13
K + Ä + P	44	15	15	15	11	26	20	37	13	4
PK	36	7	15	19	23	39	32	16	9	4
PK + J	40	15	12	15	19	33	20	24	12	11
Rauduskoivu — *Birch*										
O	9	5	4	1	81	9	4	1	—	86
L	14	5	4	0	77	5	2	2	4	87
K	52	12	5	4	28	43	7	4	11	35
K + Ä	44	10	8	5	33	51	8	4	4	33
K + Ä + J	50	13	5	3	29	49	6	—	10	35
K + Ä + P	52	8	4	4	32	59	4	10	12	15
PK	35	5	9	4	47	58	1	5	7	29
PK + J	29	12	6	1	52	35	14	6	8	37

tuuskasvu on ollut vähäistä. Näiden latvakasvaimen pituus oli keskimäärin vain noin neljännes voimakkaiden taimien latvakasvaimen pituudesta.

Luokitus tilastollinen testaus antoi hyvin selvän riippuvuuden viimeisen vuoden pituuskasvun ja kuntoluokituksen välille. Tämä vahvistaa käsitystä kuntoluokituksen kelpoisuudesta taimien kasvupotentiaalin kuvaajana ja myös antaa perusteen sen käyttämiseksi menettelyyn liittyvästä subjektiivisuudesta huolimatta.

44. Taimituhot

441. Tuholuokat

Taimien jakaantuminen eri tuholuokkiin tuhon voimakkuuden mukaan on esitetty koealoittain taulukoissa 14—16. Seikka, joka ensimmäisenä kiinnittää huomiota, on varsinkin männyllä ja rauduskoivulla selvästi havaittava täydellisen tuhon kohteik-

Taulukko 15. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien jakaantuminen tuholuokkiin Maalahden koealueella. Ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Maanmuokkausmenet. lyhenn. katso taul. 2. Inventointi syksyllä 1973.

Table 15. Pine, spruce and birch seedling at Maalahti distributed into different damage classes. See Table 2 for tilling method abbreviations, Survey in autumn 1973.

Puulaji, Maanmuokkausmenet. *Tree species, Soil tilling method*	Paljasjuuriset — *Bare-rooted plants*					Rullataimet — *Roll transplants*				
	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*
	Taimia, % — *Plants, per cent*									
Mänty — *Pine*										
O	17	7	9	1	66	16	13	5	3	63
L	48	4	7	2	39	31	14	8	—	47
PK_1	60	7	6	2	25	68	10	3	2	17
HK	30	9	9	1	51	28	14	7	1	50
K + Ä	47	11	4	1	37	42	14	3	3	38
Mä	58	19	8	4	11	63	12	3	2	20
PK_2	53	17	6	3	21	34	16	16	3	11
PPK	72	12	3	—	13	80	17	3	—	—
Kuusi — *Spruce*										
O	57	3	67	13	20	..	..	..	..	..
L	43	17	20	10	10	..	..	..	..	..
PK_1	40	10	20	13	7	..	..	..	..	..
HK	47	13	20	7	13	..	..	..	..	..
K + Ä	53	—	17	7	23	..	..	..	..	..
Mä	53	17	17	10	3	..	..	..	..	..
PK_2	—	3	23	67	7	..	..	..	..	..
PPK	80	17	3	—	—	..	..	..	..	..
	Tyyppi I — *Size class I*					Tyyppi III — *Size class III*				
	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*
	Taimia, % — *Plants, per cent*									
Rauduskoivu — *Birch*										
O	41	6	4	6	43	65	1	1	4	29
L	60	6	2	5	27	75	2	—	6	17
PK_1	69	6	3	7	15	76	8	1	1	14
HK	75	6	7	3	9	95	3	—	—	2
K + Ä	68	10	8	3	11	94	3	1	—	2
Mä	69	12	3	3	13	74	5	3	3	15
PK_2	57	4	3	5	31	75	4	4	2	15
PPK	80	10	7	—	3	77	13	3	7	—

si joutuneiden ja toisaalta täysin terveiden taimien suuri osuus muihin tuholuokkiin kuuluviin taimiin verrattuna. Kuusen taimien jakaantuminen eri tuholuokkiin on Karttulan ja Maalahden koealueilla tasaisempaa. Tämä voi luonnollisesti johtua käytetyn asteikon huonosta erotyskyvystä männyn ja rauduksen kohdalla, luokittajien subjektiivisuudesta tms. Ilmiön selitys voi kuitenkin olla siinä, että sekä mänty että rauduskoivu ovat varsinkin ensimmäisinä istutuksesta seuraavina vuosina biologisesti heikompia kestämään niitä kohdannutta tuhoa ja ne kuolevat sen johdosta

Taulukko 16. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien jakaantuminen tuholuokkiin Rymättylän koealueella. Ei pintakasvillisuuden torjuntaa. Maanmuokkausmenet. lyhenn. katso taul. 2. Inventointi syksyllä 1973.

Table 16. Pine, spruce and birch seedlings at Rymättylä distributed into different damage classes. See Table 2 tilling method abbreviations. Strey in autumn 1973.

Puulaji, Maanmuokkausmenet. *Tree species, Soil tilling method*	Paljasjuuriset — *Bare-rooted plants*					Rullataimet — *Roll transplants*				
	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*
	Taimia, % — *Plants, per cent*									
Mänty — *Pine*										
O	43	17	8	5	27	72	13	8	—	7
L	88	2	2	—	8	83	5	—	—	12
PK_1	81	12	2	—	5	85	7	3	—	5
HK	90	3	3	—	4	91	7	2	—	—
K + Ä	88	5	3	—	4	92	5	—	—	3
Mä	56	17	5	2	20	83	10	—	2	5
PK_2	78	13	7	—	2	56	30	5	2	7
Kuusi —*Spruce*										
O	77	3	5	—	15	54	3	8	—	35
L	80	2	2	—	16	78	2	—	2	18
PK_1	70	—	5	2	23	70	2	—	—	28
HK	85	—	5	—	10	78	3	2	2	15
K + Ä	90	—	2	—	8	75	3	10	—	12
Mä	23	—	7	7	63	53	—	12	—	35
PK_2	85	—	—	3	12	71	2	5	7	15
	Tyyppi I — *Size class I*					Tyyppi III — *Size class III*				
	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtalainen *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydellinen *Complete*
	Taimia, % — *Plants, per cent*									
Rauduskoivu —*Birch*										
O	5	3	—	2	90	2	—	—	—	98
L	37	3	13	2	45	13	2	3	5	77
PK_1	30	2	—	71	61	15	2	2	2	80
HK	52	10	7	8	23	52	2	8	5	33
K + Ä	58	7	10	—	25	42	3	8	2	45
Mä	13	2	3	—	82	3	—	3	2	92
PK_2	25	7	15	12	41	32	3	8	10	47

helposti. Kuusi taas on tunnetusti taimivaiheessaan sitkeä puulaji ja se pystyy säilymään hengissä kituvana pitkiäkin aikoja.

Tarkasteltaessa taimien tuholuokkajakaantumia eri maanmuokkauskäsittelyjen valossa, näkyy tuloksista sama yleissuuntaus kuin taimien kuolleisuuslukuja edellä esiteltäessä. Täydellistä tai ankaraa tuhoa esiintyy taimissa runsaasti käytettäessä niitä maanmuokkausmenetelmiä, joissa taimien kuolleisuuttakin ilmeni runsaasti, ja terveiden taimien luku on yleensä suuri käytettäessä sellaisia maanmuokkausmenetelmiä, missä myös taimien eloonjäämissadannes on ollut korkea (esim. Bärring 1967).

Taulukkoihin 17 ja 18 on koottu terveiden taimien suhteellinen osuus kaikista taimista käytettäessä eri maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntamenetelmiä.

Taulukko 17. Karttulan koealueella eniten terveitä taimia tuottaneet maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. ++ = terveitä yli 80 %, + = terveitä 60—78 %, — = terveitä alle 60 %, .. = käsittely puuttuu. Maanm. menet. lyhenn. katso taul. 2. Inventointi syksyllä 1973.

Table 17. Tilling methods and weed control methods giving the highest number of healthy seedlings at Karttula. ++ = over 80 % heathy, + = 60—80 % healthy, — = less than 60 % healthy, .. = controls. See Table 2 for tilling method abbereviations. Survey in 1973.

Kasvualusta, Maanmuokkausmenetelmä *Soil type, Soil tilling method*	Mänty — *Pine*					Kuusi — *Spruce*					Rauduskoivu — *Birch*				
	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong herbicide*	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong herbicide*	Ei käsitt. *No treat ment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong herbicide*
Kivennäismaa — *Mineral soil*															
O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	+	+	—	+
K + Ä	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
K + Ä + J .	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
K + Ä + P .	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+
PK	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PK + J	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Turvemaa — *Organic soil*															
O	—	—	+	+	++	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
K	—	—	+	++	++	—	—	—	+	—	—	—	—	—	+
K + Ä	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
K + Ä + J .	—	—	—	++	+	—	—	—	—	—	—	+	+	—	—
K + Ä + P .	—	—	—	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
PK	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
PK + J	—	—	+	+	+	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—

Taulukko 18. Maalahden ja Rymättylän koealueilla eniten terveitä taimia tuottaneet maanmuokkausja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. Merkinnät kuten taulukoissa 2 ja 16. Inventointi syksyllä 1973.

Table 18. Tilling methods and weed control methods giving the highest number of healthy seedlings at Maalahti and Rymättylä. See Table 2 and 16 for symbols. Survey in autumn 1973.

Koealue, Maanmuokkausmenetelmä *Experimental area, Soil tilling method*	Mänty — *Pine*						Kuusi — *Spruce*						Rauduskoivu — *Birch*					
	Paljasjuuriset *Bare-rooted plants*			Rullataimet *Roll transplants*			Paljasjuuriset *Bare-rooted plants*			Rullataimet *Roll transplants*			Tyyppi I *Size class I*			Tyyppi III *Size class III*		
	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*
Maalahti																		
O	—	—	—	—	—	—	—	—	+	..	..	..	—	—	—	+	+	++
L	—	—	+	—	—	—	—	—	—	..	..	..	+	+	—	+	++	+
PK_1	+	+	+	+	+	+	—	—	—	..	..	..	+	+	+	+	+	++
HK	—	—	—	—	—	—	—	++	+	..	..	..	+	++	+	++	++	++
K + Ä	—	—	+	—	—	—	—	+	—	..	..	..	+	+	+	++	++	++
Mä	—	—	+	+	—	+	—	—	+	..	..	..	+	+	+	+	+	++
PK_2	—	—	+	—	—	+	—	—	—	..	..	..	—	—	—	+	+	+
PPK	+	+	++	++	++	++	++	++	++	..	..	..	++	++	+	+	++	++
Rymättylä																		
O	—	—	+	+	++	++	+	+	++	—	+	+	—	—	—	—	—	—
L	++	++	++	++	++	++	++	+	++	+	—	++	—	—	—	—	—	—
PK_1	++	—	++	++	++	++	+	+	++	+	+	+	—	—	+	—	—	—
HK	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	++	—	+	+	—	—	—
K + Ä	++	++	+	++	++	++	++	++	++	+	+	++	—	—	+	—	+	+
Mä	—	+	+	++	++	++	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PK_2	+	++	++	—	—	++	++	+	++	+	+	++	—	—	—	—	—	+

Taulukko 19. Eri kuntoluokkiin kuuluvien männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien jakaantuminen tuholuokkiin. Kaikki koealat. Inventointi 1973.

Table 19. Pine, spruce and birch seedlings belonging to different vigour classes distributed into damage classes. All experiment areas. Survey in 1973.

Puulaji *Tree species* Kuntoluokka *Vigour class*	Tuholuokka — *Damage class*					Taimia — *Plants*	
	Terve *Good*	Lievä *Light*	Kohtal. *Moderate*	Ankara *Severe*	Täydell. *Complete*	Kpl *No*	% *Per cent*
	Taimia, % — *Plants, per cent*						
Mänty — *Pine*							
1. Voimakas — *Vigorous* ..	99.7	0.3	0	0	0	1 916	15.8
2. Normaali — *Normal* ...	25.5	13.0	1.4	0.1	0	5 699	47.1
3. Kituva — *Stunted*	4.3	25.8	46.3	23.4	0.2	1 114	9.2
(4. Kuollut — *Dead*)	0	0	0	0	100.0	(3 382)	(67.9)
Yhteensä, kpl — *Total, No*	6 853	1 034	594	270	3 384	12 111	100.0
Yhteensä, %—*Total, per cent*	56.6	8.5	4.9	2.2	27.9	100.0	
	Taimia, % — *Plants, per cent*						
Kuusi — *Spruce*							
1. Voimakas — *Vigorous* ..	89.8	9.6	0.6	0	0	667	7.0
2. Normaali — *Normal* ...	72.9	15.2	10.4	1.5	0	5 559	57.9
3. Kituva — *Stunted*	6.2	10.3	34.7	48.5	0.3	1 939	20.2
(4. Kuollut — *Dead*)	0	0	0	0	100.0	(1 435)	(15.1)
Yhteensä, kpl — *Total, No*	4 782	1 110	1 253	1 024	1 441	9 610	100.0
Yhteensä, %—*Total, per cent*	49.7	11.6	13.0	10.7	15.0	100.0	
	Taimia, % — *Plants, per cent*						
Rauduskoivu — *Birch*							
1. Voimakas — *Vigorous* ..	93.8	4.0	1.7	0.5	0	2 231	20.5
2. Normaali — *Normal* ...	79.0	13.5	6.3	1.1	0	3 251	29.9
3. Kituva — *Stunted*	45.3	9.2	19.4	25.8	0.3	1 330	12.3
(4. Kuollut — *Dead*)	0	0	0	0	100.0	(4 046)	(37.3)
Yhteensä, kpl — *Total, No*	5 264	654	501	392	4 050	10 858	100.0
Yhteensä, %—*Total, per cent*	48.5	6.0	4.6	3.6	37.3	100.0	

Karttulan koealueella paras tulos saavutettiin männyllä käyttäen voimakasta heinäntorjuntaa ja tehokasta maanmuokkausta. Turvemaalla myös muokkaamattomalla maalla oli runsaasti terveitä taimia jos pintakasvillisuuden torjunta oli ollut tehokasta. Kuusella terveiden taimien määrä oli perin vähäinen, mutta rauduksella oli terveitä taimia kohtalaisen runsaasti. Varsinkin milloin maanmuokkaus ja pintakasvillisuuden torjunta on ollut tehokasta, tulosta voi pitää tyydyttävänä.

Maalahdessa ja Rymättylässä terveiden taimien osuus kaikista taimista oli selvästi suurempi kuin Karttulassa (taulukko 18). Männyllä varsinkin pallekyntö (PK_1) ja paksu pallekyntö (PPK) ovat tuottaneet hyvän tuloksen. Maalahdessa rauduskoivun taimet ovat menestyneet hyvin, mutta Rymättylässä ne ovat kärsineet melko pahasti. Terveitä taimia oli Rymättylässä vain käytettäessä harjakyntöä tai pallekyntöä sekä täysmuokkausta.

Tuholuokituksen ja kuntoluokituksen välisen yhteyden selventämiseksi kaikkien kolmen koealueen taimet ryhmitettiin puulajeittain ja tuholuokittain ja verrattiin

Taulukko 20. Eri tuhonaiheuttajien esiintyminen männyn, kuusen ja rauduskoivun taimissa. Kaikki koealat. Inventointi 1973.

Table 20. Prevalence of different damaging agents in pine, spruce and birch seedlings. All experimental areas. Survey in 1973.

	Tuhonaiheuttaja — *Damaging agent*	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Raudus *Birch*
		Taimia, % — *Plants, per cent*		
1	Männyn ruoste — *Coleosporium pini*	0.7	0.0	0.0
2	Lumikariste — *Phacidium infestans*	0.0	0.0	0.0
3	Tukkikärsäkäs — *Hylobius abietis*	0.0	0.0	0.0
4	Juuriniluri — *Hylastes sp.*	0.0	0.2	0.0
5	Koivun ruoste — *Melampsoridium betulinum*	0.0	0.0	0.0
6	Hirvi — *Alces alces*	0.0	0.0	1.3
7	Peltomyyrä — *Microtus agrestis*	0.5	0.1	0.9
8	Vesimyyrä — *Arvicola terrestris*	1.2	1.5	10.5
9	Pintakasvillisuus — *Ground vegetation*	21.7	7.5	4.8
10	Kevätahava — *Late-winter damage*	0.3	24.4	0.0
11	Routa — *Ground frost*	0.0	0.0	0.0
12	Halla — *Early frost*	0.0	2.3	0.0
13	Kuivuus — *Drought*	0.0	0.0	0.4
14	Muu kuin edelliset — *Other pests*	0.6	0.4	0.8
15	Tuntematon — *Unidentified pest*	18.4	13.8	32.7
	Vaurioituneita taimia, % — *Injured plants, per cent*	43.4	50.2	51.4
	Vaurioitumattomia taimia, % — *Uninjured plants, per cent*	56.6	49.8	48.6
	Yhteensä, % — *Total, per cent*	100.0	100.0	100.0
	Yhteensä, kpl — *Total, No*	12 080	9 608	10 845

näin saatuja jakautumia taimien kuntoluokitukseen (taulukko 19). Erittäin selvänä näkyy terveiden taimien keskittyminen voimakkaiden taimien luokkaan. Myös kuntoluokaltaan normaaleiksi katsottavat taimet olivat enimmäkseen terveitä, kun taas kuntoluokaltaan kituvat taimet jakaantuivat lievän, kohtalaisen tai ankaran tuhon kohdanneiden taimien luokkiin.

Myös luokituksien tilastollinen testaus antoi hyvin selvän riippuvuuden näiden tunnusten välille.

422. Tuhonaiheuttajat

Taulukkoon 20 on koottu kaikkien koealueiden yhdistelmänä eri tuhonaiheuttajien suhteellinen esiintymisrunsaus männyn, kuusen ja rauduksen taimissa syksyllä 1973. Taulukkoa tarkasteltaessa on muistettava, että kysymys on vain ilmeisimmistä tuhonaiheuttajista, jotka on saatu määritettyä jonkinlaisella varmuudella. On luultavaa, että »tuntemattomien» ryhmässä on jonkin verran luetteloon jo sisältyviä tuhonaiheuttajia, joten joidenkin vaikeasti tunnistettavien tuhonaiheuttajien määrä ilmeisesti on suurempi kuin tässä esitetty. Seuraavassa tarkastellaan yleisemmin esiintyviä tuhonaiheuttajia ja näiden vaurioiden laatua.

Männyn neulasruostetta (Coleosporium pini) esiintyi vain Karttulassa, missä sitä tavattiin jokseenkin tasaisesti eri maanmuokkausruuduilla. Kivennäismaalla sen esiintyminen oli hieman runsaampaa kuin turvemaalla, mutta kaikkiaan tauti oli melko harvinainen. Se saattoi tappaa taimen neulaston verson puoliväliin, vikuuttaa oksia ja latvakasvainta, mutta taimen kuolemaan johtaneita tapauksia oli vain n. 17 % kaikista todetuista esiintymistä (taulukko 21).

Juurinilurin (Hylastes sp.) tuhoja on merkitty muistiin vain Karttulassa kasvaneista kuusen taimista. Perin vähälukuiset, pääasiassa kivennäismaalla esiintyneet vioitukset jakaantuivat satunnaisesti eri maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntaruutujen kesken.

Hirven tuhoja esiintyi eniten Maalahdessa ja hieman vähemmän Rymättylässä. Karttulassa ei hirven tuhoja tavattu lainkaan. Eri puulajeista tuhot rajoittuivat yksinomaan rauduskoivuun. Hirvi on vaurioittanut eniten paksun pallekynnön (PPK; 30 kpl) täysmuokkauksen (K+Ä; 30 kpl) sekä harjakynnön (HK; 10 kpl) koealoilla kasvavia taimia. Näyttää siltä, että jos taimet on istutettu maanpinnan tasoa korkeammalle, ne ovat olleet alttita hirven tuhoille. Pienikokoiset rauduksen taimet (tyyppi I) ovat kärsineet selvästi enemmän kuin isokokoiset (tyyppi III), mikä tosin voi johtua myös em. taimien heikommasta toipumiskyvystä.,

Peltomyyrä (Microtus agrestis) on aiheuttanut tuhoa vain Karttulassa, missä kivennäismaalla kasvavat männyn ja rauduksen taimet ovat vaurioittuneet. Muualta on merkitty muistiin vain yksittäisiä vikuutuksia. Eri maanmuokkaustapojen erilaista vaikutusta tuhon esiintymiseen osoittaa, että männyn taimet, jotka kasvoivat täysmuokatuilla ja jyrätyillä alueilla (K+Ä+P) olivat selvästi eniten vahingoittuneita (18 kpl). Näitä seurasivat pallekyntö (PK; 8 kpl) ja pallekyntö + jyrsintä (PK+J; 8kpl). Rauduksella eniten vikuutuksia esiintyi muokkaamattomilla (O) ruuduilla (19 kpl). Seuraavaksi eniten vaurioita oli täysmuokatuilla (K+Ä; 17 kpl), laikutetuilla (L; 15 kpl) ja pallekynnetyillä ruuduilla (PK; 14 kpl) kasvaneissa taimissa.

Peltomyyrän vaurioittamia taimia oli eniten käsittelemättömissä ruuduissa (männyllä 15 kpl ja rauduksella 29 kpl). Lähes tätä luokkaa olivat heikon herbisidikäsittelyn saaneiden rauduksen taimien vauriot (28 kpl), mutta kaikilla muilla käsittelyillä myyrän tuhot olivat jo huomattavasti vähäisemmät; määrältään alle viisitoista vaurioitunutta tainta/käsittely.

Peltomyyrän vikuuttamat taimet ovat yleensä kuolleet, mutta männyllä esiintyi myös latvakasvaimen menetystä ja sekä männyillä että kuusella oksiston ja neulaston kuolemista. Muunlaisia vikaisuuksia peltomyyrän syömissä taimissa esiintyi vain hyvin vähän.

Vesimyyrän (Arvicola terrestris) aiheuttamia tuhoja esiintyi siten, että Karttulan koealueen turvemaalla männyn ja rauduksen taimet ja kivennäismaalla vuorostaan kuusen ja rauduksen taimet olivat olleet alttiita vikuutuksille. Rauduksen taimissa tuhoja oli melko tasaisen voimakkaasti lähes kaikilla eri tavoin muokatuilla koeruuduilla (70—80 kpl I käsittely) mutta muokkaamattomalla maalla (O) vaurioiden yleisyys oli vain 40 taimen luokkaa. Männyn osalta pintakasvillisuuden vallassa kasvaneissa taimissa on ollut eniten vahingoittuneita (yli 30 kpl I käsittely), kun taas

9 8472—76

Taulukko 21. Tärkeimpien tuhonaiheuttajien aiheuttamat vikaisuudet männyn, kuusen ja rauduskoivun taimissa. Kaikki koealueet. Inventointi 1973
Table 21. Damage caused by the most i nportant damaging agets in pine, spruce and birch seedlings. All experimental areas. Survey in 1973.

	Vikaisuusluokka *Defect class* / Puulaji, Tuhonaiheuttaja *Tree species, Pest*	Verso suora *Shoot straight*	Verso kaksihaar. *Shoot two-forked*	Verso pensastava *Shoot bushy*	Latvakasvain kuollut *Annual leader dead*	Verso kuollut ½-väl. *Shoot dead until middle*	Oksisto W kuollut *Branches W dead*	Verso kuollut, vesoja *Shoot dead, sprouts*	Verso taipunut *Shoot bent*	Taimi kaatunut *Plant fallen*	Taimi kuollut *Plant dead*	Yhteensä *Total* % *Per cent*	Yhteensä *Total* Kpl *No*
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		Taimia, % — *Plants, per cent*											
	Mänty — *Pine*												
1	Männyn ruoste — *Coleosporium pini*	27.7	6.0	6.0	12.0	21.7	8.4	0.0	1.2	0.0	16.9	100.0	83
7	Peltomyyrä — *Microtus agrestis*	12.5	1.8	1.8	12.5	1.8	14.3	0.0	1.8	1.8	51.8	100.0	56
8	Vesimyyrä — *Arvicola terrestris*	6.4	2.1	1.4	0.0	1.4	0.7	0.0	2.8	1.4	83.7	100.0	141
9	Pintakasvillisuus — *Ground vegetation*	28.4	5.3	5.0	1.8	1.9	0.5	0.0	15.8	1.1	40.3	100.0	2.620
10	Kevätahava — *Late-winter damage*	64.9	0.0	5.4	2.7	8.1	2.7	0.0	13.5	0.0	2.7	100.0	37
14	Muu kuin edelliset — *Other pests*	56.8	4.1	2.7	2.7	2.7	1.4	0.0	4.1	0.0	25.7	100.0	74
15	Tuntematon — *Unidentified pest*	1.5	0.2	0.8	0.6	0.8	0.0	0.0	0.1	0.0	95.9	100.0	2 220
	Ei merkintää tuhosta — *No record on damage*	91.6	4.1	3.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.2	100.0	6 841
		Taimia, % — *Plants, per cent*											
	Kuusi — *Spruce*												
4	Juuriniluri — *Hylastes sp.*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	16
7	Peltomyyrä — *Microtus agrestis*	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	62.5	100.0	8
8	Vesimyyrä — *Arvicola terrestris*	7.1	2.8	0.7	2.1	2.1	26.2	0.0	0.0	0.0	58.9	100.0	141
9	Pintakasvillisuus — *Ground vegetation*	26.2	7.5	14.7	6.5	4.2	3.2	0.0	22.2	0.1	15.5	100.0	722
10	Kevätahava — *Late-winter damage*	28.2	10.5	7.0	21.8	25.1	4.1	0.4	0.2	0.0	2.6	100.0	2 341
12	Halla — *Early frost*	40.0	14.2	12.0	24.0	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	100.0	225
14	Muu kuin edelliset — *Other pests*	39.5	2.6	7.9	2.6	2.6	2.6	0.0	5.3	0.0	36.8	100.0	38
15	Tuntematon — *Unidentified pest*	2.5	1.7	1.4	4.1	4.0	0.4	0.2	0.0	0.0	85.8	100.0	1 328
	Ei merkintää tuhosta — *No record on damage*	90.0	4.7	4.6	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	100.0	4 784
		Taimia, % — *Plants, per cent*											
	Rauduskoivu — *Birch*												
6	Hirvi — *Alces alces*	68.6	11.7	17.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	100.0	137
7	Peltomyyrä — *Microtus agrestis*	84.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	3.0	2.0	2.0	7.0	100.0	100
8	Vesimyyrä — *Arvicola terrestris*	42.2	2.5	1.6	1.1	0.9	0.1	3.5	0.1	5.6	41.5	100.0	1 140
9	Pintakasvillisuus — *Ground vegetation*	37.1	5.8	15.7	0.4	8.9	0.0	3.3	5.8	0.0	22.9	100.0	515
13	Kuivuus — *Drought*	2.4	0.0	2.4	2.4	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	87.8	100.0	41
14	Muu kuin edelliset — *Other pests*	59.3	11.0	16.5	6.6	2.2	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	100.0	91
15	Tuntematon — *Unidentified pest*	0.7	0.1	0.2	0.5	1.4	0.0	1.5	0.0	0.1	95.6	100.0	3 551
	Ei merkintää tuhosta — *No record on damage*	83.6	7.0	7.8	0.1	0.3	0.0	0.9	0.0	0.0	0.1	100.0	5 269

pintakasvillisuuden torjunta on vähentänyt ojamyyrän vauriottamien taimien luvun alle 20:een. Rauduksen ja kuusen taimissa tällaista pintakasvillisuuden vaikutusta ei voitu havaita.

Myös vesimyyrän vikuuttamat taimet ovat suurelta osalta kuolleet, vaikka jonkin verran esiintyi muitakin vikaisuuslajeja. Esim. kuusen taimista 26 %:in oksisto oli lähes kuollut ja rauduksen taimista 5.6 % oli kaatunut.

Pintakasvillisuus oli vaurioittanut eniten männyn taimia, sitten kuusen taimia ja vähiten rauduksen taimia. Rauduksen vaurioiden vähyys johtuu tuhojen keskittymisestä Maalahden ja Rymättylän koealueille. Karttulassa ei vuoden 1973 inventoinnissa enää havaittu pintakasvillisuuden aiheuttamaa tuhoa tuolloin 1.5—2 m pituisissa rauduksen taimissa, vaikka juuri tämän tuhonaiheuttajan vuoksi taimia oli kuollut suuria määriä istutusta välittömästi seuraavina vuosina (Leikola ja Raulo 1973).

Kuten odottaa saattoi, maanmuokkaus vähensi yleisesti pintakasvillisuuden aiheuttamia tuhoja, samoin suoranainen pintakasvillisuuden torjunta. Isokokoiset taimet myös selvisivät pintakasvillisuudesta paremmin kuin pienikokoiset taimet, kuten jo aikaisemmin on esitetty (luku 412).

Pintakasvillisuus on aiheuttanut taimien verson pensastumista ja latvakasvaimen kuolemista. Huomiota herättävän yleistä on myös ollut taimien taipuminen kaatuvan heinän alle (männyllä 15,8 % ja rauduksella 5,8 %). Varsinkin männyn taimet ovat kuolleet pintakasvillisuuden vuoksi suurin määrin.

Kevätahavan nimellä tunnettu taimien kuivuminen lumettoman talven aurinkoisilla pakkasilmoilla (esim. Bärring 1967) vaurioitti kuusen taimia kaikilla koealueilla. Tuhon luonteelle tyypillistä oli, että paremmin kuivuutta kestävä kseromorfinen mänty ei vaurioittunut juuri lainkaan. Eri maanmuokkausmenetelmät tai pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt eivät aiheuttaneet eroja kuusen taimien vaurioalttiudessa. Yleisyydestään huolimatta — 24,4 % — kevätahava ei aiheuttanut kuin 2.6 %:ssa vaurioituneiden taimien kuoleman. Paljon yleisempää oli, että verso muuttui kaksihaaraiseksi tai pensastavaksi, menetti latvakasvaimensa tai kuoli rungon puoliväliin saakka. Tämä merkitsee 1—2 vuoden kasvun menetystä, mutta ei tuhonnut istutustaimia lopullisesti.

Hallan tuhoja tavattiin vain Karttulan koealueella kuusissa. Täyskynnetyillä ja jyrätyillä mailla (K+Ä+P) tuhot ovat olleet yleisempiä (34 kpl). Seuraavaksi eniten tuhoja oli kynnetyllä (K) maalla kasvaneissa taimissa (24 kpl), mutta muilla maanmuokkauskoealueilla vikaantuneiden taimien luku oli alle kuusitoista menetelmää kohti.

Pintakasvillisuuden torjuntatoimenpiteistä eniten hallavaurioita lisäsivät voimakas herbisidikäsittely (28 kpl) ja voimakas heinimiskäsittely (27 kpl). Missä pintakasvillisuus oli koskematta tai heinäntorjuntatoimenpiteet vain heikkoja, tuhot olivat vähäisempiä (15—18 tainta/käsittely). Tämä on ymmärrettävää, sillä korkea heinä suojelee sen sisällä kasvavia taimia muodostamalla tehokkaan toimivan pinnan ulossäteilyä vastaan hallaöinä (Franssila 1949, Leikola ja Pylkkö 1969).

Samoin kuin kevätahavankin, hallan tuhot ilmenivät ennen kaikkea verson pensastavuutena ja latvakasvaimen kuolemisena. Kuolleiden taimien osuus kaikista hallan vaurioittamista taimista oli vain 0,4 %.

Selvästi *kuivuuden* vikuuttamia taimia oli vain Rymättylän koealueen raudaskoivuissa. Erityisesti muokkauksen jälkeisenä keväänä istutetut taimet (PK_2) kärsivät kuivuudesta. Mitään selvää eroa eri maanmuokkauskäsittelyjen ja pintakasvillisuuden torjuntamenetelmien välillä ei havaittu.

Kuten jo aikaisemmin on korostettu (luku 411), eri maanmuokkauskoealoilla ilmenneet rauduksen taimien kuolleisuustulokset selittyvät sillä, että suurin osa niistä oli kuollut jo kuivana istutuskesänä 1971. Näin on myös ymmärrettävä, että kaksi vuotta tämän jälkeen suoritetussa inventoinnissa voitiin kuivuuden aiheuttamat vauriot havaita vain vuotta tämän jälkeen istutetuissa taimissa.

Tuntemattomaksi jääneet tuhonaiheuttajat ovat olleet yleisempiä rauduksen taimissa (32 %), kun taas havupuiden tuhonaiheuttajat on saatu suuremmassa määrin selvitettyä. Vaurioituneita taimia on kaikilla puulajeilla ollut likimain yhtä paljon, noin puolet kaikista istutetuista taimista, mutta männyn taimet ovat säästyneet tuhoilta kuusen ja rauduksen taimia hieman paremmin.

Tuhonaiheuttajien koostumusta ja yleisyyttä tarkasteltaessa on vielä kerran syytä korostaa varsinkin ilmastollisten taimistotuhojen suurta vuosikohtaista vaihtelua. Tässä kokeessa esiintyy kevätahava merkittävänä tuhonaiheuttajana, ja tiedetäänkin juuri inventointia edeltäneen talvikauden olleen poikkeuksellisen suotuisan tämänkaltaisen vaurion esiintymiselle. Samoin tiedetään mm. pelto- ja vesimyyrän esiintymisen noudattavan selvää jaksottaisuutta (esim. Teivainen ja Kaikusalo 1973). Toisaalta esim. hallan tuhojen vaatimaton määrä kuvaa hyvin tämän epäsäännöllisesti esiintyvän ilmastollisen tuhon suurta vuosittaista vaihtelua.

45. Metsitysmenetelmien kustannukset

Käsityksen saamiseksi valinnan kohteena olevien peltojen metsitysmenetelmien edullisuudesta laskettiin keskimääräiset kustannukset kaikille tähän kokeeseen sisältyville toimenpideketjuille, jotka antoivat vielä täysin tyydyttävän tuloksen (taimien eloonjääminen yli 80 %). Metsittämisen eri kustannustekijöiden arviointiperusteet olivat vuoden 1975 hintatason mukaan seuraavat (eri työvaiheiden ajanmenekistä katso myös Callin 1962, Appelroth ja Harstela 1970, Rummukainen 1972, Räsänen 1973 sekä Penttilä ja Hämäläinen 1975):

- — Maanmuokkauksen kustannukset saatiin maatalouden vuokrahinnastosta. Laikutuksen työmenekiksi arvioitiin 2.5 miestpv./ha.
- — Taimimateriaalin myyntihinnat saatiin metsähallituksen yleiskirjeestä Yt 711 (11. 04. 1975). Viljelytiheydeksi oletettiin kaikilla puulajeilla 2000 kpl/ha.
- — Taimien pakkaus- varastointi- ja kuljetuskustannuksiksi (taimien huolto) arvioitiin 35-40 mk/1 000 kpl taimimateriaalin koosta riippuen.

Taulukko 22. Kustannuksiltaan halvimmat, vähintään tyydyttävän eloonjäämistuloksen (80+ %) tuottaneet metsitysmenetelmät Karttulan koealueella. Laskelmien perusteet esitetty tekstissä.
Table 22. Afforestation methods giving satisfactory survival rates (80 + %) with lowest costs at Karttula. See text for calculation method.

Maalaji, puulaji, metsitysmenetelmä *Soil, tree species, afforestation method*	Metsittämiskustannukset *Afforestation costs* mk/ha *mk/ha*	 mk/taimi *mk/plant*
Kivennäismaa — *Mineral soil*		
Mänty — *Pine*		
I. Pallekyntö; lievä herbis. — *Furrow ploughing; light herbicide*	1 055	0.61
II. Pallekyntö; vahva herbis. — *Furrow ploughing; strong herbicide*	1 279	0.78
III. Kyntö; vahva herbis. — *Ploughing; strong herbicide*	1 312	0.78
Kuusi — *Spruce*		
I. Kyntö; ei pintak. torj. — *Ploughing; no weeding*	949	0.52
II. Täysmuokk.; ei pintak. torj. — *Ploughing and harrowing; no weeding*	983	0.57
III. Täysmuokk. + jyräys; ei pintak. torj. — *Ploughing, harrowing and rolling; no weeding*	1 030	0.58
Rauduskoivu — *Birch*		
I. Kyntö; lievä herbis. — *Ploughing; light herbicide*	1 794	1.03
II. Täysmuokk. ja jyräys; lievä herbis. — *Ploughing, harrowing and rotary tilling; light herbicide*	1 855	1.16
III. Kyntö; vahva herbis. — *Ploughing; strong herbicide*	2 017	1.23
Turvemaa — *Organic soil*		
Mänty — *Pine*		
I. Muokkaamaton; lievä herbis. — *No tilling; light herbicide*	975	0.61
II. Kyntö; lievä herbis. — *Ploughing; light herbicide*	1 088	0.65
III. Kyntö; vahva herbis. — *Ploughing; strong herbicide*	1 190	0.66
Kuusi — *Spruce*		
I. Muokkaamaton; ei pintak. torj. — *No tilling; no weeding*	836	0.47
II. Pallekyntö; ei pintak. torj. — *Furrow ploughing; no weeding*	915	0.48
III. Kyntö; ei pintak. torj. — *Ploughing; no weeding*	948	0.52
Rauduskoivu — *Birch*		
I. Täysmuokk. + jyräys; lievä herbis. — *Ploughing, harrowing and rolling; light herbicide*	1 856	1.09
II. Täysmuokk. + jyräys; vahva herbis. — *Ploughing, harrowing and rolling; strong herbicide*	2 081	1.12

— Istutustyön kustannukset saatiin Metsä- ja uittoalan laskenta-ajankohtana voimassa olevasta työehtosopimuksesta. Istutuksen työmenekiksi arvioitiin 3.1 miestpv./ha istutettaessa normaaleja paljasjuurisia ja rullataimia, ja 4.0 miestpv. istutettaessa suurikokoisia (tyyppi III) rauduksen taimia.

— Herbisidikäsittelyn arvioitiin vaativan noin 1.1 miestpv./ha, ja torjunta-ainekustannuksen olevan 79 mk/ha (n. 3 kg/ha).

Taulukko 23. Kustannuksiltaan halvimmat, vähintään tyydyttävän eloonjäämistuloksen (80 + %) tuottaneet metsitysmenetelmät Maalahden ja Rymättylän koealueilla.

Table 23. Afforestation methods giving satisfactory survival rates (80 + %) with lowest costs at Maalahti and Rymättylä.

Koealue, puulaji, taimilaji, metsitysmenetelmä *Experimental area, tree species, size class, afforestation method*	Metsittämiskustannukset *Afforestation costs* mk/ha *mk/ha*	mk/taimi *mk/plant*
Maalahti		
Mänty — ***Pine***		
I. Rullat.; pallekyntö; ei pintak. torj. — *Roll transplants; furrow ploughing; no weeding*	831	0.50
II. Rullat.; paksu pallekyntö; ei pintak. torj. — *Roll transplants; thick furrow ploughing; no weeding*	851	0.43
III. Paljasj.; paksu pallekyntö; ei pintak. torj. — *Bare-rooted plants; thick furrow ploughing; no weeding*	851	0.50
Kuusi — ***Spruce***		
I. Muokkaamaton, ei pintak. torj. — *No tilling; no weeding*	836	0.52
II. Pallekyntö; ei pintak. torj. — *Furrow ploughing; no weeding*	915	0.50
III. Paksu pallekyntö; ei pintak. torj. — *Thick furrow ploughing; no weeding*	937	0.48
Rauduskoivu — ***Birch***		
I. Tyyppi I; pallekyntö; ei pintak. torj. — *Size class I; furrow ploughing; no weeding*	1 347	0.80
II. Tyyppi I; paksu pallekyntö; ei pintak. torj. — *Size class I; thick furrow ploughing; no weeding*	1 369	0.72
III. Tyyppi I; harjakyntö; ei pintak. torj. — *Size class I; bedded ploughing; no weeding*	1 388	0.76
Rymättylä		
Mänty — ***Pine***		
I. Rullat.; muokkaamaton; ei pintak. torj. — *Roll transplants; no tilling; no weeding*	750	0.40
II. Paljasj.; pallekyntö; ei pintak. torj. — *Bare-rooted plants; furrow ploughing; no weeding*	829	0.44
III. Rullat.; pallekyntö; ei pintak. torj. — *Roll transplants; furrow ploughing; no weeding*	831	0.44
Kuusi — ***Spruce***		
I. Paljasj.; muokkaamaton; ei pintak. torj. — *Bare-rooted plants; no tilling; no weeding*	836	0.49
II. Paljasj.; harjakyntö; ei pintak. torj. — *Bare-rooted plants; bedded ploughing; no weeding*	956	0.53
III. Rullat.; harjakyntö; ei pintak. torj. — *Roll transplants; bedded ploughing; no weeding*	956	0.56
Rauduskoivu — ***Birch***		
I. Tyyppi I; harjakyntö; herbisidi — *Size class I; hebbed ploughing; herbicide*	1 612	0.88
II. Tyyppi I; täysmuokk.; herbisidi — *Size class I; ploughing and harrowing, herbicide*	1 687	1.03
III. Tyyppi I; harjakyntö; heiniminen — *Size class I; bedded ploughing; mech. weeding*	1 716	0.93

— Pintakasvillisuuden mekaanisen torjunnan arvioitiin vaativan noin 2.8 mies-tpv./ha.

— Työnjohdon ja valvonnan osuudeksi arvioitiin n. 17 % seuraavien työvaiheiden kustannuksista: maanmuokkaus, taimien huolto, istutustyö ja pintakasvillisuuden torjunta.

— Sosiaalikustannukset (palkkasivukustannukset) arvioitiin kaikkiaan 33 %:ksi seuraavista töistä: laikutus, istutustyö, pintakasvillisuuden mekaaninen torjunta, kemiallisen torjunnan työkustannukset sekä työnjohdon ja valvonnan osuus.

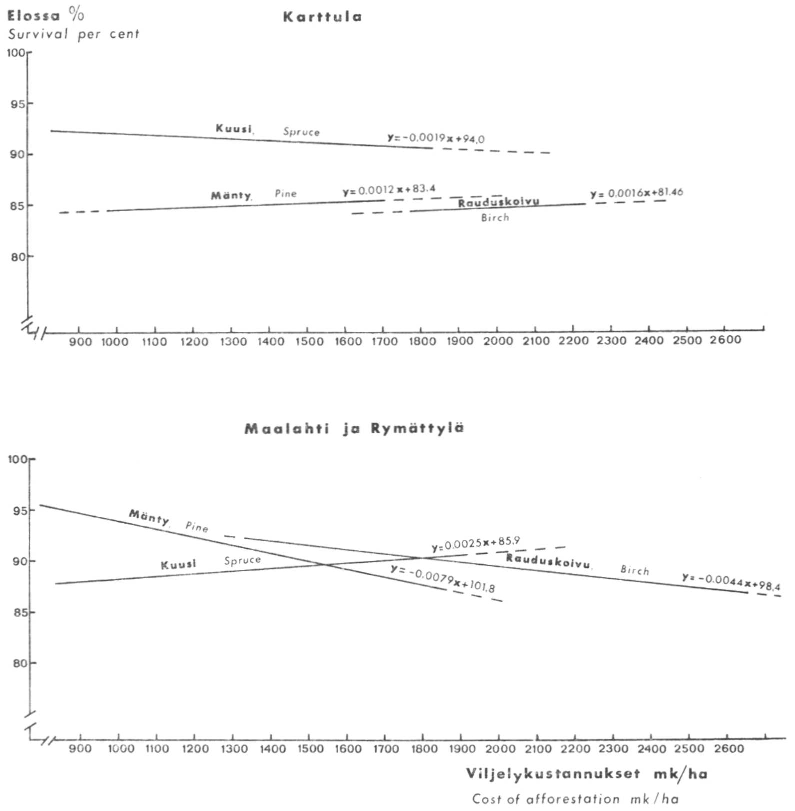
Laskelmien perusteita tarkasteltaessa on vielä huomattava, että voimakkaan pintakasvillisuuden torjunnan osalta kustannuksia kertyi viljelyvuotta seuraavanakin vuonna. Pallekyntö 2:n osalta kustannuksien vertailua ei suoritettu, sillä tällä menetelmällä perustetut ruudut olivat vuotta nuoremmat kuin käytettäessä muita maanmuokkausmenetelmiä.

Taulukkoon 22 on koottu Karttulan koealueen kivennäis- ja turvemaalla eri puulajeja käyttäen suoritetut, kustannuksiltaan halvimmat, mutta vielä tyydyttävän eloonjäämistuloksen tuottaneet metsänuudistamisketjut. Yleisesti ottaen kuusen viljely on ollut halvinta. Männyn viljely on ollut tätä hieman kalliimpaa, mutta rauduskoivun viljely osoittautui kustannuksiltaan havupuiden viljelyä vielä selvästi kalliimmaksi vaihtoehdoksi. Kivennäis- ja turvemaan metsittämisen vaatimien kustannusten välillä ei ollut suurtakaan eroa muiden kuin kuusen osalta, jolle turvemaalla kertyi kustannuksia vain alle 50 p/eloonjäänyt taimi, kun kivennäismaalla kustannukset ovat n. 10 p suuremmat.

Vastaavat kustannustiedot on Maalahden ja Rymättylän koealueiden osalta kerätty taulukkoon 23. Tässä toistuu eri puulajien metsittämiskustannusten järjestys: havupuiden metsityskustannukset olivat keskenään likimain samaa luokkaa, mutta rauduskoivu oli näitä huomattavasti kalliimpi metsittämisvaihtoehto. Maanmuokkausmenetelmistä olivat pallekyntö, kyntö sekä myös Karttulassa täysmuokkaus (K+Ä) selvästi halvimmat, mutta kuusta on voitu menestyksellä viljellä myös muokkaamattomaan maahan. Mänty on Karttulassa tarvinnut pintakasvillisuuden torjuntaa, mutta Maalahdessa ja Rymättylässä on selvitty ilman tätä toimenpidettä. Myös kuusella on pintakasvillisuuden torjunnasta luopuminen alentanut osaltaan kustannuksia, mutta rauduskoivua viljeltäessä on kaikkialla muualla paitsi Maalahdessa jouduttu torjumaan pintakasvillisuutta tavalla tai toisella.

Eri maanmuokkausmenetelmistä sellaiset kalliit ja monivaiheiset menetelmät kuten mätästys, täysmuokkaus ja jyrsintä sekä täysmuokkaus ja jyräys ovat kustannusvertailuissa melkein jääneet pois, ja halvat menetelmät, kuten maan jättäminen kokonaan valmistamatta tai pallekyntö ovat yhdistelmissä yleisemmin esillä.

Rullataimet ja paljasjuuriset taimet, missä niitä on verrattu keskenään, osoittautuivat likimain samanveroisiksi. Tämä saattaa johtua myös kustannusten arviointimenetelmästä, jossa kummallekin taimilajille ominaiset, kustannuksia lisäävät ja vähentävät tekijät eivät tulleet riittävästi esille. Rauduksen pienikokoiset taimet (tyyp-



Kuva 23. Taimien elossaolosadanneksen ja uudistumiskustannusten välinen regressio.
Fig. 23. Regression between the survival of the plants and the afforestation costs.

pi I) ovat luonnollisesti olleet halvempina edullisempia, missä niitä on voitu menestyksellä käyttää, joten isommat taimet (tyyppi III) eivät ole edustettuina tässä vertailussa. Niitähän on syytä käyttää vain tapauksissa joissa pienikokoisten taimien käytön epäillään syystä tai toisesta epäonnistuvan. Yhtään esimerkkiä vaihtoehtoisista maanmuokkauksesta ja pintakasvillisuuden torjunnasta eri tyyppeihin kuuluvilla rauduksen taimilla ei kustannusesimerkkeihin tullut, sillä Maalahdessa saatiin hyväksyttäviä tuloksia myös pienillä rauduksen taimilla ilmankin pintakasvillisuuden torjuntaa ja Rymättylässä taas pintakasvillisuuden torjunta oli kaikissa tapauksissa välttämättömyys rauduksen viljelyn onnistumiselle.

Viljelyn onnistumisen ja siihen uhrattujen kustannusten välisen riippuvuuden havainnollistamiseksi on kuvaan 23 koottu yhdistelmänä lasketut tulokset kaikista niistä viljelyketjuista, jotka antoivat vähintään 80 % taimien eloonjäämistuloksen (vrt. taul. 8 ja 9). Tätä huonomman tuloksen antaneet menetelmät katsottiin käytännössä täydennysistutusta vaativiksi ja siten kokonaiskustannuksiltaan niin kalliiksi, että niiden vertailu ei olisi tässä yhteydessä mielekästä. Istutustuloksen riippuvuus kustannuksista ei ole merkitsevä; ts. nyt käytettyjen menetelmien puitteissa eloonjäämistulosta ei voida parantaa lisäämällä kustannuksia vaativia ylimääräisiä toimenpiteitä. On kuitenkin varottava tulkitsemasta kuvan sanomaa sillä tavoin, että lisätoimenpiteet, esim. pintakasvillisuuden torjunta eivät parantaisi tulosta koko aineiston puitteissa. Nyt kokeiltujen menetelmien lisäksi saattaa myös olla toimenpiteitä, joita käyttäen pienellä lisäkustannuksella päästään suuriin eloonjäämishyötyihin. Kuitenkin kuvan 23 tarkastelu varmistaa edellä taulukossa 22 ja 23 esitettyjen, kustannuksiltaan halvempien, mutta vielä tulokseltaan vähintäin tyydyttävien metsitysmenetelmien edullisuuden kalliimpiin ja monimutkaisempiin menetelmiin verrattuina.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Viljelystä syystä tai toisesta hylätyt peltomaat vaihtelevat metsäpuiden menestymistä ajatellen yhtä paljon kuin metsämaatkin. Esim. kuivahkot hiekkapellot metsittyvät yleensä luontaisesti hyvin, ja arvokkaat puulajit, kuten mänty ja rauduskoivu muodostavat usein uuden metsikön pääosan. Toisaalta varsinkin kuivatuksen puutteesta kärsivät, nurmettuneet peltomaat metsittyvät luontaisesti perin hitaasti, ja syntyvät epätasaiset pensaikkometsät ovat lähes säännöllisesti ihmisen kannalta vähäarvoisten puulajien, kuten harmaalepän, pajun, haavan tai hieskoivun vallassa (esim. Kalela 1961). Tämän vuoksi maan valmistusta on pidetty lähes sääntönä pyrittäessä muuttamaan nurmettumaan päässeitä peltoja tuottaviksi metsiksi (esim. Bärring 1968, Margus 1970, Saikku 1970).

Metsänviljelyssä varsinkin aikaisemmin paljon käytettyä laikutusta on suositeltu käytettäväksi myös peltojen metsityksessä. Laikutuksen pääasiallinen vaikutus taimien menestymiseen perustuu lähes yksinomaan pintakasvillisuuden poistamiseen, vaikkei laikun teon ekologisia vaikutuksiakaan ole syytä täysin sivuuttaa (esim. Söderström 1959, Bärring 1965). Esim. Bärringin (1967) peltojenmetsityskokeissa laikutus paransi männyn ja kuusen taimien eloonjäämistä 11—13 % ja pituuskasvua n. 15 % muokkaamattomaan maahan verrattuna. Myös Haugbergin (1971) kokeissa nurmettuneilla peltomailla laikutus edisti selvästi sekä kuusen taimien eloonjäämistä että pituuskasvua.

Myös tässä tutkimuksessa laikutuksen vaikutus taimien menestymiseen osoittautui varsinkin Karttulan kivennäismaakoealoilla edulliseksi. Sen sijaan Karttulassa turvemaalle perustetuilla koealoilla taimien huono menestyminen ilmeni juuri laikutetuilla riveillä, missä taimien juuret joutuivat jo istuttaessa huomattavasti laikkua ympäröivän maanpinnan tason alapuolelle. Tällöin on laikuista kaikesta päättäen tullut syksyisin vesihautoja, joihin jääneet taimet ovat kuolleet. Täysin päinvastainen ilmiö, eli laikutuksen edullinen vaikutus taimien eloonjäämiseen oli havaittavissa Rymättylässä, jossa istutuskesän kuivuus oli vuorostaan verottanut esim. mätästyksen tuloksena syntyneiden kumpujen harjalle istutettuja taimia, mutta laikkuihin istutetut taimet olivat ilmeisesti saaneet riittävästi kosteutta.

Maan kynnön ja sitä seuraavan äestyksen, jyräyksen ym. tarkoituksena on tiiviin maan mekaaninen rikkominen hienommiksi osiksi ja maan kasvukunnolle edullisen ns. mururakenteen muodostumisen edistäminen (esim. Salonen 1963, Davies ym. 1972). Vanhan nurmettuneen pellon muokkauksen eräänä seurauksena typen mobilisaatio maassa kiihtyy, havupuiden neulasten typpipitoisuus kasvaa ja taimien kunto paranee (B ä r r i n g 1967). Rikkakasvien torjunnan kannalta täysmuokkaus on tehokas toimenpide, mutta juuririkkaruohot, ennen kaikkea juolavehnä leviävät voimakkaasti, kun niiden juuristot muokattaessa katkotaan (M u k u l a 1964, R a a t i k a i n e n ym. 1971). Tässä tutkimuksessa maan kyntö, täysmuokkaus ja näitä täydentävät menetelmät, kuten muokatun pinnan jyräys tai jyrsintä antoivat yleisesti ottaen kohtalaisen hyviä tuloksia. Karttulassa nämä maanmuokkausmenetelmät jopa osoittautuivat parhaiksi. Sitävastoin monta työvaihetta vaativat menetelmät olivat kustannuksiltaan sitä luokkaa, että ne tuskin osoittautuvat edullisemmiksi yksinkertaisempiin toimenpiteisiin verrattuna. Jos myyrävaara on suuri, täysmuokkaus ja maan pitäminen jatkuvasti kasvipeitteettömänä on tunnetusti eräs keino luoda pellosta sellainen biotooppi, jota myyrät eivät suosi ja jossa niiden aiheuttamat tuhotkin yleensä ovat vähäisiä (esim. N o t i n i 1964, B ä r r i n g 1967).

Pallekyntö, harjakyntö ja mätästys muistuttavat toisiaan siinä, että niitä käytettäessä taimet istutetaan kasvillisuudesta vapaalle pinnalle, joka on muokkaustoimenpitein saatettu ympäröivää maan pinnan tasoa ylemmäksi. Tällöin saavutetaan monia etuja varsinkin metsittäessä tiiviitä, hienorakeisia kivennäismaita tai veden vaivaamia turvemaita (esim. P a a v i l a i n e n 1970, M a n n e r k o s k i 1975). Maanpinnan pienetkin kohoutumat katsotaan tällaisilla mailla luonnon oloissakin hyviksi taimettumisalustoiksi. Varsinkin muokattuina ne ovat ympäröivän kasvipeitteen vallassa olevaa maata lämpimämpiä ja niiden ilmatilakin on taimien juurille otollisempi kuin tasamaalla (esim. L e i k o l a 1975, K a u p p i l a ja L ä h d e 1975). Ne yleisesti ottaen hyvät kokemukset mitä palteiden muodostamisesta metsämailla on saatu (esim. M ä l k ö n e n 1972, P o h t i l a 1974b, S ö d e r s t r ö m 1975), näkyvät myös tämän tutkimuksen koealoilla. Varsinkin Maalahdessa on paksun pallekynnön, harjakynnön ja myös mätästyksen avulla saatu hyviä tuloksia. Taimien eloonjääminen ei esim. Rymättylässä ole aivain yhtä runsasta, mikä viittaa selvästi palteiden ja mättäiden kuivumiseen poutakausien aikana (vrt. P o h t i l a 1974a ym.). Kun pallekyntö on jo työmenetelmänä halpa ja yksinkertainen, ja kun sen avulla on suopeltoja metsittäessä saatu erittäin hyviä tuloksia (mm. P a a v i l a i n e n 1970), se on tiiviiden, nurmettuneiden peltojen metsittämiseen kuitenkin kaikin puolin suositeltava maanmuokkausmenetelmä. Tämän tutkimuksen tulosten valossa yleinen sääntö, jonka mukaan auratuilla alueilla ja kuivilla mailla tulee istuttaa vaon pohjaan, keskikosteilla tasamailla ja veden vaivaamilla mailla palteen harjalle (esim. M a r g u s 1970, H a u g b e r g 1971, B e s t å n d s a n l ä g g n i n g 1975) näyttää pitävän paikkansa myös peltojen metsittämistä ajatellen. Palteiden jyrääminen tai rikkominen jyrsimällä ei aineiston valossa tunnu tarpeelliselta toimenpiteeltä, vaikka se voi metsämaassa usein olla hyväksi taimien ensi kehitykselle. Vaikka istuttamalla palteiden harjalle parannetaan varsinkin taimien juuristojen kasvuolosuhteita selvästi, taimien verso on jo lähtötilanteessa ympäröivää pintakasvillisuutta ylempänä, ja se joutuu siten alttiiksi erilaisille ilmastollisille tuhoille. Tämä koskee erityisesti kuusta, joka aukeilla mailla kasvaessaan on tunnetusti arka kevättalvista »ahavaa» ja hallan tuhoja vastaan. Sen sijaan varsinkin männylle ja rauduskoivulle palteiden tai mättäiden muodostamisesta on etua niiden kamppailussa pintakasvillisuutta vastaan (Bärring 1967).

Metsäpuiden eri istutusmenetelmiä on tutkittu jo varsin kauan, mutta täysin kiistatonta vastausta kysymykseen ei ole saatu. Vaikka suurin osa eri istutusmenetelmiä kokeilleista tutkijoista on päätynyt tulokseen, ettei menetelmän valinnalla juuri ole suurtakaan vaikutusta istutustaimien menestymiseen, yhä uudelleen on nostettu esiin kysymys virheellisen istutuksen vaikutuksesta varsinkin männyn taimien juuriston kehitykseen (esim. Wibeck 1923, Lähde ja Siltanen 1973, Bergman ja Häggström 1973). Tätä tutkimusta suunniteltaessa omaksuttiin mm. Bärringin (1967) ja Huurin (1972) laajaan koemateriaaliin perustuva käsitys, että tämä näkökohta ei ole olennainen varsinkaan muokattuja peltoja metsitettäessä (myös Haugberg 1971). Näin ollen kaikki käsittelyt on istutettu kourukuokalla samaa menetelmää käyttäen. Myöskään istutettujen taimien juuriston kehitystä ei ole inventointien yhteydessä analysoitu, joten tämä mielenkiintoinen seikka jää tältä osin myöhempien selvitysten varaan.

Taimien jälkihuoltotoimenpiteenä on joskus suositeltu lannoitusta, ja varsinkin turvemailla tästä toimenpiteestä on ollut selvästi hyötyä (esim. Meshechok 1967). Aikaisemmat kokemukset niin kangasmaiden kuin suopellolle ja vanhoille niityille perustettujen taimistojen lannoituskokeista puhuvat kuitenkin selvästi istutuslannoituksen käyttöä vastaan (esim. Viro 1966, Paavilainen 1970, Leikola ja Rikala 1974). Kun tämän tutkimuksen koealoilla ravinneanalyysin mukaan kaikkia pääravinteita oli riittävästi, ei lannoitusta kokeiltu, eikä tätä toimenpidettä peltojen metsityksessä yleisemminkään ole syytä käyttää.

Pintakasvillisuuden torjuntatoimenpiteet antoivat yleisesti ottaen ennakko-odotuksia vaihtelevampia tuloksia. Mänty ja rauduskoivu hyötyivät kyllä selvästi torjunnasta, mutta kuusen osalta käsittelyn edullinen vaikutus näkyi selvästi vain muutamassa tapauksessa. Jos maata ei ole muokattu tai muokkaus on ollut tehotonta, on luonnollista, että pintakasvillisuuden torjunnan merkitys taimien menestymiselle on suurempi kuin milloin pintakasvillisuus on kyetty pitämään yksin maanmuokkauksen avulla kohtuullisena. Kuitenkin on todettava, että heinimisen ja herbisidikäsittelyn vaikutus ei ollut niin myönteisen johdonmukainen kuin esim. Bärringin (1967) ja Haugbergin (1971) kokeissa, vaan vaihtelu oli suurta. Paitsi istutusta parantavia, myös huonontavia esimerkkejä oli runsaasti. Missä määrin tulokseen ovat vaikuttaneet torjuntatoimenpiteissä tehdyt mahdolliset virheet, sääsuhteet tms. tekijät, on vaikeata päätellä.

Taimen koon vaikutuksesta istutustulokseen on yleensä oltu melko yksimielisiä. Milloin pintakasvillisuuden kilpailu on vakava, isokokoiset ja vankat taimet ovat yleensä menestyneet paremmin kuin pienikokoiset ja hennot taimet (katsaukset esim. Schmidt-Vogt ja Gürth 1969, Gürth 1970 ja Schmidt-Vogt 1974). Toisaalta taas kustannussyyt ovat usein johtaneet halpojen ja pienikokoisten taimien suosimiseen. Se, että isokokoiset rauduksen taimet säilyivät Maalahdessa yleisesti ottaen paremmin elossa kuin pienikokoiset taimet, onkin täysin odotusten mukaista. Sen sijaan Rymättylässä pienikokoisten taimien isokokoisia parempi elossapysyminen ei ole yleisesti kokeissa saatujen tulosten mukaista (vrt. esim. Heikinheimo 1941, Bärring 1967, Raulo 1973). Eräs mahdollinen selitys on, että isokokoiset taimet ovat kärsineet enemmän kuin pienet taimet varastoinnin, kuljetuksen ja istutusta seuraavien poutakausien aikana, ja tämä on aiheuttanut huonon tuloksen. Taimien alkupituus korostui sen sijaan selvästi verson pituudessa vielä inventointihetkelläkin. Onkin osoitettu, että istutuksen aikainen pituusero tasaan tuu vasta, kun taimet ovat noin kymmenvuotisia tai vieläkin vanhempia (Schmidt-Vogt ja Gürth 1969).

Metsänviljelyä ajatellen Suomen eteläpuoliskossakin esiintyy huomattavaa ilmastollista vaihtelua. Suomenlahden ja Pohjanlahden rannikkoseudut, joita Maalahden ja Rymättylän koealueet edustavat, poikkeavat selvästi mantereisemmasta sisämaasta, jota Karttulan koealue edustaa. Meren läheisyys tasaa yleisesti vuodenaikojen vaihtelua, pitää sään viileänä keväällä ja viivyttää talven tuloa syksyllä. Varsinkin Lounais-Suomelle ja Pohjanmaan rannikkoalueille ovat alkukesällä sattuvat pitkät poutakaudet tyypillisiä. Näiden seurauksena koko kesäajan sademäärä on rannikolla noin 30 % alhaisempi kuin sisämaassa (esim. Kolkki 1969). Alkukesän kuivuus näkyykin selvänä Rymättylän koealueen tuloksissa. Tämän vuoksi olisikin rannikolla syytä pidättäytyä sellaisista maanmuokkausmenetelmistä, joissa taimet tulevat liian korkealle ympäröivän maan pinnan tasolta. Kuivuus voi tulla taimille kohtalokkaaksi juuri kun niiden vedenottokyky istutuksen jälkeen muutoinkin on heikoimmillaan. Tästä huolimatta tulisi huolehtia siitä, että mailla, joissa seisova pohjavesi on lähellä maan pintaa, huolehditaan peruskuivatuksesta varsinkin jos alue aiotaan viljellä rauduskoivulle (vrt. Raulo 1973). Istutus riittävän aikaisin keväällä, fysiologisesti hyväkuntoisen taimimateriaalin käyttö ja kunnollinen istutus- sekä jälkihoitotyö edesauttavat metsänviljelyn onnistumista myös metsittämisen kannalta ongelmallisilla rannikkoseuduilla.

On ilman muuta selvää, että niin kallis toimenpide kuin pellon metsittäminen on maanomistajalle melko huomattava pääomasijoitus, joka suoritetaan asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Jos oletetaan, että metsittämispäätöstä ohjaavat liiketaloudelliset vaikuttimet (mikä ei tietenkään läheskään aina pidä paikkaansa), ei ole syytä pysähtyä tarkastelemaan yksinomaan niitä kustannuksia, joiden avulla nuori metsikkö on saatu aikaan (esim. Ahonen 1957). Kun voidaan olettaa, että pellon metsitys tehdään tulevien hakkuutulojen odotuksessa, yleinen liikelaskennallinen periaate on, että näitä tulevaisuudessa saatavia tuottoja (tuloja) verrataan toimenpiteeseen uhrattaviin kustannuksiin (menoihin) ja valitaan se vaihtoehto, joka osoittautuu edullisimmaksi. Tämä vaatii kuitenkin melko tarkkoja tietoja odotettavissa olevista hakkuutuloista, joiden arviointi vaatii edelleen tuekseen paitsi hintatietoja, myös luotettavia arvioita kohteina olevien metsiköiden kasvusta ja tuotoksesta. Laskelmat ulottuvat helposti koko kiertoaikaa koskeviksi ennusteiksi, koskapa tulevaisuudessa saatava päätehakkuutulo muodostaa olennaisen pohjan kaikelle metsikön kasvatuksen edullisuusvertailulle (esim. Metsänviljelykustannusten .... 1971).

Metodisen esimerkin edellä hahmotellun edullisuusvertailun suorittamisesta tarjoaa Keltikankaan ja Tiililän (1968) koivun ja kuusen edullisuusjärjestyksen tarkastelu, jossa keskitytään käenkaali-mustikkatyypin metsämaille. Kuitenkin kirjoittajat toteavat lopputuloksena, että käytettävissä olevien kasvu- ja rakennesarjojen perusteella ei ollut mahdollista laatia taloudellisia vertailuja, jotka riittävän selvästi osoittaisivat edes käytetyssä esimerkkitapauksessa eri puulajien edullisuusjärjestystä. Kun metsäpuiden kasvusta entisillä pelloilla ei ole niinkään paljon tietoa kuin niiden kasvusta ja tuotoksesta metsämaalla, on tässä yhteydessä jouduttu luopumaan täydellisen edullisuusvertailun laatimisesta käytettyjen puulajien ja metsitysmenetelmien kesken. On perin vaikeata ennustaa, miten eri tavoin muokattuun maahan istutetut taimet menestyvät tulevaisuudessa, eikä edellä esitellyn aineiston pohjalta tätä tavoitetta myöhemminkään voida saavuttaa jo yksin koeruutujen pienen koon tähden.

Koemielessä otettiin tarkasteltavaksi Keltikankaan ja Tiililän (em. teos, kuvat 4 ja 10) laskelma peltomaalle istutetun rauduskoivun ja kuusen viljelyn edullisuutta kuvaava isokvantti (hintasuhdeyhdistelmä, jonka vallitessa em. puulajien viljely on yhtä edullista). Kun odotettavissa olevat diskontatut hakkuutulot hinnoitettiin kevään 1975 keskimääräistä tasoa edustavilla yksikköhinnoilla, saatiin tulokseksi, että rauduskoivun viljely oli pellolle selvästi edullisempaa kuin kuusen viljely. Tässä yhteydessä on kuitenkin painotettava niitä lukuisia epävarmuustekijöitä, joita laskelmaan ja sen perusteisiin sisältyy. Esim. koivikon ja kuusikon metsittämiskustannuksien välisen suhteen Keltikangas ja Tiililä (em. teos, siv. 41—43) saavat 1.17:ksi, kun se tämän tutkimuksen mukaan vaihteli 1.66 ja 2.22 välillä (taul. 22—23). Tulos ilmentää osaltaan tuolloin vallinnutta käsitystä rauduskoivun viljelyn helppoudesta.

Rauduskoivun havupuita tunnetusti nopeampi alkukehitys on kuitenkin tekijä, joka tuo odotettavissa olevat ensimmäiset harvennushakkuut hyvin lähelle metsikön perustamisaikaa, ja hyvillä peltomailla on mahdollista edellyttää rauduskoivua kasvatettavan paperipuumittaan noin 15 vuoden kiertoaikaa käyttäen. Suuntaa antavina lukuina kannattaa mainita, että Raulon mittaamat hyvälle peltomaalle istutetut rauduskoivikot olivat 15 vuoden ikäisenä 11.4 m mittaisia ja antoivat tuolloin ensimmäisenä harvennuspoistumana jo 40 p-m^3 paperipuuta (Keltikangas ja Tiililä 1968).

Hyville pelloille tai OMaT-metsämaille viljellyt kuusikot olivat samanikäisinä keskimäärin vain 5.2 m mittaisia ja niiden kokonaiskuutiomäärä oli vain 17 k-m^3 (Cajander 1933). Männyn tuotoksesta vanhoilla peltomailla on vähemmän tietoja käytettävissä. Jos rinnastaisimmekin sen kasvun peltomaalla kuusen kasvuun käyttäen eri metsätyyppien pohjalle laadittuja kasvu- ja tuotostaulukoita, on muistettava, että näiden puulajien kehitys savisilla peltomailla voi poiketa toisistaan, kuten tiedämme esim. savipohjaisilla talvikkityypin metsämailla olevan asian laita (Kalela 1939). Eestiläisten peltojenmetsitystutkimusten mukaan hyvälle peltomaalle perustetut männiköt ovat 30-vuotiaina olleet keskimäärin 14.5 m pitkiä ja kokonaiskuutiomäärältään 250 k-m^3/ha. Tuotos on samaa suuruusluokkaa kuin eestiläisten käenkaalityypin viljelymänniköiden (Muiste 1970).

6. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää eri maanmuokkausmenetelmien ja pintakasvillisuuden torjuntakeinojen vaikutusta männyn, kuusen ja rauduskoivun istutustaimien alkukehitykseen nurmettuneilla pelloilla. Vuosina 1970—1972 perustettiin kolmelle paikkakunnalle, Karttulaan, Maalahteen ja Rymättylään yhteensä kymmenen koealaa erilaisille maalajeille. Kokeitavia maanmuokkausmenetelmiä oli yhteensä yksitoista ja pintakasvillisuuden torjuntamenetelmiä oli eri asteisina yhteensä viisi. Osalla koealoja vertailtiin männyn ja kuusen paljasjuurisia ja rullataimia sekä rauduskoivun pienikokoisia (tyyppi I) ja suurikokoisia (tyyppi III) taimia.

Tutkimuksen päätulokset, jotka perustuvat taimien vuosittaisiin inventoihin, olivat seuraavat:

Taimien eloonjääminen. Karttulassa männyn istutus onnistui vain, kun tehokkaaseen maanmuokkaukseen yhdistettiin tehokas pintakasvillisuuden torjunta. Kun käytettiin lievää pintakasvillisuuden torjuntaa, vain pallekyntö tuotti kivennäismailla onnistuneen tuloksen. Kun maa muokattiin tehokkaasti, kuusten istutus onnistui ilmankin pintakasvillisuuden torjuntaa. Rauduskoivun viljely vaati onnistuakseen tehokkaan muokkauksen ja voimakkaan pintakasvillisuuden torjunnan. Maalahdessa pallekyntö ja mätästys antoivat männyllä hyvän eloonjäämistuloksen, mikä toistui myös kuusen viljelyssä. Pienikokoisia rauduksen taimia käytettäessä tehokas maanmuokkaus oli tarpeen, mutta käytettäessä isoja taimia vähemmän tehokkaatkin menetelmät antoivat tyydyttävän tuloksen. Rymättylässä männyn ja kuusen istutuksessa parhaaksi maanmuokkausmenetelmäksi osoittautuivat harjakyntö tai täysmuokkaus. Rauduskoivun pienet taimet menestyivät hyvin käytettäessä em. maanmuokkausmenetelmiä ja tehokasta pintakasvillisuuden torjuntaa, kun taas isokokoiset rauduksen taimet menestyivät vain käytettäessä täysmuokkausta tai pallekyntöä sekä heinimistä.

Taimien pituuskehitys. Karttulassa tehokas maanmuokkaus yhdistettynä voimakkaaseen pintakasvillisuuden torjuntaan tuotti kaikilla puulajeilla parhaan pituuskasvutuloksen. Maalahdessa täysmuokkaus sekä paksu pallekyntö tuottivat männyllä parhaan pituuskasvutuloksen. Kuusen ja rauduskoivun pituuskasvun parhaat tulokset saatiin käyttämällä paksua pallekyntöä, harjakyntöä sekä pintakasvillisuuden torjuntaa. Rymättylässä taimien pituuskasvu oli hieman heikompaa kuin Maalahdessa, mutta eri maanmuokkausmenetelmien edullisuusjärjestys oli suunnilleen sama.

Kaikilla koealoilla taimien jakaantuminen *kuntoluokkiin* noudatti eri käsittelyjen tuottamia eloonjäämistuloksia. Mitä enemmän jossakin käsittelyssä esiintyi kuolleita taimia, sitä huonokuntoisempia myös jäljellä olevat taimet keskimäärin olivat.

Tuhonaiheuttajista yleisimmäksi todettiin v. 1973 männyn osalta pintakasvillisuus, kuusen osalta kevätahava ja rauduskoivun osalta vesimyyrä. Aikaisemmin suoritetut inventoinnit osoittivat pintakasvillisuuden vaivanneen rauduskoivun taimia istutuksen jälkeisinä vuosina.

Verrattaessa toisiinsa hyvän eloonjäämistuloksen antaneita menetelmiä *kustannuksiltaan* halvimmaksi osoittautuivat männyn osalta maan jättäminen muokkaamatta tai pallekyntö, kuusen osalta kyntö tai pallekyntö ja rauduskoivun osalta täysmuokkaus, harjakyntö ja paksu pallekyntö. Rauduskoivun viljely oli kustannuksiltaan kalliimpaa kuin havupuiden viljely. Tätä korvaa kuitenkin jossakin määrin rauduksen nopea alkukehitys, joka takaa myyntikelpoista puuta aikaisemmin kuin havupuun taimistoista.

7. KIRJALLISUUS

A h l b ä c k, A. 1969. Om beskogning av nedlagd jordbruksmark. Sverig. Skogsvårdsförb. Tidskr. 67: 617—658.

A h o n e n, L. 1957. Metsän raha-arvon määrittäminen. Kirjassa: Jalava, M. ym. (toim.). Metsäkäsikirja 2: 191—204. Helsinki.

A p p e l r o t h, S.-E. 1969. Työtavat pellon metsityksessä. Metsälehti 36(35): 4.

» 1970. Koneellinen peltojen metsitys — halvempi ja helpompi ratkaisu. Metsälehti 37(24): 7.

» & P. Harstela. 1970. Tutkimuksia metsänviljelytyöstä l. Kourukuokka, kenttälapio, taimivakka, taimilaukku sekä istutuskoneet Heger ja LMD-1 istutettaessa kuusta peltoon. Summary: Studies on afforestation work 1. The use of semicircular hoe, the field spade, plant basket, plant bag, and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields. Folia Forest. 85.

B e r g m a n, F. & B. H ä g g s t r ö m. 1973. Några faktorer av betydelse vid skogsplantering med rotade plantor. Summary: Some important facts considering planting with rooted forest plants. Sverig. Skogsvårdsförb. Tidskr. 72: 565—578.

Beståndsanläggning. 1975. Skogsstyrelsen, Stockholm, 406 s.

B r a a t h e, P. 1950. Granans veksthemming på lyngmark. Tidskr. f. Skogbr. 58: 425.

B r a n t s e g, A. 1954. Planting på lyngmark på Vestlandet. Skogbrukeren 29: 161—168.

B ä r r i n g, U. 1965a. Om användning av herbisider vid åkerplantering. Inst. f. Skogsföryngr., Skogshögskolan, Rapp. och Upps. 6.

» 1965b. Om fläckupptagningens betydelse och några andra problem vid plantering av tall och gran. Summary: On the importance of scalping and some other problems connected with planting of *Pinus silvestris* L. and *Picea abies* Karst. Studia Forest. Suec. 24.

» 1967. Studier av metoder för plantering av gran och tall på åkermark i södra och mellersta Sverige. Summary: Studies of methods employed in the planting of *Picea abies* (L.) H. Karst. and *Pinus silvestris* L. on farm land in Southern and Central Sweden. Stud. Forest. Suec. 50.

» 1968. Om plantering på åkermark. Sverig. Skogsvårdsförb. Tidskr. 66(2): 159—174.

C a l l i n, G. 1962. Tidsåtgången vid plantering på nedlagda åkrar och betesmarker. Skogen 49: 157—160.

C a j a n d e r (Kalela), E. K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehityksestä. Refer.: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 19.3.

D a v i e s, B., D. E a g l e & B. F i n n e y. 1972. Soil Management. Farming Press, Ipswich, Suffolk, 254 s.

E r v a s t i, S., L. H e i k i n h e i m o, K. K u u s e l a & V. M ä k i n e n. 1970. Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015. Folia Forest. 88.

F r a n s s i l a, M. 1949. Mikroilmasto-oppi. Otava. Helsinki, 257 s.

G ü r t h, P. 1970. Forstpflanzen und Kulturerfolg — eine Literaturübersicht. Summary: Plants and planting success — a literature review. Allg. Forst- u. Jagtzeit. 141: 97—104.

H a k k i l a, P. 1973. Lyhytkiertometsätalous on ajankohtainen tutkimuskohde. Metsä ja Puu 90 (11): 4—6.

H a l o n e n, R. & T. J u u s e l a. 1957. Suomen peltojen maalajit, muokkauskerroksen syvyys ja maan happamuus. Summary: The soil types of the fields in Finland, the depth of the tilled layer, and the acidity of the soil. Maataloustiet. Aikakausk. 29: 150—166.

H a u g b e r g, M. 1971. Planting av gran på grasbundet mark. Summary: Planting experiments with Norway spruce on grass-covered land. Medd Norske Skogforsøksv. 29: 293—460.

H e i k i n h e i m o. O. 1941. Metsänistutusmenetelmistä. Refer.: Versuche mit Waldbaulichen Pflanzmethoden. Commun. Inst. For. Fenn. 294.

» 1955. Vesijaon kokeilualueen vaiheita. Referat: Aus der Geschichte des Versuchsforstes Vesijako. Commun. Inst. For. Fenn. 46.2.

H o l o p a i n e n, V. 1970. Vastuun metsäpolitiikka. Kirjayhtymä, Helsinki, 160 s.

H u u r i, O. 1972. Istutuksen suoritustavan vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen Summary: The effect of deviating planting techniques on initial development of seedlings of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For Fenn. 75.6.

K a l e l a, E. K. 1939 Mänty- ja kuusivaltapuiden kasvusta talvikkityypillä. Referat: Über den Zuwachs der herschenden Kiefern und Fichten auf Pyrolatyp. Commun. Inst. For. Fenn. 27.6.

» 1961. Über die naturliche Bewaldung der Kulturböden in sog. Porkkala-Pachgebiet. Seloste: Viljelysmaiden luontaisesta metsittymisestä ns. Porkkalan vuokra-alueella. Acta Forest. Fenn. 74.2.

K a r l s s o n, K. & J. P ä i v ä n e n. 1963. Taimien selviytyminen pintakasvillisuudesta ja muista aukean alan vaikeuksista entisiä peltoja metsitettäessä. Konekirj. Helsingin yliop. metsänhoitot. lait. 60 s.

Kasvinsuojeluaineet. 1969. Julk. Rikkihappo Oy, 60 s.

K a u p p i l a, A. & E. L ä h d e. 1975. Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa. Summary: On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. Folia Forest. 230.

K e l t i k a n g a s, M. & P. T i i l i l ä. 1968. Koivun ja kuusen istutuksen keskinäinen edullisuusjärjestys käenkaali-mustikkatyypin metsämailla. Summary: The economic sequence of common birch (*Betula verrucosa*) and Norway spruce (*Picea abies*) when planting *Oxalis-Myrtillus* type forest land. Acta Forest. Fenn. 82.5.

K o l k k i, O. 1969. Katsaus Suomen ilmastoon. Ilmat. lait. tiedonant. 18, 64 s.

L a l l u k k a, R. ja P. B o r g. 1965. Rikkaruohojen torjunta ja ruohottumisen estäminen viljelemättömillä paikoilla. Maatal. ja Koetoim. 19: 172—183.

L e i k o l a, M. 1970. Metsäpuiden viljely pelloilla. Suomen Säästöpankkiliit. 16. metsäpäivät 17.—19. 8. 1970. Moniste, 5 s.

» 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in northern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 84.2.

L e i k o l a, M. ja P. P y l k k ö. 1969. Verhopuuston tiheyden vaikutus metsikön minimilämpötiloihin hallaöinä. Summary: On the influence of stand density on the minimum temperatures during frost nights. Silva Fenn. 3: 20—32.

» ja J. R a u l o. 1973. Pellolle istutettujen männyn, kuusen ja rauduksen taimien alkukehityksestä. Metsäntutkimusl., metsänviljelyn koeas. tiedonant. 8.

» ja R. R i k a l a. 1974. Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla. Summary: The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. Folia Forest. 201.

L e p i s t ö, M. 1970. Haavan käyttö peltojen metsityksessä. Metsälehti 37(5): 6.

Low, A. J. & R. M. Brown. 1972. Production and use of ball-rooted planting stock in Sweden and Finland. For. Comm., Res. Dev. Pap. 87.

Lähde, E. & S. Siltanen. 1973. Männyn taimien kunto ja juuriston rakenne Pohjois-Suomessa. Summary: The structure of the root system and the condition of the pine (*Pinus silvestris* L.) seedlings in northern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 78.7.

Magnuson, E. 1957. Åkerplantering. Några erfarenheter av två olika planteringsmetoder. Skogsägaren 33: 136—137.

Mannerkoski, H. 1975. Vanhan ojitusalueen uudistaminen mätästysmenetelmällä. Summary: Hummock-building method in reforestation of an old drainage area. Suo 26: 65—68.

Margus, M. 1955. Pöllumajandusele kölbmatute alade metsastamine Eesti NSV-s. Loodusuurijate Seltsi Aastaraamat 48: 299—311.

» 1957. Pöllumajanduslikult vähetootlike maade metsastamine Kagu-Eestis. Metsänduslikud Uurimused 1.

» 1970. Maataloudellisesti vähätuottoisten ja maatalouteen sopimattomien maiden metsittämistavoista Eestissä. KML Tapion peltojen metsitysseminaari 4.—7. 5. 1970 Eestissä. Moniste, 9 s.

Mera III. Metsätalouden rahoitusohjelma. 1969. Summary: Mera III, Forest Financing Committee. Metsätiedotustoimisto, 64 s.

Meshechok, B. 1967. Om startgjødsling ved skogkultur på myr. Summary: Initial fertilization when afforestating open swamps. Medd. Norske Skogforsøksv. 87.

Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietintö. 1971. Report of the committee on the costs of forest planting and seeding. Folia Forest. 109.

Mietola, T. 1975. Peltoa ei kannata jättää heitteille. Teoll. Metsäv. 1975 (4): 11—14.

Miettinen, R. & E. Reinius. 1964. Entiselle pellolle istutettujen männyn taimien kehityksestä. Konekirj. Helsingin yliop. metsänhoitotiet. lait., 44 s.

Muiste, L. 1970. Maatalousmaille perustettujen männiköiden ja kuusikoiden tuottavuudesta ja terveydentilasta. KML Tapion peltojen metsitysseminaari 4.—7. 5. 1970 Eestissä. Moniste, 5 s.

Mukula, J. 1964. Rikkaruohot ja niiden torjunta. Kirjayhtymä, Helsinki. 140 s.

Mukula, J. & E. Ruutunen. 1969. Chemical weed control in Finland in 1887—1965. Selostus: Rikkakasvien kemiallinen torjunta Suomessa 1887—1965. Ann. Agric. Fenn. 8.1.

Mälkönen, E. 1972. Näkökohtia metsämaan muokkauksesta. Summary: Some aspects concerning cultivation of forest soil. Folia Forest. 137.

Notini, G. 1964. Undersökningar över sorkskador på barrträdsplantor i Syd- och Mellansverige. Referat: Untersuchungen über Erdmausschäden an Nadelholzpflanzen in Süd- und Mittelschweden. Stud. Forest. Suecic. 22.

Numminen, J. 1970. Pellonraivaussopimusten alaisten peltojen metsitys. Summary: Afforestation of agricultural land under soil bank contracts. Silva Fenn. 4: 245—265.

Oksbjerg, E. 1959. Plantering på gräs- och lövslyrrika marker. Skogsägaren 35: 316—319.

Paavilainen. E. 1970. Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä. Summary: Experimental results of the afforestation of swampy fields. Folia Forest. 77.

Penttilä, S. & J. Hämäläinen, 1975. Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972. Summary: Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. Folia Forest. 221.

Pohtila, E. 1974a. Tuloksia metsänviljelyn runkotutkimuksesta. Metsäntutkimuslaitos, Rovan. tutk. as. tiedonant. 6: 28—41.

» 1974 b. Tutkimuksia aurattujen alueiden metsänviljelymenetelmistä Koillis-Suomessa 2. Aurauksen ja kulotuksen vaikutus männynviljelyn onnistumiseen vuosina 1968—70 perustetussa kokeessa. Helsingin yliop. metsänhoitot. lait. tiedonant. 11.

Raatikainen, M, T. Raatikainen & A. Tinnilä. 1971. Rikkakasvit ja niiden torjunta. Kasvinsuojeluseur. Julk. 46.

R a u l o, J. 1970. Pellolla viljeltävän puulajin valinta 1—2. Metsälehti 37(21): 5 ja (22): 7.

» 1973. Rauduskoivun viljelyketju. Julk. Suomen Vaneriyhdistys, Helsinki, 24 s.

» & T. H i n t t a l a. 1972. Taimilajien merkitsemisestä. Metsä ja Puu 89(5): 31.

R u m m u k a i n e n, U. 1972. Vesakontorjunta-aineiden ja rikkakasvinhävitteiden käytöstä metsänviljelyaloilla Suomessa vuosina 1969—70. Summary: On the use of brush and weed killers on forest regeneration sites in Finland in 1969—70. Folia Forest. 136.

» 1970. Herbisidien käyttö peltojen metsityksen yhteydessä. Metsälehti 37 (38): 4.

R ä s ä n e n, P. K. 1970. Nostoajankohdan, pakkaustavan, varastointiajan pituuden ja kastelun vaikutuksesta männyn taimien kehitykseen. Summary: The effect of lifting date, packing, storing and watering on the field survival and growth of Scots pine seedlings. Acta Forest. Fenn. 112.

» 1973. Metsänuudistamistöiden ajanmenekki ja kustannukset. Helsingin yliop. metsänhoitot. lait. tiedonant. 10.

S a i k k u, J. 1970. Pellon metsityksen tekniikkaa. Metsälehti 37(19): 5.

S a l o n e n, M. 1962. Maan muokkaus. Kirjassa: Majaniemi, I (toim.) Maanviljelijän tietokirja I. ss. 229—275. WSOY. Porvoo-Helsinki, 759 s.

S a r v a s, R. 1966. Metsäpuiden kehityksen vuotuinen periodi. Suomal. tiedeakat., Esit. ja pöytäk. 1965: 239—259.

S c h m i d t-V o g t, H. 1974. Planting material. IUFRO joint. meet. Div. 1; 3. »Symposium Stand Establishment» ss. 70—90.

» & P. G ü r t h. 1969. Eigenschaften von Forstpflanzen und Kulturerfolg. I. Anpflanzungsversuche mit Fichten und Kieferpflanzen verschiedener Grössen und Durchmesser. Summary: Characteristic of forest plants and success of forest plantations. Allg. Forst- u. Jagtzeit. 140: 132—142.

S e l a n d e r, J. 1971. Metsitettävien peltojen rikkakasvien torjunnasta. Metsälehti 38(3): 4.

S e l b y, A. 1975. Afforestation of fields in Finland: Agricultural background and recent achievment. Seloste: Peltojen metsitys Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 82.4.

S ö d e r s t r ö m, V. 1959. Några orienterande studier angående marktemperatur och barrträdsplantors rottillväxt i plantrutor och under hyggesvegetation. 1—2. Sverig. Skogsvårdsfören. Tidskr. 57: 171—198; 281—302.

» 1975. Ekologiska verkningar av hyggesplogning. Summary: Ecological effects of ploughing mineral soil before planting on clear felled areas. Sverig. Skogsvårdsförb. Tidskr. 73: 443—472.

T a p a n i, R. 1971. Pellolle istutettujen männyn, kuusen ja rauduskoivun alkukehityksestä. Ennakkotuloksia eräästä Pohjois-Savossa suoritetusta kokeesta. Konekirj. Helsingin yliop. metsänhoitotiet. lait., 111 s.

T e i v a i n e n, T. & A. K a i k u s a l o. 1973. Myyrät mellastavat taimistoissa. Metsä ja Puu 90 (12): 26—28.

U r v a s, L. & R. E r v i ö. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Summary: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. Maataloustiet. Aikakausk. 46: 307—319.

V i r o, P. J. 1966. Kangasmaan taimiston lannoitus. Summary: Manuring of young plantations. Commun. Inst. For. Fenn. 61.4.

» 1969. Prescribed burning in forestry. Commun. Inst. For. Fenn. 67.7.

Y l i-V a k k u r i, P., P. R ä s ä n e n & A. H i l l i. 1968. Taimien talvivarastoinnista ja sen vaikutuksesta männyn taimien istutuskelpoisuuteen. Summary: Overwinter cold-storage and its effect on the field survival and growth of planted Scots pine. Acta Forest. Fenn. 88.

SUMMARY

Introduction

In Finland the afforestation of fields attained current interest as regards economic policy at the end of the 1960's. A number of programmes carried out at the national level were intended to restrict overproduction in agriculture and also to satisfy the grow ing requirements of the forest industry for raw material (Survey e.g. S e l b y 1975). In 1969—1973 under the jurisdiction of the Forest Improvement Act (Law 425/1969) and the Field Reservation Act (Law 216/1969) altogether 44 000 ha were afforested, including 36 500 ha of cultivated fields. In addition, sources other than state supplied funds were used for the afforestation of 2 100 ha of fields during this period.

Since an ordinary reforestation area differs a great deal from a field which is to be affor ested, and as there existed no available recommendations available for the afforestation of fields, the Department of Silviculture, Finnish Forest Research Institute, began in 1969 to investigate the biological aspects of this problem as well as the suitability of various afforestation methods. The present publication presents the results from an experiment, the purpose of which was to study how different soil tilling and weed control methods affect the initial development of Scots pine (*Pinus silvestris* L.), Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), and silver birch (*Betula verrucosa* Ehrh.) transplants in fields previously used for growing hay.

Material and Methods

Three locations were chosen for the experiments: in 1970 at Karttula (62°52′N, 27°10′E, 98 m a.s.l.) (Karttula experimental area), in 1971 at Maalahti (62°52′N, 21°33′E, 15 m a.s.l.) and at Rymättylä 60°22′N, 21°59′E, 10 m a.s.l.) (the experimental areas of Maalahti and Rymättylä, respectively) (Fig. 1). In the Karttula experimental area, five plots were chosen on a large field designated for afforestation. Two plots (No. 1 and 3) were on organic soil and three (No. 2, 4, and 5) on mineral soil. For several years the field had been used for growing hay. Three plots in all were set up in the Maalahti experimental area and two plots in the Rymättylä experimental area. Maalahti was previously used for growing hay and Rymättylä for growing white clover.

The experimental design for each of the plots was as follows: first the plots were divided into three blocks, different tree species being grown on each of them. Each block representing a different tree species was then divided into rows which were treated with different kinds of tilling. Each tilling treatment (one row) was replicated in each block 3—5 times in a randomized order (Fig. 2).

The rows were subdivided for weed control as follows: at Karttula each row was first divided into two equal halves for manual weeding and herbicide treatments. Each half row was further split up into three subplots according to the intensity of the treatment. Each subplot consisted of five plants, each row thus consisting of $2 \times 3 \times 5 = 30$ plants. At Maalahti and Rymättylä each row was first divided into two and the randomly selected half rows were arranged so that comparisons could be made between the various kinds of conifer transplants and the various kinds and size classes of silver birch transplants, Each half row was further randomly divided into three subplots according to the method used for weed control. Each subplot had six transplants and each row contained $2 \times 3 \times 6 = 36$ transplants. The design of the plots was hiererchical, based on the so-called split-plot princilpe. Each soil tilling method (a row) represented a main treatment in the experiment. It was further divided into subtreatments according to the type (or size class) of the transplants and the method used for weed control. Table 1 shows the tree species, soil tilling methods, weed control measures, the number of replicated rows and planted seedlings as they occur in each experimental plot. More detailed information about the treatments are presented later.

The soil at the plots. In June 1970 soil samples were taken from the surface of the plots at Karttula for chemical and mechanical soil analyses. Further sampling occurred the next year at plots 1 and 2. Three soil samples from each plot and block were combined and sent to Viljavuuspalvelu Oy (a soil testing service), where the samples were analyzed. The results from mechanical soil analyses are shown in Table 2. The results refer to plots 2, 4, and 5 on mineral soil. Samples from plots 1 and 3 had such a high organic matter content that mechanical analyses were not carried out. Table 3 shows the results of soil chemical analyses. Calcium, phosphorus, and potassium were analyzed with ammonium acetate (pH 4.65) and total nitrogen by the Kjeldahl method. In Karttula the calcium content, in particular, was remarkably high, about 10—40 times higher than that of ordinary forest soil (for the average nutrient content of Finnish forest soil see e.g. Viro 1969, and Urvas & Erviö 1975). The potassium content of the plots at Karttula was about 1—3 times higher than that of forest soil and the soluble phoshorous content about the same or slightly higher. The soil nitrogen content of the plots also exceeded that of forest soil.

In June 1971 soil samples were taken in the Maalahti and Rymättylä experimental areas (Tables 2 and 3). At Maalahti the soil surface in plot 1 had an organic layer about 10—12 cm thick with an underlying compact clay layer. Similarly, the surface soil of plots 2 and 3 contained plenty of organic matter, which had, as a result of previous agricultural cultivation, been mixed with the underlying clay. The surface soil in the Rymättylä plots was mainly clay like at Maalahti, although coarse particles, coarse and fine sand, could be found more frequently, especially in plot 2. The subsoil of both experimental plots was compact clay.

At Maalahti and Rymättylä the soil acidity of the plots was favourable for growing trees (Table 3). It was the same as that of an average or fertile forest soil. In both experimental areas calcium was more abundant on the average than in forest soil. At Maalahti the potassium content was almost the same as that of forest soil on the average, while at Rymättylä the potassium content was four or five times higher than that of forest soil. All the experimental plots had phosphorus contents quite similar to forest soil. The nitrogen content exceeded that of forest soil, and the humus content, especially at Maalahti, was remarkably high.

According to the soil analyses, experimental plots 1 and 3 in the Karttula experimental area were classified as an organic soil group and experimental plots 2, 4, and 5 as a mineral soil group. The experimental plots at Maalahti and Rymättylä will be later differentiated only according to the experimental area.

Soil tilling. In the Karttula experimental area soil tilling was carried out from 15th to 20th May, 1970. Hand scalping was done manually with an ordinary hoe. Ploughing was done by means of a farm plough drawn by a medium weight farm tractor in such a way that parallel tilts covered at least a 2 meter wide area. In plot 5, however, ploughing was done from two opposite directions so that the tilts formed a bed. A cutterhead harrow was used for harrowing and a small garden tractor equipped with a rotavator for rotary tilling. Rolling was done with a 2 meter wide disc roller. Harrowing, tilling, and rolling were carried out twice. Furrow ploughing was carried out by means of a single mouldboard plough.

In the Maalahti experimental area soil tilling was done from 21st to 27th May, 1971. A heavy Hydrein $2 \times 14''$ plough attached to a Ferguson -65 farm tractor was used for ploughing. Mounding was done by an Ahma-450 digger, the mounds being 20—25 cm high. However, in plot 2 furrow ploughing, instead of mounding, had to be carried out by means of a heavy ($2 \times 28''$) plough. Shallow furrows were made on experimental plots 1 and 2, and deep furrows aiming at 20 cm thick beds were made on plot 3. At the Rymättylä experimental area soil tilling, excluding mounding, was carried out from 8th to 10th May, 1971, and mounding from 19th to 21st May. The field was ploughed with a Sampo $2 \times 13''$ farm plough drawn by a lightweight Fordson Dexta tractor. The ridges were harrowed once with a double roller cutterhead harrow. Complete soil tilling consisted of harrowing the soil twice after ploughing. Mounding was performed by means of a lightweight tractor digger.

Planting material. At Karttula bare-rooted transplants provided by the landowner were used for afforesting the field. The size and quality of the 2/1 pine transplants varied to a great degree. They had been lifted in the nursery in the spring immediately before delivery. 2/2 spruce transplants were fairly uniform in size; tall and in good condition. They had been lifted in the nursery the previous autumn, cold-stored in plastic bags over the winter and delivered in the spring. The birch seedlings had been sorted out the previous autumn in the nursery from seedlings which belonged mostly to size class III. They had then been temporarily replanted in a nursery, from where they were delivered early in the following spring. At that time the seedling buds were rather small, and the shoots of several seedlings had dried up during winter storage.

The planting material used at the Maalahti experimental area had been grown at Mellanå nursery situated not far from the afforestation area. These plants did not include the roll transplants (see e.g. Low & Brown 1972) used in 1972. Bare-rooted 2/1 pine and 2/2 spruce transplants had been lifted immediately before transportation to the planting site. They had been packed in plastic bags. The pine roll transplants had been raised and transported in rolls to the planting site. Small 1/0 birch seedlings raised without transplanting (size class I) had been lifted the previous autumn and overwintered in cold storage. Similarly, tall 1/1 birch transplants (size class III) had been stored temporarily by replanting for the winter. Generally the transplants were strong and healthy. Some plants with dried shoots could, however, be found among the tall birch transplants, The height of the plants grown on open ground varied to a great extent. At Maalahti the original experimental design had to be changed so that bare-rooted spruce transplants replaced the spruce roll transplants. Thus the comparison between the spruce roll transplants and the bare-rooted ones was only performed at the Rymättylä experimental area.

At the Rymättylä experimental area the planting material had been grown at Hietikko nursery, with the exception of spruce and pine roll transplants which were delivered by Vanaja nursery. Pine and spruce transplants had been lifted early in the spring, stored temporarily in the nursery and not delivered until immediately prior to planting. The roll transplants had been raised and transported in rolls to the planting site. Birch transplants had been lifted in the previous autumn and had been kept in cold storage over the winter. Small birch transplants had been packed in plastic bags and the tall ones had been wrapped in tar paper.

In all, the experiment consisted of four pine, three spruce, and five birch transplant types. The transplants were planted out on all the experimental plots immediately after soil tilling. The planters were local, skilled men. The seedlings were planted at the edge of an open hole. The planters were equipped with hoes and bags for transplants. Each man in the working team of 3—4 men planted one replicate in each experimental plot. The transplants in each row were planted at 1 meter intervals with a row spacing of 2 meters.

The prevailing weather conditions during planting out were generally cloudy and moderately humid at Karttula. Only the first day was sunny and windy. It occasionally rained at night. Temperature was below +10°C except for the last planting day.

At Maalahti the weather was cloudy and humid throughout the planting in 1971. At Rymättylä, however, it was sunny during the planting season in 1971. The daily maximum temperature was about 20°C and the wind was occasionally very strong.

At Maalahti and Rymättylä the other half of the plots treated with furrow ploughing were not planted until the spring of 1972, the beds having been prepared the previous year. This is abbreviated as PK_2 to avoid confusion with the furrow ploughed area planted in the first year (PK_1).

For *weed control* two methods were employed: chemical control with herbicides and mechanical control by manual weeding.

An ordinary knapsack sprayer was used for applying the herbicides. A funnel attachment was used to protect the seedlings. The herbicide used was Campaprim 231 spray, which contains according to the manufacturer, both amitrole, a foliaceous herbicide, and atrazine, a ground herbicide, in proportions of 36 and 18 per cent respectively (Kasvinsuojelu .... 1969). Herbicide was spread at a dosage of 1.4 g/m² and the spray was directed on an area of about 0.5 m² surrounding the seedlings. At Karttula the first treatment with herbicides occurred at the end of May, 1970, immediately after planting. Two thirds of each of half row of seedlings were treated, excluding only the controls. From 15th to 25th August the same year the herbicide treatment was repeated on plots assigned for strong treatment. The weather was sunny and warm on the spraying days. The treatment was not repeated in subsequent years. At Maalahti and Rymättylä the herbicide treatment and weeding took place at the beginning of August in the same year as planting (1971, treatment PK^2 in 1972). The herbicides and weeding methods were similar to those used at Karttula in the late summer of 1970.

At Karttula the ground vegetation was controlled by weeding the plots mechanically with scissors at the end of June, 1970. At the time when the first weeding was carried out, the ground vegetation clearly hampered the development of the seedlings on the unprepared sites and also in some places which had been scalped manually with hoes. On the tilled plots, however, naturally seeded weeds were still less than 10 cm high. In late summer, at the time when the second treatment with herbicides was carried out, the plots assigned for strong treatment were reweeded with a sickle. The treated spots were thus larger than in the early summer. Between 3rd—13th of August the following year (1971) weeding was performed only on the plots assigned for strong treatment.

It was originally intended to make the inventory after each growing season and in the spring following the first winter. Autumn inventories were more complete than the spring ones, when only the survival rate of the seedlings was noted (Table 5). The most complete inventory was made at Karttula after the fourth growing season following planting, and at Maalahti and Rymättylä after the third (final inventory).

For inventory purposes, the seedlings were classified according to the following characteristics:

Survival was defined using the vigour classes 1—3/4 (alive/dead) presented later.

Shoot height was measured as the distance from the ground surface to the base of the terminal bud with an accuracy of 1 cm.

Height growth of the shoot was measured as the distance from the base of the annual leader to the terminal bud with an accuracy of 1 cm.

Vigour classification involved four classes: Vigorous, Normal, Stunted, and Dead.

Defects were divided into seven classes:

1. Shoot straight, no apparent defects
2. Shoot two-forked
3. Shoot bushy, several branches
4. Annual leader dead, no distinct new leader
5. Shoot dead down to the mid-point. Spruce especially liable to late winter damage
6. Nearly all the branches dead, but buds surviving
7. Shoot dead, side shoots

The degree of damage was defined using four damage classes:

1. Damage, mild
2. Damage, moderate
3. Damage, severe
4. Damage, complete

Uninjured seedlings were not included in this classification. The damaging agents were determined by visual examination. The following groups, which were the most frequent and easily recognizable, were inventoried:

1. *Coleosporium pini*
2. *Phacidium infestans*
3. *Hylobius abietis*
4. *Hylastes sp.*
5. *Melampsoridium betulinum*
6. *Alces alces*
7. *Microtus agrestis*
8. *Arvicola terrestris*
9. Ground vegetation
10. Late-winter damage, the shoot dries out in late winter
11. Ground frost
12. Early frost
13. Drought
14. Other damaging agents

The description of the weather conditions prevailing in the experimental areas during the period 1970—1973 (Tables 8—9) is mainly based on information taken from the nearest stations of the Meteorological Institute (Fig. 1). In order to describe the temperature conditions, temperature sums were calculated according to Sarvas (1965).

Results

As regards seedling survival, furrow ploughing in conjuction with rotary tilling (PK+J) proved to be the most beneficial soil tilling method for pine at Karttula (Fig. 4, the upper part). By the fourth autumn the difference is significant in comparison to ploughing (K) on mineral soil and to ploughing, harrowing, and rolling (K+Ä+J) on organic soil or to methods yielding poorer results than the above-mentioned ones. At Karttula the spruce seedlings survived fairly well on the average, and the results appear to level off (Fig. 4, on the average, and the results appear to level off (Fig. 4, in the middle). Only hand scalping on organic soil seems to be clearly inferior to other soil tilling methods in terms of seedling survival rates.

At Karttula the survival rate of birch was best promoted by soil tilling (Fig. 4, the lower part). On untilled (0) or hand scalped (L) sites the mortality rate of birch was rather high. The mortality rate of the latter two treatments was significantly higher than in the case of the other soil tilling treatments, apart from ploughing and harrowing (K+Ä) on mineral soil. There were clear differences between the various tree species as regards the annual trend in the survival rate. The survival of pine seems to stabilize by the 3rd — 4th year after planting, while that of spruce is almost stabilized by the second year after planting. The survival rate of birch is likely to continue to fall even after the end of the survey period.

At Maalahti (Fig. 5) mounding (Mä) and thick furrow ploughing (PPK) gave the best survival rate for pine. The result differs significantly from complete soil tilling and the methods which gave poorer results. Even in this case untilled soil had the lowest survival rates for all types of seedlings. The result differs significantly from hand scalping and other methods superior to it. Spruce responded in the same way both at Maalahti and Karttula. Only the method producing the highest survival rate, thick furrow ploughing (PPK), significantly differed from the three poorest methods: bedded ploughing (HK), complete soil tilling (K+Ä) and untilled soil (0). Similarly, birch benefited from deep furrow ploughing. When this method was used the survival rate differed significantly from hand scalping (L) and untilled soil (0) for seedlings belonging to size class I and from furrow ploughing (PK_1) for seedlings belonging to size class III and from other inferior methods.

As a rule afforestation with pine was very succesful at Rymättylä (Fig. 6). Only mounding (Mä) gave a poorer result than at Maalahti. The survival rate of bare-rooted pine transplants grown on untilled soil (0) and soil treated by mounding (Mä) differs significantly from all the other methods, although the differences remain non-significant when using roll transplants. The results dealing for spruce are similar to those for pine. Mounding (Mä) and furrow ploughing (PK_1) were inferior to other methods, while the best afforestation results were obtained using ploughing and harrowing (K+Ä) and bedded ploughing (HK). The difference between mounding and other soil tilling methods is significant as regards the survival rate of the seedlings. As a rule birch benefits from the same soil tilling methods as the conifers;

however the differences are far more pronouced. The difference between the best method, bedded ploughing (HK), and furrow ploughing (PK_1) for size class I seedlings, and hand scalping (L) for size class III seedlings or other inferior methods is significant.

The highest mortality rates occurred during the summer when afforestation was carried out, which suggests that many of the seedlings dried out during the dry and warm weather at the beginning of the summer at Rymättylä 1971 (cf. Table 6 and 7). No such clear results were obtained at Maalahti and Karttula. Drying was naturally strongest when mounding, furrow ploughing and other soil tilling methods were used since the seedling roots were raised above the normal ground level. This conclusion is also confirmed by the fair survival rates obtained with hand scalping and the good survival rates with complete soil tilling. Untilled plots afforested for instance with birch were either partly or completely unsuccessful.

Figs 7—10 show the relative effect of various weed control methods on the survival of seedlings, expressed according to the final inventory as a percentage of the results from untreated plots (controls) in connection with different soil tilling methods.

At Karttula all the soil tilling methods carried out in conjunction with strong weeding and herbicide treatments increased the survival rates of pine (Fig. 7, the upper part). Weed control had a smaller effect on the survival rate of spruce, as was to be expected (Fig. 7, the lower part). On organic soil a mild herbicide treatment in conjuction with hand scalping gave a significantly higher survival rate than on the control plots; the other treatments produced no significant differences when compared with the untreated plots. Weed control significantly increased the survival rate of birch on mineral soil treated with complete soil tilling (K+Ä), and the strong herbicide treatment together with furrow ploughing and rotary tilling (PK+J) (Fig. 8).

At Maalahti the herbicide treatment significantly increased the survival rate of bare-rooted pine transplants in untilled soil (O) or combined with hand scalping (L), bedded ploughing (HK) and complete soil tilling (K+Ä) (Fig. 9). Weeding on untilled soil (O) and the herbicide treatment combined with furrow ploughing (PK_2) improved the survival rates of the roll transplants.

Weed control did not significantly increase the survival rate of the spruce seedlings. The treatments were the most effective in combination with untilled soil (O), bedded ploughing (HK), complete soil tilling (K+Ä) and furrow ploughing (PK_2). The survival rates of birch varied a great deal. The herbicide treatment in conjuction with soil tilling yielded poor results as compared to the untreated control plots.

At Rymättylä weed control affected the survival of pine seedlings less than at Maalahti or Karttula (Fig. 10). Weeding, in particular, proved beneficial to the survival of spruce seedlings; the only exception being weed control in conjuction with mounding. The effect of herbicide treatment shows some variation as regards the various soil tilling methods, although the differences are not significant when compared to the results from the control plots. At Rymättylä birch gave the best response to weed control. With small birch seedlings (size class I) the afforestation result as compared to the untreated controls is significantly different when weeding and furrow ploughing are both carried out (PK_1).

At Karttula the planting of pine can only be expected to be successful when effective soil tilling is carried out together with weed control (Table 8, Fig. 11). On mineral soil only bedded ploughing can be recommended if a mild herbicide treatment is used. If weed control is neglected, afforestation of pine will not be successful. On organic soil pine seedlings grew fairly well when weed control was combined with ploughing, furrow ploughing, etc. At Karttula spruce grew better than pine. Spruce may be recommended for afforestation without any weeding procedures provided that the soil is effectively tilled. Hand scalping and on mineral soil also furrow ploughing, yielded unsatisfactory results. As a general rule birch did not grow very well at Karttula, which may be partly due to the small size and low quality of the seedlings used. Only when using effective soil tilling treatments and weed control, is it possible to plant small birch seedlings on a field previously used for hay.

At Maalahti pine thrived when furrow ploughing and mounding was used (Table 9, Fig. 11). It seems that the use of these soil tilling methods decreases the need for weed control. No significant differences were found between the results for roll and bare-rooted transplants. Similarly, spruce benefits best from furrow ploughing. When using small birch seedlings, effective soil tilling is required. However, the large seedlings are less demanding so that even hand scalping produces statisfactory survival rates. At Rymättylä pine grew better than at Maalahti (Table 9, Fig. 11). Almost any effective soil tilling method can be recommended for afforestation with pine, except for the planting of bare-rooted transplants on completely untilled soil. At Rymättylä roll transplants were slightly more successful than the bare-rooted ones. According to the results from the Rymättylä experimental area, bedded ploughing or complete soil tilling is recommended for spruce seedlings. Bedded ploughing did not yield a satisfactory result in all cases, probably because of the dry summer during the year when afforestation was carried out. The bare-rooted spruce seedlings were slightly more successful than the roll transplants. The small birch seedlings thrived when bedded ploughing or complete soil tilling was used in conjunction with weed control, while the large seedlings only gave satisfactory results when complete soil tilling or furrow ploughing (PK_2) with weed control was used.

Height growth of the seedlings. At Karttula pine seedlings developed irrespective of the type of soil tilling method used (Fig. 12, the upper part). Slight differences in height growth were not significant. However, by the third year pine seedlings planted on organic soil were growing more slowly on hand scalped plots than on the others. At Karttula spruce had a slower growth rate than pine (Fig. 12, in the middle) The height growth of spruce on peat soil was clearly retarded especially in the fourth year. The shortest seedlings were found on untilled soil (O), both on organic and mineral soils. Birch seedlings, especially on organic soil, had grown so fast that in the second year after planting they were taller than most of the surrounding ground vegetation (Fig. 12, the lower part). On mineral soils, ploughing proved to be significantly superior to untilled soil (O).

At Maalahti pine grew significantly more slowly on untilled than on tilled soil (Fig. 13). Thick furrow ploughing (PP) resulted in vigorous height growth especially in the case of roll transplants. The result differs significantly from the response given by bedded ploughing or methods inferior to it. The effect of soil tilling on the height growth of spruce seedlings remained quite small at Maalahti. The difference is, however, significant between the poorest method, mounding (Mä), and the best methods. It is natural that the birch seedlings with smaller initial heights belonging to size class I grew less on the average than the taller seedlings of size class III. A height difference, however, of over 40 cm was obtained with certain soil tilling methods (K+Ä and PPK), while at the end of the survey period it was only 14 cm in the case, for instance, of mounding. Both small and large birch seedlings gained the most benefit from bedded ploughing (HK), thick furrow ploughing (PPK) and complete soil tilling (K+Ä).

At Rymättylä pine seedlings grew best on plots treated with bedded ploughing (HK), complete soil tilling (K+Ä) or hand scalping (L) (Fig. 14). The growth difference was significant in comparison with seedlings grown on mounded or untilled plots. Spruce grew best on plots with complete soil tilling and second best on plots where bedded ploughing and hand scalping had been used. The difference in seedling growth between the best and the poorest tilling treatment, mounding (Mä), was significant. Birch seedlings grew best on the plots treated with complete soil tilling (K+Ä) and bedded ploughing (HK), and the worst on those with furrow ploughing (PK_1), hand scalping (L) and mounding (MÄ).

At Karttula the height growth of pine was promoted especially by strong weeding and herbicide treatments (Fig. 15, the upper part), although the result is not as positive as in the case with the survival rate of the seedlings (cf. Fig. 7). On mineral soil, especially in conjunction with ploughing (K) and complete soil tilling (K+Ä), the strong herbicide treatment improved significantly the height growth of the seedlings as compared to the controls. Weed control had less effect on the growth of spruce than pine seedlings, although strong control measures clearly gave positive results (Fig. 15, the lower part). As regards height growth, birch seedlings responded very strongly to weed control (Fig. 16). Although the general view is fairly positive, the results from the control measures vary a great deal especially on untilled (O) or hand scalped (L) soils. As a result it seems that the soil tilling methods that gave the poorest growth responses also gave the lowest survival rates.

At Maalahti the herbicide treatment improved significantly the height growth of bare-rooted pine transplants when it was combined with mounding (Mä) and furrow ploughing (PK_2) (Fig. 17). The growth of pine roll transplants improved significantly only when untilled soil (O) was treated with herbicides. Weed control had little effect on the height growth of spruce seedlings, whereas birch seedlings clearly benefitted from weeding and herbicide treatments at Maalahti. The large seedlings (size class III), in particular, profitted from the herbicide treatment.

At Rymättylä mechanical weed control had no significant effect on the height growth of the pine seedlings (Fig. 18). On the other hand, the herbicide treatment in conjunction with hand scalping (L), furrow ploughing (PK_1) and bedded ploughing (HK) or when carried out on untilled soil (O) significantly improved the hight growth of bare-rooted transplants. Similarly, at Rymättylä the spruce seedlings clearly grew better when treated with herbicides than when weeded. The bare-rooted seedlings were significantly taller when the herbicide treatment was carried out with furrow ploughing (PK_1 and PK_2), bedded ploughing (HK), complete soil tilling (K+Ä) or when the soil was left completely untilled (O) than without weed control. Weed control greatly improved the growth of birch at Rymättylä. The growth of small birch seedlings (size class I) made significant progress when the herbicide treatment was carried out with hand scalping (L), furrow ploughing (PK_2) and bedded ploughing (HK), although weeding did not produce any significant difference between the total heights of the treated seedlings and controls.

Tables 10—12 show the combinations of the six soil tilling and weed control measures that gave the best height growth. As the experimental areas varied in their geographical locations, soil fertility and weather conditions when the experiments were established etc. which produces distinct differences in the growth of the seedlings, the results from the three different areas vary somewhat (Fig. 19).

Fig. 20 presents the distribution by vigour classes of seedlings grown on soil treated with different soil tilling methods in the Karttula experimental area. The mortality and survival rates of seedlings are closely related to the vigour classification. The soil tilling methods giving low mortality rates among seedlings produced a great number of strong seedlings according to vigour classes. This general trend is also visible in the vigour classes at Maalahti (Fig. 21) and Rymättylä (Fig. 22). The order of the various soil tilling methods as regards vigour classification is nearly the same as the one based on seedling mortality. As a rule a high mortality rate implies a poor vigour class among the survival seedlings. Vigorous seedlings can be obtained only when using those soil tilling methods that resulted in a high number of surviving seedlings.

In order to better describe the dependence of vigour classes on other seedling characteristics, the seedlings in all the experimental areas were grouped according to the tree species and vigour classes and their distribution compared to that for the length of the last annual leader produced in the year when inventory was carried out (Table 13). In the last year the seedlings of all tree species classified as vigorous ones clearly grew better than normal and stunted seedlings. The length of the annual leaders of the latter seedlings was only about a quarter the length of the vigorous seedlings.

The distribution of seedlings into various damage classes according to the degree of damage is presented in Tables 14—16 by experimental plots. Attention is drawn to the high proportion of either completely damaged or healthy pine and birch seedlings as compared to seedlings belonging to other damage classes. The distribution of spruce seedlings into various damage classes is more even in the Karttula and Maalahti experimental areas. This result may be due to the poor ability of the classes to distinguish between, in the case of pine and birch, the subjective attitude of the classifier, etc. The phenomenon can, however, be explained by the fact that especially in the first year following planting both pine and birch are biologically less resistant to damaging agents and easily die off. Spruce is notably resistant at the seedling stage and can remain viable for a long time, even though growth is stunted.

Tables 17 and 18 show the relative proportion of heathy seedlings out of all the seedlings growing on the plots treated with different soil tilling and weed control measures. In order to clarify the connection between damage and vigour classes, seedlings in all three experimental areas were grouped according to tree species and damage classes. These were compared to the vigour classes of seedlings (Table 19). A high proportion of healthy seedlings in the vigorous class is clearly evident. Most of the seedlings belonging to the normal class are healthy, whereas the stunted seedlings belong to the mildly, moderately, or severely damaged groups of seedlings.

Tables 20 and 21 show the relative frequency of damaging agents in pine, spruce and birch seedlings in all the experimental areas in the autumn of 1973. When looking at the table, it should be kept in mind that only those primary damaging agents that could be indentified with certainty are included. It should also be emphasized that climatic injuries in young seedlings vary greatly from year to year. In this experiment late-winter damage occupies a prominent place and it is known that the weather conditions during the winter preceding the inventory were exceptionally suitable for inflicting this type of damage. Similarly, *Microtus agrestis* and *Arvicola terrestris* for instance are known to appear periodically (e.g. Teivainen & Kaikusalo 1973). Conversely the low frequency of frost damage is an example of weather conditions which had been favourable during the years of the experiment.

In order to get some idea about the costs involved in the afforestation of fields, the costs were estimated for all the methods in the experiment that produced good and dense young plantations (survival of seedlings over 90 per cent) or satisfactory plantations (survival 80—89 per cent (Tables 22 and 23).

The afforestation of fields with birch clearly proved to be the most expensive alternative in all the experimental areas, while the costs for afforestation with pine and spruce were nearly equal. In some cases pine required more complicated and expensive measures (e.g. on mineral soil at Karttula) and occasionally the cots for spruce were higher than those for pine (Rymättylä). When comparing the costs, expensive and complicated methods such as mounding, complete soil tilling with rotary tilling, and complete soil tilling with rolling were omitted. Such low-cost methods as leaving the soil untilled or furrow ploughing frequently occur in the combinations. In some experimental plots the choice of soil tilling method and weed control reduces the costs: for instance when using spruce at Karttula almost the same biological result, at equal cost, was reached either by ploughing the soil and excluding weed control or leaving the soil untilled and controlling the ground vegetation for instance mechanically. The costs of roll and bare-rooted transplants were found to be the same. This may be due to the method used for estimating the costs, in which the cost raising or reducing factors peculiar to both seedling types were not taken into account. When it was possible to use small silver birch seedlings (size class III), it was naturally economical. The larger seedlings were used only when planting of small seedlings had failed for some reason or other.

Liite 1. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien keskimääräinen eloonjääminen sadanneksina Karttulan koealueella. Kaikki maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. Inventointi 1973.

Appendix 1. Average survival rate of pine, spruce and birch seedlings in per cent at Karttula. All tilling and weed control methods. Survey in 1973.

Kasvualusta, Maanmuokkausmenetelmä *Soil type, Soil tilling method*	Mänty — *Pine*					Kuusi — *Spruce*					Rauduskoivu — *Birch*				
	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong herbicide*	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light hericide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong herbicide*	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva hein. *Strong weeding*
Kivennäismaa — *Mineral soil*															
O	37	36	45	51	56	73	58	75	77	80	18	2	40	9	33
L	44	33	39	65	58	77	75	93	82	89	23	15	42	33	40
K	50	47	64	84	84	92	85	80	86	89	73	71	87	67	82
K + Ä	57	62	54	76	78	86	84	78	89	89	27	71	77	82	80
K + Ä + J	49	60	64	80	80	85	91	87	91	93	71	62	80	78	82
K+ Ä + P	58	64	69	75	83	89	91	98	87	96	68	73	80	87	89
PK	75	65	87	89	82	77	78	69	69	76	53	47	67	44	69
PK + J	66	56	71	73	87	81	77	75	84	89	46	66	63	44	73
Turvemaa — *Organic soil*															
O	38	48	80	77	90	88	95	92	95	98	11	23	25	15	25
L	25	35	45	55	70	77	97	78	93	87	14	12	27	28	23
K	64	52	83	90	95	91	100	95	97	98	65	62	57	50	77
K + Ä	36	38	32	85	70	96	92	92	97	92	66	60	75	70	72
K + Ä + J	65	62	65	93	80	89	95	93	90	83	65	72	72	68	68
K + Ä + P	56	55	60	77	75	99	97	95	100	95	85	52	85	75	93
PK	64	70	70	68	80	96	98	92	92	98	71	52	72	65	80
PK + J	74	65	67	85	85	89	95	95	82	89	61	65	72	75	68

Liite 2. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien keskimääräinen eloonjääminen sadanneksina Maalahden ja Rymättylän koealueilla. Kaikki maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. Inventointi 1973.

Appendix 2. Average survival rates of pine, spruce and birch seedlings in per cent at Maalahti and Rymättylä. All tilling and weed control methods. Inventoried in 1973.

Koealue, Maanmuokkausmenetelmä *Experimental area, Soil tilling method*	Mänty — *Pine*						Kuusi — *Spruce*						Rauduskoivu — *Birch*					
	Paljasjuuriset *Bare-rooted plants*			Rullataimet *Roll transplants*			Paljasjuuriset *Bare-rooted plants*			Rullataimet *Roll transplants*			Tyyppi I *Size class I*			Tyyppi III *Size class III*		
	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*
Maalahti																		
O	44	46	72	37	70	46	80	88	90				52	57	28	71	84	90
L	61	70	79	53	66	47	91	92	85				74	76	48	83	88	82
PK_1	75	85	83	83	85	91	92	88	91				84	78	75	86	83	88
HK	49	60	66	44	51	63	83	88	93				91	98	75	100	95	97
K+Ä	63	65	79	62	75	78	81	87	80				89	92	79	98	99	98
Mä	89	83	88	80	85	85	93	85	91				87	88	70	85	80	92
PPK	85	90	92	100	100	100	97	94	94				97	97	93	100	100	100
PK_2	79	79	89	69	79	94	91	94	97				69	78	68	86	82	88
Rymättylä																		
O	73	77	65	93	97	97	85	97	72	65	82	73	10	14	10	2	2	0
L	92	95	93	88	92	93	83	89	82	82	87	77	55	75	53	27	32	16
PK_1	95	97	87	95	92	100	76	83	75	72	77	77	38	65	65	20	42	23
HK	97	98	93	100	100	95	90	92	85	85	88	88	77	92	92	67	63	67
K+Ä	97	85	93	97	95	98	92	97	93	88	93	78	75	95	82	55	82	72
Mä	80	73	83	95	92	97	37	28	32	65	58	63	18	20	14	8	6	10
PPK																		
PK_2	98	100	100	93	100	93	88	93	77	85	93	75	58	63	53	53	80	53

Liite 3. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien keskimääräinen kokonaispituus (cm) Karttulan koealueella. Kaikki maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. Inventointi 1973.

Appendix 3. Average total height (cm) of pine, spruce and birch seedlings at Karttula. All tilling and weed control methods. Survey in 1973.

Kasvualusta, Maanmuokkausmenetelmä *Soil type, Soil tilling method*	Mänty — *Pine*					Kuusi — *Spruce*					Rauduskoivu — *Birch*				
	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb. *Strong hejbicide*	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light hericide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb.	Ei käsitt. *No treatment*	Lievä hein. *Light weeding*	Lievä herb. *Light herbicide*	Vahva hein. *Strong weeding*	Vahva herb.
Kivennäismaa — *Mineral soil*															
O	75	65	78	61	84	50	48	58	53	60	156	113	144	147	168
L	77	71	87	68	83	57	55	63	57	68	170	123	180	140	200
K	69	66	78	78	77	58	59	63	61	69	179	193	184	183	201
K + Ä	70	69	78	78	91	55	54	57	62	66	162	167	191	173	194
K + Ä + J	73	70	73	75	87	60	64	63	67	69	173	171	184	182	209
K + Ä + P	75	83	81	72	85	62	66	66	69	71	174	175	188	176	194
PK	72	74	73	73	74	58	62	58	65	64	161	155	175	169	166
PK + J	77	74	75	67	84	62	52	58	62	67	165	164	184	153	180
Turvemaa — *Organic soil*															
O	75	77	81	72	85	58	56	62	55	64	175	136	181	133	142
L	58	66	65	68	74	59	64	64	61	66	128	106	165	173	161
K	82	81	86	91	90	68	66	73	69	78	200	181	234	184	249
K + Ä	73	83	69	85	86	62	59	63	66	74	190	194	212	202	227
K + Ä + J	73	75	76	86	87	60	63	63	66	64	205	195	265	220	247
K + Ä + P	75	79	83	91	88	66	70	64	65	66	192	187	197	204	216
PK	76	74	78	76	83	65	62	70	63	67	194	190	214	192	212
PK + J	80	76	91	84	87	65	60	73	66	75	201	213	259	203	220

Liite 4. Männyn, kuusen ja rauduskoivun taimien keskimääräinen kokonaispituus (cm) Maalahden ja Rymättylän koealueilla. Kaikki maanmuokkaus- ja pintakasvillisuuden torjuntakäsittelyt. Inventointi 1973.

Appendix 4. Average total height (cm) of pine, spruce and birch seedlings at Maalahti and Rymättylä. All tilling and weed control methods. Inventoried in 1973.

Koealue, Maanmuokkausmenetelmä *Experimental area, Soil tilling method*	Mänty — *Pine*						Kuusi — *Spruce*						Rauduskoivu — *Birch*					
	Paljasjuuriset *Bare-rooted plants*			Rullataimet *Roll transplants*			Paljasjuuriset *Bare-rooted plants*			Rullataimet *Roll transplants*			Tyyppi I *Size class I*			Tyyppi III *Size class III*		
	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*	Ei käs. *No treatment*	Hein. *Weeding*	Herb. *Herbicide*
Maalahti																		
O	40	42	45	43	44	55	41	41	44				90	87	104	120	118	163
L	49	46	49	48	51	52	43	40	46				111	125	121	146	147	167
PK_1	48	46	50	53	50	58	39	38	41				129	134	147	165	161	185
HK	47	51	52	54	53	51	41	40	41				176	174	168	203	208	214
K+Ä	50	54	55	55	54	53	42	41	42				166	159	162	209	199	215
Mä	47	49	53	51	47	53	36	34	35				149	158	148	163	177	185
PPK	47	45	48	61	59	59	44	37	45				166	166	181	208	214	230
PK_2	37	39	42	33	33	36	31	31	31				64	60	79	97	103	133
Rymättylä																		
O	45	48	56	50	48	53	41	41	46	35	31	37	81	86	89	87	0	64
L	59	60	66	57	58	61	47	46	50	36	34	42	91	90	106	80	89	83
PK_1	49	45	58	55	57	60	40	44	47	36	37	37	75	71	95	77	67	87
HK	60	57	70	61	59	70	49	50	53	37	38	44	95	104	118	97	95	112
K+Ä	57	57	60	63	63	66	55	54	60	40	39	43	108	107	118	99	92	114
Mä	44	47	48	48	52	53	41	42	45	29	29	31	61	67	55	88	83	77
PPK																		
PK_2	40	39	47	32	33	38	38	37	42	31	34	36	58	57	63	83	85	98

DEVELOPMENT OF BETULA PENDULA ROTH PROGENIES IN NORTHERN LAPLAND

JYRKI RAULO

SUOMENKIELINEN SELOSTUS

RAUDUSKOIVUJÄLKELÄISTÖJEN KEHITYS POHJOIS-LAPISSA

HELSINKI 1976

ISBN 951-40-0221-0
ISSN 0026-1610

Helsinki 1976. Valtion painatuskeskus

FOREWORD

The study at hand is part of the research project which has been carried out by the Finnish Forest Research Institute since 1961 in an attempt to breed *Betula pendula* Roth. Funds for this project have been provided mainly by the Finnish Plywood Association.

The present study has been conducted in cooperation with Kevo Subarctic Research Institute of the University of Turku at the suggestion of Professor Paavo Kallio, head of the Institute. Matti Sulkinoja, M. A., station manager of the Institute, has in many ways helped in the realization of the field projects. The manuscript was read by Professor Max. Hagman, Professor Paavo Kallio, Professor Arne Rousi, Dr. Veikko Koski and Dr. Matti Leikola. The Finnish language manuscript was translated into English by Mrs. Marja Dethlefsen. I wish to thank sincerely all the above persons as well as the personnel of the Finnish Forest Research Institute, Department of Silviculture, who have helped me in carrying out the field work, calculations and typing.

I would especially like to thank the Finnish Plywood Association which, for the most part, has financed the present study. Furthermore, I wish to express my appreciation to the National Research Council for Agriculture and Forestry. While employed by them as research assistant I brought the present study to completion. I also remember with gratitude the late Professor Risto Sarvas who provided guidance and inspiration for my work.

Helsinki, March 30, 1976

Jyrki Raulo

CONTENTS

1. Introduction 5
2. Establishment and construction of the experiment 7
3. Care of the experiment and measurements 10
4. Results 11
5. Discussion 15
6. Literature 18
7. Suomenkielinen selostus 19

1. INTRODUCTION

The effect of geographical transfers on the development of seedlings of *Pinus silvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. as well as on the productivity of stands has long been the object of study in respect of Finnish Lapland and the timber line zones of northern Scandinavia (e.g. Kalela 1937, Eiche 1966, Stefansson and Sinko 1967, Dietrichson 1968).

The significance of *Betula pendula* Roth in the forest economy in the northernmost parts of its range was, until recently, very slight. From this it follows that in these areas the investigation of questions pertaining to the provenance of *Betula pendula* has not aroused any appreciable interest.

Erkén (1972) has published results concerning *Betula pendula* experiments set up rather far in northern Sweden, i.e., in central and northern Norrland, and Johnsson (1951 and 1967) has clarified, in the light of extensive experiments carried out in Skåne, the effect of geographical transfers on this species. In Germany, too, geographical transfers of *Betula pendula* have been of interest since the 1920's and results pertaining to some experiments have been published (e.g. Wettstein 1954 and Schulenburg 1955).

The above-mentioned investigations on *Betula pendula*, seeking to clarify the provenance question, deal almost exclusively with the reactions of this species to transfers from north to south. These transfers have been found to retard the height growth and productivity of this species as compared with the local provenances, and the longer the transfer the more pronounced is this retardation. The reactions have been found to be similar in the vertical plane in the case of downward transfers (Wettstein 1954).

In southern and central Finland, Raulo and Koski (1975) have examined the effect of geographical transfers on *Betula pendula* on the basis of a large number of progeny experiments, and have established that transfers within these areas failed to produce a significant effect on the height growth of trees, even though the longest transfers southward as well as northward covered approximately 300 km.

As regards long (over 300 km) northward transfers of *Betula pendula* no investigative results have been published. In the present study, investigation has been focussed on the effect of transfers of this type. At the same time the aim has been to clarify whether or not there are differences in the climatic adaptation of *Betula pendula* originating in southern, central and northern Finland and, further, whether it is possible to grow this species successfully in some areas north of its present range of distribution.

Publication of the present investigative results clarifying preliminarily the provenance question in respect of *Betula pendula* in Lapland has become of current interest, because in the nineteen sixties and seventies, the industrial use of the birch has strongly increased in the Finnish Lapland. Consequently, there, too, the point has been reached where, in particular, the significance of *Betula pendula* in forest economy has to be reevaluated, using a fresh approach. Productivity is not the only aspect to be considered. Attention should also be given to the effect the birch has on the growing site, improving it in many ways, and to the contribution it makes to scenic beauty. Also of importance is the role it plays in reindeer and game protection.

2. ESTABLISHMENT AND CONSTRUCTION OF THE EXPERIMENT

For the experiment, ten progenies of *B. pendula* were chosen (Table 1, Figs. 1—2) and of them the provenances of Kittilä and Padasjoki are representative of the stands in the areas concerned and the seed has been collected from several individual trees. The rest of the provenances are representative of open-pollinated progeny of single plus trees. Unlike the rest, provenances 7 and 8 are not indisputably representative of the local population. Mother trees E 1971 and E 1972 grow in a cultivated *B. pendula* stand established in the municipality of Kangasala in 1931. The seedlings were obtained from the Suonenjoki nursery operated by the Northern Savo Regional Forest Board. On the basis of their first known growing site, the provenances in question have been included in the group of central Finland provenances. However, since the trees grow in the municipality of Kangasala (61°26′ N, 24°08′ E), the father of some of these seedlings is likely to be a tree belonging to the Kangasala population.

Table 1. Information on the origin of the experimental seedlings.
Taulukko 1. Kokeen taimien alkuperätiedot.

Provenance No. *Alkuperä n:o*	Geographical region *Maantieteellinen alue*	Municipality *Kunta*	Plus tree No. *Pluspuu n:o*	Geographical location *Maantieteellinen sijainti*	Altitude of the growing site, above sea level, m *Kasvupaikan korkeus merenpinnasta, m*
1	Southern Finland *Etelä-Suomi*	Bromarv	E 398	60° 03′ N, 23° 03′ E	10
2	»	Pusula	E 2102	60° 32′ N, 24° 02′ E	120
3	»	Jaala	E 454	61° 06′ N, 26° 18′ E	90
4	»	Padasjoki	Stand — *Metsikkö*	61° 18′ N, 25° 17′ E	100
5	Central Finland *Keski-Suomi*	Keuruu	E 368	62° 07′ N, 24° 43′ E	110
6	»	Leppävirta	K 282	62° 35′ N, 27° 40′ E	90
7	»	Suonenjoki	E 1971	62° 39′ N, 27° 05′ E	120
8	»	Suonenjoki	E 1972	62° 39′ N, 27° 05′ E	120
9	»	Rautalampi	K 257	62° 39′ N, 26° 38′ E	110
10	Northern Finland *Pohjois-Suomi*	Kittilä	Stand — *Metsikkö*	67° 45′ N, 24° 50′ E	240

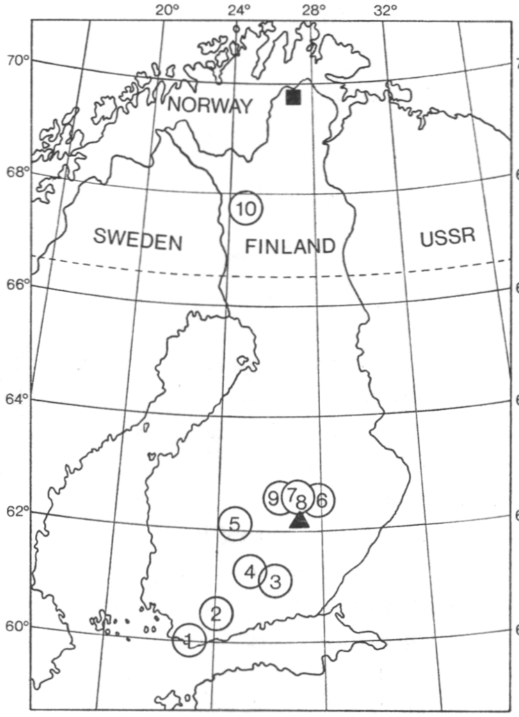


Figure 1. Growing sites of mother trees, location of experiment and site for rearing of seedlings. Encircled numbers refer to provenances. Location of experiment is marked with a black square and site for rearing of seedlings with a black triangle.

Kuva 1. Emopuiden kasvupaikat, kokeen sijainti ja taimien kasvatuspaikka. Numerot ympyröiden sisällä viittaavat alkuperiin. Kokeen sijaintipaikka on merkitty mustalla neliöllä ja taimien kasvatuspaikka mustalla kolmiolla.

The experimental seedlings were reared at the Pieksämäki nursery (62°17′N, 27°08′E) operated by the Foundation of Forest Tree Breeding (Fig. 1). The seeds were sown, according to their origin, in fertilized peat layers in plastic greenhouses, early in the spring of 1962. The following spring, seedlings selected from the crop were transplanted, according to their origin, in open soil. In the spring of 1964, the 2-year old transplanted seedlings were lifted from the nursery and 24 seedlings were selected to represent each provenance in the experiment. In sorting both the seedlings to be transplanted, and those selected for the experiment, all mechanically injured and bifurcate individuals were removed, as well as those distinctly retarded in growth. Thus, the assortment conformed to the then prevailing practice at the nursery. The experimental seedlings were kept for approx. one week in the nursery cold storage before they were wrapped in plastic and sent in card board boxes to the Kevo Subarctic Research Institute of the University of Turku, located at Utsjoki municipality (69°45′N, 27°01′E). The seedlings were kept in the institute cold storage until the moment they were planted.

In the vicinity of the Institute, two 200 m^2 areas, where 3—5 m high mountain birch (*Betula tortuosa* Ledeb.) used to grow, had been clear cut the previous autumn for the purpose of the experiment. The soil in both areas consists of glaciofluvial sand abounding in rocks.

The seedlings were planted in the experimental areas in the middle of June. The spacing was 1×1 m. Owing to the rocks, about 1 litre of fertilized peat per seedling was used to supplement the soil. The seedlings representative of the different provenances are located in 24 blocks, except for the seedlings representative of provenance No. 7, which occur in 23 blocks only. Each experimental unit comprises one seedling, and the provenance sequence in the blocks is systematic (Fig. 3).

Figure 2. The north-Finnish origin is represented in the experiment by the progeny of the northernmost pure *B. pendula* stand in Finland. The stand is located in Sirkka village, Kittilä municipality. According to measurements made in respect of this stand in 1972, the most important data are as follows: Age: 100 years, number of trees: 364 trees/ha, volume: 63 m^3/ha, dominant height: 15.9 m, dominant diameter: 20.7 cm and mean diameter: 17.3 cm (Photo M. Hagman).

Kuva 2. Pohjoissuomalaista alkuperää edustaa kokeessa Suomen pohjoisimman yhtenäisen rauduskoivikon jälkeläistö. Ko. metsikkö kasvaa Kittilän kunnan Sirkan kylässä. Vuonna 1972 tehdyn mittauksen mukaan metsikön tärkeimmät taksatoriset tunnukset olivat seuraavat: Ikä 100 v, runkoluku 364 kpl/ha, valtapituus 15.9 m, valtaläpimitta 20.7 cm ja keskiläpimitta 17.3 cm (Valok. M. Hagman).

2 13093—76

Area No 1 Alue n:o 1				-	-	-	-	-	-	-	-	6
				-	-	-	9	3	-	5	4	2
-	-	-	-	-	-	-	10	8	-	7	1	6
-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	3	5	4
-	-	-	2	10	8	7	1	6	9	3	5	-
-	-	4	2	10	8	7	1	6	9	-	3	5
4	2	-	10	8	7	1	6	9	3	5	4	2
10	8	7	1	6	9	3	5	4	2	-	10	8
7	1	6	9	3	5	4	2	10	8	-	7	1
6	9	3	5	4	2	10	8	7	1	6	9	3
5	-	4	2	10	8	7	1	6	9	3	5	4
2	10	8	7	1	6	9	3	5	-	4	2	10
8	7	1	6	9	3	5	4	2	10	8	7	1

Area No 2 Alue n:o 2				-	-	-	-	-	-	-	-
				-	-	6	9	3	-	-	-
5	4	2	10	8	-	1	6	9	-	-	-
-	3	5	4	2	10	8	7	1	-	-	-
-	6	9	3	5	4	2	10	8	7	1	
6	9	-	3	5	4	2	10	8	7	1	6
9	3	5	4	2	10	8	7	1	6	9	3
5	4	2	10	8	7	1	6	9	3	5	4
2	10	8	-	7	1	6	-	9	3	5	4
2	-	10	8	7	1	6	9	3	5	4	2
10	8	7	1	6	9	3	5	4	2	10	8
7	-	1	6	9	3	5	4	2	10	8	7
1	6	9	3	5	-	4	2	10	8	7	1

Figure 3. Location of the individual seedlings in the experimental areas. The numbers refer to provenances. 1 = Bromarv, 2 = Pusula, 3 = Jaala, 4 = Padasjoki, 5 = Keuruu, 6 = Leppävirta, 7 = Suonenjoki, 8 = Suonenjoki, 9 = Rautalampi, 10 = Kittilä.

Kuva 3. Taimien yksilökohtainen sijainti koealueilla. Numerot viittaavat alkuperiin.

3. CARE OF THE EXPERIMENT AND MEASUREMENTS

In order to prevent damages caused by reindeers and hares the experimental areas were fenced in. After the planting it was not necessary at any stage to protect the seedlings against harmful shade caused by ground vegetation, or against any other competition. A measure of silvicultural importance was the fertilization of the seedlings at the beginning of August in 1966. At that time, 8 kg of Garden Y-fertilizer (N 11 %, P 11 %, K 22 %) was spread evenly on each of the experimental areas. No deciduous seedlings, reproduced from seed, or sprouts hampering the development of the planted seedlings occurred in the experimental areas, since they had been removed at the time these sites were being converted to experimental areas. According to information received from the nursery, the mean height of the experimental seedlings in the spring of 1965 was about 50 cm.

The first observations at the experimental areas were made in the autumn of 1965. At that time the length of that year's terminal shoot of each seedling was measured. Later on, i.e. in the autumn of 1966, 1968, 1969, 1973, and 1975, the total length of the seedlings was measured. Simultaneously, the number of surviving seedlings in respect of each provenance was counted. Furthermore, in connection with the measurements made in 1969 and 1975, all the seedlings were classified on the basis of their vitality into three classes: »completely alive», »top dead» and »dead».

4. RESULTS

In 1965, the mean height growth of seedlings representative of the different provenances and its 95 % confidence limits were as follows:

Provenance	Mean height growth, cm	Provenance	Mean height growth, cm
Bromarv	5.3±1.33	Leppävirta	8.4±1.80
Pusula	5.2±1.06	Suonenjoki	8.0±1.43
Jaala	5.5±1.31	Suonenjoki	7.3±1.37
Padasjoki	6.2±0.67	Rautalampi	7.5±1.39
Keuruu	5.6±1.00	Kittilä	11.6±1.80

From the above it can be seen that one year after the experiment was established, the height growth of the seedlings representative of the Kittilä provenance, clearly exceeded that of the others. The mean height growth of the provenances of southern Finland was then 5.6 cm, that of central Finland 7.4 cm, and that of Kittilä in northern Finland 11.6 cm. A parallel variance analysis of the growth data concerning the seedlings in 1965 revealed that the differences were very significant (Table 2).

Furthermore, the mean heights of the seedlings, as well as the survival percentages at the different measurement times, were reckoned on the basis of these measurements (Tables 3 and 4). From these data it can be seen that the differences in the mean heights of seedlings were comparatively small until 1969. Only in 1973 were the differences large enough for the provenances representative of different geographical areas to be distinguishable into rather clear-cut groups. This applies to height as well as to survival percentage. The mean height of the southern Finland provenances was then 103 cm, that of the central Finland provenances 140 cm, and that of the Kittilä provenance representative of northern Finland 242 cm. The respective survival percentages were 21 %, 59 % and 83 %. From the measurements made in 1975 it can be concluded that the differences between the provenance groups representative of different geographical regions have become more pronounsed, especially with regard to the survival percentage. The results of parallel variance analyses of the measurements made in different years are presented in Table 5.

In the autumn of 1969 and 1975, all the seedlings were arranged in three classes depending on their vitality (Table 6). It was found on both occasions that, practically speaking, all the seedlings representative of the southern and central Finland provenances had lost their tops or had died, whereas almost all the seedlings representative of the Kittilä provenance were in good condition. During the growing seasons 1970—

75, the condition of the southern and central Finland provenances had clearly deteriorated. Owing to the loss of their tops several times, the surviving seedlings had grown into bushes by the autumn of 1975, whereas the seedlings representative of the Kittilä provenance had developed an almost straight stem (Fig. 4).

Table 2. Result of variance analysis. (Height growth in 1965).
Taulukko 2. Varianssianalyysin tulos. (Taimien pituuskasvu v. 1965).

Source of Variation *Vaihtelun lähde*	Degrees of Freedom *Vapausasteet*	Sum of Squares *Neliösumma*	Mean Square *Keskineliö*	F
Between the progenies — *Alkuperien välinen*	9	759.43	84.38	7.95***
Within the progenies — *Alkuperien sisäinen*	214	2 268.54	10.60	
Total — *Kokonais*		3 027.98		

*** = significance — *merkitsevyys* 99.9 %.

Table 3. Mean height of experimental seedlings at the end of the growing season in different years.
Taulukko 3. Koetaimien keskipituudet eri vuosina kasvukauden päätyttyä.

Provenance No. *Alkuperä n:o*	Provenance *Alkuperä*	Year of measurement — *Mittausvuosi* 1966	1968	1969	1973	1975
		Mean height of seedlings, cm and its 95 % confidence limits *Taimien keskipituus, cm ja sen 95 %:n luotettavuusrajat*				
1	Bromarv	**96** ± 9.4	**104** ± 11.8	**83** ± 11.4	**114** ± 27.2	**116** ± 29.8
2	Pusula	**74** ± 7.8	**82** ± 11.0	**65** ± 20.8	**98** ± 21.8	**85** ± 49.0
3	Jaala	**88** ± 7.1	**101** ± 7.8	**73** ± 14.9	**100** ± 22.5	**65** ± 78.4
4	Padasjoki	**86** ± 6.1	**98** ± 9.8	**88** ± 12.3	**99** ± 25.3	**101** ± 26.7
5	Keuruu	**101** ± 6.5	**124** ± 10.6	**105** ± 11.0	**143** ± 22.9	**135** ± 28.4
6	Leppävirta	**99** ± 7.4	**115** ± 10.2	**95** ± 10.0	**122** ± 13.7	**117** ± 17.4
7	Suonenjoki	**95** ± 9.6	**118** ± 13.3	**95** ± 12.0	**135** ± 19.2	**116** ± 28.8
8	Suonenjoki	**94** ± 10.2	**113** ± 11.4	**98** ± 12.7	**143** ± 16.5	**137** ± 19.8
9	Rautalampi	**74** ± 7.8	**108** ± 14.3	**105** ± 12.5	**155** ± 27.2	**153** ± 29.6
10	Kittilä	**72** ± 9.6	**119** ± 10.2	**131** ± 11.0	**242** ± 26.1	**275** ± 34.3

Table 4. Survival percentage of experimental seedlings at the end of the growing season in different years.
Taulukko 4. Koetaimien elossaolosadannekset eri vuosina kasvukauden päätyttyä.

Provenance No. *Alkuperä n:o*	Provenance *Alkuperä*	Year of measurement — *Mittausvuosi* 1966		1968		1969		1973		1975	
		Survival percentage and its 95 % confidence limits *Elossaolosadannes ja sen 95 %:n luotettavuusrajat*									
1	Bromarv	**100**	86—100	**96**	79—100	**62**	41—81	**21**	7—42	**17**	5—37
2	Pusula	**100**	86—100	**96**	79—100	**46**	26—67	**21**	7—42	**8**	1—27
3	Jaala	**96**	79—100	**83**	63—95	**58**	37—78	**12**	3—32	**8**	1—27
4	Padasjoki	**96**	79—100	**100**	86—100	**79**	58—93	**29**	13—51	**17**	5—37
5	Keuruu	**100**	86—100	**96**	79—100	**88**	68—97	**71**	49—87	**71**	49—87
6	Leppävirta	**96**	79—100	**96**	79—100	**92**	73—99	**54**	33—74	**38**	19—59
7	Suonenjoki	**100**	85—100	**100**	85—100	**91**	72—99	**61**	39—80	**65**	43—84
8	Suonenjoki	**100**	86—100	**100**	86—100	**92**	73—99	**58**	37—78	**54**	33—74
9	Rautalampi	**87**	68—97	**87**	68—97	**67**	45—84	**50**	29—71	**46**	26—67
10	Kittilä	**96**	79—100	**96**	79—100	**96**	79—100	**83**	63—95	**88**	68—97

Table 5. Results of variance analyses. (The length of the seedlings at different times of measurement).
Taulukko 5. Varianssianalyysien tulokset. (Taimien versojen pituus eri mittausajankohtina).

Year *Vuosi*	Source of Variation *Vaihtelun lähde*	Degrees of Freedom *Vapausasteet*	Sum of Squares *Neliösumma*	Mean Square *Keskineliö*	F
1966	Between the progenies — *Alkuperien välinen*	9	25 039.20	2 782.13	6.66***
	Within the progenies — *Alkuperien sisäinen*	222	92 714.22	417.63	
	Total — *Kokonais*	231	117 753.43		
1968	Between the progenies — *Alkuperien välinen*	9	31 408.68	3 489.85	4.73***
	Within the progenies — *Alkuperien sisäinen*	217	159 920.90	736.96	
	Total — *Kokonais*	226	191 329.59		
1969	Between the progenies — *Alkuperien välinen*	9	54 201.74	6 022.41	8.09***
	Within the progenies — *Alkuperien sisäinen*	174	129 509.33	744.30	
	Total — *Kokonais*	183	183 711.08		
1973	Between the progenies — *Alkuperien välinen*	9	229 400.00	25 488.88	14.02***
	Within the progenies — *Alkuperien sisäinen*	100	181 783.86	1 817.83	
	Total — *Kokonais*	109	411 183.86		
1975	Between the progenies — *Alkuperien välinen*	9	391 753.98	43 528.22	13.33***
	Within the progenies — *Alkuperien sisäinen*	88	287 221.77	3 263.88	
	Total — *Kokonais*	97	678 975.76		

*** = significance — *merkitsevyys* 99.9 %.

Table 6. Vitality classes of the experimental seedlings at the end of the growing season in 1969 and 1975.
Taulukko 6. Koetaimien jakaantuminen vitaalisuusluokkiin kasvukauden päätyttyä vv. 1969 ja 1975.

Provenance No. *Alkuperä n:o*	Provenance *Alkuperä*	Vitality class — *Vitaalisuusluokka*					
		Completely alive *Täysin elävä*		Top dead *Latva kuollut*		Dead *Kuollut*	
		1969	1975	1969	1975	1969	1975
		Number of seedlings — *Taimia, kpl*					
1	Bromarv	—	—	15	4	9	20
2	Pusula	—	—	10	2	14	22
3	Jaala	—	—	14	2	10	22
4	Padasjoki	1	—	18	4	5	20
5	Keuruu	4	1	17	16	3	7
6	Leppävirta	—	—	22	9	2	15
7	Suonenjoki	—	—	21	14	2	9
8	Suonenjoki	—	—	22	13	2	11
9	Rautalampi	2	—	14	11	8	13
10	Kittilä	23	21	—	—	1	3

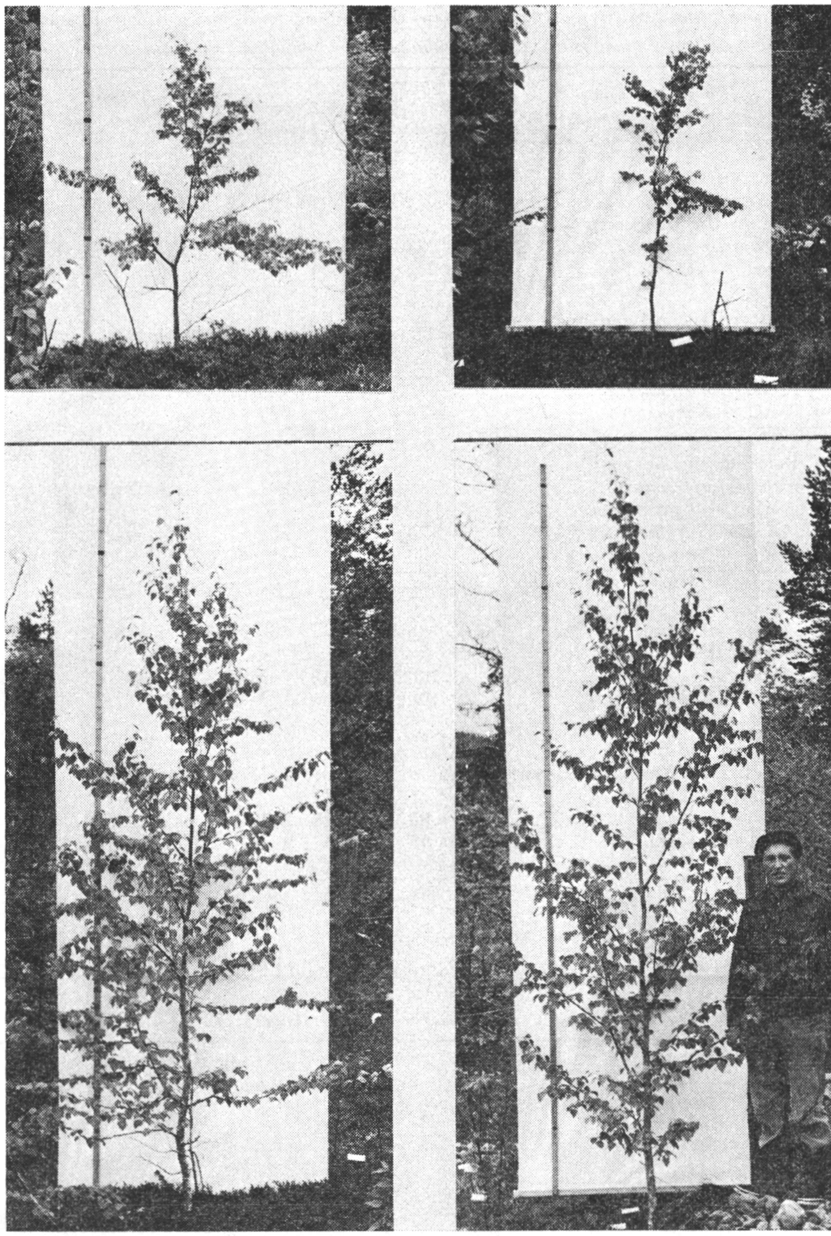


Figure 4. Above, bush-like experimental seedlings representative of central Finland provenance No. 9. Below, experimental seedlings with a straight stem representative of northern Finland provenance No. 10 (Photo J. Raulo).

Kuva 4. Yllä pensasmaisia koetaimia, jotka edustavat keskisuomalaista alkuperää n:o 9. Alla suorarunkoisia pohjoissuomalaista alkuperää n:o 10 edustavia koetaimia (Valok. J. Raulo).

5. DISCUSSION

The experiment described above is quite small with regard to its size and the number of seedlings involved. In spite of this, the results clearly show that, generally, the climatic adaptation of seedlings representative of the provenances of southern and central Finland is inadequate in northern Lapland. All the provenances now involved included individual seedlings that had remained alive in the Utsjoki conditions for over 10 years. This shows that in the progenies of a single *B. pendula* tree, as well as in those of a *B. pendula* stand, the climatic susceptibility may vary greatly from seedling to seedling. This may be partly accounted for by efficient gene exchange in *B. pendula*, even between different geographical regions (K o s k i 1970). It must also be emphasized that the results now obtained are not likely to reflect the variation in its entirety. The experiment comprised only a small number of seedlings. The seedlings had first been reared in greenhouses from which the best developed individuals were selected for the experiment. The fact that the seedlings were reared in plastic greenhouses favoured the individuals growing fast in these growing conditions.

Of particular interest is the fact that the differences between the provenances of southern and central Finland emerged as a result of an experiment made north of the natural range of distribution of *B. pendula*, and not in the extensive progeny experiments carried out in southern and central Finland with material representing different parts of these two regions (R a u l o and K o s k i 1975).

In order to elucidate the results obtained, the reforestation values of the seedlings representative of different provenances have been calculated on the basis of the latest measurements, and are tabulated below:

No *n:o*	Provenance *Alkuperä*	Geographical region *Maantieteellinen alue*	Reforestation value in 1973 *Metsänviljelyarvo vuonna 1973*	Reforestation value in 1975 *Metsänviljelyarvo vuonna 1975*
1	Bromarv	Southern Finland *Etelä-Suomi*	23.9	19.7
2	Pusula	»	20.6	6.8
3	Jaala	»	12.0	5.2
4	Padasjoki	»	28.7	17.2
5	Keuruu	Central Finland *Keski-Suomi*	101.5	95.9
6	Leppävirta	»	65.8	44.5
7	Suonenjoki	»	82.4	75.4
8	Suonenjoki	»	82.9	74.0
9	Rautalampi	»	77.5	70.4
10	Kittilä	Northern Finland *Pohjois-Suomi*	200.9	242.0

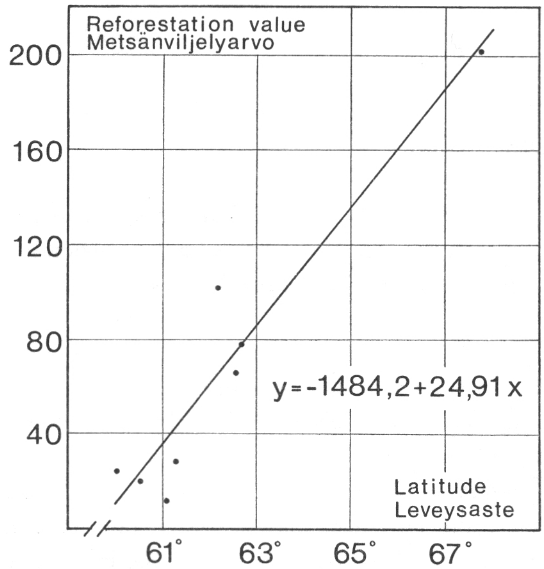


Figure 5. Dependence of reforestation value on the latitude of the site of origin of seedlings in 1973 (r = +0.952, explanatory power 90.6 %).

Kuva 5. Metsänviljelyarvon riippuvuus taimien alkuperäpaikkakunnan leveysasteesta vuonna 1973 (r = +0.952, selvitysaste 90.6 %).

These values have been obtained by multiplying the 1973 and 1975 mean heights of the seedlings of each provenance by the respective survival percentages, and by dividing the results thus obtained by one hundred (cf. e.g. Huuri 1968, Haugberg 1971).

As is shown on page 15, the reforestation values are distinguishable into distinct groups covering different geographical regions.

Fig. 5 illustrates a survey that was undertaken on the basis of measurements made in 1973 regarding the dependence of the reforestation values on the latitude of the seedlings' place of origin. In reckoning the regression, the values referring to provenances 7 and 8 have been disregarded, because there is some uncertainty about them in respect of the origin. With the aid of Fig. 5 it is possible to predict tentatively the probable reforestation value, in the conditions of the experimental site, of Finnish *B. pendula* seedlings originating from different latitudes. When the reforestation values of provenances 7 and 8 are placed on the regression curve, it will emerge that the latitude of the place of origin of these provenances is about 63° N. This latitude almost coincides with that of the Suonenjoki nursery, the first known growing site of the seedlings in question. On these grounds, the provenances involved may be thought of as originating in central Finland.

In the light of the experimental results obtained now and earlier concerning geographical transfers of *B. pendula* it is possible to examine the construction of the population of this species in Finland and Sweden. Johnsson (1951) showed that in experiments conducted in lat. 56° N the northern provenances definitely fared less well than, for instance, the local provenances. The differences, reckoned per latitude, were more distinct in the provenances originating in lat. 60° to 62° N than in those originating in lat. 56° to 60° or 62° to 66°. By reason of this, Johnsson has concluded that the cline in *B. pendula* may be a combination of three clines, i.e. the climatic cline within a population in southern Sweden, the hybrid cline at the meeting zone of the southern and northern populations (in the region of 60° to 62° N) and the climatic cline within the population in northern Sweden.

The results of the present investigation demonstrate that even small genetic differences between *B. pendula* provenances of different geographical origins can be brought out if experiments are conducted in conditions essentially different from those of the natural growing sites of the provenances involved. This statement finds support in the fact that in the experiments carried out by Johnsson (1951), especially the provenances originating in lat. 60° to 62° N differed from one another when they were raised in the conditions prevailing in lat. 56° N. The diagram presented by Johnsson (1951), as well as the studies made by Raulo and Koski (1975) suggest that a transfer covering approx. three latitudes fails to affect the height growth of *B. pendula*, when the experiment is conducted in climatic conditions resembling or almost resembling those of the natural growing sites of these provenances. It seems that in the present material the cline in *B. pendula* is changing rather smoothly in lat. 56° to 63° N and that in lat. 60° to 62° N there is no zone in which the genetic differences between the provenances of various geographical origins are especially pronounced.

Furthermore, the experiment exemplifies that it is not always advisable to draw far-reaching conclusions concerning the future performance of different provenances, from the results of progeny experiments during the first few years. For the first few growing seasons, the experimental seedlings representative of provenances of southern and central Finland fared satisfactorily in northern Lapland. Only after ten years could differences be clearly discerned between the seedlings representative of different geographical regions. In northern Lapland, in particular, there are now and then years which are exceptionally poor for growing conditions (cf. e.g. Mikola 1952, Sirén 1961, Kärenlampi 1972). On this account, only such individual trees of *B. pendula* which can endure conditions like these are suitable to be raised in northern Finland. On the grounds of the present results, the Kittilä provenance may be regarded as being well adapted to the conditions of the experimental site. Subsequent growth performance of the experimental seedlings will ultimately indicate whether or not it is possible to grow *B. pendula* successfully in some areas in northern Lapland. The fact that the seedlings of *B. pendula* originating in Kittilä fared well in the climatic conditions of Utsjoki gives occasion for the expansion of the *B. pendula* experiments in northern Lapland.

The results obtained are also significant in view of the silviculture and breeding of *B. pendula* in southern and central Finland. They show, as pointed out in the preceding pages, that there are genetic differences between the provenances of southern and central Finland, which affect their climatic susceptibility. Therefore, as far as northward provenance transfers are concerned, it is also necessary to proceed with caution in southern and central Finland.

6. LITERATURE

Dietrichson, J. 1968. Klimaskader, vekstrytme og høydeutvikling. Resultater fra et 12 år gammelt granproveniensforsøk på Rødser i Aremark. Summary: Climatic damage, growth rhythm, and height development. Results from a 12-Year Old Norway Spruce Provenance Trial at Rødser i Aremark. Medd. Norske Skogforsøksv. 88: 141—158.

Eiche, V. 1966. Cold Damage and Plant Mortality in Experimental Provenance Plantations with Scots Pine in Northern Sweden. Sammanfattning: Köldskador och plantdöd i proveniensförsök med tall i Norrland. Stud. For. Suec. 36.

Erkén, T. 1972. Planterad björk i mellersta och övre Norrland. Summary: Results of Progeny Trials with Birch in Middle and Upper Norrland. Sveriges Skogsvårdsför. Tidskr. 70: 435—465.

Haugberg, M. 1971. Planting av gran på grasbundet mark. Summary: Planting experiments with Norway spruce on grass-covered land. Medd. Norske Skogforsøksv. 115: 293—460.

Huuri, O. 1968. Männyn syysistutuksen suurkokeilu yhteisvoimin II. Metsälehti 36 (42): 6.

Johnsson, H. 1951. Avkommeprövning av björk — preliminära resultat från unga försöksplanteringar. Medd. fr. Föreningen för växtförädling av skogsträd. Svensk Papperstidning. 54 (11): 379—393; (12): 412—426.

—»— 1967, Avkommeprövning av björk. Föreningen skogsträdsförädling, Årsbok 1966: 90—135.

Kalela, A. 1937. Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. Seloste: Puulajien ilmastorotuja koskevista kokeellisista tutkimuksista. Commun. Inst. For. Fenn. 26.1.

Koski, V. 1970. A study of pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. Commun. Inst. For. Fenn. 70.4.

Kärenlampi, L. 1972. Comparisons between the microclimates of the Kevo ecosystem study sites and the Kevo Meteorological Station. Rep. Kevo Subarctic Res. Stat. 9: 50—65.

Mikola, P. 1952. Havumetsien viimeaikaisesta kehityksestä metsänrajaseudulla. Summary: On the recent development of coniferous forests in the timber-line region of Northern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 40.2.

Raulo, J. & Koski, V. 1975. Erilaisten rauduskoivujälkeläistöjen pituuskasvu Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: Height growth of different progenies of Betula verrucosa Ehrh. in South and Middle Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 84.7.

Schulenburg, A. von 1955. Problem beträffande proveniensfrågor hos pionjärträd. Svenska Skogsvårdsför. Tidskr. 53: 411—415.

Sirén, G. 1961. Taka-Lapin metsien historiasta ja ilmastosta historiallisena aikana. Lapin tutkimusseuran vuosikirja 2: 29—47.

Stefansson, E. & Sinko, M. 1967. Försök med tallprovenienser med särskild hänsyn till norrländska höjdlägen. Summary: Experiments with provenances of Scots Pine with special regard to high-lying forest in Northern Sweden. Stud. For. Suec. 47.

Wettstein, W. von 1954. Auslese bei Birkennachkommenschaften. Holzforschung 5: 106—108.

7. SUOMENKIELINEN SELOSTUS

Käsillä olevan tutkimuksen avulla on pyritty selvittämään onko etelä-, keski- ja pohjoissuomalaisten rauduskoivujälkeläistöjen ilmastollisessa kestävyydessä selviä eroja. Samalla on haluttu hankkia suuntaa-antavia tuloksia rauduskoivun viljelymahdollisuuksista Pohjois-Lapin olosuhteissa. Koe sijaitsee rauduskoivun luontaisen levinneisyysalueen pohjoispuolella, Turun yliopiston Lapin tutkimuslaitoksen maalla Utsjoen kunnassa. Tutkimusaineiston muodostavat 10 rauduskoivujälkeläistöä, joista jokaista edustaa kokeessa 23—24 tainta (Taulukko 1 ja kuvat 1—3).

Koetaimien kunto on määritetty ja pituus mitattu useita kertoja (Taulukot 3, 4 ja 6). Huolimatta siitä, että koe on kooltaan ja taimimäärältään varsin pieni, ovat sen antamat tulokset merkityksellisiä. Etelä- ja keskisuomalaiset taimet eivät yleensä omaa sellaista sopeutumiskykyä, että ne menestyisivät Pohjois-Lapissa. Kaikissa nyt kokeilluissa alkuperissä esiintyi yksilöitä, jotka säilyivät elävinä Utsjoen olosuhteissa yli 10 vuotta. Tämä osoittaa, että rauduskoivulla on sekä yksittäisten puiden että metsiköiden jälkeläistöissä suurta taimikohtaista vaihtelua ilmastollisessa kestävyydessä. Erityisen merkillepantavaa on, että erot etelä- ja keskisuomalaisten alkuperien välillä on saatu esiin tässä rauduskoivun luontaisen levinneisyysalueen pohjoispuolella tehdyssä kokeessa, vaikka ne eivät Etelä- ja Keski-Suomessa tehdyissä laajoissa jälkeläiskokeissa tulleetkaan esiin Etelä- ja Keski-Suomen eri osia edustaneella aineistolla (R a u l o ja K o s k i 1975).

Saatujen tulosten havainnollistamiseksi on sivulla 15 olevassa asetelmassa esitetty eri alkuperiä edustaneiden taimien viimeisten mittaustulosten perusteella lasketut metsänviljelyarvot. Nämä on saatu kertomalla kunkin alkuperän taimien vuosien 1973 ja 1975 keskipituus taimien senhetkisellä elossaolosadanneksella ja tulo on jaettu sadalla. Kuvassa 5 on vuoden 1973 mittaustuloksiin nojautuen tarkasteltu metsänviljelyarvon riippuvuutta taimien alkuperäpaikkakunnan leveysasteesta. Tämän kuvan avulla voidaan suuntaa-antavasti ennustaa eri leveysasteilta peräisin olevien rauduskoivun taimien todennäköinen menestyminen Utsjoen olosuhteissa.

Aikaisemmin koivun maantieteellisistä siirroista esitettyjen tulosten ja nyt saatujen tulosten nojalla voidaan otaksua, että rauduskoivun kliini on jokseenkin tasaisesti muuttuva eikä siinä esiinny leveysasteilla 60°—62° erityistä vyöhykettä, jossa geneettiset erot eri maantieteellisten alkuperien välillä olisivat erityisesti korostuneet kuten J o h n s s o n (1951) on otaksunut.

Kokeen tulokset ovat myös selvä esimerkki siitä, että jälkeläiskokeiden ensimmäisten vuosien tuloksista ei aina ole syytä tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä eri alkuperiä edustavien taimien tulevasta menestymisestä. Nyt kokeillut etelä- ja keskisuomalaiset taimet menestyivät Pohjois-Lapissa aluksi tyydyttävästi. Vasta kymmenen vuoden kuluttua kokeen perustamisesta tulivat eri maantieteellisiä alueita edustaneiden taimien väliset erot selvästi esiin. Nyt saatujen tulosten perusteella voidaan Kittilän alkuperää pitää hyvin sopeutuneena koepaikan olosuhteisiin. Näiden taimien myöhempi kasvu tulee lopullisesti osoittamaan, onko rauduskoivun menestyksellinen viljely mahdollista joillakin kasvupaikoilla Pohjois-Lapissa.

Saadut tulokset ovat merkityksellisiä myös Etelä-Suomessa tapahtuvaa rauduskoivun viljelyä ja jalostusta ajatellen. Nehän osoittavat, että etelä- ja keskisuomalaisten alkuperien välillä on ilmastolliseen kestävyyteen vaikuttavia geneettisiä eroja. Tästä syystä on pohjoiseen suuntautuviin alkuperäsiirtoihin myös Etelä- ja Keski-Suomessa suhtauduttava toistaiseksi varauksin.

THE EFFECT OF SOWING DATE ON THE INITIAL DEVELOPMENT OF PAPERPOT SEEDLINGS IN PLASTIC GREENHOUSE

KAARLO KINNUNEN

SELOSTUS:

KYLVÖAJANKOHDAN VAIKUTUS KENNOTAIMIEN ALKUKEHITYKSEEN MUOVIHUONEESSA

HELSINKI 1976

ISBN 951-40-0231-8
ISSN 0026-1610

Helsinki 1976. Valtion painatuskeskus

FOREWORD

This study belongs to the reforestation research programme performed at the Finnish Forest Research Institute. The State Board of Forestry gave financial support to the study. Dr. Erkki Lähde participated in planning the work. The author gathered the material for the first two years (1971 and 1972), while Juha Lind, B.For., collected the material in 1973. Field work was carried out at the Imari nursery owned by the State Board of Forestry. The staff of the nursery, Tuula Anttila, B.Sc., in particular, was of great help in practical field work. Prof. Paavo Yli-Vakkuri, acting Prof. Matti Leikola and Dr. Olavi Laiho have read the manuscript. Leena Kaunisto, M. A., has translated the Finnish manuscript into English. Prof. Matti Leikola, Dr. Eero Paavilainen, and Dr. Seppo Kaunisto have revised the final text.

I extend my best thanks to all those who helped me in this task.

Parkano, May 1976

Kaarlo Kinnunen

CONTENTS

	Page
Abstract	5
1. Introduction	7
2. Materials and methods	9
3. Growing conditions	11
31. Growing place	11
32. Substrate	11
33. Temperature and humidity conditions	11
331. Air temperature	11
3311. Air temperature sum	13
332. Irrigation	13
333. Air humidity	15
4. Development of seedlings	16
41. Shoot height	16
42. Shoot dry weight	16
43. Sturdiness and leafiness of the shoot	21
44. Dry weight of roots	21
45. Root/shoot ratio	24
5. An example of adjusting dates for sowing and planting	25
6. Discussion	27
7. Literature	29
8. Selostus	31

ABSTRACT

The study deals with the initial development of seedlings grown in Paperpots filled with garden peat. The sowings were performed at different dates in a plastic house. The experiment was replicated in nearly the same form in three successive years (1971—1973). It was carried out at the Imari nursery situated near Rovaniemi 66°21′ N 25°33′ E, 95 m above sea level.

The growing of seedlings was started in the middle of May. Sowings were performed at two weeks intervals, and the last sowing started in August. The measurements on seedlings began at the age of three weeks and continued every two week till the end of the growing season. Shoot height the dry weights of the shoot and roots, the root/shoot ratio and the sturdiness of the shoot were measured from sample seedlings. The significant differences between the sowings were tested with the Student's t-test. Moreover, the effect of age and the temperature sum on the growth of the shoot and roots was investigated.

The earlier sowings usually produced taller seedlings (of the same age) then the later ones. This could be mainly explained by referring to a warmer start than the end of the summer. There was a positive close correlation between the height growth of the shoot and the temperature sum. The temperature sum explained 93—97 % of the variation in the shoot height.

The temperature sum was an even better interpreter of the variation in the dry weight of shoot than variation in shoot height, the explanatory power being 97—98 %. The exponential graph illustrates the function, in other words the dry weight increase of the shoot was exponential when the temperature sum went up.

The sturdiness and leafiness of the shoot (dry weight/height) grew rapidly till 600—700 d.d., after which its growth slowed down. Various sowings achieved this d.d. at slightly different ages (7—9 weeks) so that the sowings performed in early and mid-summer reached it sooner than the later sowings.

The temperature sum was a better indicator of the dry weight of the shoot than of roots. On the other hand the age of seedlings explained better the variation in the dry weight of roots than of the shoot.

There were only few significant differences between the various sowings in the root/shoot ratio. The root/shoot ratio seemed to decrease in mid-summer and increase in the autumn when the temperture fell.

According to the results an example of adjusting the sowing and planting dates was drawn up (Fig. 2). Each sowing was given 700 d.d.. By means of the temperature sum graph the earliest planting dates for the first and last sowings were determined. Their interval was divided between the first three sowings, after which the sowing dates for seedlings from the second and third sowings could be determined with the aid of the temperature sum graph.

1. INTRODUCTION

There are several different methods for producing ballrooted seedlings in various parts of the world. In some methods seedlings are grown in containers and planted with or without them, while in other methods no containers are used at all. The containers vary much in shape, wall structure, and material (see North American . . . 1974).

At the moment, the most widely used ball-rooted methods in Finland are Paperpot, peat pot (Finnpot), and Nisula's method (a rolled peat sheet covered with plastic and containing several plants). Nisula's roll transplants, unlike the peat and paperpot seedlings are rolled with a special transplanting machine (e.g. Low and Brown 1972).

The Paperpot method is the most recent type of these. Yet it has rapidly become the most popular type of nursery stock in northern Finland and its use has also become fairly common in southern Finland. This is due to the fact that the rearing and treatment of Paperpot seedlings in nurseries can be highly mechanized and thus manual work can be diminished. Paperpot seedlings are well-suited for semi-mechanized planting as well. Studies on the initial development of Paperpot seedlings in the field have yielded mainly promising results (e.g. Turtiainen and Valtanen 1974). It is still unknown whether the container wall causes defects in root development. Some investigations refer to such possibilities (Bergman and Häggström 1973, Lähde and Kinnunen 1974). At the moment the practical consequences of such defects remain vague, since Paperpot seedlings have been studied for too short a time to draw any reliable long-term conclusions.

When growing tree seedlings as well as other plants it has been customary to start production as early in spring as possible. This is not, however, the only or necessarily the best alternative when growing small ball-rooted seedlings, but extending the sowing over a longer period of time is sometimes worth considering.

Knowledge on the development of seedlings is necessary for e.g. suitable timing of planting. Studies on the planting time using bare-rooted and peat pot seedlings (e.g. Huuri 1965, 1966, 1968, 1973) show that in Finland ball-rooted seedlings are well-suited for planting throughout the growing season. The planting time seems to have little significance on the initial development of Paperpot seedlings. The differences in plant height caused by various growing times in plastic house have nearly been eliminated as early as the second growing season (Kinnunen, Lind and Lähde 1974). This implies that the Paperpot seedlings should not be grown very tall, as the transportation and planting of small seedlings is easier than that of taller nursery stock.

The following factors have the strongest influence on the development of seedlings: temperature, light, water, oxygen, carbon dioxide as well as macro- and microelements. They are all vitally important for the development of seedlings, and the missing of one factor can not be replaced by increasing the effect of another, but all of them must be available in correct proportions.

The minimum germination temperature for Scots pine is c. +5—7°C (Haack 1912, Aaltonen 1942), but Norway spruce seeds do not germinate quickly and completely until in the temperatures of +14—16°C (Mork 1933, 1938, 1941). The optimum germination temperature in light varies between 26—30°C, in the dark slightly less (Yli-Vakkuri 1963).

The growth rhythm of the seedlings during the first growing season clearly deviates from that of older seedlings and old trees (Laiho 1963). Especially the growing season for the shoot of young seedlings in considerably longer compared to that of older seedlings and trees (see Leikola and Raulo 1973). The difference in root growth is not equally remarkable.

The ratio of the dry weights of shoot and roots (shoot/root ratio) have had wider coverage in literature than the above-mentioned root/shoot ratio. It is generally considered to have a fairly reliable predicting value as regards reforestation (Wilde et. al. 1964). According to Ingestad (1963) the weight of roots should be about 1/3—1/4 of the whole seedling weight, representing the values 2—3 in shoot/root ratio. Small shoot/root ratio predicts good resistance to drought and cold. However, the dry weight of the root system does not indicate the actual absorption area, which is influenced by the variation in the amounts of thin roots and mycorrhiza (e.g. Räsänen 1966).

The general aim of this study is to clear up the change and dependence on the sowing date of some important morphological characteristics, such as the height and sturdiness of the shoot and the dry weight of the shoot and roots. The study involved the first growing season only.

The study also aims at clearing the effect of different growing conditions on the development of seedlings. To make the results fit for practical application, the seedlings were grown using standard nursery methods. A study on planting dates, which is closely related to this study area, was linked with the study. Its results have been published earlier (see Kinnunen et.al. 1974), as well as the results of the sowing date study from the first year (Kinnunen and Lähde 1972).

2. MATERIALS AND METHODS

The field work was carried out at the Imari nursery (near Rovaniemi, 66°21′ N, 25°33′ E, 95 m above sea level). The experiment was repeated almost in the same form in three growing seasons (1971—1973). The treatments in the first year differed from those in the other two in the respect that it involved three tree species: Scots pine, Norway spruce and Siberian larch. The next two years included only Scots pine. Seedlings were grown in garden peat in 1971 in ordinary Fh 408 Paperpots and in 1972 and 1973 in Fh 408 Paperpots provided with flaps. The latter contain 18 semicircular flaps (with 1 cm diameter) to facilitate the penetration of roots through the pot walls. In nurseries the flaps are of no great consequence, since the pots are kept moist to enable the roots to penetrate the pot walls. In the field the flaps may have more importance especially if the pot material dries and becomes very tough (Lähde and Kinnunen 1974).

Table 1. The sowing and measuring dates of seedlings in different years
Taulukko 1. Taimien kylvö- ja mittausajat eri vuosina

Sowing *Kylvöerä*	Sowing dates *Kylvöajat*			Measuring dates *Mittausajat*		
	1971	1972	1973	1971	1972	1973
I	14. 5.	9. 5.	15. 5.	4. 6.	30. 5.	5. 6.
II	28. 5.	23. 5.	29. 5.	18. 6.	13. 6.	19. 6.
III	11. 6.	6. 6.	12. 6.	30. 6.	27. 6.	3. 7.
IV	24. 6.	20. 6.	26. 6.	13. 7.	11. 7.	17. 7.
V	9. 7.	4. 7.	10. 7.	27. 7.	25. 7.	31. 7.
VI	23. 7.	18. 7.	24. 7.	9. 8.	8. 8.	14. 8.
VII	6. 8.	1. 8.	7. 8.	23. 8.	22. 8.	28. 8.
VIII	20. 8.		21. 8.	7. 9.	5. 9.	11. 9.
				20. 9.		25. 9.

The sowing was done in a plastic house at two weeks intervals from the middle of May till August (Table 1). The measurements started three weeks after the sowing and were carried on till September at two weeks intervals. In 1971 each sowing lot consisted of one Paperpot tray, in 1972 and 1973 four trays, each serving as a replicate. Samples were selected systematically at even distances. The order of the first pot row and the first sample pot were allotted. These served as starting points from which the rest of the pots were selected with an even distance from each other. In 1971 and

1973, 10 Paperpots out of each tray were selected and in 1972 5 pots out of a tray. In 1971 all the seedlings grown in sample pots and in 1972 and 1973 the tallest seedlings of each pot were measured.

The shoot height, dry weights of the shoot and roots of each selected seedling were measured as well as the ratio of the dry weight of roots to that of the shoot, which is called root/shoot ratio. In 1971 and 1972 the shoot height was measured from the root collar till the tip of the inner needles and, in 1973, from the root base till the shoot tip excluding the needles. The dry weights of the shoot and roots were measured as the total seedling weight of each replicate. This was divided with the number of seedlings thus obtaining the dry weight per seedling. The weighing was performed by scales with the accuracy of 0.1 mg, although the results are presented as milligrams.

Temperature variation was recorded by means of a thermograph. The thermographs were corrected twice a day by an accurate thermometer. The temperature sum was counted using d.d. principle with +5°C threshold value (see Sarvas 1972). Five funnels inserted in a bottle indicated the amount of irrigation water. The water collected into the bottle was daily measured and converted into milligrams.

The regression analysis was employed to determine the correlation between the variables and Student's t-test to compare the sowing dates.

3. GROWING CONDITIONS

31. Growing place

The seedlings were grown in a large plastic house designed for experimental work. It is almost twice as high (5.5 m) and wide (16 m) as standard plastic houses used in Finland. Thus the conditions do not correspond to ordinary growing, since smaller plastic houses are more exposed to extreme temperature variations, i. e. they become hot and cold faster than bigger plastic houses.

32. Substrate

Light *Sphagnum fuscum* peat, the pH of which was 4.5—5.5 and electrical conductivity 2.5—4.0, was used as substrate. Less than 25 % of the fractions were smaller than 1 mm and no fractions exceeded 10 mm.

Primary fertilization was performed using the following macro- and microelements (per cent of dry weight)

0.17 %	N	0.0084 %	Fe
0.06 %	P	0.008 %	B
0.175 %	K	0.0096 %	Cu
0.030 %	Mg	0.0072 %	Mn
0.06 %	S	0.0058 %	Zn
0.064 %	Na	0.0015 %	Mo

33. Temperature and humidity conditions

331. Air temperature

The air in a plastic house is very different from the open air as regards e.g. temperature, relative humidity and wind. In a plastic house ventilation is weak, which accounts for higher day temperatures. Plastic cover prevents heat from radiating out, thus raising the night temperatures. It is always warmer inside a plastic house than out-of-doors.

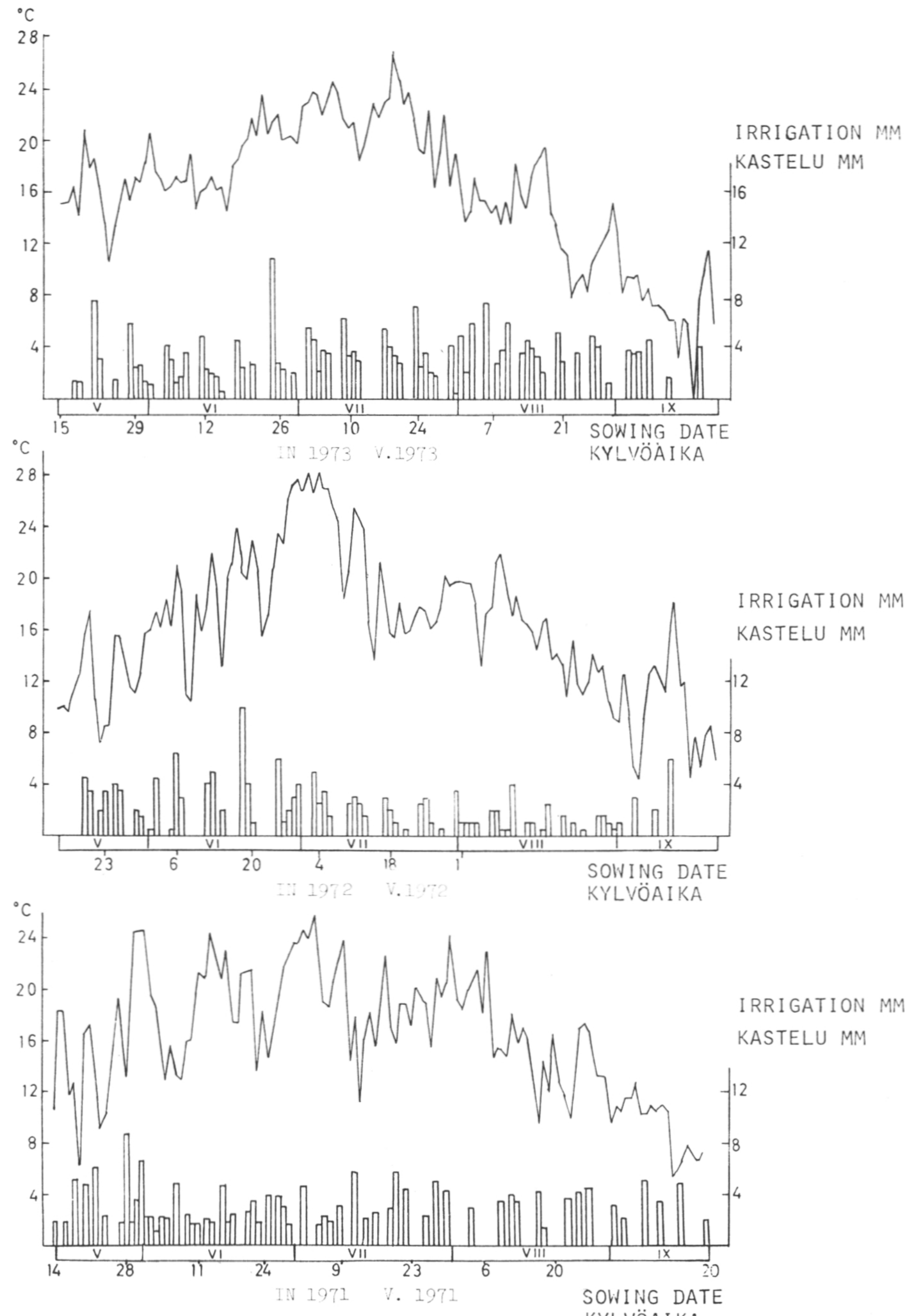


Fig. 1. Mean daily temperatures (15 cm above the ground) and the amounts of irrigation water in the plastic house

Kuva 1. Vuorokautiset keskilämpötilat (15 cm:n korkeudella) ja kastelumäärät tutkimusmuovihuoneessa

The air temperature measurements started in the middle of May and were carried on till the end of September each year. Fig. 1 presents the mean daily temperatures (24 hours) in various years. As a main trend, the daily mean temperature was rising till July after which it started to fall again. There occurred, throughout the growing season, long warm periods as well as short periods characterized with sudden changes in temperature.

In the spring the differences between day and night temperatures were great, even over 40°C. In 1971 the highest maximum temperature was 45°C. In the other two years the maximum temperature was somewhat lower, in 1972 under 40°C and 1973 under 35°C. High temperatures caused no visible damages in seedlings, although the growth becomes slower due to the increased respiration (Kramer and Kozlowski 1960).

The daily minimum temperature varied between —10 and +18°C. The last spring frosts occurred after the middle of May and the first autumn frosts at the end of August.

3311. Air temperature sum

The curve representing the cumulative temperature sum of the air was of a slightly arching S-shape. In 1973 the temperature sum was at first somewhat higher than in the other years, but towards the end it was levelled down to the temperature sum of 1971. In 1972 the first sowing was started 5—6 days earlier than in the other years. This is why temperature sum received by the plants at first remained considerably lower than in the other ones (Table 2). The early summer of 1972 was exceptionally cold. The seventh sowing in 1972 was during the warmest season. Although the yearly temperature sums in the open differed very much from each other in various years, in the plastic house they remained fairly constant. The reason is that during the warm summer days the air temperature in a plastic house is too high and is lowered by irrigation and ventilation with electric fans. When the growing started between the middle of May and the end of June (sowings I—IV), the seedlings received more than 900 d.d. units during the summer, which is higher than the average open air temperature sum in Rovaniemi. The accumulation of 100 d.d. per 3 weeks was sufficient for the development of seedlings, although under such circumstances seedlings remained in a delicate developmental phase and were probably incapable of surviving the winter (cf. Løken 1959, 1970 and Kaunisto 1974).

332. Irrigation

Temperature and the size of seedlings have the intensest effect on irrigation need. Transpiration increases in high temperatures and tall seedlings transpire more than the smaller ones. In this experiment all the seedlings received equal amounts of water,

Table 2. The temperature sums of sowings at different ages. D.d. with +5° C threshold value
Taulukko 2. Kylvöerien saamat lämpömäärät eri ikäisinä. Laskettu d.d. periaatteella +5° C kynnysarvoa käyttäen

Year *Vuosi*	Sowing *Kylvöerä*	Age (weeks) *Ikä vk* 3	5	7	9	11	13	15	17	19
1971	I	231	415	578	790	965	1 152	1 284	1 393	1 441
	II	292	456	668	843	1 030	1 161	1 271	1 319	
	III	281	493	668	855	986	1 095	1 143		
	IV	295	470	657	788	897	945			
	V	232	419	550	660	708				
	VI	241	373	482	530					
	VII	171	280	328						
	VIII	135	183							
1972	I	126	282	492	778	968	1 150	1 316	1 407	
	II	205	415	701	891	1 073	1 239	1 329		
	III	289	575	765	997	1 112	1 203			
	IV	391	581	763	929	1 020				
	V	326	508	674	765					
	VI	263	428	519						
	VII	256	346							
1973	I	238	401	626	865	1 095	1 241	1 355	1 422	1 442
	II	252	476	715	945	1 092	1 205	1 273	1 292	
	III	307	546	776	922	1 035	1 103	1 122		
	IV	352	582	728	841	909	928			
	V	341	487	601	669	688				
	VI	245	359	427	446					
	VII	184	251	271						
	VIII	101								

since it would have been difficult, with the irrigation device used, to adjust the intensity of irrigation according to the size of seedlings. The measurement of irrigation water would have been difficult as well.

The irrigation requirement was set to the amount needed to maintain suitable moisture in the subsrate. Daily irrigation varied considerably in quantity and there were days when no irrigation at all was needed (Fig. 1). Usually seedlings received no water during the weekends. However, on warm days garden peat dries so quickly that daily irrigation is recommended, even several times on the warmest days. The irrigation amount was different in each year. In 1971 the mean irrigation for 17 weeks from the first sowing was 1.7 mm/day, in 1972 1.3 mm/day and in 1973 2.0 mm/day. Previous irrigation experiments performed at Imari produced no great differences in size when irrigation varied from 1 to 4 mm/day, whereas the mortality rate of seedlings imply that 1 mm of water per day is not sufficient. On the other hand, 4 mm of water per day resulted in leaching of nutrients, so that a »suitable» quantity of water is probably somewhere between 2—3 mm/day, maybe closer to 2 than 3 mm/day. However, an experiment using fixed daily portions does not reveal the best irrigation quantity, but irrigation should be linked with temperature and the size of seedlings.

In 1971 and 1972 irrigation was perhaps insufficient, although it cannot be taken for granted that the better growth response in 1973 would have been only dependent on more abundant irrigation. However, it may have had some influence.

333. Air humidity

Temperature and relative humidity of the air had a strong negative correlation. During the nights air humidity rose near dew point (100 %). The highest peak was usually between 2 and 4 a.m. and lowest from 12 a.m. to 2 p.m., sometimes approaching 30 % on a very hot day. Longer observation periods show that humidity is usually higher in the spring and autumn than in mid-summer (cf. the mean temperature in Figure 1). Yet, in the spring of 1971 air humidity was at its lowest stage from which it gradually rose when the autumn drew nearer. In 1973 air humidity was highest on the average and in 1972 lowest. The order resembled the amounts of water applied, which is understandable when considering the fact that the temperature sum was the same for each year.

4. DEVELOPMENT OF SEEDLINGS

41. Shoot height

In 1971 the seedlings grew slightly taller than in 1972 (Table 3). The results of 1973 cannot be compared to those of other years because of a different measuring method used.

The plants sown earlier produced taller seedlings than the later ones at the same age. This was clearly perceivable in the results in 1971 (Table 4). The seedlings of the two latest sowings, in particular, were retarded in most cases. In 1972 the first and second sowing time produced significantly shorter seedlings than the others, or there were no significant differences between them. Otherwise the earlier sowing dates resulted in taller seedlings than the later ones.

Shoot height was studied as affected by plant age and the temperature sum (Table 5). The equation achieved was a parabola. The explanatory power of the temperature sum was considerably higher than that of the plant age each year. Consequently the temperature sum was more important for the development in height than the time within which the seedlings had grown. The growth of shoot accelerated with the increasing temperature sum. In 1971 and 1972, shoot height increased more sharply than in 1973 when the seedlings were measured without needles. Growth did not make such rapid progress as regards the time, in 1973 it even slowed down.

42. Shoot dry weight

The seedlings of the first five sowing times weighed much more in 1973 than in the other years (Table 6). One explanation could be that the seeds used in 1973 were heavier and had a higher germination percentage than the ones used in the other years. There were no great differences in the temperature sums of the various years. Maximum temperatures differed so that in 1973 they remained lower than in the other years.

In 1972 the first sowing produced lighter seedlings than the others because of a cold start of the summer (Table 7). Similarly, the second sowing produced usually significantly lighter seedlings than the third and fourth sowings. From the third sowing onward the other sowings resulted again in lighter seedlings or there was no significant difference between them.

In 1973 the seedlings from the third and fourth sowings were at first, till the age of 7 weeks, heavier than those from the first and second ones. Otherwise, the earlier sowings produced generally heavier seedlings than the later sowings (Tables 6 and 7).

The temperature sum explained better the variation in the dry weight of the shoot than the age of seedlings. Both the temperature sum and plant age explained better the dry weight than the height variation of the shoot (Table 8).

Table 3. Shoot height (mm) of seedlings from different sowing and age groups

Taulukko 3. Verson pituus (mm) kylvöerittäin ja ikäryhmittäin

Year *Vuosi*	Sowing *Kylvöerä*	Age (weeks) *Ikä vk*								
		3	5	7	9	11	13	15	17	19
1971	I	37	35	49	55	66	92	93	99	112
	II	34	37	45	67	86	87	82	90	
	III	32	38	46	61	70	70	74		
	IV	33	36	43	50	46	57			
	V	32	35	43	44	43				
	VI	38	32	40	41					
	VII	20	31	35						
	VIII	12	24							
	Average *Keskim.*	30	33	43	48	52	76	83	94	112
1972	I		17	20	34	52	72	82	86	
	II	14	20	34	53	71	82	83		
	III	20	28	42	56	70	72			
	IV	17	32	50	60	62				
	V	15	19	30	32					
	VI	16	20	20						
	VII	15	15							
	Average *Keskim.*	16	22	33	47	64	75	82	86	
1973	I	13	21	26	35	51	59	55	57	54
	II	16	21	24	39	48	49	49	51	
	III	20	25	33	41	39	40	41		
	IV	20	19	28	31	32	34			
	V	20	21	24	26	26				
	VI	18	18	18	18					
	VII	21	18	22						
	VIII	7								
	Average *Keskim.*	17	20	25	33	41	45	48	54	54

☐ = NO SIGNIFICANT DIFFERENCE
EI MERKITSEVÄÄ EROA

▼▼▼ SOWING ABOVE
PÄÄLLÄ

▼▼ SOWING ABOVE
PÄÄLLÄ

▼ SOWING ABOVE
PÄÄLLÄ

▷▷▷ SOWING BESIDE IS GREATER, RISK, 0.1%
SIVULLA OLEVA KYLVÖERÄ SUUREMPI 0.1%:N RISKILLÄ

▷▷ SOWING BESIDE IS GREATER, RISK, 1%
SIVULLA OLEVA KYLVÖERÄ SUUREMPI 1%:N RISKILLÄ

▷ SOWING BESIDE IS GREATER, RISK, 5%
SIVULLA OLEVA KYLVÖERÄ SUUREMPI 5%:N RISKILLÄ

AGE WEEKS IKÄ VK	SOWING KYLVÖERÄ	1971 I	II	III	IV	V	VI	VII
3	II							
	III	▼						
	IV							
	V	▼▼						
	VI			▷▷	▷	▷▷▷		
	VII	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	
	VIII	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼
5	II							
	III							
	IV							
	V							
	VI		▼	▼				
	VII	▼	▼▼▼	▼▼	▼▼	▼		
	VIII	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼	▼▼▼
7	II							
	III							
	IV	▼						
	V	▼						
	VI	▼▼▼	▼▼	▼▼				
	VII	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼	▼▼▼	▼▼	
9	II	▷▷						
	III							
	IV		▼▼▼	▼▼				
	V	▼▼	▼▼▼	▼▼▼				
	VI	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼			
11	II	▷▷▷						
	III		▼▼▼					
	IV	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼				
	V	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼				
13	II							
	III	▼▼▼	▼▼					
	IV	▼▼▼	▼▼▼	▼▼				
15	II							
	III	▼▼▼						
17	II							

AGE WEEKS IKÄ VK	SOWING KYLVÖERÄ	1972 I	II	III	IV	V	VI
3	II						
	III		▷▷▷				
	IV		▷▷	▼			
	V			▼▼▼	▼		
	VI			▼▼▼			
	VII			▼▼			
5	II	▷▷					
	III	▷▷▷	▷▷				
	IV	▷▷▷	▷▷▷				
	V	▷		▼▼▼	▼▼▼		
	VI	▷▷		▼▼	▼▼▼		
	VII		▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼	▼▼▼
7	II	▷▷▷					
	III	▷▷▷					
	IV	▷▷▷	▷▷▷	▷			
	V	▷▷▷		▼▼▼	▼▼▼		
	VI		▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	
9	II	▷▷▷					
	III	▷▷▷					
	IV	▷▷▷					
	V		▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼		
11	II	▷▷					
	III	▷▷					
	IV	▷					
13	II						
	III		▼				
15	II						

AGE WEEKS IKÄ VK	SOWING KYLVÖERÄ	1973 I	II	III	IV	V	VI	VII
3	II	▷						
	III	▷▷▷	▷▷▷					
	IV	▷▷▷	▷▷▷					
	V	▷▷▷	▷▷▷					
	VI	▷						
	VII	▷▷▷	▷▷▷	▷▷	▷	▷▷		
	VIII	▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼	▼▼▼
5	II							
	III	▷	▷					
	IV			▼▼				
	V			▼▼				
	VI			▼▼				
	VIII		▼	▼▼		▼		
7	II	▼						
	III		▷					
	IV		▷					
	V			▼				
	VI	▼▼▼	▼▼▼	▼▼	▼▼	▼		
	VII	▼▼▼	▼	▼	▼▼		▷▷	
9	II							
	III	▷						
	IV		▼▼	▼▼				
	V	▼	▼▼▼	▼▼				
	VI	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼		
11	II							
	III	▼	▼					
	IV	▼▼	▼▼	▼▼▼				
	V	▼	▼▼	▼▼	▼▼			
13	II	▼						
	III	▼▼▼	▼					
	IV	▼▼▼	▼▼▼	▼▼				
15	II							
	III	▼▼						
17	II							

Table 4. T-tests on the differences in shoot height between the sowings
Taulukko 4. Verson pituuden parittaiset t-testit kylvöerien välillä

Table 5. The shoot height as affected by age and temperature sum and the explanatory power of of the functions

Taulukko 5. Verson pituus iän ja lämpösumman funktiona sekä funktioiden selitysasteet

Independent variable *Selittäjä*	Year *Vuosi*	Equation *Funktio*	Explanatory power *Selitysaste*
Age — *Ikä*	1971	$Y = 19.1 + 0.44X + 0.002X^2$	0.847
	1972	$Y = 4.2 + 0.80X + 0.00024X^2$	0.883
	1973	$Y = 6.9 + 0.42X + 0.00022X^2$	0.783
Temperature sum *Lämpösumma*	1971	$Y = 22.8 + 0.018X + 0.00003X^2$	0.934
	1972	$Y = 4.4 + 0.028X + 0.000025X^2$	0.966
	1973	$Y = 12.0 + 0.014X + 0.000013X^2$	0.935

Table 6. The dry weight of the shoot (mg) according to sowings and ages

Taulukko 6. Verson kuivapaino (mg) kylvöerittäin ja ikäryhmittäin

Year Vuosi	Sowing *Kylvöerä*	Age (weeks) *Ikä vk*								
		3	5	7	9	11	13	15	17	19
1971	I	3	9	24	51	70	100	132	158	191
	II	4	10	21	51	80	117	158	142	
	III	3	10	22	38	57	104	112		
	IV	4	8	14	28	40	65			
	V	3	6	16	27	39				
	VI	4	7	15	20					
	VII	1	4	7						
	VIII	2	4							
	Average *Keskim.*	3	7	17	36	57	96	134	150	191
1972	I	1	3	9	22	68	80	132	129	
	II	2	7	20	53	64	117	148		
	III	4	9	25	48	91	111			
	IV	5	14	33	55	59				
	V	2	7	18	23					
	VI	3	6	8						
	VII	3	3							
	Average *Keskim.*	3	7	19	40	71	103	140	129	
1973	I	4	13	37	85	134	194	180	254	249
	II	4	14	32	69	112	169	156	183	
	III	7	21	50	77	98	97	117		
	IV	7	20	42	76	81	105			
	V	6	11	14	42	55				
	VI	4	5	7	8					
	VII	3	4	7						
	VIII	3								
	Average *Keskim.*	5	12	28	63	100	141	151	219	249

AGE WEEKS IKÄ VK	SOWING KYLVÖ-ERÄ	1972 I	II	III	IV	V	VI
3	II	▷▷▷					
	III	▷ ▷	▷				
	IV	▷▷▷	▷▷▷				
	V	▷▷▷		▼	▼▼▼		
	VI	▷ ▷			▼		
	VII	▷▷▷	▷ ▷		▼ ▼	▷	
5	II	▷▷▷					
	III	▷▷▷	▷ ▷				
	IV	▷▷▷	▷▷▷	▷ ▷			
	V	▷▷▷		▼	▼ ▼		
	VI	▷▷▷		▼ ▼	▼▼▼		
	VII		▼ ▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼ ▼
7	II	▷ ▷					
	III	▷▷▷					
	IV	▷▷▷	▷				
	V	▷▷▷		▼	▼ ▼		
	VI		▼ ▼	▼▼▼	▼▼▼	▼ ▼	
9	II	▷ ▷					
	III	▷ ▷					
	IV	▷▷▷					
	V		▼ ▼	▼ ▼	▼▼▼		
11	II						
	III	▷	▷				
	IV			▼			
13	II						
	III	▷					
15	II						
17							

AGE WEEKS IKÄ VK	SOWING KYLVÖ-ERÄ	1973 I	II	III	IV	V	VI	VII
3	II							
	III	▷ ▷	▷▷▷					
	IV	▷ ▷	▷▷▷					
	V							
	VI			▼	▼			
	VII	▼	▼ ▼	▼▼▼	▼▼▼	▼		
	VIII		▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼		
5	II							
	III	▷ ▷	▷ ▷					
	IV	▷ ▷	▷ ▷					
	V			▼ ▼	▼▼▼			
	VI	▼ ▼	▼ ▼	▼▼▼	▼▼▼	▷ ▷		
	VII	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼		
7	II							
	III	▷	▷ ▷					
	IV		▷					
	V	▼▼▼	▼ ▼	▼▼▼	▼▼▼			
	VI	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼			
	VII	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼		
9	II	▼ ▼						
	III							
	IV							
	V	▼ ▼	▼ ▼	▼	▼			
	VI	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼ ▼		
11	II							
	III	▼						
	IV	▼ ▼	▼	▼				
	V	▼ ▼	▼	▼ ▼	▼			
13	II							
	III	▼ ▼	▼					
	IV	▼ ▼	▼					
15	II							
	III							
17	II	▼						

Table 7. T-tests on the differences in shoot dry weight between the sowings. Signs explained in table 4

Taulukko 7. Verson kuivapainon parittaiset t-testit kylvöerien välillä. Merkinnät kuten taulukossa 4

Table 8. Shoot dry weight expressed as an equation of age and temperature sum and the explanatory power

Taulukko 8. Verson kuivapaino iän ja lämpösumman funktiona sekä funktioiden selitysasteet

Independent variable *Selittäjä*	Year *Vuosi*	Equation *Funktio*	Explanatory power *Selitysaste*
Age — *Ikä*	1971	$Y = -2.6 + 0.092X + 0.013X^2$	0.944
	1972	$Y = -9.7 + 0.17X + 0.011X^2$	0.919
	1973	$Y = -13.0 + 0.36X + 0.013X^2$	0.885
Temperature sum *Lämpösumma*	1971	$Y = 19.7 - 0.069X + 0.00013X^2$	0.980
	1972	$Y = 14.0 - 0.074X + 0.00012X^2$	0.971
	1973	$Y = 13.3 - 0.077X + 0.00016X^2$	0.973

43. Sturdiness and leafiness of the shoot

It is difficult to measure the base diameter of young seedlings by usual means. Therefore, the ratio of the dry weight to the height of the shoot was used in this study. To avoid long expressions, this quotient will be called sturdiness.

Shoot sturdiness grew rapidly till the age of 7—9 weeks, after which it slowed down its progress. The seedlings from earlier sowings were usually sturdier than those grown later. At an older age there were no significant differences between the sowing dates.

Expressed in temperature sums, the seedlings were sturdier till 600—700 d.d., after which there came levelling down.

Sturdiness developed in much the same way each year. In 1973 the seedlings were sturdier than in the other years because the height of the shoot was taken without needles. In 1972 the seedlings were sturdier till the age of 11 weeks than in 1971. Later the differences levelled down.

44. Dry weight of roots

At the age of three weeks the seedling roots in all sowings had similar weights in 1971 and 1972 (Table 9). In 1973 roots were considerably heavier in the sowings at the beginning or middle of the summer than in the last three sowings. At the age of five weeks the variation was even greater. The early and late sowings produced seedlings with lighter roots than the middle ones. At the age of seven weeks in 1971 and 1972 the seedlings had equal root weights, while in 1973 the dry weight of the roots was nearly twofold. The situation continued unchanged till the age of nine weeks. After this the seedlings of 1972 weighed less than the ones of 1971. The seedlings of 1973 maintained their foremost position all the way through till the age of 19 weeks.

In 1972 the seedling roots of the first and second sowings were usually significantly lighter than those of later sowings (Table 10). The third sowing showed difference to both direction and from the fourth sowing on the differences chiefly favoured the later sowings. In 1973 the first four sowings revealed only few statistically significant differences, most of which favoured the earlier sowings. From the fifth sowing on there occurred more significant differences, without exception in the favour of earlier sowings.

The temperature sum explained better shoot than root dry weight (cf. Tables 8 and 11). Shoot growth seems to be more sensitive to air temperature than root growth. Plant age was a better indicator for root than shoot dry weight variation. In 1973 the growth of roots was at its highest as regards time and the temperature sum, in 1971 the growth was slower, and in 1972 the slowest. The differences between the years were quite big. Growth increased exponentially each year in relation to time and the temperature sum.

Table 9. Root dry weight (mg) according to sowings and ages
Taulukko 9. Juuriston kuivapaino (mg) kylvöerittäin ja ikäryhmittäin

Year Vuosi	Sowing *Kylvöerä*	Age (weeks) *Ikä vk*								
		3	5	7	9	11	13	15	17	19
1971	I	1	2	6	9	15	22	34	45	74
	II	1	3	6	11	15	23	38	44	
	III	1	3	7	10	17	34	38		
	IV	1	2	4	7	11	24			
	V	1	2	4	9	28				
	VI	1	3	5	8					
	VII	1	2	3						
	VIII	1	1							
	Average *Keskim.*	1	2	5	9	17	26	37	44	74
1972	I	1	1	1	7	13	14	33	34	
	II	1	1	6	10	12	22	30		
	III	1	3	6	11	17	22			
	IV	2	5	10	15	16				
	V	1	2	5	6					
	VI	1	3	3						
	VII	2	1							
	Average *Keskim.*	1	2	5	10	14	19	31	34	
1973	I	2	6	15	28	39	66	84	107	102
	II	2	6	12	18	36	59	57	77	
	III	2	9	14	25	33	38	51		
	IV	3	5	13	22	33	43			
	V	2	4	4	17	18				
	VI	1	2	3	3					
	VII	1	2	2						
	VIII	1								
	Average *Keskim.*	2	5	9	20	33	52	64	92	102

1972

AGE WEEKS IKÄ VK	SOWING KYLVÖ-ERÄ	I	II	III	IV	V	VI
3	II	▷ ▷ ▷					
	III	▷ ▷ ▷	▷ ▷				
	IV	▷ ▷ ▷	▷ ▷ ▷	▷ ▷			
	V	▷			▼ ▼		
	VI						
	VII	▷ ▷ ▷	▷ ▷	▷		▷ ▷ ▷	
5	II	▷ ▷					
	III	▷ ▷	▷				
	IV	▷ ▷ ▷	▷ ▷ ▷	▷			
	V	▷ ▷ ▷	▷ ▷		▼ ▼		
	VI	▷ ▷ ▷	▷ ▷ ▷		▼	▼	
	VII	▷		▼	▼ ▼ ▼	▼	▼ ▼
7	II	▷ ▷ ▷					
	III	▷ ▷ ▷					
	IV	▷ ▷ ▷	▷	▷ ▷			
	V	▷ ▷ ▷			▼ ▼		
	VI	▷	▼	▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼	
9	II	▷ ▷					
	III	▷ ▷					
	IV	▷ ▷ ▷	▷ ▷ ▷	▷			
	V		▼ ▼	▼ ▼	▼ ▼ ▼		
11	II						
	III	▷ ▷	▷				
	IV						
13	II	▷ ▷ ▷					
	III	▷					
15	II						
17							

1973

SOWING KYLVÖ-ERÄ	I	II	III	IV	V	VI	VII
II							
III							
IV		▷	▷				
V				▼			
VI	▼		▼	▼ ▼			
VII	▼ ▼	▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼		
VIII	▼ ▼		▼ ▼ ▼	▼ ▼			
II							
III	▷ ▷	▷ ▷					
IV			▼				
V	▼ ▼	▼ ▼	▼ ▼	▼			
VI	▼ ▼	▼ ▼	▼ ▼	▼ ▼			
VII	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼		
II	▼						
III		▷					
IV							
V	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼	▼ ▼ ▼			
VI	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼	▼ ▼ ▼			
VII	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼		
II	▼						
III		▷					
IV							
V	▼		▼				
VI	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼ ▼	▼ ▼		
II							
III							
IV							
V		▼	▼	▼			
II							
III	▼ ▼	▼					
IV	▼	▼					
II	▼						
III	▼ ▼						
II							

Table 10. T-tests on the differences in root dry weigh tbetween the sowings. Signs explained in table 4

Taulukko 10. Juuriston kuivapainon parittaiset t-testit kylvöerien välillä. Merkinnät kuten taulukossa 4

Table 11. Root dry weight expressed as an equation of age and temperature sum and the explanatory power

Taulukko 11. Juuriston kuivapaino iän ja lämpösumman funktiona sekä funktioiden selitysasteet

Independent variable *Selittäjä*	Year *Vuosi*	Equation *Funktio*	Explanatory power *Selitysaste*
	1971	$Y = 3.9 - 0.24X + 0.0056X^2$	0.960
Age — *Ikä*	1972	$Y = 0.9 - 0.056X + 0.003X^2$	0.929
	1972	$Y = 1.8 - 0.19X + 0.0076X^2$	0.920
Temperature sum	1971	$Y = 6.4 - 0.029X + 0.00004X^2$	0.877
Lämpösumma	1972	$Y = 4.3 - 0.018X + 0.00003X^2$	0.956
	1973	$Y = 11.2 - 0.055X + 0.00008X^2$	0.960

45. Root/shoot ratio

The root/shoot ratio of the sowings showed few significant differences, especially in 1973. Till the age of seven weeks the root/shoot ratio of plants in only the first sowing was significantly bigger than in the others. In 1972, at the age of three weeks the root/shoot ratio in the first sowing was significantly bigger than in the others. Later the differences were in the favour of later sowings and at the age of 13 weeks there were no differences any more.

In 1973 the root/shoot ratio was biggest and most even, while in 1972 it was smallest. At the beginning and end of the summer the root/shoot ratio was usually higher than in mid-summer.

5. AN EXAMPLE OF ADJUSTING DATES FOR SOWING AND PLANTING

Generally the development of seedlings was fairly regular. Abrupt changes were not perceivable, except when studying the sturdiness of the shoot. Thus in the following example the minimum temperature sum, 700 d.d., was employed when arranging the dates for sowing and planting (Fig. 2). Depending on the sowing date, 700 d.d. averages 7—9 weeks in growing time. Table 2 shows that only the first five sowing dates reached this level; i.e. the sowing should be performed between the middle of May and the middle of July in order to achieve 700 d.d..

The mean temperature sum in 1971—1973 represents the temperature sum as affected by time. Although the study years are few, the mean value probably quite well represents the mean value of a longer period of time, as the temperature sum in the plastic house was quite constant in the three successive years despite the fact that those in open air differed a great deal from each other.

The temperature sum works in both directions, depending on whether it is needed to determine the planting date according to the sowing date or vice versa.

The example shows both cases. The first and fourth planting dates were defined in accordance with the sowing dates, while the second and third sowing dates with the planting dates. The first sowing started in the middle of May, from which time the graph representing the temperature sum starts (Fig. 2). The planting date for the first sowing can be obtained by projecting the employed temperature sum (700 d.d.) on a time axis. In this case it is the 8th July.

The temperature sum rises till 1 450 d.d. . It is possible to grow two crops till 700 d.d. on the same substrate during one growing season. The latter sowing has to be started soon after the first sowing is ready for planting. Two days are reserved for arrangements so that the latter sowing is started on the 10th of July to be ready for planting in the middle of September. The planting of the latter sowing goes on until the end of the planting season and it can be continued even in the next spring. If the planting is postponed till the summer, the seedlings should be grown by transplanting in order to form strong and not too long roots.

The second and third sowing dates are adjusted according to the planting dates so that the time between the first and forth planting dates is evenly divided among the first three plantings. On the other hand, the sowing dates are determined by deducting 700 d.d. from the temperature sums corresponding to planting dates and by projecting the temperature sum obtained on the time axis. Thus the second sowing date is in the middle of June and the third at the beginning of July. It is notable that a much shorter growing period is sufficient in order to gain the same temperature sum in mid-summer as at the beginning and end of the summer.

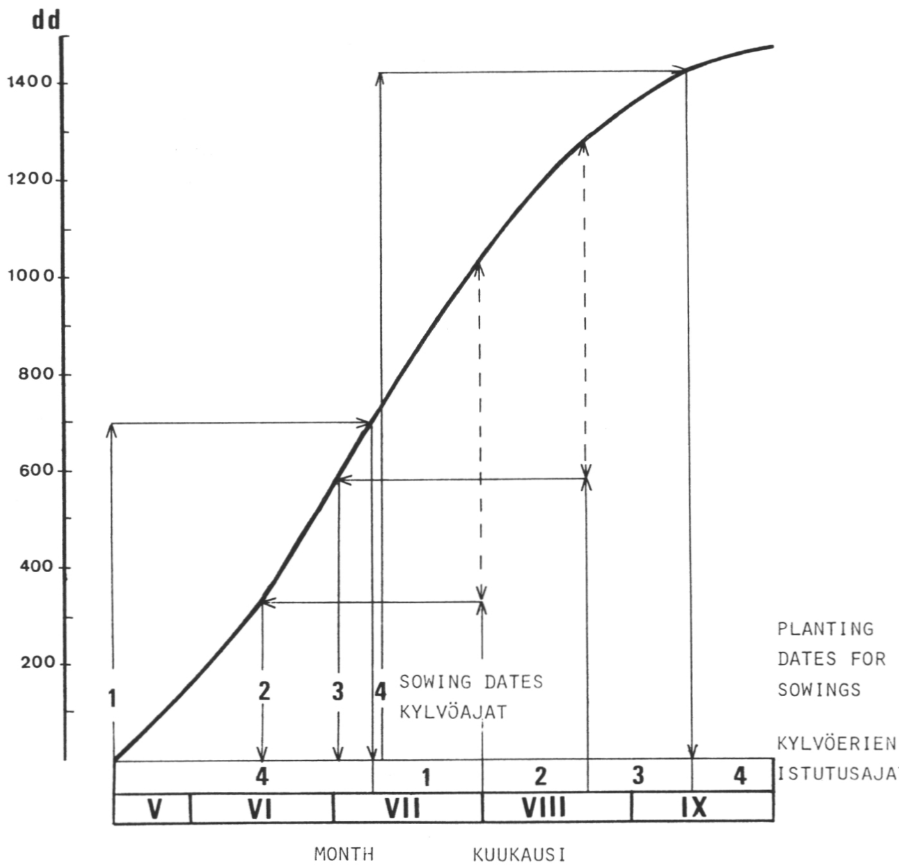


Fig. 2. An example of adjusting dates for sowing and planting. More information in text
Kuva 2. Esimerkki kylvö- ja istutusaikojen yhteensovittamisesta. Selostus tekstissä

6. DISCUSSION

The mean temperature in the study period was usually higher than the minimum temperature required for germination. It was not until September that the mean temperature fell under the above-mentioned minimum temperature, but only for a few days. Temperature did, temporarily, rise too high even till 45°C. The minimum temperatures varied from —10 to 18°C during the three summers under study. The last spring frosts occurred after the middle of May and the first autumn frosts at the end of August.

According to D e c k e r (1944) the net photosynthesis of the red pine and loblolly pine seedlings was maintained at +20 and +30°C, but decreased c. 45 % when the temperature rose from +30° to 40°C. In T r a n q u i l l i n i's (1955) investigations on Cembra pine seedlings the maximum net photosynthesis was reached at the temperatures ranging from +10 to 15°C, while it dropped to 0 at the temperature of slightly over +35°C. This result clearly disagrees with the results obtained by other researchers. Differences in tree species and growing conditions obviously account for dissimilar results. According to S i r e n (1966) the optimum plastic house temperature is +25 — +35°C.

The annual growth rhythm of young seedlings shows great deviation from that of old trees. In the experiments performed on open ground by L a i h o (1963) the shoot continued to grow even in September during the first growing season, in warm autumns as late as in October. The second growing season was shorter and during the third the growth rhythm of seedlings approached that of old trees, which have a short growing season, e.g. in Scots pine it is c. 500 d.d. (L e i k o l a and R a u l o 1973, R a u l o and L e i k o l a 1974). The present study dealt only with the first growing season. There occurred growth almost throughout the growing season, which meant that the seedlings in the first sowing reached over 1 400 d.d. in their growing season. Needles grew longer than the stem, which in 1973 stopped at about 1 300 d.d.. The cooling of weather ended the height growth so that the growing period for height increment remained the shorter, the later the sowing took place.

The growing season of roots lasted for a longer time than that of the shoot. The effect of temperature was less prominent on root than shoot growth, because the former is less dependent on temperature than the latter. E.g. in Denmark the roots of the beech were found to continue their growth throughout the winter, although irregularly (L a d e f o g e d 1939).

When adjusting the dates for sowing and planting in the example, 700 d.d. was used for rearing each sowing. The choice of this temperature sum (700 d.d.) was based on the sturdiness of the shoot and the length of roots. The rapid increase in sturdiness, characteristic of the initial growth, is due to the fact that the plant then grows its primary needles instead of growing in height. The shoot then has its intensive growth phase and it requires undisturbed environment and good growing conditions in a nursery. As the size of the pot is attempted to keep small to cut expenditures, growing should not be continued too long to allow the root tips, the most active parts of the roots, to penetrate the potwall. Penetrated roots are liable to injuries during transportation and planting. These conclusions helped to determine 700 d.d. as a suitable growing time. The example is fit for plastic house rearing in northern Finland. Were it applied elsewhere, the temperature sum should be adjusted to various local requirements. This model is suited for a plastic house and not in open ground growing, as the environmental conditions in a plastic house and in the open are different.

How to harden the plants to survive the winter is one of the key questions when growing seedlings. All the factors connected with the question have not been solved, although the problem has received wide recongnition among researchers (e.g. Sarvas 1974). In 1971—1973, the first night frosts occurred at the end of August, by which time the fourth sowing (10th July) in the example would have received c. 600 d.d. before the first frosty nights. In the experiments performed by Kaunisto (1974) on drained peatland dealing with the seeding dates, the young Scots pine seedlings which had received 500—600 d.d. well survived the winter. Thus the sowing carried out before the middle of July in plastic houses should be able to survive the winter provided that the seedlings receive correct amounts of nitrogen and potassium during the rearing.

The length of the day did not seem to become a limiting factor, since the investigation was performed only in the summer. This point will need more attention also in northern Finland if the growing season is extended by heating.

7. LITERATURE

Aaltonen, V. T. 1942. Muutamia kasvukokeita puun taimilla. Referat: Einige Vegetationsversuche mit Baumpflanzen. Acta For. Fenn. 50.6.

Bergman, F. and Häggström, B. 1973. Några faktorer av betydelse vid skogsplantering med rotade plantor. Summary: Some important facts considering planting with rooted forest plants. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1973 (6): 565—578.

Decker, J. P. 1944. Effect of temperature on photosynthesis and respiration in red and loblolly pines. Plant Physiology 19: 679—688.

Haack. 1912. Die Prüfung des Kiefernsames. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 44.

Huuri, O. 1965. Eräitä männyn turveruukkuistutusta koskevia suomalaisia havaintoja. Summary: Finnish observations on planting pine in peat pots. Suo 16 (5—6): 299—303.

—»— 1966. Turveruukku männynistutuksen apukeinona. Suomen puutalous 48: 11.

—»— 1968. Turveruukkuistutuskokeilujen välituloksia. Metsätal. aikak. l. 85 (4): 129—132.

—»— 1973. Männyn turveruukkuistutusta koskevia suomalaisia havaintoja. Summary: Finnish observations on planting pine in peat pots. Suo 24: 37—46.

Ingestad, T. 1963. Gödslingens inverkan på skogsplantors tillväxt och typ i plantskolor. Summary: Effects of fertilization on growth and type of forest tree seedlings. Skogshögskolan Inst. skogsekologi. Rapp. och Upps. Nr. 3.

Kaunisto, S. 1974. Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla. Summary: Date of direct seeding on drained peatlands. Fol. Forest. 203.

Kinnunen, K. and Lähde, E. 1972. Kylvöajankohdan vaikutus kennotaimien kehitykseen ensimmäisen kasvukauden aikana. Summary: The effect of sowing time on development during the first growing season of seedlings grown in paper containers. Fol. Forest. 158.

Kinnunen, K., Lind, J. and Lähde, E. 1974. Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Summary: Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. Fol. Forest. 212.

Kramer, P. and Kozlowski, T. 1960. Physiology of Trees. New York.

Ladefoged, K. 1939. Untersuchung über die Periozität im Ausbruch und Langenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. Det forstlige Forsøgsvaesen i Danmark 16: 1—256.

Lähde, E. and Kinnunen, K. 1974. Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa. Summary: The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in northern Finland. Fol. Forest. 197.

Laiho, O. 1963. Tutkimuksia mykoritsainfektion synnystä ja kehityksestä sekä kasvinsuojeluaineiden vaikutuksesta siihen metsätaimitarhoissa. Helsingin Yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Lisensiaattityö.

Leikola, M. and Raulo, J. 1973. Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten III. Taimien morfologisten tunnusten muuttuminen kasvukauden aikana. Summary: Investigations on the basis for grading nursery stock III. Changes in morphological characteristics of nursery stock during the vegetation period. Fol. Forest. 178.

Løken, A. 1959. Spireforsøk i Kjølerom. Medd. Vestl. Forstl. Forsøksstasj. 33: 1—19.

—»— 1970. Spireforsøk med nåletretro I. Summary: Germination experiments with coniferous seeds I. Medd. Vestl. Forstl. Forsøksstasj. 49: 52—143.

Low, A. J. and Brown, R. M. 1972. Production and use of ball-rooted planting stock in Schweden and Finland. Forestry Commission. Research and development paper No. 87.

Mork, E. 1933. Temperaturen som föryngelsefaktor i de nordtrønderske granskoger. Referat: Über die Bedeutung der Temperatur für die Verjüngung in den Fichtenwäldern von Nord-Tröndelag. Medd. Det Norske Skogsforsøksv. V: 1—156.

—»— 1938. Gran- og furufrøets spiring ved forskjelling temperatur og fuktighet. Summary: Germination of spruce and pine seed at various temperatures and degrees of moisture. Medd. Det Norske Skogsforsøksv. VI: 225—249.

—»— 1941. Om sambandet mellan temperatur og vekst. Referat: Über den Zusammenhang zwischen Temperatur und Wachstum. Medd. Det Norske Skogforsøksv. VIII: 1—89.

North American containerized forest tree seedling symposium: Denver Colorado. Great Plains Agricultural Council Public. No. 68.

Raulo, J. and Leikola, M. 1974. Tutkimuksia puiden vuotuisen pituuskasvun ajoittumisesta. Summary: Studies on the annual height growth of trees. Commun. Inst. For. Fenn. 81.2.

Räsänen, P. K. 1966. Metsänviljelyä varten kasvatettujen havupuiden taimien arvosteluperusteista ja luokitusmenetelmistä. Summary: Coniferous seedling raised for forest cultures — the basis for judgment and methods of grading. Metsätal. aikak. 1. 83: 188—199.

Sarvas, R. 1972. Investigations on the annual cycle of development of forest trees. Active period. Commun. Inst. For. Fenn. 76.3.

—»— 1974. Investigations on the annual cycle of development of forest trees II. Autumn dormancy and winter dormancy. Commun. Inst. For. Fenn. 84.1.

Siren, G. 1966. Plantor växer i hus av plast. Skogen 53 (6): 141, 158.

Tranquillini, W. 1951. Die Bedeutung des Lichtes und der Temperatur für die Kohlensäure-assimilation von *Pinus cembra* Jungwachs an einen hochalpinen Standort. Planta 46: 154—178.

Turtiainen, M. and Valtanen, J. 1974. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 8.

Wilde, S. A., Voigt, G. K. and Iyer, J. G. 1964. Soil and plant analyses for tree culture. New Delhi.

Yli-Vakkuri, P. 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensi kehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Summary: Experimental studies on the emergence and initial development of tree seedlings in spruce and pine stands. Acta For. Fenn. 75.

8. SELOSTUS

Tutkimuksessa seurattiin eri aikoina kylvettyjen taimien alkukehitystä muovihuoneessa kasvuturpeella täytetyissä paperikennoissa. Koe toistettiin lähes samankaltaisena kolmena kasvukautena (1971—1973). Suorituspaikkana oli metsähallinnon Imarin taimitarha, joka sijaitsee lähellä Rovaniemeä (66° 29′ p.l, 25° 33′ i.p. ja 95 m m.p.y.).

Taimien kasvatus aloitettiin toukokuun puolivälistä lähtien. Kylvöerien väli oli kaksi viikkoa ja viimeisen erän kasvatus aloitettiin elokuussa. Taimien mittaus aloitettiin kolmen viikon iässä ja mittauksia jatkettiin kahden viikon välein kasvukauden loppuun saakka. Näytetaimista mitattiin verson pituus, verson ja juuriston kuivapaino, juuriversosuhde ja taimien vankkuus sekä tutkittiin t-testillä kylvöerien välisten erojen merkitsevyyttä. Edelleen tutkittiin iän ja lämpösumman vaikutusta verson ja juuriston kasvuun. Tulosten antamien viitteiden perusteella laadittiin lopuksi esimerkki kylvö- ja istutusaikojen keskinäisestä ajoittamisesta.

Aikaisempien kylvöerien taimet olivat yleensä pitempiä kuin myöhempien (samanikäisinä). Tämä selittyi suurelta osin sillä, että alkukesä oli loppukesää lämpimämpi. Verson pituuskasvulla ja lämpösummalla oli erittäin voimakas positiivinen korrelaatio. Lämpösumma selitti verson pituuden vaihtelusta 93—97 %:a.

Lämpösumma selitti verson kuivapainon vaihtelua vielä paremmin kuin verson pituuden vaihtelua, selitysaste oli 97—98 %:a. Funktion kuvaaja oli eksponentiaalinen käyrä eli verson kuivapaino kasvoi kiihtyvästi lämpösumman kasvaessa.

Verson vankkuus ja tuuheus (kuivapaino/pituus) kasvoi jyrkästi 600—700 d.d:hen saakka, jonka jälkeen sen kasvu hidastui. Eri kylvöerät saavuttivat tämän d.d.-lukeman hiukan eri ikäisinä (7—9 viikkoa) siten, että alku- ja keskikesän kylvöerät saavuttivat sen pikemmin kuin myöhemmät.

Lämpösumma oli huonompi juuriston kuin verson kuivapainon selittäjä. Taimien ikä sen sijaan selitti paremmin juuriston kuin verson kuivapainon vaihtelua.

Juuriversosuhteessa oli vain vähän merkitseviä eroja kylvöerien välillä. Juuriversosuhde näytti laskevan keskikesällä ja kasvavan syksyllä lämpötilan laskiessa.

Tutkimuksen tulosten antamien viitteiden pohjalta laadittiin esimerkki kylvö- ja istutusaikojen keskinäisestä ajoittamisesta (kuva 2). Siinä käytettiin 700 d.d:n kasvatusaikaa kullekin taimierälle. Lämpösumman kuvaajan avulla määritettiin aluksi ensimmäisen ja viimeisen kylvöerän aikaisin istutusajankohta ja jaettiin sitten niiden väli kolmen ensimmäisen kylvöerän kesken, jonka jälkeen voitiin edelleen lämpösumman kuvaajan avulla määrittää toisen ja kolmannen taimierän kylvöajankohta istutusajankohdan perusteella.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION AND VOLATILE OIL CONTENT OF PINE LOGS ON THE PRIMARY ORIENTATION OF SCOLYTIDS

KARI LÖYTTYNIEMI
Finnish Forest Research Institute

and

RAIMO HILTUNEN
University of Helsinki, Dept. of Pharmacognosy

HELSINKI 1976

ISBN 951-40-0232-6

ISSN 0026-1610

Helsinki 1976. Valtion painatuskeskus

INTRODUCTION

In Finland during recent years forests have been fertilized at a rate of about 200 000 hectares a year. The forest area treated with fertilizers up to 1976 totals 1.8 million hectares, representing nearly 10 per cent of the total forest area.

The practical aim of fertilization has been to increase the amount of raw material available to the wood industry. Apart from its growth promoting effect fertilization has, however, certain side effects, for example on tree-pest relations (e.g. Stark 1965, Thalenhorst 1972). Very little is known, however, about the importance of these questions in Nordic conditions. At the present time, Scolytids are the most destructive forest pest group in Finland and control measures are needed to protect growing trees and green timber against them (e.g. Saalas 1919, 1949, Rummukainen 1964, Uusvaara & Löyttyniemi 1975). In order to be able to restrict the use of insecticides in bark beetle control and to assist development of more effective and practical control methods, the olfactory orientation of Scolytids has been intensively studied since the sixties in Finland and other countries (e.g. Rudinsky 1966, Kangas et al. 1967, Oksanen et al. 1970, Perttunen et al. 1970, Werner 1971, Rudinsky et al. 1971, Ozols et al. 1973). In these studies it has been found that volatile oils in the host tree play an important role in the primary orientation of bark beetles to their ovipositional sites.

Since practically nothing was known about the effect of fertilization on the production of volatile oil in the host tree and about how this would affect its attraction to bark beetles, an attempt was made to throw some light on these questions. The part of the study concerned with the effect of nitrogen fertilization on the composition and quantity of volatile oil in Scots pine (*Pinus silvestris* L.) has already been published (Hiltunen et al. 1975). The present part of the study is concerned with the relationship between the terpene content in the phloem of pine logs and primary orientation of some Scolytidae species.

MATERIAL AND METHODS

The field experiments were carried out in the experimental forest of the Finnish Forest Research Institute at Liljendal, South Finland (N 60°32′; E 26°05′), in spring 1973.

For the study, an 80 year-old pine stand growing on a *Vaccinium* forest site type was selected. The pine stand was dense, in a relatively virgin state and the bark beetle fauna on the site was diverse and plentiful due to the presence of moribund trees for breeding material.

A total of 40 window flight traps were stationed randomly throughout the stand over an area of 0.80 hectare. The traps were of the same model and size as used by Annila et al. (1972) (cf. Chapman & Kinghorn 1955).

Each trap was baited with one 0.80 m long unbarked pine bolt, suspended horizontally above the ground immediately under the troughs. Since only primary attraction resulting from log odours was to be studied, the bolts were enclosed in terylene gauze bags to prevent insect attack and the possible release of insect-produced attractants.

The bait bolts were taken from the same 40 pine trunks which were used for the volatile oil analyses (see Hiltunen et al. 1975). Every second tree had been fertilized with nitrogen in spring 1971. The trees were felled in January 1973 and the bolts for the traps were cut from the trunks at a distance of 3 metres from the base. The bolts were left on the site until the traps were constructed in the first half of April.

The results of the volatile oil analysis have been presented previously (Hiltunen et al. 1975). The results of the terpene analysis carried out on the phloem samples taken in April at the start of bark beetle swarming were used in the statistical calculations for this study.

The traps were inspected once or twice a week up until the end of June when the main flight of pine bark beetles ceases (Figure 1). The caught beetles were preserved in alcohol and sorted out later in the laboratory. Most of the species were also sexed by dissection of the genitalia. In addition, the parts of the trunks not used in trap construction that were lying on the fertilization area were inspected for bark beetle attack at the end of June.

RESULTS AND DISCUSSION

The catch of Scolytids

The numbers of Scolytids caught are presented in Table 1, and the flight period in Figure 1. The flight of *Blastophagus piniperda*, *B. minor* and *Hylurgops palliatus* began on the same day, 21st April. In addition to the species mentioned in the Table, some specimens of *Dryocetes autographus* Ratz., *Dryocetes hectographus* Reitt., *Hylastes cunicularius* Er., *Hylurgops glabratus* (Zett.), *Xylechinus pilosus* Ratz., and *Crypturgus* spp. were also collected in the traps.

The *Hylastes* spp. group consists of the species complex *Hylastes ater — brunneus — aterrimus*, the main species of which has been considered to be in Finland *Hylastes* *brunneus* Er. (cf. Stark 1952, Hansen 1955, Lekander 1965, Schedl 1968, Beaver 1970). There were also perhaps a few *Hylastes cunicularius* specimens in the *Hylastes* material, because it is very difficult to distinguish some specimens of this species from the other *Hylastes* species (cf. Saalas 1949).

A nearly balanced sex ratio was found in the catch of *Blastophagus piniperda*, *B. minor*, and *Hylastes* spp. (Table 1). The sex ratios of *Blastophagus* species have also earlier been found to be approximately 1 : 1 during the flight period (Bakke 1968 b, Salonen et al. 1968). No previous records are available about the sex ratios in *Hylastes* spp. and *Hylurgops palliatus*.

As regards *Pityogenes* species the majority of the caught beetles, especially in the case of *Pityogenes quadridens*, were males. However, it has earlier been reported, that the sex ratio in both *Pityogenes* species is balanced during the flight period (Bakke 1968 b, cf. also Schwerdtfeger 1929). In the case of *Cryphalus salturius*, only a few males were caught and no previous results about the sex ratio of this species have been published so far.

Blastophagus and *Hylastes* species were caught in large numbers and in balanced sex ratios, even though the insects were not able to enter the bait bolts because they were covered with terylene gauze. This suggests that these species are attracted mainly by log odours and the possible role of attractants produced by insects is minor. In addition, the abundant catch of *Hylurgops palliatus* and the sex ratio of the catch may suggest that log odours play a major role in their orientation to ovipositional sites. However, earlier studies indicate that an insect produced attractant may be present in *Blastophagus piniperda* (Kangas et al. 1970, Schönherr 1972) and population pheromones are known in several other bark beetle species (e.g. Bakke 1973).

The number of *Trypodendron lineatum*, *Orthotomicus proximus* (5 specimens), and to some extent also *Pityogenes* species collected by the traps were low compared with the large number of flying beetles sighted in the area. Furthermore, the unused parts of the trunks left in the fertilization experimental area were densely attacked by these beetle species. This suggests that the attractive effect of pure log odours on these bark beetle species is minor, and aggregation occurs only after the attacking beetles have released an aggregation stimulant. Attack by *Orthotomicus proximus* and *Pityogenes* species also takes place after the other common pine bark beetles, because their swarming period is later.

In *Trypodendron lineatum* a pheromone produced by burrowing females is known (Rudinsky & Daterman 1964 a, 1964 b, Chapman 1966, Rudinsky 1966) and some evidence for a pheromone in *Orthotomicus* sp. has been found (Chararas 1973). The existence of pheromones in *Pityogenes* species has not been investigated so far.

Effect of fertilization

The differences in the numbers of caught beetle species between the fertilized and unfertilized groups were slight and statistically non-significant (Table 2). Of all the species, *Hylurgops palliatus* showed the greatest difference with 25 per cent more beetles in the traps baited with unfertilized bolts. In *Blastophagus* and *Hylastes* species the differences were less and showed an opposite trend.

The fertilization treatment produced an increase in radial growth and in the nitrogen content of the needles of the experimental trees (see Hiltunen et al. 1975, Table 1). The nitrogen content of the phloem of the trees was on the average 0.46 % of the dry matter in the fertilized trees and 0.43 % in the unfertilized trees ($t = 0.914$; d.f. $= 38$). The correlation between the response of the experiment trees to fertilization treatment and the number of bark beetles caught are presented in Table 3. No real correlations appear to exist, but there was a slight negative trend as far as radial growth and nitrogen content of the phloem are concerned.

There are no previous records about the effect of fertilization on the attraction of bark beetles to breeding sites. Fertilization, especially with nitrogen, has, however, been found to increase the resistance of living trees to bark beetle attack, due probably to an increase in turgescence and resin secretion (Hoffmann 1916, Hansen 1957, Merker 1967, 1969).

Effect of terpene content

Correlations between the numbers of caught bark beetles and the amounts of different terpene compounds in the phloem of the bait logs are presented in Table 4 (see Figure 2). Only those beetle species which exceeded 100 specimens are treated in the statistical analysis.

Blastophagus piniperda. The number of *Blastophagus piniperda* correlated positively with the amounts of the monoterpenes 3-carene, β-phellandrene, cis-β-ocimene, p-cymene, terpinolene and with a monoterpene hydrocarbon (compound 14, tentatively indentified as β-carene; cf. Hiltunen 1976). There were negative correlations with the amounts of the bicyclic monoterpenes α- and β-pinene and camphene. Terpinen-4-ol, β-caryophyllene and one minor sesquiterpene hydrocarbon (compound 22) also correlated positively with the number of *Blastophagus piniperda* beetles caught.

The attractiveness of terpenes to *Blastophagus piniperda* has been previously tested in the laboratory using choice chamber tests (Kangas et al. 1967, Oksanen et al. 1968, Oksanen et al. 1970, Perttunen et al. 1970). It has been found that among the volatile compounds extracted from pine phloem, α-pinene and 3-carene were repellent at high concentrations but neutral at lower concentrations. Limonene was found to be neutral or slightly repellent. Of one oxygenated monoterpenes, α-terpineol was attractive and its effect was synergized by cis- and trans-carveol. It has been suggested that variations in the ratios of these compounds may be responsible for host selection by *Blastophagus piniperda*. According to Ozols et al. (1973) *Blastophagus piniperda* was most attracted by the middle fractions of pine essential oils.

Blastophagus minor. As regards *Blastophagus minor*, the coefficient of determination of the terpene content was lower than that for *Blastophagus piniperda*. Only compound 14 correlated significantly with the number of beetles. However, the correlations for both *Blastophagus* species followed the same trend as far as the major monoterpenes are concerned. It has previously been found that the same fractions of pine volatile oil are attractive to both *Blastophagus piniperda* and *B. minor* (Kangas et al. 1970, Ozols et al. 1973).

Hylastes spp. Positive correlations were found between the catch of *Hylastes* spp. and the amounts of limonene, β-phellandrene, cis-β-ocimene, and especially p-cymene. The correlation with β-pinene, was negative. The correlations for the group of monoterpene hydrocarbons were thus quite similar to those for *Blastophagus piniperda*. No significant correlations were found for the sesquiterpenes and oxygenated monoterpenes.

Perttunen (1957) has found in laboratory tests that *Hylastes ater* Payk. specimens, collected from under the bark of pine, were slightly repelled by higher concentrations of α-pinene and slightly but significantly attracted by lower concentrations. Rudinsky (1966) has studied the orientation of *Hylastes nigrinus* (Mann.) and *Hylastes ruber* Swaine using some terpene hydrocarbons in field tests. The results suggested that most of the tested compounds were attractive and the effect of α-pinene was most apparent.

Rudinsky & Zethner-Möller (1976) have tested by means of a field olfactometer the effect of five monoterpenes on the orientation of *Hylastes nigrinus*. Among the compounds tested, α-pinene was attractive and also to some extent β-pinene and camphene. Two other compounds, limonene and geraniol, were nearly neutral.

Hylurgops palliatus. Of the monoterpenes, significant correlation was found only between the content of 3-carene and the number of *Hylurgops palliatus*. Of the oxygenated terpenes the correlation was significantly positive with γ-muurolene. The correlations between the amounts of different terpene compounds and the numbers of *H. palliatus* were very different from those of the real pine insects, *Blastophagus* spp. and *Hylastes* spp. This might be due to the differences in terpene composition between *Pinus silvestris* and *Picea abies* (cf. Schantz & Juvonen 1966, Juvonen 1966, Hiltunen et al. 1975), since *H. palliatus* is regarded as being more of a spruce insect. In spruce *(Picea abies)*, for example, the amounts of 3-carene and myrcene are small compared with those in pine *(Pinus silvestris)*.

Pityogenes spp. No significant correlations were found between the contents of monoterpene hydrocarbons and the numbers of *Pityogenes quadridens* and *Pityogenes* *bidentatus*. Among the oxygenated monoterpenes, however, positive correlation was found between borneol and *P. bidentatus*. The number of *Pityogenes quadridens* was negatively correlated with the amount of total oil. This may be due to the slight correlation with the monoterpene hydrocarbon group which constitutes the greater part of the total oil. No previous results are available about the role of terpenes in the olfactory orientation of *Pityogenes* species.

Effect of the 3-carene chemotype

Pinus silvestris has been found to be divided into 3-carene rich and 3-carene poor chemotypes (Juvonen 1967, Juvonen & Hiltunen 1972). In the 3-carene rich chemotype, the 3-carene content of the monoterpenes found in needle oil is more than 10 % and in the 3-carene poor chemotype less than 3 %. Negative correlation also exists between the contents of 3-carene and α-pinene and positive correlation between 3-carene and terpinolene. The frequency of occurrence of 3-carene rich pines decreases in Finland from west to east and from south to north.

Among the 40 pines studied, 14 belong to the 3-carene poor and 26 to the 3-carene rich chemotype, which agrees well with the geographical location of the study area (cf. Juvonen & Hiltunen 1972, Figure 1).

If the 3-carene chemotype plays any role in host-pest relations, it has not yet been studied, except for an initial attempt by Juvonen & Hiltunen (1972) with *Diprion* spp.

It was found that the 3-carene chemotypes are distinguishable also in pine phloem and shoot oil (Hiltunen et al. 1975). The division of the bark beetle material, according to the 3-carene chemotype of bait logs, is presented in Table 5. *Blastophagus piniperda* was attracted more by bait logs of the 3-carene rich chemotype than by the 3-carene poor chemotype. This agrees well with the positive correlation found for the content of 3-carene and terpinolene and with the negative correlation for α-pinene content. As regards *Hylurgops palliatus*, a slightly opposite effect of the chemotype was observed (cf. Schantz & Juvonen 1966). No differences were found among the other bark beetle species.

Correlation between Scolytid species

The correlations between the Scolytid species caught are presented in Table 6. A significant positive correlation was found between the numbers of *Blastophagus piniperda* and *Hylastes* spp. As mentioned before, the coefficients of determination of some major monoterpenes were high in the case of both species. However, the ovipositional site requirements of the species are very different (cf. Saalas 1917, 1923, 1949). No significant correlation was found between *Blastophagus piniperda* and *B. minor*.

Significant positive correlations were found between *Blastophagus minor* and *Pityogenes quadridens* and between *Hylurgops palliatus* and both *Pityogenes* species. However, no distinct similarities can be found as regards their relationship to individual terpene compounds (Table 4). Both *Blastophagus minor* and *Pityogenes* spp. breed in the thin-barked area of pine trunks, but *B. minor*, as a fungus cultivator, has, however, different quality requirements for breeding material. If there are any differences in ovipositional site requirements between *Pityogenes quadridens* and *P. bidentatus*, it is not yet known (cf. Saalas 1917, 1923, 1949).

Predators

The occurrence of bark beetle predators in the caught material is presented in Table 7. The numbers of predators caught in the traps were relatively low compared with their normal occurrence in forests, although the previous observations have been done mainly with spruce (cf. Saalas 1917, 1923, 1949, Nuorteva 1956, Annila 1975). No significant correlations or differences were found between the catch of predators and individual terpenes, 3-carene chemotype, and fertilization treatment.

The relatively low number of predators caught might suggest that host odours play a role in their orientation.

Rudinsky et al. (1971) have found that *Thanasimus formicarius* L., *Epurea pygmaea* Gyll. and *Medetera signaticornis* Lw. are attracted by log and host odours (cf. also Schönherr 1972).

A positive correlation was found between the numbers of some bark beetles and their predators (Table 8) (cf. Saalas 1917, 1923, 1949, Nuorteva 1956, Annila 1975).

CONCLUSIONS

This study gives an insight into the effect of nitrogen fertilization on the attractiveness of pine logs to bark beetles and to what extent is the attractiveness correlated with the volatile oil content in the phloem of the logs.

The results obtained from the field experiments carried out during the swarming period showed only slight and insignificant differences between the attractiveness of fertilized and unfertilized pine logs. The results suggest that the differences found could be due to the effect of fertilization on the build up of the 3-carene related compounds (cf. Hiltunen et al. 1975).

If the attraction rate also characterizes the attack rate then fertilization does not cause any significant changes in the attack intensity of pine bark beetles on unbarked timber or moribund standing trees. It is also possible that fertilization does not cause any significant difference in the attractiveness of healthy trees to bark beetles (cf. Hiltunen et al. 1975), although it does produce an increase in physiological resistance to insect attack (cf. Hansen 1957, Merker 1967, 1969).

This study gives some idea of the relationship between the terpene content of pine and its attraction to bark beetles. However, no direct conclusions can be drawn about the reactions of bark beetles to individual terpene compounds because these compounds are affected by various physical and chemical factors when they evaporate, and they evaporate from the wood at different rates. Furthermore, the intercorrelation between the amounts of certain compounds may mean that the effect of a particular compound is quite different from the effect observed in this study when it is tested by itself.

Clear correlations were found between the amounts of many of the compounds found in phloem volatile oil and their attraction to bark beetles. The strongest correlations were found for species of *Blastophagus piniperda* and *Hylastes* spp. The compounds that were correlated with *Hylurgops palliatus* suggest that this species is also a spruce insect (cf. v. Schantz & Juvonen 1966). Whether or not the sample tree was of the 3-carene rich or 3-carene poor chemotype had some effect on the attractiveness, especially in the case of *Blastophagus piniperda.*

The results also show that *Blastophagus* spp., *Hylastes* spp. and *Hylurgops palliatus* are strongly attracted by pure log odours, whereas *Trypodendron lineatum*, *Orthotomicus proximus* and perhaps also *Pityogenes* spp., obviously require secondary attractants produced by insects before they can aggregate (cf. Rudinsky & Daterman 1964 b, Chararas 1973).

The results of earlier studies on the effect of terpenes on the orientation of bark beetles cannot be directly compared with the results obtained here, because the questions under study have been approached in a different way. The information available from some other sources is also inadequate because the study material has been small and there has been a lack of statistical treatment.

As far as the secondary attacking pine bark beetle species are concerned, only little information was now, and also earlier, obtained about the role of terpenes in the pest resistance of trees. However, terpenes may play a more important role in resistance to insect attack as far as some other insect pest groups are concerned (cf. Tobolski 1968, Smeljanez 1969, Hanover 1975, Hiltunen 1976). Furthermore, some monoterpenes present in Scots pine may be suitable genetic markers for pest resistance breeding (cf. Hiltunen 1976).

SUMMARY

The attractiveness of trapping bolts cut from 20 fertilized and 20 unfertilized Scots pine trees to Scolytids were studied in field experiments. The volatile oil composition and quantity in the phloem of the experimental trees were determined and

significant correlations were found between the numbers of some caught bark beetle species and the contents of several monoterpene hydrocarbons and some sesquiterpene hydrocarbons and oxygenated monoterpenes. Among the caught Scolytid species *Blastophagus piniperda* was attracted more by the bait logs of the 3-carene rich chemotype than by the 3-carene poor chemotype. *Blastophagus piniperda*, *B. minor*, *Hylastes* spp. and *Hylurgops palliatus* were strongly attracted by pure log odours, whereas *Trypodendron lineatum* and *Orthotomicus proximus* obviously require secondary attractants. The differences in the numbers of caught Scolytid species between the unfertilized and nitrogen fertilized bait logs were slight and insignificant. Also no real correlations between the numbers of caught beetles and radial growth and nitrogen contents of the experimental trees appeared.

REFERENCES

Annila, E. 1975. Effect of felling date of trees on the attack density and flight activity of *Trypodendron lineatum* (Oliv.) (Col., Scolytidae). — Commun. Inst. Forest. Fenn. 86 (6): 1—16.

Annila, E., Bakke, A., Bejer-Petersen, B. & Lekander, B. 1972. Flight period and brood emergence in *Trypodendron lineatum* (Oliv.) (Col., Scolytidae) in the Nordic countries. — Commun. Inst. Forest. Fenn. 76 (4): 1—28.

Anon. 1973. Ilmatieteen laitos, Kuukausikatsaus Suomen ilmastoon. [Meteorological Institute, Monthly records of meteorological data in Finland 1973.] — Vol. 67. Helsinki.

Bakke, A. 1968 a. Ecological studies on bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) associated with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Norway with particular reference to the influence of temperature. — Medd. Norske Skogsfors.ves. 21: 441—602.

—»— 1968 b. Field and laboratory studies on sex ratio in *Ips acuminatus* (Coleoptera: Scolytidae) in Norway. — Can. Ent. 100: 640—648.

—»— 1973. Bark beetle pheromones and their potential use in forestry. — OEPP/EPPO Bull. 9: 5—15.

Beaver, R. A. 1970. On *Hylastes ater* Payk. and *H. brunneus* (Coleoptera: Scolytidae), with a description of the larva of *H. ater*. — Entomologist 103: 198—206.

Chapman, J. A. 1966. The effect of attack by the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (Oliver) on log attractiveness. — Can. Ent. 98: 50—59.

Chapman, J. A. & Kinghorn, J. M. 1955. Window flight traps for insects. — Can. Ent. 87: 46—47.

Chararas, C. 1973. [Chemical attraction exercised by different conifers on three Scolytidae of the genus Orthotomicus.] — Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie et de ses Filiales 167: 634—637. (For. Abstr. 36: 627.)

Hanover, J. W. 1975. Physiology of tree resistance to insects. — Ann. Rev. Ent. 20: 75—95.

Hansen, J. E. 1957. Kann der Riesenbastkäfer (*Dendroctonus micans* Kug.) in Schleswig-Holstein erfolgreich bekämpft werden? — Forst- und Holzwirt 12: 167—168.

Hansen, V. 1955. Notes on some species of *Hylastes* Er. and *Trypophleus* Fairm. (Coleopt., Scolytidae). — Ent. Medd. 27: 169—185.

Hiltunen, R. 1976. On variation, inheritance and chemical interrelationships of monoterpenes in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). — Ann. Acad. Scient. Fenn., Ser. A, IV. Biol. 208: 1—54.

Hiltunen, R., Schantz, M. von & Löyttyniemi, K. 1975. The effect of nitrogen fertilization on the composition and the quantity of volatile oil in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). — Commun. Inst. Forest. Fenn. 85 (1): 1—14.

Hoffmann, F. 1916. Düngung und Insektenbefall. — Zeitschr. Angew. Ent. 3: 257—262.

Juvonen, S. 1966. Über die die Terpenbiosynthese beeinflussenden Faktoren in *Pinus silvestris* L. — Acta Botanica Fennica 71: 1—92.

—»— 1967. Das Vorkommen des Δ^3-Carens in den Nadelölen verschiedener Waldkiefer-Populationen in Finnland. — Farm. Aikak. 76: 167—172.

Juvonen, S. & Hiltunen, R. 1972. Über das Vorkommen von 3-Caren-armen und -reichen Chemotypen bei *Pinus Silvestris* L. in Finnland. Biogenetische Studien II. — Farm. Aikak. 81: 137—145.

Kangas, E., Oksanen, H. & Perttunen, V. 1970. Responses of *Blastophagus piniperda* L. (Col., Scolytidae) to trans-verbenol, cis-verbenol, and verbenone, known to be population pheromones of some American bark beetles. — Ann. Ent. Fenn. 36: 75—83.

Kangas, E., Perttunen, V. & Oksanen, H. 1970. Responses of *Blastophagus minor* Hart. (Col., Scolytidae) to the pine phloem fraction known to be attractant to *Blastophagus piniperda* L. — Ann. Ent. Fenn. 36: 120—122.

Kangas, E., Perttunen, V., Oksanen, H. & Rinne, M. 1967. Laboratory experiments on the olfactory orientation of *Blastophagus piniperda* L. (Coleoptera, Scolytidae) to substances isolated from pine rind. — Acta Ent. Fenn. 22: 1—87.

Lekander, B. 1965. On *Hylastes ater* Payk. and *Hylastes brunneus* Er. (Col., Scolytidae). — Ent. Tidskr. 86: 184—195.

Merker, E. 1967. Die künstliche Erhöhung der Pflanzenresistenz gegen Borkenkäfer. — Allg. Forst- und Jagdzeitung 138: 13—24.

—»— 1969. Die Zuverlässigkeit der Bestandsdüngung gegen Waldschädlinge. — Waldhygiene 8: 1—100.

Nuorteva, M. 1956. Über den Fichtenstamm-Bastkäfer, *Hylurgops palliatus* Gyll., und seine Insektenfeinde. — Acta Ent. Fenn. 13: 1—118.

Oksanen, H., Kangas, E. & Perttunen, V. 1968. The chemical composition of the breeding material of *Blastophagus piniperda* L. (Col., Scolytidae), and its significance in the olfactory orientation of this species. — Ann. Ent. Fenn. 34: 1—13.

Oksanen, H., Perttunen, V. & Kangas, E. 1970. Studies on the chemical factors involved in the olfactory orientation of *Blastophagus piniperda* (Coleoptera: Scolytidae). — Contrib. Boyce Thompson Inst. 24: 299—304.

Ozols, G., Bičevskis, M. & Galvans, U. 1973. [Terpenes and their complexes as primary attractants for bark beetles of conifer trees.] — Zashchita lesa, Riga Latvian SSR, Izdatelśtvo »Zinatne», 1973: 24—28. (Rev. Appl. Ent. A, 63: 255.)

Perttunen, V. 1957. Reactions of two bark beetle species, *Hylurgops palliatus* Gyll. and *Hylastes ater* Payk. (Col., Scolytidae) to the terpene α-pinene. — Ann. Ent. Fenn. 23: 101—110.

Perttunen, V., Oksanen, H. & Kangas. E. 1970. Aspects of the external and internal factors affecting the olfactory orientation of *Blastophagus piniperda* (Coleoptera: Scolytidae). — Contrib. Boyce Thompson Inst. 24: 293—297.

Rudinsky, J. A. 1966. Scolytid beetles associated with Douglas fir: Response to terpenes. — Science 152: 218—219.

Rudinsky, J. A. & Daterman, G. E. 1964 a. Field studies on flight patterns and olfactory responses of ambrosia beetles in Douglas-fir forest of western Oregon. — Can. Ent. 96: 1339—1352.

Rudinsky, J. A. & Daterman, G. E. 1964 b. Response of the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (Oliver) to female-produced pheromone. — Zeitschr. Angew. Ent. 54: 300—303.

Rudinsky, J. A, Novak, V. & Švihra. P. 1971. Attraction of the bark beetle *Ips typographus* L. to terpenes and a male-produced pheromone. — Zeitschr. Angew. Ent. 67: 179—188.

Rudinsky, J. A. & Zethner-Møller, O. 1967. Olfactory responses of *Hylastes nigrinus* (Mann.), (Coleoptera: Scolytidae) to various host materials. — Can. Ent. 99: 911—916.

Rummukainen, U. 1964. Hyönteisten aiheuttamasta tuoreen kuorellisen havupuutavaran pilaantumisesta ja sen kemiallisesta estämisestä. (Summary: On deterioration of green softwood caused by insects and its chemical control.) — Commun. Inst. For. Fenn. 28 (5): 1—67.

Saalas, U. 1917, 1923. Die Fichtenkäfer Finnlands. I—II. — Ann Acad. Scient. Fenn. A. VIII: 1—547, XXII: 1—746.

—»— 1919. Kaarnakuoriaisista ja niiden aiheuttamista vahingoista Suomen metsissä. (Referat: Über die Borkenkäfer und den durch sie verursachten Schaden in den Wäldern Finnlands.) — Acta For. Fenn. 10: 1—415.

—»— 1949. Suomen metsähyönteiset. [Forest insects in Finland.] — 719 pp. Helsinki.

Salonen, K., Pulliainen, E. & Koponen, M. 1968. Sex ratios in *Blastophagus piniperda* L. (Col., Scolytidae) in Finland. Ann. Ent. Fenn. 34: 31—37.

Schantz, M. von & Juvonen, S. 1966. Chemotaxonomische Untersuchungen in der Gattung Picea. — Acta Bot. Fenn. 73: 1—51.

Schedl, K. E. 1968. Die Gattung *Hylastes* Er. — Anz. Schädlingskunde 41: 155—158.

Schwerdtfeger, F. 1929. Ein Beitrag zur Fortpflanzungsbiologie des Borkenkäfers *Pityogenes chalcographus* L. — Zeitschr. Angew. Ent. 15: 335—427.

Schönherr, J. 1972. Pheromon beim Kiefer-Borkenkäfer »Waldgästner», *Myelophilus piniperda* L. (Coleopt., Scolytidae). — Zeitschr. Angew. Ent. 71: 410—413.

Smeljanez, W. P. 1969. Die Rolle der Terpenoide bei der Widerstandsfähigkeit gegen Schadinsekten. — Anz. Schädlingskunde u. Pflanzenschutz 42: 33—37.

Stark, R. 1965. Recent trends in forest entomology. — Ann. Rev. Ent. 10: 303—324.

Stark, V. N. (Старк, В. Н.) 1952. Систематическии Указатель Видов. Семейство Ipidae. — Izd. Zool. Inst. Akad. Nauk SSSR 49: 1—461. Moskva.

Thalenhorst, W. 1972. Düngung, Wuchsmerkmale der Fichte und Arthropodenbefall. — Mitteilungen aus der Niedersächsischen Landesforstverwaltung 18: 1—248.

Tobolski, J. J. 1968. Variations in monoterpenes in Scotch pine (*Pinus silvestris* L.). — Diss. Michigan State Univ. 124 pp.

Uusvaara, O. & Löyttyniemi, K. 1975. Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon (Summary: Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value.) — Folia Forestalia 231: 1—14.

Werner, R. 1971. Studies on the olfactory response of *Ips grandicollis* (Eichhoff) (Coleoptera: Scolytidae) to host- and insect produced attractants. — Diss. North Carolina State Univ. 147 pp. Raleigh.

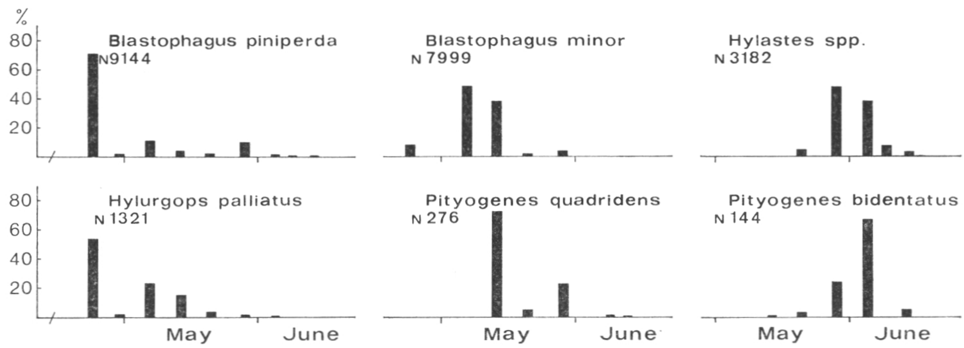


Figure 1. The weekly number of bark beetles caught during the trapping period. For meteorological data see Anon. (1973).

Table 1. The numbers and sex ratios of the bark beetle material collected in 40 window flight traps.

Species	Total number of beetles	Number of beetles per trap, range	Males, %
Blastophagus piniperda L.	9 144	28—394	52.4
Blastophagus minor Hart.	7 999	9—601	52.7
Hylastes spp.	3 182	4—337	50.6
Hylurgops palliatus (Gyll.)	1 321	10—105	61.7
Pityogenes quadridens Hart.	276	0— 38	88.3
Pityogenes bidentatus Herbst.	144	0— 14	62.6
Cryphalus saltuarius Weise	92	0— 13	6.7
Trypodendron lineatum (Oliv.)	37	0— 3	41.5
Hylastes opacus Er.	20	0— 3	30.7

Table 2. The numbers of bark beetles collected in window flight traps baited with fertilized and unfertilized pine bolts.

Species	Mean number of beetles per trap		t-value
	Unfertilized	Fertilized	
Blastophagus piniperda	223.5	233.8	0.323
Blastophagus minor	196.8	203.2	0.121
Hylastes spp.	77.4	81.8	0.217
Hylurgops palliatus	36.7	29.4	1.316
Pityogenes quadridens	6.4	7.8	0.430
Cryphalus saltuarius	2.1	2.5	0.467
Pityogenes bidentatus	3.5	3.7	0.153

$t_{0.05} = 2.024$

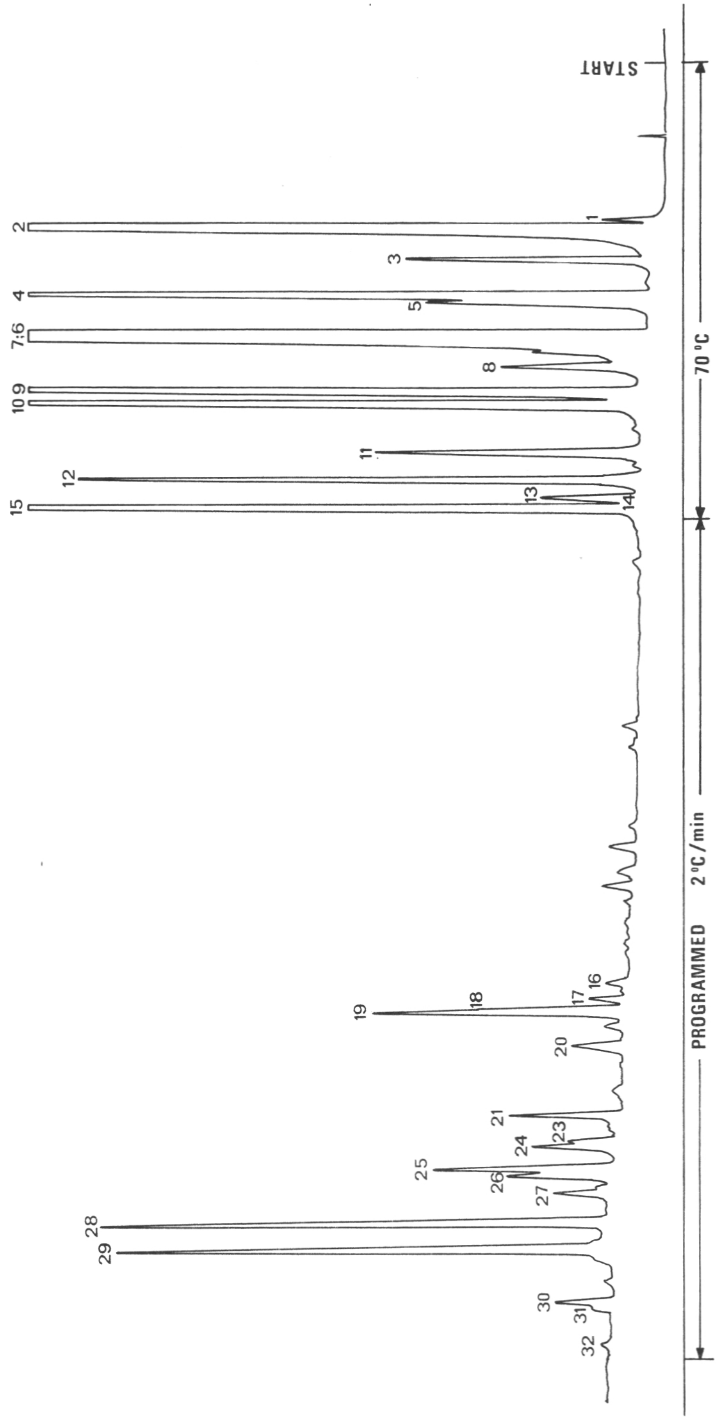


Figure 2. A gas chromatogram of the stem distillate of pine phloem showing the compounds determined (see Table 4).

Table 3. The correlation coefficients between the numbers of bark beetles caught and nitrogen content and radial growth of the experimental trees.

Species	Nitrogen content of needles	Nitrogen content of phloem	Radial growth, 1972
Blastophagus piniperda	0.046	—0.117	—0.166
Blastophagus minor	0.242	—0.284	—0.083
Hylastes spp.	0.099	—0.073	—0.113
Hylurgops palliatus	—0.211	—0.149	—0.237
Pityogenes quadridens	—0.104	—0.104	0.050
Pityogenes bidentatus	—0.249	—0.082	—0.141
Cryphalus saltuarius	—0.230	0.001	—0.134

$r_{0.05} = 0.312$

Table 4. Correlation coefficients between the numbers of bark beetles caught and volatile oil compounds in phloem of pine logs.

	Blastophagus piniperda	*Blastophagus minor*	*Hylurgops palliatus*	*Hylastes* spp.	*Pityogenes bidentatus*	*Pityogenes quadridens*
1 Tricyclene	—0.151	—0.093	—0.076	0.112	—0.060	—0.187
2 α-pinene	—0.352*	—0.197	0.025	—0.083	—0.035	—0.055
3 Camphene	—0.362*	—0.197	0.021	—0.163	—0.083	—0.070
4 β-pinene	—0.346*	0.011	0.027	—0.369*	0.023	0.026
5 Sabinene	0.155	0.224	0.080	0.108	0.215	0.191
6 3-carene	0.451**	0.271	—0.370**	0.143	—0.094	—0.077
7 Myrcene	—0.207	—0.166	0.305	—0.104	—0.078	0.066
8 α-terpinene	0.176	0.221	0.029	0.178	0.155	0.082
9 Limonene	0.195	—0.230	0.064	0.390*	—0.007	—0.018
10 β-phellandrene	0.324*	—0.025	—0.215	0.383*	—0.110	—0.142
11 cis-β-ocimene	0.393*	0.242	—0.035	0.404**	—0.032	0.221
12 γ-terpinene	—0.051	—0.053	—0.116	—0.127	0.130	—0.211
13 p-cymene	0.687***	0.187	—0.185	0.566***	—0.142	—0.040
14 $C_{10}H_{16}$	0.436**	0.347*	—0.200	0.163	0.006	0.094
15 Terpinolene	0.563***	0.308	—0.150	0.235	0.063	0.130
16 Bornyl acetate	0.051	—0.005	0.182	—0.048	0.192	—0.110
17 Terpinen-4-ol	0.327*	0.205	0.069	0.136	0.184	—0.047
18 β-elemene	—0.105	—0.186	0.087	0.002	—0.067	0.041
19 β-caryophyllene	0.336*	0.142	—0.054	—0.082	—0.215	0.132
20 $C_{15}H_{24}$	0.124	0.159	0.135	0.045	0.067	—0.011
21 Methyl chavicol	0.251	0.048	—0.007	0.088	0.171	—0.553
22 $C_{15}H_{24}$	0.334*	—0.006	0.305	0.195	0.175	—0.022
23 α-terpineol	0.242	0.106	—0.077	0.154	—0.089	—0.081
24 Borneol	—0.034	0.147	0.168	—0.066	0.349*	—0.097
25 Terpinyl acetate, 26 $C_{15}H_{24}$	—0.099	—0.004	—0.071	—0.175	—0.070	—0.051
27 $C_{15}H_{24}$	0.077	—0.042	0.159	—0.005	0.071	—
28 γ-muurolene	—0.022	0.274	0.351*	0.165	0.127	0.285
29 α-muurolene	—0.081	—0.050	—0.087	—0.142	—0.144	—0.148
30 δ-cadinene	—0.129	0.105	0.071	—0.040	—0.088	—0.053
31 γ-cadinene	0.134	0.156	0.185	0.053	—0.041	—0.211
32 Calamenene	0.047	0.176	0.028	—0.093	0.154	0.118
Total oil	—0.043	—0.169	—0.049	—0.045	—0.245	—0.340*

$r_{0.001} = 0.501$; $r_{0.01} = 0.403$; $r_{0.05} = 0.312$

Table 5. The numbers of bark beetles caught grouped according to the 3-carene chemotypes of the experimental pines.

Species	Mean number of beetles per trap: 3-carene rich	3-carene poor	t-value
Blastophagus piniperda	254.4	180.9	2.395*
Blastophagus minor	221.9	159.3	1.200
Hylurgops palliatus	29.4	39.8	1.843
Hylastes spp.	84.0	71.2	0.593
Pityogenes bidentatus	3.7	3.4	0.197
Pityogenes quadridens	7.0	6.6	0.150
Cryphalus saltuarius	2.3	2.2	0.135

$t_{0.05} = 2.024$

Table 6. Correlation coefficients between the numbers of bark beetle species caught.

	Blastophagus piniperda	*Blastophagus minor*	*Hylastes* spp.	*Hylurgops palliatus*	*Pityogenes quadridens*	*Pityogenes bidentatus*
Blastophagus piniperda	1.000					
Blastophagus minor	0.232	1.000				
Hylastes spp.	0.410**	0.268	1.000			
Hylurgops palliatus	—0.059	—0.111	0.309	1.000		
Pityogenes quadridens	0.095	0.326*	0.095	0.321*	1.000	
Pityogenes bidentatus	0.033	0.147	0.162	0.472**	0.229	1.000

$r_{0.001} = 0.501$; $r_{0.01} = 0.403$; $r_{0.05} = 0.312$

Table 7. The numbers of predatory beetles collected in window flight traps baited with fertilized and unfertilized pine bolts.

Species	Mean number of beetles per trap: Unfertilized	Fertilized	t-value
Thanasimus formicarius L.	3.7	2.5	1.776
Rhizophagus spp.	11.9	9.2	1.326
Epurea spp.	2.5	1.9	0.782
Glischrochilus spp.	4.6	5.2	0.533

$t_{0.05} = 2.024$

Table 8. Correlation coefficients between the numbers of caught bark beetles and predators.

	Thanasimus formicarius	*Rhizophagus*	*Epurea*	*Glischrochilus*
Blastophagus piniperda	0.325*	0.203	—0.141	0.325*
Blastophagus minor	—0.253	0.348*	0.077	—0.253
Hylastes spp.	—0.137	0.258	0.169	—0.137
Hylurgops palliatus	0.153	0.441**	0.389*	0.153

$r_{0.01} = 0.403$; $r_{0.05} = 0.312$

TYPPILANNOITUKSEN JA MÄNNYN NILAN HAIHTUVAN ÖLJYN KOOSTUMUKSEN VAIKUTUS KAARNAKUORIAISTEN ORIENTOINTIIN

Eräiden tuhohyönteisten on todettu hakeutuvan kasveihin kasvin sisältämän haihtuvan öljyn antaman hajuärsykkeen perusteella. Myös tiedetään kasvupaikkatekijöiden voivan vaikuttaa kasvin haihtuvan öljyn määrään ja koostumukseen.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty, miten typpilannoitus ja männyn nilan haihtuvan öljyn komponentteina esiintyvät terpeenit vaikuttavat kaarnakuoriaisten hakeutumiseen tuhon kohteeseen. Saadut tulokset osoittivat, että typpilannoitus ei aiheuta merkittäviä muutoksia tuoreen mäntypuutavaran houkuttelevuudessa. Sitävastoin houkutuspuiden nilassa esiintyvien useiden mono- ja eräiden seskviterpeenihiilivetyjen ja eräiden monoterpeenihappiyhdisteiden määrien ja houkuttelevuuden välillä esiintyi tilastollisesti merkittäviä korrelaatioita. Männyn 3-kareenirikas kemotyyppi houkutteli pystynävertäjää enemmän kuin 3-kareeniköyhä kemotyyppi. Eräiden kaarnakuoriaislajien, mm. havupuun tikaskuoriaisen, todettiin tarvitsevan puusta lähtevien hajuaineiden lisäksi hyönteisten itsensä tuottamia hajuaineita etsiytyessään lisääntymismateriaaliin. Eräät männyn sisältämät monoterpeenit saattavat olla käyttökelpoisia geneettisiä merkkiaineita tuhonkestävyysjalostuksessa.

ISSN 0026-1610