

# Verhopuuston tiheyden ja lannoituksen vaikutus kuusen taimien pituuskasvuun ojitetulla turvemaalla

The effect of nurse crop density and fertilization on the height growth of Norway spruce seedlings on drained peatland

Anu Hilli, Marja-Leena Pääatalo\*, Mikko Moilanen, Marja-Leena Piironen, Jorma Issakainen ja Eila Tillman-Sutela

Anu Hilli: OSLA, Kirkkotie 1, FIN-91500 Muhos, Finland.

Marja-Leena Pääatalo Metla, Muhos Research Station, Kirkkosaarentie 7, FIN-91500 Muhos, Finland. \*Corresponding author, email: marja-leena.paatalo@metla.fi

Mikko Moilanen, Marja-Leena Piironen, Jorma Issakainen ja Eila Tillman-Sutela, Metla, Muhos Research Station, Kirkkosaarentie 7, FIN-91500 Muhos, Finland.

A natural understorey of Norway spruce often develops under birch on oligo-mesotrophic peatlands, but spruce can also be planted on these sites. The effects of fertilization and the density of the pubescent birch nurse crop on the height growth and needle nutrient status of a planted spruce understorey on an old drained herb-rich sedge pine fen was investigated in this study. The spruce transplants were planted early in the 1960's. The nurse crop was removed, thinned to 200 stems ha<sup>-1</sup> or left unmanaged in 1988. A number of plots were also fertilized. The height growth of the spruce transplants was measured during two periods after management, and the needle nutrient concentrations were determined before fertilization and again 10 years later. The height growth of the spruce was 40 – 60% greater after removal of the nurse crop than that under the unthinned nurse crop. Even the thinned nurse crop slowed down the growth of the understorey. However, height growth was the best on the plots on which the nurse crop was removed and the plots fertilized.

Key words: *Betula pubescens*, foliar nutrients, growth responses, peatland, *Picea abies*. planting, release cutting

## Johdanto

Hieskoivu on yleinen puulaji erityisesti ojitusalueilla, joiden alkuperäisenä suotyypinä on ennen ojitusta ollut varsinainen tai ruohoinen saraneva, -räme tai korpi. Näille koivua kasvaville keskiväestöisten, oligo-mesotrofisten turvemaiden ojitusalueille syntyy myös usein luontainen kuusentaimikko. Metsäojituksella aikaansaatu kuivaus on myötävaikuttanut viime vuosikymmeninä

turvemaiden luonnontaimikoiden määrän kasvuun, joskin luontaisesti syntyneiden kasvuskelpoisten alikasvosten osuus metsämaan alasta vaihtelee alueittain (Kuusela *et al.* 1986, Salmi 1993). Ojikko- ja muuttumavaiheessa olevilla ojitusalueilla kasvualusta on yleensä riittävän kostea siementen itämiselle ja taimettumiselle, mutta kuivumisen edistyessä taimettuminen heikenee pintakasvillisuuden lajiston muuttuessa ja raakahumuksen kerrostuessa (Kaunisto 1984,

Saarinen 1997). Mikäli keskiverteisilla soilla alikasvosta ei synny luontaisesti, uudistusala voidaan viljellä kuusen taimilla lehtipuuvaltaisen verhopuuston suojaan tai kasvatusvaiheessa olevan ylispuukoivikon alle.

Kuusen kasvatus vaatii erityisesti turvemaiden aluksi verhopuuston turvaamaan taimien alkukehitystä (Leikola 1976). Lehtipuuverhopuusto suojaa hallalta ja vähentää pintakasvillisuuden kilpailua, mutta samalla se hidastaa alikasvoksen kehitystä (Heikinheimo 1941, Anderson 1984, Mielikäinen & Valkonen 1995). Yleensä ylis- tai verhopuusto poistetaan yhdellä kerralla, ennen kuin se alkaa haitata varttuvan taimikon kehitystä. Hallanaroilla kasvupaikoilla verhopuuston hakkuuta voidaan kuitenkin lykätä, kunnes alikasvoksena kehittyneet kuusen taimet ovat 3–4 metrin pituisia (Hyvän metsänhoidon suositukses 2001, Pohjois-Suomen metsänhoitosuositukses 2001), sillä kuusi sietää varjostusta ja säilyttää elinvoimaisuutensa hyvin (Ferlin 2002). Tällöin kaksijaksoisessa metsikössä toimitaan yhtä aikaa sekä ylispuuston että taimikon hyväksi ja koivuylispuusto voidaan poistaa useammassa vaiheessa. Kaksijaksoisessa metsikössä voidaan ravinteikkailta turvemaidella tuottaa koivukuitupuuta (Niemi 1995, Mård 1996) ja lisäksi lehtipuilla on edullinen vaikutus kasvupaikan vesijärjestelmään (Huikari 1954, Mikola 1973, Thelin *et al.* 2002).

Kuusen on todettu sopeutuvan hyvin ylispuuston poiston jälkeisiin muuttuneisiin kasvu- ja ympäristöoloihin (Cajander 1934, Skoklefeld 1967, Andersson 1984, Niemistö 1995), mutta muuttuneiden valo- ja lämpöolojen on havaittu aluksi myös haittaavan päällyspuuston alapuolisten kuusen taimien kehitystä (Ståfält 1935, Andersson 1988, Gnojek 1992). Lisäksi hakkuun aiheuttamat muutokset turvemaiden vesitaloudessa voivat haitata taimien kasvua (Heikurainen & Päivänen 1970, Päivänen 1982). Alikasvostutkimus on perinteisesti keskittynyt kivennäsmaille, joilta saadut tulokset eivät sellaisenaan kuitenkaan sovellu turvemaiden puuston kasvatukseen. Erityisesti lannoituksen ja verhopuuston poiston vaikutusta puuston ravintetalouden muutoksiin turvemaiden alikasvoskuusikoissa on tutkittu vain vähän (Saarinen 1995, 1996, Saarinen & Sarjala 1999). Tämän työn tarkoituksena oli selvittää verhopuuston harvennuksen ja

poiston sekä lannoituksen vaikutusta istutetun kuusialikasvoksen pituuskasvuun ja neulasten ravinnepitoisuuksien muutoksiin.

## Aineisto ja menetelmät

### Tutkimusalue ja mittaukset

Tutkimusalue sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Muhoksen kunnan Itkusuolla (64° 51' P, 26° 05' T). Se muodostuu viidestä 1930-luvulla ojitetun ruohoisen sararämeen (RhSR) koealasta (86, 87, 88, 95 ja 97). Alueelle istutettiin v. 1961–1963 kuusen taimia luontaisesti syntyneen valtapituudeltaan 10 m:n mittaisen hieskoivuvaltaisen ylispuuston alle, joka toimi myös verhopuustona. Istutustiheys oli 2500 kpl ha<sup>-1</sup>. Verhopuustot harvennettiin vuonna 1976, jolloin kasvamaan jätettiin 550–800 runkoa ha<sup>-1</sup>. Kuusen taimikko jätettiin käsittelemättä ja se oli tällöin pituudeltaan 1–4 metriä. Kasvatushakkuun yhteydessä kasvupaikan vesitaloutta parannettiin kunnostusojituksella. Ajan myötä alueelle on syntynyt kuusialikasvosta myös luontaisesti.

Tutkimusalueelle rajattiin vuonna 1988 koealoja (0.041–0.196 ha), joille arvottiin kolme erilaista verhopuuston käsittelyvaihtoehtoa. Pääkäsittelyvaihtoehdot olivat verhopuuston poisto tai käsittelemättä jättäminen (10 koealaa kullekin). Käsittelemättömille koealoille puuta jäi kasvamaan 89–139 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (taulukko 1). Lisäksi kahdella koealalla koivuverhopuusto harvennettiin 200 kpl ha<sup>-1</sup> tiheyteen. Neljälle koealalle kutakin verhopuuston pääkäsittelyvaihtoehtoa kohden suoritettiin lannoitus Suometsien PK-lannoksella (P 9 %, K 16 % ja B 0.2 %) ja Oulunsalpietarilla (N 27.5 %). Molempia lannoitteita käytettiin 500 kg ha<sup>-1</sup>. Verhopuuston käsittelyt ja lannoitus tehtiin vuonna 1988, jolloin verhopuusto oli noin 50-vuotias. Alikasvoskuusikkoa ei käsitelty.

Sekä poistettava että kasvatettavaksi jätettävä verhopuusto ja alikasvos mitattiin ennen puuston käsittelyä v. 1988. Verhopuusto koostui valtapituudeltaan noin 18-metrisiksi varttuneista hieskoivuista (taulukko 1), joiden seassa oli männyttä. Männyn osuus vaihteli kokeittain 5–27 % puuston kokonaistilavuudesta. Alikasvoskuusten runkoluku vaihteli koealoittain 925–3004 kpl ha<sup>-1</sup>

ja keskipituus 4.6–6.7 m. Koealojen sisäinen alikasvoksen kokovaihtelu oli suurta: kookkaimmat kuuset olivat yli kuuden metrin mittaisia, kun taas pienimpien taimien pituus oli vain 0.5–0.8 m. Istutuskuusien ja luontaisesti syntyneiden kuusien erottaminen toisistaan oli mittaushetkellä epävarmaa, joten tuloksissa ei erotella luonnontaimien osuutta.

Puusto mitattiin uudelleen 8 vuotta myöhemmin v. 1996, jolloin alikasvoskuusista mitattiin kolmen jakson pituuskasvu: 3 vuotta ennen verhopuuston hakkuukäsittelyä ja kaksi kasvujaksoa, 5 ja 4 vuotta, hakkuun jälkeen. Lisäksi määritettiin juromisjakson pituus. Juromisjaksolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sitä verhopuuston käsittelyä kulunutta aikaa vuosina, jonka jälkeen alikasvoksen pituuskasvu ylitti 1.5 kertaa hakkuuta edeltäneen kasvujakson pituuskasvun. Alikasvokset mitattiin koealalle systemaattisesti sijoitetuilta ympyräkoeloilta, joiden pinta-ala oli 39–56 m<sup>2</sup> ja määrä 2–4 koealan koosta riippuen. Kaikki ympyräkoelan kuuset olivat koepuita. Verhopuusto mitattiin koko koealalta ja sen puustotunnukset, hehtaarikohtainen runkotilavuus ja pohjapinta-ala laskettiin Metlan KPL-laskentaohjelmistolla (Heinonen 1994).

Taulukko 1. Verhopuuston ja kuusen alikasvoksen puustotunnukset tutkimusjakson alussa, vuonna 1988.

Table 1. Tree characteristics of the nurse crop and spruce understorey at the start of the experiment, 1988.

Koenumero <i>Experiment</i>	86	87	88	95	97
<b>Verhopuusto</b>					
<i>Nurse crop</i>					
Runkoluku kpl ha <sup>-1</sup>	758	674	791	561	810
<i>Stems ha<sup>-1</sup></i>					
Pohjapinta-ala m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	19	18	16	13	15
<i>Basal area m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup></i>					
Valtapituus, m	18	19	18	18	18
<i>Dominant height, m</i>					
Tilavuus m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	139	129	108	89	108
<i>Volume m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup></i>					
<b>Alikasvos</b>					
<i>Understorey</i>					
Runkoluku kpl ha <sup>-1</sup>	1274	925	1656	2409	3004
<i>Stems ha<sup>-1</sup></i>					
Keskipituus m	6.4	6.7	6.1	4.6	4.9
<i>Mean height, m</i>					

## Ravinneanalyysit

Kuusialikasvoksen ravinnetilaa selvitettiin neulasanalyyseillä ennen lannoituskäsittelyä ja 10 vuotta lannoituksen jälkeen. Neulasnäytteet kerättiin uusimmista vuosikasvaimista helmikuussa 1988 ja huhtikuussa 1998. Neulasnäytteitä varten kultakin koealalta valittiin vuonna 1988 12 koepuuta ja vuonna 1998 8 koepuuta, joiden etelänpuoleisen latvuksen toiseksi ylimmästä oksakiehkurasta otettiin näytteeseen 1–2 sivuversoa. Puukohtaiset näytteet yhdistettiin koealoittain kokoomanäytteeksi. Näytteet analysoitiin Metlan Muhoksen tutkimusaseman laboratoriossa ja käytetyt menetelmät pohjautuvat aikaisempiin analyysimenetelmiin (Halonen *et al.* 1983). Typpi määritettiin Kjeldahl–menetelmällä hajotetusta näytteestä spektrofotometrisesti salisylaattimenetelmällä. Tuhkistuksen jälkeen fosfori määritettiin spektrofotometrisellä vanadomolybdaattimenetelmällä sekä kalium, kalsium, kupari, magnesium, mangaani, rauta ja sinkki suolahappouuttoliuoksesta atomiabsorbtiiospektrofotometrialla. Boori määritettiin rikki-fosforihappouutosta spektrofotometrisesti atsometriini-H-menetelmällä. Ravinneanalyyseiden lisäksi määritettiin sadan neulasen kuivamassa.

## Tilastolliset menetelmät

Kuusialikasvoksen pituuskasvun muutoksia verhopuuston poiston ja lannoituskäsittelyn jälkeen verrattiin kovarianssianalyysillä, jossa selitettävänä muuttujina olivat toimenpiteiden jälkeisten jaksojen (5 ja 4 vuotta) pituuskasvut ja kovariaattina toimenpiteitä edeltänyt kolmen vuoden pituuskasvu. Testinä käytettiin pareittaista testiä. Malliin otettiin mukaan myös verhopuuston käsittelyn ja lannoituksen yhdysvaikutus. Harvennuksen vaikutusta ei testattu tilastollisesti, koska harvennus oli vain kahtena toistona. Kaikissa tilastollisissa vertailuissa käytettiin raja-arvona 5 %:n merkitsevyystasoa. Kovarianssianalyysin tilastollinen malli on:  $K = C + Vk + L + VkL + \mu$ , jossa  $C$  = kovariaatti,  $K$  = jakson pituuskasvu,  $Vk$  = verhopuuston käsittelyn vaikutus,  $L$  = lannoituksen vaikutus,  $VkL$  = verhopuuston käsittelyn ja lannoituksen yhdysvaikutus ja  $\mu$  = mallin virhetermi.

Lisäksi verhopuuston käsittelyn ja lannoituksen vaikutusta kuusialikasvoksen neulasten ravinnepitoisuuksiin tutkittiin varianssianalyysillä.

## Tulokset

### Alikasvoskuusten pituuskasvu

Alikasvoskuusten vuotuinen pituuskasvu oli ennen verhopuuston käsittelyä keskimäärin 24 cm ja se lisääntyi niin verhopuuston poiston kuin harvennuksenkin jälkeen (kuva 1). Verhopuuston poistoa seuranneen 5-vuotisjakson (ensimmäisen kasvujakson) aikana kuusten keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu oli 29 cm ja jälkimmäisen 4-vuotisjakson (toisen kasvujakson) aikana 41 cm. Käsittelemättömän verhopuuston alla (550–800 runkoa ha<sup>-1</sup>) kuusten keskimääräinen vuotuinen kasvu oli vastaavina ajanjaksoina 20 ja 26 cm. Siten verhopuuston alla kuusten vuotuinen pituuskasvu jäi ensimmäisellä kasvujaksolla keskimäärin 9 cm ja toisella kasvujaksolla 15 cm pienemmäksi kuin koealoilla, joilta verhopuusto poistettiin. Nämä pituuskasvuerot osoitautuivat myös tilastollisesti merkitseviksi ( $p=0.000$ ).

Alikasvoskuusten pituuskasvu lisääntyi myös verhopuuston harvennuksen jälkeen, jolloin koi-voja jätettiin kasvamaan 200 kpl ha<sup>-1</sup> (kuva 1). Harvennetuilla koealoilla kuuset kasvoivat keskimäärin 26 cm v<sup>-1</sup> harvennusta seuranneella 5-vuotisjaksolla ja 37 cm v<sup>-1</sup> sitä seuranneella 4-vuotisjaksolla. Koko 9-vuotisen tutkimusjakson keskimääräinen pituuskasvu käsittelemättömillä koealoilla oli 23 cm v<sup>-1</sup>. Käsittelemättömän verhopuuston alla kuusen taimien vuotuinen pituuskasvu oli ensimmäisen kasvujakson aikana keskimäärin 6 cm ja toisen kasvujakson aikana 12 cm hitaampaa kuin harvennetuilla koealoilla. Harvennetuillakin koealoilla alikasvoskuusten vuotuinen pituuskasvu oli keskimäärin 4 cm pienempää kuin koealoilla, joista verhopuusto oli poistettu.

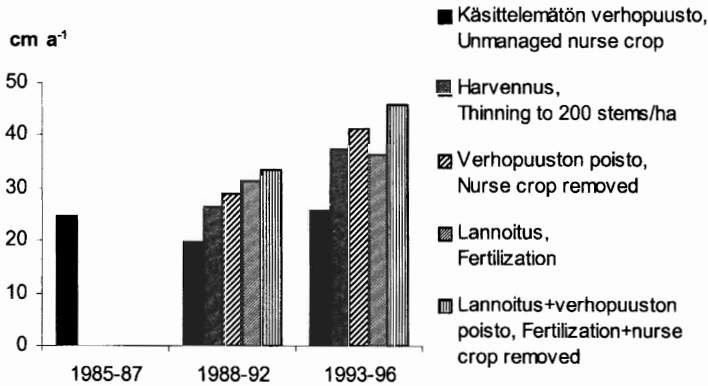
Lannoitus lisäsi alikasvoskuusten vuotuista pituuskasvua käsittelemättömän verhopuuston alla noin 11 cm verrattuna lannoittamattomien koealojen kasvuun molemmilla kasvujaksoilla ja tulos oli myös tilastollisesti merkitsevä ( $p=0.000$ ). Tutkimusjakson alussa verhopuuston poistolla oli

lähes yhtä suuri vaikutus taimien pituuskehitykseen kuin pelkällä lannoituksella, mutta seuraavalla neljän vuoden jaksolla alikasvoksen vuotuinen pituuskasvu oli verhopuuhakatuilla koealoilla 41 cm, kun taas lannoitetulla aloilla se oli 36 cm. Suurinta kuusen taimien pituuskasvu oli kuitenkin koealoilla, joilla oli suoritettu sekä lannoitus että verhopuuston poisto. Lannoituksen ja hakkuun jälkeen kuusialikasvoksen pituuskasvu oli 33 cm v<sup>-1</sup> jo toimenpiteitä seuranneen viiden vuoden (ensimmäisen kasvujakson) aikana ja seuraavan neljän vuoden (toisen kasvujakson) aikana kasvu oli 46 cm v<sup>-1</sup>. Lannoituksen ja verhopuuston käsittelyn yhdysvaikutus ei osoittautunut kuitenkaan tilastollisesti merkitseväksi kummallakaan kasvujaksolla.

Alikasvoskuusten pituuskasvu elpyi verhopuuston poiston ja pelkän lannoituksen jälkeen eniten 3–6 metrin pituisilla kuusilla, joiden vuotuinen pituuskasvu oli keskimäärin 17 cm ennen verhopuuston poistoa (kuva 2). Niiden pituuskasvu lisääntyi jo verhopuuston poistoa seuranneen ensimmäisen kasvujakson aikana. Myös alle 3 metrin mittaisten kuusten pituuskasvu lisääntyi ensimmäisellä kasvujaksolla. Lyhimpien (< 1.5 m) alikasvoskuusten pituuskasvu lähes kaksinkertaistui verhopuuston poiston jälkeen, vaikka niiden pituuskasvu oli hitainta ennen verhopuuston käsittelyä, jolloin niiden vuotuinen pituuskasvu oli keskimäärin vain 3 cm. Nopeimmin kasvaneiden, pisimpien kuusten pituuskasvussa ei tapahtunut suurta muutosta verhopuiden poiston seurauksena. Verhopuuston poisto, harvennus ja lannoitus eivät juuri vaikuttaneet juromisjakson pituuteen, joka oli keskimäärin 1.5 vuotta.

### Alikasvoskuusten ravinnepitoisuudet

Ennen verhopuuston hakkuuta tehdyn neulasanalyysin mukaan alikasvoskuusten fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat tyydyttävällä tasolla (taulukko 2), mutta typpi- ja booripitoisuudet olivat puutosrajalla (Reinikainen *et al.* 1998). Sitä vastoin 10 vuotta käsittelyjen jälkeen (v. 1998) tehdyn ravinneanalyysin mukaan kuusen neulasten typen ja kaliumin välinen suhde oli kasvanut lannoittamattomilla koealoilla: neulasten kaliumpitoisuus oli laskenut niin käsittelemättömillä kuin hakatuillakin koealoilla, kun taas neulasten



Kuva 1. Alikasvoskuusten keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu viiden ja neljän vuoden kasvujaksosoina verhopuuston harvennuksen, poiston tai lannoituksen jälkeen sekä verhopuuston poiston ja lannoituksen jälkeen verrattuna käsittelemättömän verhopuuston alla kasvaneiden kuusten kasvuun.

Fig. 1. Mean annual height growth of the spruce understorey during five and four years' growth periods after thinning or removal of the nurse crop, or fertilization, and the effect of removal of the nurse crop and fertilization compared to the growth of the spruce under the unmanaged nurse crop.

typpipitoisuus oli kohonnut tutkimusjakson aikana. Koealoilla, joilta verhopuusto oli poistettu, kuusen neulasten kaliumpitoisuus jopa alitti puutosrajan  $5.2 \text{ mg g}^{-1}$  (Reinikainen *et al.* 1998). Myös neulasten sinkkipitoisuus oli laskenut nykyisin puutosrajana pidetyn arvon alapuolelle. Lisäksi neulasten kaliumin, kalsiumin ja mangaanin ja sinkin pitoisuudet olivat pienempiä kuin ennen verhopuiden poistoa. Neulasten kuivapaino laski käsittelemättömillä koealoilla noin 20 % tutkimusjakson aikana.

Lannoituksen vaikutus näkyi kuusen neulasten kohonneina fosfori-, kalium- ja booripitoisuuksina vielä 10 vuoden kuluttua lannoituksesta (taulukko 3). Alikasvoskuusten kaliumtila oli kohonnut lannoitetuilla koealoilla laskennallisen puutosrajan yläpuolelle, mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Myös fosfori- ja booripitoisuudet olivat kohonneet lannoituksen seurauksena ja erot lannoittamattomiin koealoihin verrattuna olivat tilastollisesti merkitseviä koealoilla, joilta verhopuut oli poistettu. Muiden ravinteiden pitoi-

suuksissa ei ilmennyt tilastollisesti merkitseviä muutoksia lannoituksen vaikutuksesta.

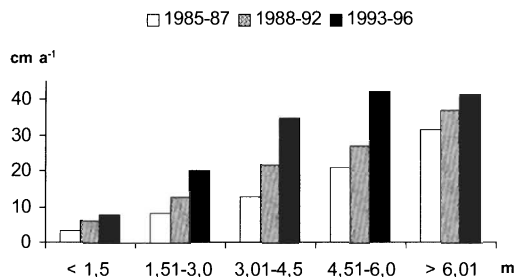
## Tulosten tarkastelu

Verhopuuston tiheys osoittautui tärkeimmäksi kuusen taimien kasvuun vaikuttavaksi tekijäksi. Kuusen taimien vuotuinen pituuskasvu oli verhopuuston poiston jälkeen jo ensimmäisen kasvujakson jälkeen keskimäärin 40 % ja toisen kasvujakson jälkeen 60 % suurempaa kuin verhopuuston alla. Tulos tukee täten aiempia havaintoja, joiden mukaan verhopuusto hidastaa alikasvoksena kehittyvien kuusten rinnankorkeusläpimitan ja pituuskasvun kehitystä (Niemi 1995, Mård 1996, Bergqvist 1999, Klang & Ekö 1999). Myös verhopuuston harvennus lisäsi kuusen taimien kasvua, vaikka muutos olikin pienempi kuin verhopuuston poiston jälkeen. Kuusen alikasvoksen pituuskasvu oli harvennetuilla koealoilla tutkimusjakson alussa 30 % ja tutkimusjakson lopulla 45 % suurempaa kuin verhopuuston alla.

Taulukko 2. Alikasvoskuusten neulasten ravinnepitoisuudet käsittelemättömillä koealoilla (v. 1988 ja 1998a) sekä koealoilla, joilta verhopuusto oli poistettu (1998b).

Table 2. Needle nutrient concentrations of the spruce understorey on the unmanaged plots (1988 and 1998a) and on the plots, where the nurse crop had been removed (1998b).

Ravinne	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	g / 100
Nutrient	%	mg g <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup>	mg g <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	kpl
1988	1.16	2.53	10.0	2.38	0.96	29.0	231.0	21.2	2.40	6.90	0.56
1998a	1.40	2.36	6.40	3.03	1.63	31.0	210.0	19.5	2.90	9.70	0.45
1998b	1.44	2.14	5.00	2.33	1.30	28.0	198.0	13.7	2.80	7.90	0.59



Kuva 2. Eri kokoluokkiin kuuluvien alikasvoskuusten keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu ennen verhopuuston poistoa ja sen jälkeen viiden ja neljän vuoden kasvujaksoina.

Fig. 2. Mean annual height growth of the spruce understory in different size classes before removal of the nurse crop, and during five and four years' growth periods following removal of the nurse crop.

Verhopuuston tiedetään varjostuksen lisäksi aiheuttavan myös juuristikilpailua (Nilsson & Gemmel 1993, Schmid & Kazada 2002). Kuusen taimien pituuskasvun nopeutuminen verhopuuston harvennuksen jälkeen osoittaa, että kilpailu valosta ja ravinteista oli vähäisempää kuin ennen harvennusta.

Alikasvoskuusten pituuskasvu nopeutui jälkimmäisellä tutkimusjaksolla niin verhopuuston

harvennuksen kuin poistonkin jälkeen. Aikaisemmissa tutkimuksissa alikasvoksen pituuskasvu on todettu pysyvän yleensä aluksi hitaana tai voivan taantuakin verho- ja ylispuiden poiston jälkeen (Heikurainen 1985, Tham 1988, Mielikäinen & Valkonen 1995). Kangasmaiden hyväkuntoisten alikasvoskuusten pituuskasvu nopeutuu yleisimmin vasta 3–5 vuoden kuluttua vapauttamisesta (Cajander 1934, Koistinen & Valkonen 1993, Örlander & Karlsson 2000). Kuusialikasvoksen kasvun taantumisen päällyspuuston poiston jälkeen on tulkittu johtuneen valon äkillisen lisääntymisen aiheuttamasta yhteyttämistehokkuuden muutoksesta (Gnojek 1992) tai pohjavesitasen noususta (Heikurainen & Päivänen 1970, Päivänen 1982). Tässä tutkimuksessa alikasvoskuusten nopea elpyminen verhopuuston poiston jälkeen osoitti niiden säilyneen elinvoimaisina verhopuuston alla. Kookkaissa, yli kolmen metrin pituisissa nopeasti kasvaneissa kuusen taimissa kasvun lisäys erottui selvästi jo ensimmäisellä kasvujaksolla. Aiempien tutkimusten mukaan taimien pituuskasvun ennen päällyspuuston poistoa on todettu ennustavan niiden pituuskasvua myös verho- tai ylispuuston poiston jälkeen (Helms & Standiford 1985, Andersson 1988, Örlander & Karlsson 2000). Toisaalta alikasvoskuusten kasvun nopeutumiseen saattoi vaikuttaa

Taulukko 3. Alikasvoskuusten neulasten vertailu 10 vuotta lannoituksen jälkeen koaloilla, joilla hieskoivuverhopuusto on jäljellä tai poistettu. Lannoituksen tilastollisesti merkitsevä vaikutus merkitty tähdellä ( $p < 0.05$ ).

Table 3. Comparison of needle nutrient concentrations of the spruce understory 10 years after cutting and fertilization. The statistical significance of the fertilizer effect denoted with an asterisk ( $p < 0.05$ ).

Ravinne Nutrient	Ei hakkuuta <i>Unmanaged nurse crop</i>		Verhopuuston poisto <i>Nurse crop removed</i>	
	Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	Lannoitettu <i>Fertilized</i>	Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	Lannoitettu <i>Fertilized</i>
N %	1.39	1.47	1.44	1.44
P mg g <sup>-1</sup>	2.36	2.66	2.15	2.76*
K mg g <sup>-1</sup>	6.20	7.60	5.00	6.10
Ca mg g <sup>-1</sup>	2.90	3.23	2.43	2.40
Mg mg g <sup>-1</sup>	1.53	1.56	1.31	1.28
Fe mg kg <sup>-1</sup>	30.0	33.0	29.0	26.0
Mn mg kg <sup>-1</sup>	192.0	185.0	221.0	177.0
Zn mg kg <sup>-1</sup>	17.5	18.8	13.5	14.3
Cu mg kg <sup>-1</sup>	2.80	3.40	2.80	2.70
B mg kg <sup>-1</sup>	12.1	17.2*	8.60	13.1*
100 neulasten massa 100 needle mass, g	0.44	0.46	0.58	0.58

myös verhopuuston ikä. Nuori ja nopeasti kasvava koivikko voi kilpailla alikasvoskuusikon kanssa voimakkaammin kuin jo hakkuukypsä hieskoivikko. Tämän tutkimuksen hieskoivuverhopuusto oli lähellä uudistuskypsyysikä (Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksat 2001) ja sitä oli aiemmin harvennettu voimakkaasti. Näin kasvutilaa ja ravinteita saattoi jäädä enemmän alikasvoksen käyttöön kuin jos koivikko olisi ollut nuori ja täystiheä.

Tulokset osoittivat, että verhopuuston poiston myötä lisääntynyt valomäärä ja kasvutila paransivat alikasvoskuusten pituuskasvua enemmän kuin pelkkä lannoitus. Tutkimusjakson alkupuolella verhopuuston poisto lisäsi kuusen taimien pituuskasvua lähes yhtä paljon kuin lannoitus, mutta toisen kasvujakson eli neljän viimeisen vuoden aikana verhopuiden poisto lisäsi pituuskasvua selvästi lannoitusta enemmän. Syyinä eron voi olla typpilannoituksen nopea, mutta melko lyhyeksi jäävä vaikutus (Moilanen & Isakainen 1990, Moilanen 1993). Hakkuutähteidän ravinteet vapautuvat sitä vastoin hitaasti, joten ne eivät liene vaikuttaneet kasvuun ennen kuin neljän viimeisen vuoden aikana hakkuutähteidän lahotessa. Myös neulasten kuivamassan lisääntyminen verhopuuston poiston jälkeen tuki tulokinta lisääntyneen valon ja kasvutilan vaikutuksesta neulasten yhteyttämistehoon. Kuusen taimien pituuskasvuun on aiemminkin todettu lisääntyvän harvan verhopuuston alla tai latvustoon muodostuneiden aukkojen läheisyydessä (Heikurainen 1985, Niemistö 1995, Mård 1996, de Chantal *et al.* 2003). Turvemaiden kuusikoissa lannoituksen vaikutuksen kasvuun tiedetään taas vaihtelevan puuston kehitysvaiheen ja suon ravinteisuuden sekä turpeen paksuuden mukaan (Paavilainen 1974, Salminen 1984, Hämäläinen & Paavilainen 1985, Moilanen *et al.* 1996). Tässä tutkimuksessa pelkästään lannoituksella saatu lisäys jäi pieneksi ehkä sen vuoksi, että koealat sijaitsivat ohutturpeisilla soilla ja puut saivat mahdollisesti ravinteita mineraalimaasta.

Alikasvoskuusten neulasten typpipitoisuus oli samalla tasolla niin verhopuuston poiston kuin lannoituksen jälkeen, kun toimenpiteistä oli kulunut 10 vuotta. Sitä vastoin neulasten kaliumpitoisuus laski verhopuuston poiston jälkeen. Tulokset tukevat aiempia havaintoja ylispuuston

käsittelyiden aiheuttamista muutoksista alikasvoskuusten neulasten ravinnepitoisuuksiin (Saarinen 1995, 1996, Moilanen & Saksa 1998). Syyinä kaliumpitoisuuksien muutoksiin saattoi olla se, että koivuverhopuuston juuret ulottuivat ohutturpeisella tutkimusalueella pohjamaahan ja kuusi sai siten kaliumia lehtikarikkeesta. Sen sijaan 10 vuotta verhopuuston poiston jälkeen karikkeista vapautunut kalium oli jo käytetty. Kuusen koivua pinnallisempi juuristo ei taas ulottunut kiennäismaahan saakka, mikä ilmeni neulasten kaliumpitoisuuden laskuna. Tulokinta tukevat nyt saadut tulokset, joiden mukaan neulasten kaliumpitoisuudet ylittivät jo lähtötilanteessa turvemaidella tavatun keskimääräisen tason (Reinikainen *et al.* 1998). Vaikka neulasten kaliumpitoisuus laski verhopuuston poiston jälkeen, se oli kuitenkin riittävä tutkimusjakson aikana mitattuun lisääntyneeseen pituuskasvuun.

Lannoitus yhdessä verhopuuston poiston kanssa lisäsi kuusen taimien pituuskasvua eniten. Tämä selittyy sillä, että lannoituksella pystyttiin torjumaan aiemmissa tutkimuksissa havaittu ravinne-epätasapainon muodostuminen suopuuston hakkuun jälkeen (Kaunisto & Paavilainen 1988, Saarinen 1996). Suometsien PK-lannoitus kohotti alikasvoskuusten neulasissa sekä kalium- että fosforipitoisuuksia, jotka havaittiin vielä 10 vuoden kuluttua lannoituksesta. Myös aiemmissa tutkimuksissa kuusen ravinnetalouden on todettu parantuneen lannoituksen jälkeen (Moilanen *et al.* 1996, Saarinen & Sarjala 1999). Suometsien PK-lannoksessa tutkimuksen ajankohtana käytetty fosfori oli pääosin vaikealiukoista raakafosfaattia, jonka vaikutus suomänniköissä on todettu pitkäaikaiseksi (Penttilä & Moilanen 1987, Silfverberg & Hartman 1999).

Tulokset osoittivat kuusen taimikon kehittävän kohtalaisen hyvin koivuverhopuuston alla, vaikka verhopuusto voimakkaastikin harvennetuna hidasti kuusen kasvua. Hieskoivun kasvataminen ylispuustona jopa kuitupuumittaiseksi on kuitenkin perusteltua kuusentaimien alkukehityksen aikana tarvittavan hallan suojan vuoksi ja tutkimus tukee täten aiempia havaintoja kaksijaksoisen metsikön kasvattamisesta (Niemistö 1995, Mielikäinen & Valkonen 1995). Nykyisin hieskoivun kasvatusta Pohjois-Suomessa suositellaan 60 vuoden kiertoajalla (Pohjois-Suomen

metsänhoitosuositukset 2001), mutta kuitupuuta tuotettaessa taloudellinen kiertoaika näyttää olevan 44–50 vuotta (Niemi 1995). Tämän tutkimuksen tulokset tukevat hieskoivikon kiertoajan lyhentämistä myös istutetun kuusialikasvoksen kasvun ja kehityksen turvaajana. Lisäksi lannoituksen tarve tulee arvioida hakkuuta edeltäneen puuston ravinnetilan sekä turpeen ominaisuuksien perusteella.

## Kiitokset

Tutkimus on tehty Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasemalla osana tutkimushanketta ”Hieskoivikoiden uudistaminen Pohjanmaan ojitusalueilla (3247)”. Kiitämme kaikkia aineiston maastomittauksiin, näytteiden käsitteilyyn, tallennukseen ja analysointiin osallistuneita. Kiitokset professori Hannu Mannerkoskelle ja tutkija Markku Saariselle sekä tuntemattomalle arvioijalle käsikirjoitusta parantaneista kommentista. MMT John Derome on kääntänyt käsikirjoituksen englanninkieliset osat.

## Kirjallisuus

- Andersson, O. 1988. Granmarbuskar som inslag vid beståndsanläggning. Summary: Severely suppressed trees of *Picea abies* as complement at forest regeneration. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsproduktion, Rapport 24. 48 s.
- Andersson, S.-O. 1984. Om lövröjning i plant- och ungdomskogar. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift 82: 69–95.
- Bergqvist, G. 1999. Wood volume yield and stand structure in Norway spruce understorey depending on birch shelterwood density. *Forest Ecology and Management* 122: 221–229.
- Cajander, A. K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta (Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtepflanzenbestände nach der Befreiung). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 19(5): 1–59.
- de Chantal, M., Leinonen, K., Kuuluvainen, T. & Cescatti, A. 2003. Early response of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings to an experimental canopy gap in boreal spruce forest. *Forest Ecology and Management* 176: 321–336.
- Ferlin, F. 2002. The growth potential of understorey silver fir and Norway spruce for uneven-aged forest management in Slovenia. *Forestry* 75: 375–383.
- Gnojek, A. 1992. Changes in chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in suppressed Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] in response to release cutting. *Trees* 6: 41–47.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 121: 1–28.
- Heikinheimo, O. 1941. Metsänistutusmenetelmistä. Referat: Versuche mit waldbaulichen Planzmethoden. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 29(4): 1–63.
- Heikurainen, L. 1985. Verhopuuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. Summary: The influence of birch nurse crop (*Betula pubescens*) on the growth of spruce (*Picea abies*) seedling stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 19: 81–88.
- Heikurainen, L. & Päivänen, J. 1970. The effect of thinning, clear cutting and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. *Acta Forestalia Fennica* 104: 1–23.
- Heinonen, J. 1994. Koealojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 504: 1–80.
- Helms, J.A. & Standiford, R.B. 1985. Predicting release of advance reproduction of mixed conifer species in California following overstorey removal. *Forest Science* 31: 3–14.
- Huikari, O. 1954. Experiments on the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 50 (9): 1–14.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. *Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio*. Libris Oy, Helsinki. 95 s.
- Hämäläinen, J. & Paavilainen, E. 1985. Tuloksia ojitettujen korpikuusikoiden lannoituksesta. Summary: The growth response to and profitability of fertilization in drained spruce swamp stands. *Folia Forestalia* 623: 1–26.
- Kaunisto, S. 1984. Suomensien uudistaminen turvekangasvaiheissa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 137: 7–21.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 145:1–39.
- Klang, F & Ekö, P. 1999. Tree properties and yield of *Picea abies* planted in shelterwoods. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 262–269.
- Koistinen, E. & Valkonen, S. 1993. Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. *Silva Fennica* 27: 179–194.
- Kuusela, K., Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982–1984. *Folia Forestalia* 655. 86 s
- Leikola, M. 1976. Verhopuuston tiheyden vaikutus metsikön säteilyoloihin. Summary: Effect of the density of the nurse crop on solar radiation inside the stand. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*: 90.1. 33 s.
- Mielikäinen, K. & Valkonen, S. 1995. Kaksijakoisen kuusi-koivu-sekametsikön kasvu. *Folia Forestalia* 1995:



- 81–97.
- Mikola, P. 1973. Koivu suoapuuna. Summary: *Betula pubescens* and *B. verrucosa* on peat. *Suo* 24: 1–3.
- Moilanen, M. 1993. Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilään ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu. *Folia Forestalia* 820. 37 s.
- Moilanen, M. & Issakainen, J. 1990. PK-lannos ja typpi-lannoitelajit karuhkojen ojitettujen rämeiden lannoituksessa. Summary: PK fertilizer and different types of N fertilizer in the fertilization of infertile drained pine bogs. *Folia Forestalia* 754. 20 s.
- Moilanen, M. & Saksä, T. 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Gummerus kirjapaino Oy, Saarijärvi. 123 s.
- Moilanen, M., Penttilä, T. & Issakainen, J. 1996. Lannoituksen vaikutus kuusikoiden kasvuun ja ravinnetilään ojitetuilla turvemilla Pohjois-Suomessa. Summary: Effects of fertilization on tree growth and nutrient status of Norway spruce stands on drained peatlands in northern Finland. *Suo* 47: 85–94.
- Mård, H. 1996. The influence of a birch shelter (*Betula* spp.) on the growth of young stands of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: 343–350.
- Niemistö, P. 1995. Influence of the density of a Pubescent Birch stand on understory spruce development on peatland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 551: 68–85.
- Nilsson, U. & Gemmel, P. 1993. Changes in growth and allocation of growth in young Scots pine and Norway spruce due to competition. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 213–223.
- Paavilainen, E. 1974. Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikoissa. *Folia Forestalia* 239. 10 s.
- Penttilä, T. & Moilanen, M. 1987. Fosforilannoitteet suometsien lannoituksessa Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 136–148.
- Pohjois-Suomen metsänhoitosuosituksen. 2001. Metsäkeskus Pohjois-Pohjanmaa, Metsäkeskus Kainuu ja Metsäkeskus Lappi. Kajaani Kirjapaino Oy. 60 s.
- Päivänen, J. 1982. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia Forestalia* 516: 1–19.
- Reinikainen, A., Veijalainen, H. & Nousiainen, H. 1998. Puiden ravinnepuutokset – metsänkasvattajan ravinneopas. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 688. 44 s.
- Saarinen, M. 1995. Alikasvosten ravinnetalous ojitusalueilla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 538: 36–44.
- Saarinen, M. 1996. Effects of the removal of shelterwood on the foliar nutrient concentrations of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) on drained peatlands. *Suo* 47: 95–102.
- Saarinen, M. 1997. Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusalueiden taimettumiseen. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. (Summary: Effect of site factors on restocking of old drainage areas. A literature review). *Suo* 48(3): 61–70.
- Saarinen, M. & Sarjala, T. 1999. Effects of fertilization and removal of overstorey on foliar nutrient status and chlorophyll fluorescence of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] underwood on drained peatlands. *International Peat Journal* 9: 83–93.
- Salminen, O. 1984. Ojitetun korpikuusikon kertalannoituksen kannattavuus. *Suo* 35: 127–131.
- Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1968–1988. *Folia Forestalia* 825.
- Schmid, I. & Kazada, M. 2002. Root distribution of Norway spruce in monospecific and mixed stands on different soils. *Forest Ecology and Management* 159: 37–47.
- Silfverberg, K. & Hartman, M. 1999. Effects of different phosphorus fertilisers on the nutrient status and growth of Scots pine stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 33(3): 187–206.
- Skoklefald, S. 1967. Fristilling av naturlig gjenvækt av gran. Summary: Release of natural Norway spruce regeneration. *Meddelelser fra det Norske Skogforsøksvesen* 23: 381–409.
- Stäfelt, M.G. 1935. Der Einfluss der Durchforstung auf die Funktion der Nadeln und auf die Ausbildung der Baumkrone bei der Fichte. *Sveriges Skogsvårdförbunds Tidsskrift* 33: 149–176.
- Tham, Å. 1988. Yield prediction after heavy thinning of birch in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research. Report 23. 36 s.
- Theelin, G., Rosengren, U., Callesen, I. & Ingerslev, M. 2002. The nutrient status of Norway spruce in pure and in mixed-species stands. *Forest Ecology and Management* 160: 115–125.
- Örlander, G. & Karlsson, C. 2000. Influence of shelterwood density on survival and height increment of *Picea abies* advance growth. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 20–29.

## Summary:

### The effect of nurse crop density and fertilization on the height growth of Norway spruce seedlings on drained peatland

A natural understorey of Norway spruce often develops under birch stands growing on oligomesothrophic peatlands. If natural regeneration fails, spruce can also be planted on these sites. Although the nurse crop protects the seedlings against frost, it also retards their growth (Heikinheimo 1941, Mielikäinen & Valkonen 1995). As a spruce understorey is able to withstand shading (Ferlin 2002), the nurse crop on relatively fertile peatlands can be grown as pulpwood (Niemistö 1995, Mård 1996). Research on spruce understorey has mainly been restricted to mineral soil sites, and relatively little attention has been paid to the effect of removal of the nurse crop, and especially fertilization, on changes in the nutrient status of spruce understoreys on peatlands (Saarinen 1995, 1996, Saarinen & Sarjala 1999). The aim of this study was to investigate the effect of the density of the nurse crop and its removal, as well as fertilization, on the height growth and needle nutrient concentrations of a planted spruce understorey.

Five experimental stands were established on a herb-rich sedge pine fen, that had been drained in the 1930's. Spruce seedlings were planted in the beginning of the 1960's, when dominant height of the pubescent birch nurse crop was 10 m. In 1988 the stands were divided into plots for management of the nurse crop: the nurse crop was removed or left unmanaged. In addition, the nurse crop was thinned to 200 trees ha<sup>-1</sup> on a number of the plots in two stands, and in three of the stands a number of plots were fertilized using PK peatland fertilizer (P 9%, K 16% and B 0.2%) and ammonium nitrate (N 27.5%) after the nurse crop management. Half of the plots where the nurse crop was left standing or removed were fertilized. The nurse crop and fertilization treatments were based on a random design.

Both the nurse crop and understorey were measured before the nurse crop treatment in 1988 and 1996, the 3 years' height growth period of the understorey being measured before the nurse

crop treatment and 5 and 4 years' growth periods after the cutting. Changes in the height growth of the spruce understorey after removal or thinning of the nurse crop or fertilization were compared using covariance analysis in which the dependent variables were the height growths during the two periods after the treatments, and the covariates the height growth during the 3 years' period preceding the treatments. The nutrient status of the understorey was determined on the basis of needle chemical analysis prior to fertilization in 1988 and 10 years after fertilization. Changes in the needle nutrient concentrations were compared using analysis of variance. The 5% significance level was applied in all the statistical analyses.

The density of the nurse crop proved to be the most important factor affecting the growth of the spruce seedlings (Fig. 1). The height growth of the understorey improved after both the removal of the nurse crop and after thinning compared to the height growth under the unmanaged nurse crop. This result supports earlier findings that a nurse crop slows down the height growth of a spruce understorey (Niemistö 1995, Mård 1996, Bergqvist 1999). The fast recovery of the understorey spruces after removal of the nurse crop demonstrated that they had retained their growth potential. The relatively large, over 3 m high rapidly growing spruces had recovered already during the first 5 years' period (Fig. 2). The results support the previous findings in which the height and height growth of seedlings before removal of the overstorey have been found to be good predictors of their later height growth (Helms & Standiford 1985, Andersson 1988).

The results proved that the increase in light and growing space improved the height growth of the understorey spruces more than fertilization. The height growth of spruce seedlings has earlier been shown to improve under a sparse nurse crop or in the vicinity of openings in the forest canopy (Heikurainen 1985, Niemistö 1995,

Mård 1996, de Chantal *et al.* 2003). Somewhat contradictory results have been obtained in fertilization experiments in spruce stands on peatlands; the effect of fertilization on growth has been found to vary according to the development stage of the stand and the site fertility and thickness of the peat layer (Paavilainen 1974, Moilanen *et al.* 1996). In this study, the growth increase obtained with fertilization alone may have remained relatively small because the plots were located on sites of shallow peat layer, and the trees could get nutrients from the underlying mineral soil.

However, the height growth of the spruce seedlings was the best on the fertilized plots from which the nurse crop had been removed. Fertilization can in fact be used to avoid the development of nutrient imbalances following the removal of the crop (Kaunisto & Paavilainen 1988, Saarinen 1996). In this study the needle potassium and phosphorus concentrations decreased on the unfertilized plots following removal of the nurse crop, but increased on the corresponding fertilized plots (Tables 2 and 3). In contrast, the nitrogen concentrations in needles increased on both the unfertilized and fertilized plots during the course of the study.

*Received 12.5.2003, Accepted 12.9.2003*