

Kolarin tutkimusaseman tiedonantoja

2. 10. 1973



Paavo Pelkonen

Pohjois-Suomen puiden hiilidioksidivaihtuvuutta  
kiihkeämpää kuin Etelä-Suomen

Metsäntutkimuslaitos  
Pyhäkosken  
tutkimusasema  
MUHOS





## A l k u s a n a t

Metsäntutkimuslaitoksen Kolarin tutkimusaseman metsäpuiden marginaalipopulaatioiden geneettistä rakennetta selvittelevän työohjelman puitteissa allekirjoittaneella oli tilaisuus suorittaa opinnäytetyö, jonka tuloksia esitellään tässä julkaisussa. Varsinaisia laboratoriomittauksia tehtiin heinäkuun alusta elokuun loppuun 1972 Teuravuomalla.

Tutkimuksen suunnittelussa ja toteuttamisessa saamastani ystävällisestä avusta haluan erityisesti kiittää MMK O l a v i L u u k k a s t a , joka varsinaisesti antoi virikkeen tälle työlle. Professori P a a v o Y l i - V a k k u r i on lukenut alkuperäisen käsikirjoituksen ja tehnyt siihen varteenotettavia huomautuksia. Kolarin tutkimusaseman tutkijat MML E r k k i N u m m i n e n , LuK L e e n a R y y n ä n e n , FL M a r t t i R y y n ä n e n ja MH E e r o M a l m i v a a r a ovat antaneet arvokasta apua erinäisissä käytännön kysymyksissä samoin kuin FL P e r t t i H a r i aineiston käsittelyssä ja analysoinnissa.

Hyytiälässä heinäkuun 3 päivänä 1973

Paavo Pelkonen



## Sisällysluettelo

1. Johdanto . . . . .	1
2. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto . 2	
3. Tulokset . . . . .	3
31. Nettoyhteyttämiskapasiteetti ja -teho . . . . .	3
32. Fotorespiraatio ja respiraatio . . . . .	3
33. Klorofyllipitoisuus . . . . .	4
4. Tulosten tarkastelu . . . . .	4
5. Kirjallisuus . . . . .	9



## 1. J o h d a n t o

Metsäpuiden lajinsisäistä vaihtelua on tutkittu Suomessa enimmäkseen morfologis-anatomisten ominaisuuksien perusteella ja vain muutamissa tutkimuksissa on selvitelty puiden hiilidioksidiaineenvaihdunnan maantieteellistä vaihtelua.

Männyn taimien yhteyttämisen klinaalista vaihtelua on tutkinut TIGERSTEDT (1965). Kokeessa mitattujen 32 alkuperän välillä ei voitu todeta yhtenäistä maantieteellistä vaihtelua. Pohjois-suomalaiset taimet yhteyttivät keskimäärin tehokkaammin kuin etelä- ja keskisuomalaiset.

Niin ikään männyn fotosynteesiä ovat Suomessa tutkineet amerikkalaiset GORDON ja GATHERUM (1968). He käyttivät koemateriaalinaan kahdeksaa eri alkuperää olevia taimia 42:n ja 66:n pohjoisen leveyspiirin väliltä ja havaitsivat, että eteläisemmällä alkuperällä on yleensä suurempi kasvu- ja fotosynteesikapasiteetti kuin pohjoisilla, joiden fotosynteesi-intensiteetti on voimakkaampi.

Hieskoivun suomalaisten provenienssien hiilidioksidiaineenvaihduntaa tutkiessaan on VAARAMA (1970) totesi pohjoisille alkuperille olevan ominaista suuren yhteyttämiskapasiteetin, joka selvästi ilmenee alhaisissa lämpötiloissa ja heikossa valaistuksessa. Samoin hän havaitsi eroja myös respiraatioissa eri alkuperien välillä.

Yleisten populaatiogeneettisten käsitysten mukaan vallitsevat metsäpuupopulaatioiden levinneisyysalueiden pohjoisrajoilla niin epäedulliset olosuhteet, että lajin sisäinen geneettinen muuntelu jää vähäiseksi. Geneettinen köyhtyminen ilmenee ensisijaisesti lajin säilymisen kannalta tärkeissä ominaisuuksissa, kuten lumen ja pakkasen kestävyudessa sekä kukkimisbiologiassa (TIGERSTEDT 1972).



Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut vertailla yhden etelä- ja kahden pohjoissuomalaisen kuusimetsikön vapaapölytys-jälkeläistöjen hiilidioksidiaineenvaihduntaa tutkimalla eri metsiköiden ja jälkeläistöjen fotosynteesien, fotorespiraatioiden ja respiraatioiden mahdollista vaihtelua.

## 2. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

Koemateriaalina käytettiin Lopella, Laanilassa ja Pallasjärvellä sijaitsevien kuusikoiden vapaapölytys-siemenestä kasvatettuja taimia. Jokaisesta metsiköstä valittiin satunnaisotannalla seitsemän emopuuta, joiden kunkin jälkeläisistä kokeeseen valittiin satunnaisesti kuusi. Ensimmäisen kesän (1971) koetaimet kasvoivat muovihuoneissa ja toisen kesän Kolarin tutkimusaseman kasvatuskaapissa. Mittaukset suoritettiin toisen kesän heinäkuun jälkimmäisen puoliskon ja elokuun aikana.

Taimien hiilidioksidiaineenvaihdunta mitattiin laboratorioolosuhteissa Liston-Becker infrapunakaasuanalysointilaitteella (IPKA). Fotosynteesi mitattiin 13, 18, 23 ja 28<sup>o</sup>:een lämpötiloissa sekä fotorespiraatio ja respiraatio 20<sup>o</sup>:een lämpötilassa. Valon lähteenä mittauksissa oli viisi elohopeakorkeapainelamppua, joiden yhteisteho oli 2000 W.

Neulasten klorofyllipitoisuus määritettiin uuttamalla näyte asetoniin. Erinäisten käsittelyjen jälkeen saadun liuoksen absorbanssi mitattiin kahdella aallonpituudella, minkä jälkeen näytteen sisältämä klorofyllimäärä voitiin laskea.



### 3. T u l o k s e t

#### 31. Nettoyhteyttämiskapasiteetti ja -teho

Yhteyttämiskapasiteetti tarkoittaa koko yksilöä kohti laskettua yhteyttämisen määrää aikayksikössä ja yhteyttämisteho kuiva-ainepaino- tai muuta vastaavaa yksikköä ja aikayksikköä kohti laskettua yhteyttämisen määrää (CAMPBELL ja REDISKE 1965). Lopen alkuperää olevien taimien nettoyhteyttämiskapasiteetti oli noin neljä kertaa suurempi kuin Laanilan tai Pallasjärven taimien. Suuri ero johtui Lopen taimien suuremmasta koosta ja neulasma- sasta. Myös havaittu metsiköiden sisäinen eli jälkeläistöjen välinen vaihtelu johtui taimien kokoeroista.

Päinvastoin kuin yhteyttämiskapasiteetti, pienin nettoyhteyttämisteho havaittiin Lopen ja suurin Pallasjärven alkuperää olevilla taimilla. Pohjois-Suomen alkuperät eivät poikenneet toisistaan, kun taas Lopen taimet poikkesivat molemmista muista taimiryhmistä tilastollisesti merkitsevästi.

Metsiköittäisinä keskiarvoina, samoin kuin koko aineistoille laskettuna, fotosynteesi oli voimakkainta 18<sup>o</sup>:ssa. Vaihtelu oli suurinta eri alkuperien välillä alimmassa mittauslämpötilassa (13<sup>o</sup>) (Kuvat 1 ja 2).

Metsikön sisäinen nettoyhteyttämistehon vaihtelu oli voimakkainta Lopen ja vähäisintä Laanilan jälkeläistöjen välillä. Yhteyttämistehon vaihtelun puolesta Pallasjärven koepuut muistuttivat enemmän Lopen kuin Laanilan taimia. Kaikkien kolmen metsikön sisäinen vaihtelu oli suurinta 18<sup>o</sup>:ssa, jolloin nettoyhteyttämisteho oli voimakkainta.

#### 32. Fotorespiraatio ja respiraatio

Fotorespiraatio laskettiin mitatuista hiilidioksidikompen-



saatiopisteistä ja nettoyhteyttämistehoista ns. ekstrapolointimenetelmällä. Keskimäärin suurin kompensatiopiste sekä voimakas fotorespiraatio oli Laanilan alkuperää olevilla taimilla. Etelä- ja pohjoissuomalaisten taimien vaihtelu oli tilastollisesti erittäin merkitsevää. Tilastollisesti merkitsevänä metsiköiden sisäinen vaihtelu ilmeni ainoastaan Laanilan puolisisarusryhmien välillä.

Fotorespiraatio oli hieman alle 20 % bruttoyhteyttämisestä ja siinä vapautui hiilidioksidia keskimäärin n.  $1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . Kaikkien koetaimien keskimääräinen respiraatio oli vähän alle 10 % bruttoyhteyttämisestä. Lopen taimien keskimääräinen respiraatio oli vähäisintä. Ero pohjoissuomalaisiin oli tilastollisesti merkitsevää.

Lopen ja Laanilan metsiköiden sisäinen respiraatio vaihteli ja osoittautui tilastollisesti merkitseväksi.

### 33. Klorofyllipitoisuus

Pallasjärven alkuperää olevien taimien neulasissa oli eniten klorofylli a:ta. Vähiten sitä oli Laanilan taimissa. Ero näiden välillä oli tilastollisesti merkitsevää. Klorofylli b:n vaihtelu oli samanlaista kuin klorofylli a:n. Laanilan jälkeläisryhmien välinen klorofyllipitoisuuksien vaihtelu oli suurempaa kuin muiden metsiköiden ja tilastollisesti merkitsevää (Kuva 3).

## 4. T u l o s t e n t a r k a s t e l u

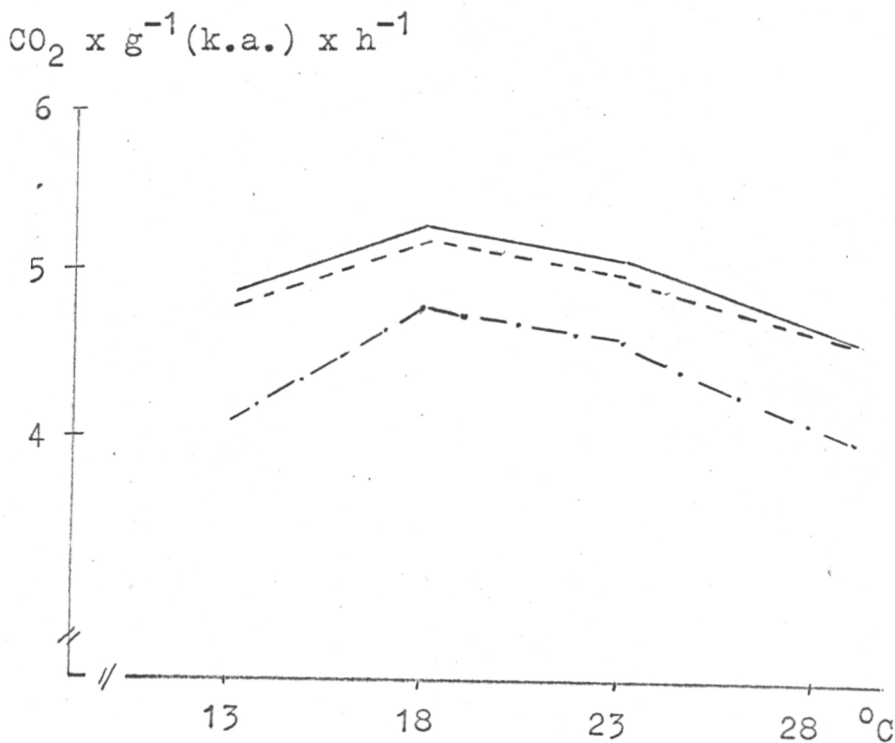
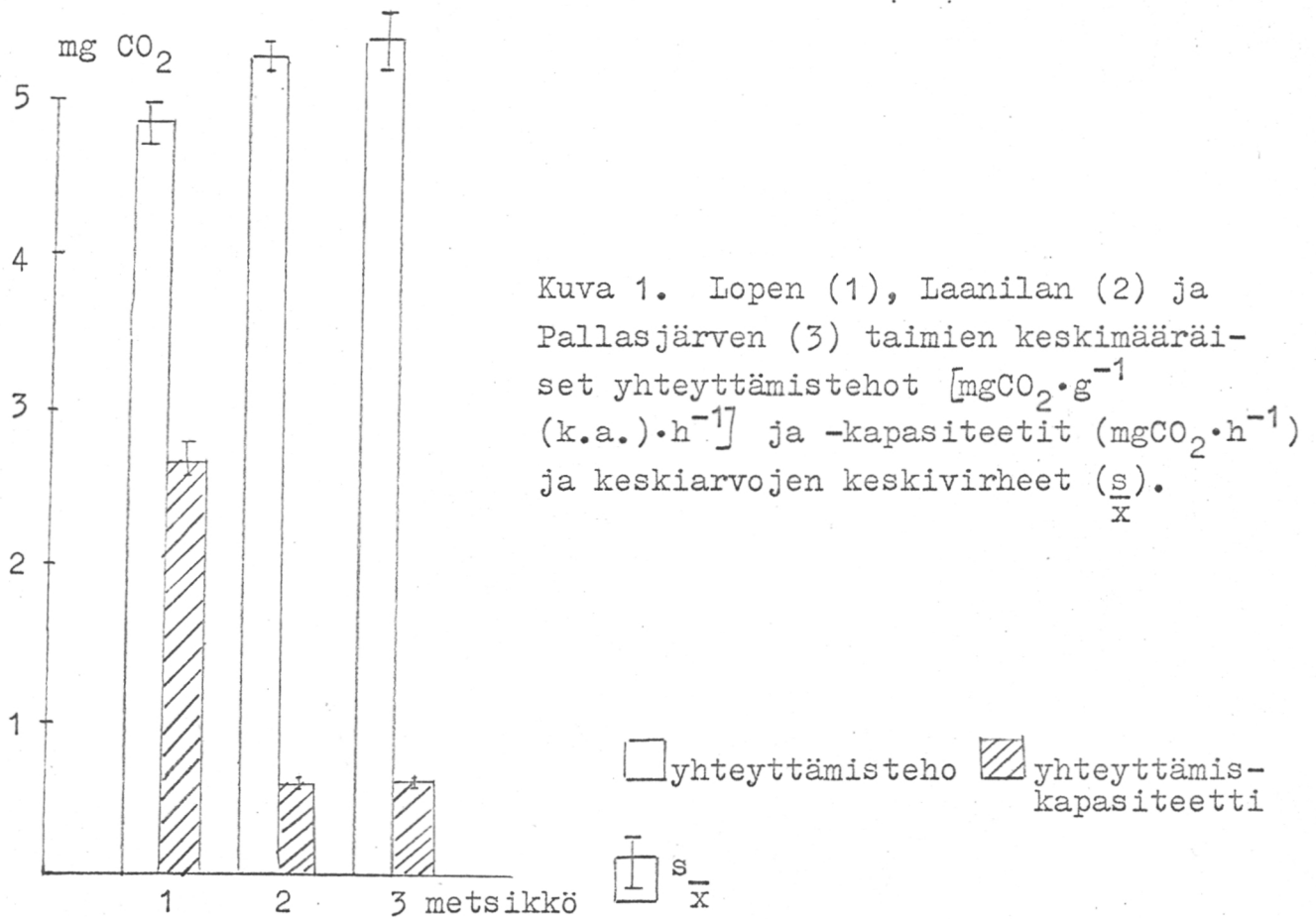
Tutkimuksen tulokset osoittivat, että etelä- ja pohjoissuomalaista alkuperää olevat kuusen taimet poikkeavat hiilidioksidiaineenvaihdunnaltaan toisistaan. Myös metsiköiden sisäisiä eli eri puiden jälkeläistöjen välisiä eroja voitiin havaita.

Tulokset vastaavat yleensä muilla puulajeilla tehdyistä tutkimuksista saatuja tuloksia (TIGERSTEDT 1965, GORDON ja GATHERUM 1968, VAARAMA 1970), mikä seikka tukee sitä olettamusta, että erot johtuvat erilaisesta maantieteellisestä alkuperästä. Yleensä saman lajin yksilöt, jotka yhteyttävät tehokkaasti myös hengittävät voimakkaasti (DECKER 1970). Tässä tutkimuksessa kaikkien hiilidioksidiaineenvaihduntamuuttujien väliset korrelaatiot olivat positiivisia ja varsinkin koko aineistolle laskettuna tilastollisesti merkitseviä. On esitetty sellainen olettamus, että voitaisiin saada nettofotosynteesiltään entistä tehokkaampia puita, jos risteytettäisiin voimakkaasti fotosyntetisoivia ja fotorespiroivia sekä heikosti fotosyntetisoivia ja fotorespiroivia yksilöitä keskenään. Tällöin ehkä syntyisi myös sellaisia jälkeläisiä, joilla olisi voimakas fotosynteesi ja heikko fotorespiraatio, mistä olisi seurauksena tehokas nettoyhteyttäminen (DECKER 1970).

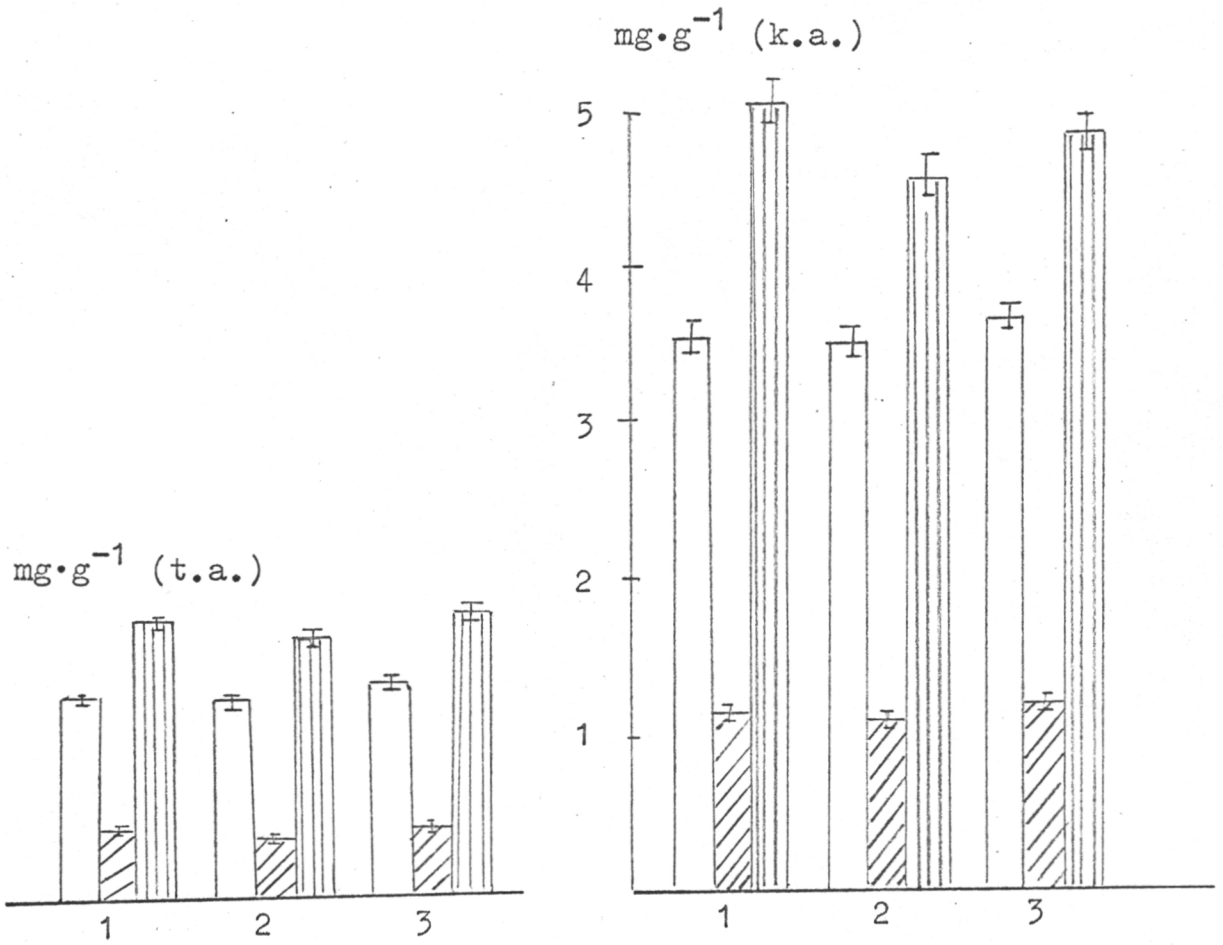
Jos pyritään jalostamaan aikayksikössä enemmän yhteyttäviä puita, näyttäisi tämän tutkimuksen perusteella siltä, että kaukoristeytyksellä pohjoinen x etelä voitaisiin ehkä päästä toivottuihin tuloksiin. Risteytettäessä eteläruotsalaista ja keski-eurooppalaista alkuperää olevia kuusia on erääksi jälkeläisten nopeakasvuisuuden syyksi arveltu suurta nettoassimilaatiota (NILSSON 1963). Suomessa tehtyjen risteytyskokeiden perusteella KOSKI (1971) toteaa, että kyseessä on paremminkin ns. siirto- kuin hybridiefekti. Yleensäkin entistä nopeakasvuisempien havupuiden jalostukseen on suhtauduttava varauksella, koska niiden systeemit ovat ehkä luonnostaan jo niin loppuun kehitellyt ja vakiintuneet, ettei mahdollisuuksia periaattellisten muutosten tekemiseen enää ole olemassa (KOSKI 1972). Samoin puiden ekologiaa ja fysiologiaa tunnetaan toistaiseksi varsin vähän näiltä osin. Eihän edes fotorespiraation adaptiivisesta merkityksestä puille ole vielä tietoa (LUUKKANEN 1972).



Hiilidioksidiaineenvaihdunnan mittauksen menetelmien samoin kuin niiden metsänhoito- ja kasvinjalostustieteellisten sovellustusten kehittäminen on Suomessa vielä alkuvaiheessa. Ekologis-fysiologisessa perustutkimuksessa kaasuaineenvaihduntamittaus on jo osoittautunut käyttökelpoiseksi, mutta tulevaisuus vasta näyttää, mitä mahdollisuuksia se tarjoaa perustettaessa entistä elinvoimaisempia ja nopeakasvuisempia metsiköitä.







Kuva 3. Klorofylli a:n ja b:n sekä a+b:n keskimääräiset pitoisuudet Lopen (1), Laanilan (2) ja Pallasjärven (3) taimissa. Vas. milligrammoina tuorepainoyksikköä ja oik. kuiva-ainepainoyksikköä kohti.

□ klorof. a, ▨ klorof. b, ▤ klorof. a+b     $\frac{\bar{x}}{s}$  keskiarvon keskivirhe  $\frac{(s)}{x}$

## 5. Kirjallisuus

- CAMPBELL, R.K. ja REDISKE, J.H. 1966. Genetic variability of photosynthetic efficiency and dry matter accumulation in seedling Douglas-fir. *Silvae Genet.* 15:65-72.
- DECKER, J.P. 1970. Photosynthetic efficiency, photorespiration and heterosis. Arizona State University Eng. Res. Center Bioeng. Bull. 12.
- GORDON, J.C. ja GATHERUM, G.E. 1968. Photosynthesis and growth of selected Scotch pine populations. *Silva Fennica* 2:183-194.
- KOSKI, V. 1971. Kuusen jalostus. Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen al-harjoittelun kurssimoniste.
- KOSKI, V. 1972. Metsäpuiden jalostuksesta. Helsingin yliopiston kasvinjalostustieteen laitos, luentomoniste.
- LUUKKANEN, O. 1972. Metsäpuiden fotosynteesin geneettinen vaihtelu. *Silva Fennica* 6:63-89.
- TIGERSTEDT, P.M.A. 1965. Männyn (*Pinus silvestris* L.) rodullinen vaihtelu CO<sub>2</sub> - assimilaation perusteella. Helsingin yliopiston perinnöllisyystieteen laitos. Konekirjoite.
- TIGERSTEDT, P.M.A. 1972. Metsäpuiden jalostusmenetelmät. Helsingin yliopiston kasvinjalostustieteen laitos, luentomoniste.
- VAARAMA, A. 1970. Induced mutations and polyploidy in birch, *Betula* spp. Part V, 7 B. Photosynthesis and growth of selected *Betula* seed sources. Department of Botany-University of Turku, Turku.







