

ISTUTUSTIHEYDEN VAIKUTUS ERÄIDEN LYHYTKIERTOVILJELYN PUULAJIEN ENSIMMÄISEN VUODEN SATOON JA PITUUSKASVUUN

VELI POHJONEN

SUMMARY:

EFFECT OF SPACING ON THE FIRST YEAR YIELD AND HEIGHT INCREMENT OF SOME SPECIES UNDERGOING SHORT ROTATION CULTURE.

Saapunut toimitukselle 28. 2. 1974

Perä-Pohjolan koeasemalla, Rovaniemen maalaiskunnassa tutkittiin vuonna 1973 istutustiheyden vaikutusta harmaalepän, hybridihaavan, vesipajun (*Salix 'Aquatica Gigantea'*) ja kiiltolehtisen pajun ensimmäisen vuoden satoon ja pituuskasvuun. Harmaalepän, hybridihaavan ja kiiltolehtisen pajun havaittiin olleen keskenään yhtä satoisia, mutta vesipajun kaksi kertaa niin satoisa kuin muut. Suurimmillaan sen tuoresato lehtineen oli noin $60 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{v}^{-1}$. Vesipaju kasvoi pituutta noin 100 cm, harmaaleppä, hybridihaapa ja kiiltolehtinen paju noin 30—50 cm. Istutustiheyden suurentamisen havaittiin lisäävän populaatioiden satoa, voimakkaimmin vesipajulla, vähiten harmaalepällä. Vesipajulla havaittiin selvä pituuskasvun maksimi, kun istutusetaisyys oli 25 cm.

1. JOHDANTO

Lyhytkiertoviljelyllä tarkoitetaan jalostettujen puulajikkeiden vesametätalouteen perustuvaa voimaperäistä viljelyä lyhyttä kiertoaikaa käyttäen. Sille on ominaista pyrkimys mahdollisimman suureen kuiva-ainetuotantoon, ja perinteisesti metsänkasvatukseen kuuluvat laatuvaatimukset: suorarunkoisuus, vähäoksaisuus jne. ovat toisarvoisia ominaisuuksia. Viljelymenetelmät ovat mahdollisimman intensiiviset, kuten täysmuokkaus, tehokas lannoitus, koneellinen kylvö ja korjuu. Lyhytkiertoviljely lähenee siis monilta ominaisuuksiltaan maamme yleisintä peltoviljelyn muotoa: nurmiviljelyä.

Lyhytkiertoviljelyn puulajien tärkeimmät ominaisuudet tällä hetkellä ovat nopea alkukehitys ja mahdollisuus uudistaa kasvusto vesoista. Tällöin mahdollisia puulajeja Suomen oloissa ovat mm. seuraavat: pajut (*Salix* sp.), haavat ja poppelit (*Populus* sp.), lepät (*Alnus* sp.) ja koivut (*Betula* sp.). Pajut, haavat ja poppelit kuuluvat kaikki heimoon *Salicaceae*. Suvulle on ominaista nopea alkukehitys, voimakas vesomistaipumus ja suuri lajien välinen vaihtelu. Suvun useimmat puulajit ovat vaatavaisia kasvualustan kosteuden suhteen.

Pajujen arvostus metsäpuuna on kasvanut viime vuosina, kun on huomattu niiden kestävän tulvaa parhaiten metsäpuista ja kun on huomattu niiden olevan viljelypaikkavaatimuksiltaan poppelilajikkeita vaatimattomampia (MALMIVAARA ym. 1971). Parhaita puumaisia pajuja ovat lajin *Salix alba* eri alalajit ja risteytymät, joita viljellään runsaasti mm. Argentiinassa Paranaojen suistoalueella.

Lyhytkiertoviljelyn pajulajeina voidaan käyttää myös ns. koripajuja, joille on tyypillistä pitkien haarattomien vesojen kasvu. Suomessa kokeiltiin 1900-luvun alkupuolella koripajun viljelyä ulkomailta tuoduilla kannoilla mm. lajeilla *S. purpurea*, *S. viminalis* ja *S. amygdalina* (CAJANDER 1917, NORDBERG 1930). Koripajun viljely herätettiin uudelleen henkiin maassamme 1950-luvun alussa. Tuolloin kokeiltiin koko maan laajuisissa kokeissa lukuisia koripajulajeja ja -risteymiä (RELANDER 1950, 1952). Käytännön viljely kuitenkin tyrehtyi nopeasti kustannusseikkojen ja muovin yleistymisen takia (TAPIO 1965).

Lyhytkiertoviljelyssä voidaan käyttää ainakin jalostuksen lähtömateriaalina myös elinvoimaisia kotimaisia pajujamme, esim. *S. caprea*, *S. pentandra* ja *S. phylicifolia*. Risteyttämällä näitä parhaiden ulkomaisten pajulajien kanssa voidaan mahdollisesti saada lyhytkiertoviljelyyn lajeja, joilla on nopea alkukehitys ja hyvä elinvoima ja talvenkestävyys.

Populus-suvun jalostusta ja viljelyä on harjoitettu menestyksellisesti mm. Pohjois-Amerikassa. ZUFA ja BALATINECZ (1971) tutkivat Ontariossa, Kanadassa kolmen vuosittain leikatun euramerikaanisen poppelikloonin kasvua. Yksi klooni tuotti vihreää biomassaa (puuaine ja kuori) $48 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{v}^{-1}$ eli $64 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{v}^{-1}$. Tutkimuksesta ei ilmene kuiva-ainesato, mutta voidaan olettaa sen olleen vähintään $10\text{--}15 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{v}^{-1}$.

Leppä on erikoisasemassa typensidontensa vuoksi. Typpi muodostaa pääosan lyhytkiertoviljelyn lannoituksesta. Lepän typensidonta riittäisi lannoittamaan sekakasvuston, jossa esimerkiksi vain puolet olisi leppää (LUUKKANEN 1973).

Istutustiheydellä on lyhytkiertoviljelyssä paljon suurempi merkitys kuin perinteisessä metsänviljelyssä: tainten välin tulee olla huomattavasti pienempi (SMITH ja DEBELL 1973). Taimien on saatava nopeasti riittävä lehtipinta-ala (LAI), jotta fotosynteesi olisi tehokas. ZUFA ja BALATINECZ (vrt.

ed.) käyttivät taimiväliä $30 \times 90 \text{ cm}$ poppelikokeessaan, mutta SCHREINER (1970) kokeili jopa taimiväliä $15 \times 60 \text{ cm}$. Käytettäessä taimia istutukseen, tiheyttä ei voi tästä enää paljon nostaa, mutta pistokkailla voidaan käyttää vieläkin suurempia tiheyksiä.

Ulkomailla aloitettujen lyhytkiertoviljelytutkimusten mukaisesti päätettiin perustaa eräiden mahdollisten lyhytkiertoviljelyn puulajien kasvatuskoe Rovaniemelle Pohjois-Suomeen. Pyrkimys oli saada alustavaa tietoa näiden puulajien keskinäisistä eroista ja viljelytiheyden merkityksestä mahdollisimman intensiivisessä viljelyssä lyhyttä kierto-aikaa käyttäen. Kenttäkoe suunniteltiin neljävuotiseksi. Tässä tutkimuksessa käsitellään ainoastaan ensimmäisen vuoden tuloksia.

Tämä tutkielma on syntynyt metsänhoitotieteen opinnäytetyönä. Professori PAAVO YLIVAKKURI on tutkimusaiheen ehdottajana antanut paitsi henkistä myös materiaalista apua. Professori MAX. HAGMAN on toimittanut *Salix* »Aquatican» pistokkaat. MML OLAVI LUUKKANEN on osallistunut kokeen suunnitteluun. Hän on myös lukenut käsikirjoituksen ja antanut monia arvokkaita neuvoja. MMT ARVI VALMARILTA, Perä-Pohjolan koeasemalta, olen myös saanut henkistä ja aineellista tukea. Heille kaikille esitän parhaat kiitokseni.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Perä-Pohjolan koeasemalle Rovaniemen maalaiskuntaan ($66^{\circ} 35'$) perustettiin keväällä 1973 metsäpuiden lyhytkiertoviljelyä koskeva kenttäkoe. Siihen valittiin seuraavat puulajit:

Alnus incana (L.) Moench., harmaaleppä

Populus tremula L. \times *Populus tremuloides* Michx., hybridihaapa

Salix 'Aquatica Gigantea'

Salix phylicifolia L., kiiltolehtinen paju

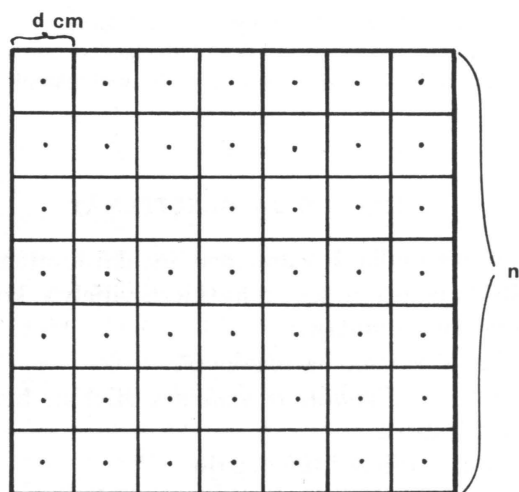
Lajin *S.* 'Aquatica Gigantea' alkuperästä ei löydy pajukirjallisuudesta tietoja. Se on lähtöisin Tanskasta ilmeisesti sekakasvustosta valitusta yksilöstä (TAPIO 1965). Tässä tutkimuksessa siitä käytetään suomalaista nimeä vesipaju (kts. RELANDER 1952). Koejäsenten alkuperä- ym. tiedot on esitetty taulukossa 1.

Pistokkaat oli leikattu puista tammi—helmikuussa 1973. Sen jälkeen niitä säilytettiin kylmävarastossa istutukseen saakka. Harmaaleppä ja hybridihaavan taimet tulivat taimitarhalta (Pieksämäeltä) suoraan istutuspaikalle.

Koealueeksi valittiin tasalaatuinen hyvässä viljelyskunnossa oleva sala- ojitettu saraturvepelto. Siinä oleva nurmi kynnettiin noin 20 cm:n syvyyteen ja äestettiin kahteen kertaan. Kenttäkoe lannoitettiin Tasaväkevällä Super Y-lannoksella (15—15—15): $1000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Määrä vastaa intensiivisen nurmiviljelyn kevätlannoitusta.

Taulukko 1. Lyhytkiertoviljelykokeen taimien ja pistokkaiden taustatiedot.

Puulaji	Klooni tai alkuperä	Ikä	Keskim. pituus, cm.
<i>Alnus incana</i>	70—P 1330 70—P 1329 (Rovaniemi)	1m + 1a	104
<i>Populus tremula</i> × <i>tremuloides</i>	P 1436 × Ca 3569	0,5m + 0,5a	83
<i>Salix</i>	Tanska 'Aquatica Gigantea' (Ruotsinkylä)	—	25
<i>Salix phylicifolia</i>	Pelsonsuo, Vaala	—	15



Kuva 1. Lyhytkiertoviljelykokeen koejäsenen kaavio (matriisi). Taimen kasvutila d^2 cm², taimia n^2 kpl.

Harmaalepän ja hybridihaavan taimet istutettiin normaalia istutusmenetelmää käyttäen (1973-05-24 ... 30). Koska ei ollut varmuutta pistokkaiden juurtumisesta suoraan peltoon istutettuina, kiiltolehtinen paju ja puolet vesipajuista pistettiin turveruukkuihin (1973-05-23 ... 06-04) ja vietiin kolmeksi viikoksi muovihuoneeseen, mihin oli säädetty ilman kosteus lähelle 100 %. Sen jälkeen turveruukut siirrettiin peltoon. Toinen puoli vesipajuista pistettiin suoraan peltoon siten, että maan pinnan alapuolelle jäi noin neljäsosa pistokkaasta (6—7 cm). Koska mitään eroja ei havaittu vesipajun juurtumisessa ja kasvuun lähdössä muovihuoneen ja avomaan välillä, vastaavat koeruudut käsitellään tuloksissa yhdistettyinä.

Koejäsenet istutettiin matriiseiksi (kuva 1), joissa oli yhtä monta vaaka- ja pystyriiviä. Tällöin kullekin yksilölle voidaan määrittää kasvutila, mikä sillä on käytettävissä. Reunavaikutus voidaan poistaa hylkäämällä korjuuvaiheessa matriisin uloimpia kehiä. Koejäsenten tarkempi erittely on taulukossa 2.

Kenttäkoe korjattiin 1973-09-10 ... 20. Harmaaleppä ja hybridihaapa leikattiin noin viiden cm:n korkeudelta maasta. Pajuista korjattiin alkuperäisestä pistokkaasta kasvaneet varret. Jokainen yksilö punnittiin tuoreena lehtineen ja sen pituus mitattiin. Kustakin koeruudusta otettiin sen jälkeen viisi yksilöä, joista määritettiin kuiva-ainepainot lehtineen ja ilman lehtiä. Kuivausvaiheessa yksilöistä karisi lehtiä ja pieniä oksia katkeili. Tämän vuoksi tuorepainot ovat luotettavimmat. Harmaalepän ja hybridihaavan satoja laskettaessa käytettiin hyväksi keväällä ennen istutusta punnitun taimierän painoa.

Taulukko 2. Lyhytkiertoviljelykokeen koeruutujen taimivälit (d cm), yksilöiden lukumäärät ruudussa ($n \times n$ kpl) ja ruutujen lukumäärät (lkm).

Table 2. The distances between seedlings (d cm), the number of plants ($n \times n$) in the plot and the number of plots in the short rotation culture trial.

Puulaji Species	d cm	$n \times n$ kpl $n \times n$ plants	lkm number of plots
<i>Alnus incana</i>	25	7 × 7	1
	50	6 × 6	1
	75	4 × 4	1
	150	3 × 3	1
<i>Populus tremula</i> × <i>tremuloides</i>	25	7 × 7	1
	50	6 × 6	1
	75	4 × 4	1
	150	3 × 3	1
<i>Salix</i>	7,5	7 × 7	1
	10,0	7 × 7	1
	25,0	6 × 6	2
	50,0	4 × 4	1
	100,0	3 × 3	2
<i>Salix phylicifolia</i>	7,5	6 × 6	1
	22,5	5 × 5	1
	50,0	4 × 4	1
	100,0	3 × 3	1

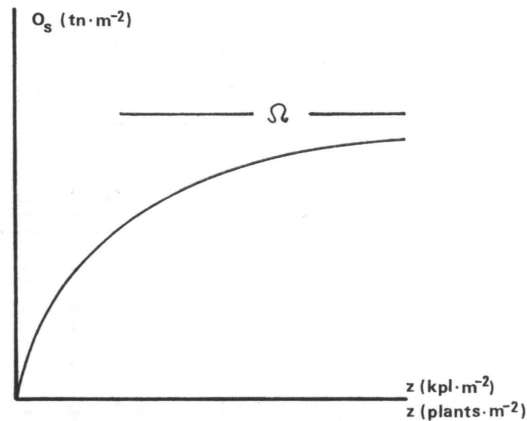
3. KASVUTILAN VAIKUTUS KASVIEN VÄLISEEN KILPAILUUN

Kun kasvilla on runsaasti tilaa, se kasvaa reheväksi riittävien ravinteiden, veden ja valon varassa. Kasvutilan pienentyessä taimet alkavat kilpailla keskenään kasvutekijöistä ja yksilöä kohti laskettu kasvu heikkenee. Pinta-alaa kohden lasketun sadon on kuitenkin havaittu nousevan kasvien lukumäärän kasvaessa (esim. POHJONEN ja PAAVELA 1974).

DE WIT (1960) on osoittanut, että kun ainoastaan kasvien lukumäärä z pinta-alayksiköllä vaihtelee, populaation kasvamaa satoa O_s voidaan estimoida seuraavalla yhtälöllä:

$$O_s = \frac{\beta}{\beta + \frac{1}{z}} \cdot \Omega \quad (1)$$

missä β ja Ω ovat empiirisesti määrättäviä vakioita. Yhtälön (1) mukaan kasvien lukumäärän noustessa populaation sato lähestyy teoreettista ylärajaa Ω (kuva 2).



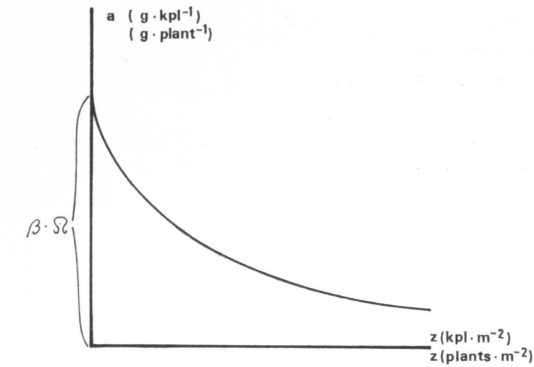
Kuva 2. Kasvien lukumäärän (z kpl·m⁻²) vaikutus populaation satoon pinta-alayksiköllä (O_s tn·ha⁻¹).

Fig. 2. Effect of the number of plants (z plants·m⁻²) on the yield of the population (O_s tn·ha⁻¹).

Merkitään yhden yksilön kasvamaa satoa a :lla. Se saadaan jakamalla yhtälön (1) molemmat puolet kasvien lukumäärällä z :

$$a = \frac{O_s}{z} = \frac{\beta \Omega}{\beta z + 1} \quad (2)$$

Yhtälön (2) mukaan yhden yksilön sato lähestyy teoreettista ylärajaa $\beta\Omega$, kun kasvien lukumäärä vähenee ja samalla yhden yksilön kasvutila kasvaa (kuva 3).



Kuva 3. Kasvien lukumäärän (z kpl·m⁻²) vaikutus yhden yksilön satoon (a g·kpl⁻¹).
Fig. 3. Effect of the number of plants (z plants·m⁻²) on the yield of one plant (a g·plant⁻¹).

Otetaan yhtälön (2) molemmista puolista käänteisarvot:

$$a^{-1} = (\beta\Omega)^{-1} + (\Omega)^{-1} \cdot z \quad (3)$$

Kun siis yhden yksilön kasvaman sadon käänteisluvut ja vastaavat kasvien lukumäärät pinta-alayksiköllä asetetaan koordinaatistoon, nämä satuvat suoralle. Suoran yhtälö (3) ja empiiriset vakiot Ω ja $\beta\Omega$ voidaan määrittää lineaarisella regressiolla.

4. TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

4.1. REUNAVAIKUTUKSEN ELIMINOIMINEN

Kenttäkokeessa, missä taimet istutetaan matriisiksi, matriisin uloimmat kehät saavat suhteellisesti enemmän tilaa kuin sisemmät kehät, mikä voi vaikuttaa yksilöiden välisiin kasvueroihin. Mikäli koejäsenet punnitaan yksitellen tämä ns. reunavaikutus voidaan tutkia t-testillä. Matriisin ulkokehä verrataan tällöin sisempiin kehiin ja hylkäämiskriteerinä käytetään saatua t-arvoa.

Tutkittaessa em. tavalla kenttäkokeen reunavaikutuksia ainoastaan kahden koripajuruudun uloin kehä voitiin hylätä tuloksista. Tilastollisesti merkitsevän reunavaikutuksen puuttuminen useimmista ruuduista johtunee osaksi siitä, että ruudun koko populaation hajonta oli yleensä suhteellisen suuri.

4.2. SADOT

Kenttäkokeen primäärituloksista laskettiin regressioyhtälön (3) vakiot (taulukko 3). Regressiosuoran laskemiseksi tiheyshavaintojen lukumäärä,

Taulukko 3. Regressioyhtälön (3) avulla lasketut yhden yksilön teoreettiset maksimisadot $\beta\Omega$ ja populaatioiden teoreettiset maksimisadot Ω sekä selityksasteet. A: tuoresadot lehtineen B: kuiva-ainesadot lehtineen — C: kuiva-ainesadot ilman lehtiä.

Table 3. The theoretical maximum yields $\beta\Omega$ of one seedling and of the populations Ω as calculated with the help of Eq. (3) and the degrees of determinations. A: fresh yields including foliage — B: dry matter yields including foliage — C: dry matter yields without foliage.

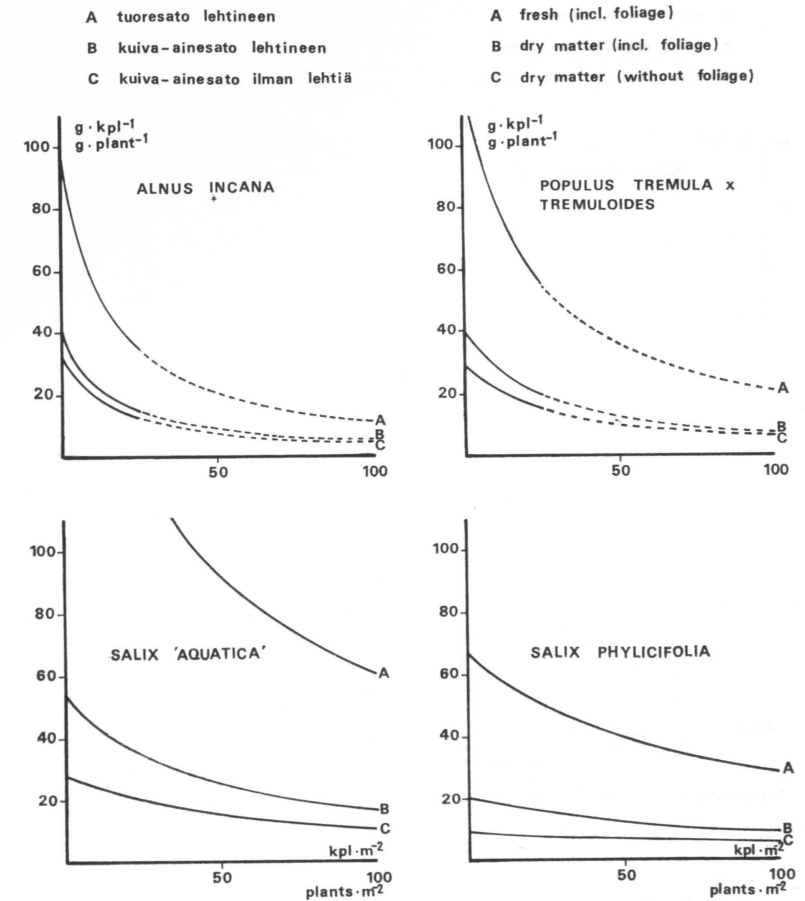
Puulaji Species	$\beta\Omega$ g · kpl ⁻¹ g · plant ⁻¹	Ω tn · ha ⁻¹	R ²
A			
<i>A. incana</i>	106	12,7	93
<i>P. tremula</i> × <i>tremuloides</i>	123	25,0	64
<i>S. 'Aquatica Gigantea'</i>	195	87,2	96
<i>S. phylicifolia</i>	67	49,1	99
B			
<i>A. incana</i>	41	6,0	93
<i>P. tremula</i> × <i>tremuloides</i>	40	9,4	64
<i>S. 'Aquatica Gigantea'</i>	54	24,5	94
<i>S. phylicifolia</i>	21	16,8	99
C			
<i>A. incana</i>	34	5,2	93
<i>P. tremula</i> × <i>tremuloides</i>	30	8,5	56
<i>S. 'Aquatica Gigantea'</i>	29	17,7	93
<i>S. phylicifolia</i>	10	12,0	99

4 tai 5, on vähäinen, mutta selityksasteet nousivat hybridihaapaa lukuunottamatta niin korkeiksi, että mainittu regressio on ilmeisesti olemassa.

Lehtipitoisella vesipajulla oli selvästi suurin yhden yksilön teoreettinen maksimituoresato ($\beta\Omega$), mutta ero muihin pieneä kuiva-ainesadossa. Kun lehtiä ei otettu huomioon, erot jäivät pieniksi kiiltolehtistä pajua lukuunottamatta.

Istutustiheyden lisääminen pienensi yhden yksilön satoa selvimmin harmaalepällä, vähiten kiiltolehtisellä pajulla (kuva 4). Vaikutus kuiva-ainesatoihin oli samantapainen kuin tuoresatoihinkin. Kuitenkin lehtipitoisilla pajuilla tuoresato laski suhteellisesti nopeimmin: harvassa kasvava yksilö kasvatti useampia lehtiä. Istutustiheyden lisääminen nosti siis pajuilla mahdollisesti maksimoitavan kuitusadon osuutta kokonaissadosta.

Istutustiheyden lisääminen nosti populaation satoa selvimmin vesipajulla, vähiten harmaalepällä (kuva 5). Vaikutus harmaalepän ja hybridihaavan satoon oli suuremmilla tiheyksillä vähäinen. Tulos voi olla kuitenkin osaksi näennäinen: havainnot puuttuvat suurilta tiheyksiltä, koska taimia ei voitu

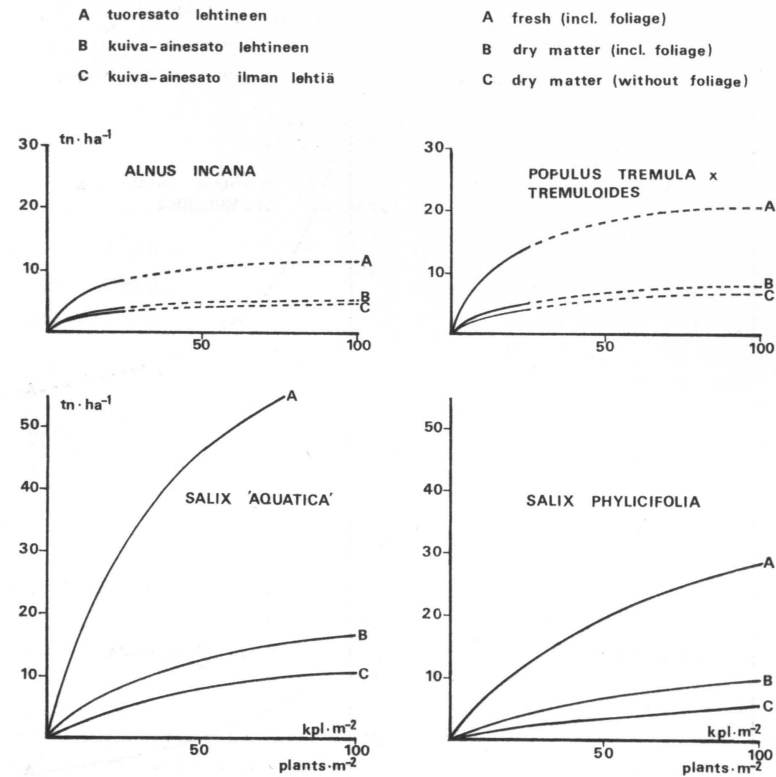


Kuva 4. Istutustiheyden vaikutus yhden yksilön satoon lyhytkiertoviljelykokeessa.
Fig. 4. Effect of planting rate on the yield of one plant in the short rotation culture trial.

stuttaa kyllin tiheään. Koko asteikon laajuisia vertailuja on siksi mielekäs tehdä vain toisaalta harmaalepän ja hybridihaavan ja toisaalta koripajun ja kiiltolehtisen pajun välillä ja vertailla kaikkia lajeja keskenään vain asteikon alkuosalla (välillä 0–25 kpl · m⁻²).

Vesipaju oli selvästi satoisin puulaji kokeessa. Varsinkin sen tuoresato oli yllättävä: suurimmillaan noin 60 tn · ha⁻¹. Tämän mukaan napapiirillä olisi mahdollista saada lyhytkiertoviljelyssä lähes vastaavia satoja kuin ZUFA ja BALATINECZ (vrt. ed.) poppelikokeessaan Kanadassa.

Huolimatta poikkeuksellisen lämpimästä kasvukaudesta 1973 yllättävän suuriin satoihin on suhtauduttava varauksella. Koska reunavaikutusta ei pystytty toteamaan joka ruudulta (vrt. ed.), se on saattanut ulottua läpi koko ruudun. Tämä on mahdollisesti nostanut systemaattisesti jokaisen



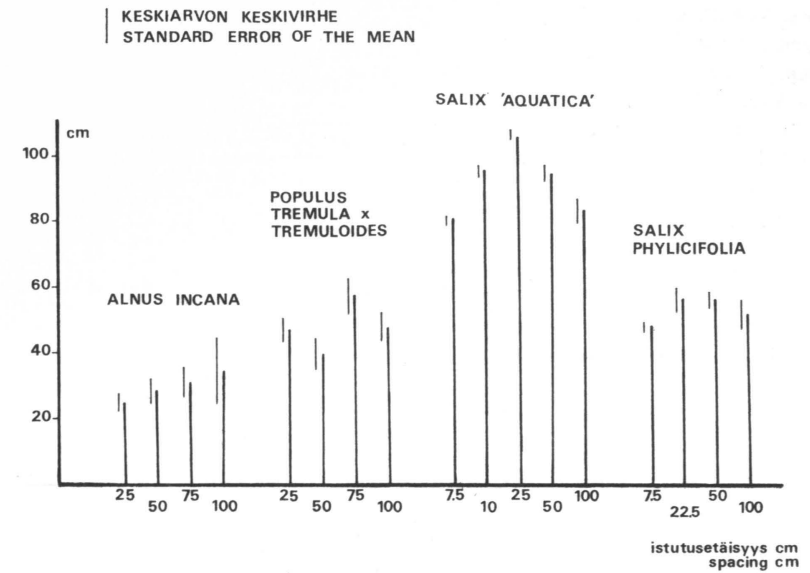
Kuva 5. Istutustiheyden vaikutus populaation satoon lyhytkiertoviljelykokeessa.
Fig. 5. Effect of planting rate on the yield of the population in the short rotation culture trial.

ruudun satoa. Puulajien väliset suhteet ovat kuitenkin ilmeisesti pysyneet muuttumattomina.

Verrattaessa kaikkia puulajeja keskenään harmaaleppä, hybridihaapa ja kiiltolehtinen paju olivat suunnilleen yhtä satoisia, mutta koripaju kaksi kertaa niin satoisa kuin muut. Kun ottaa huomioon sen varman juurtumisen pistokkaasta, sitä voi pitää tämän kokeen lupaavimpana puulajina lyhytkiertoviljelyyn. Ainoa mahdollinen haittapuoli sillä oli suhteellisen suuri lehtipitoisuus.

4.3. PITUUSKASVUT

Lyhytkiertoviljelykokeen puulajeista vesipaju kasvoi myös eniten pituutta ensimmäisenä vuonna (kuva 6). Parhaimmassa ruudussa keskimääräinen pituus oli vajaa 110 cm; pisin mitattu yksilö oli 157 cm. Istutusetäisyyden vaikutus pituuskasvuun oli suurehkosta keskiarvon keskivirheestä johtuen epäselvä harmaalepällä, hybridihaavalla ja kiiltolehtisellä pajulla.



Kuva 6. Istutusetäisyyden (d cm) vaikutus taimien keskimääräiseen pituuskasvuun (h cm) lyhytkiertoviljelykokeessa.

Fig. 6. Effect of planting distance (d cm) on the average height increment (h cm) of the seedlings in the short rotation culture trial.

Vesipajulla sensijaan havaittiin selvä pituuskasvun maksimi, kun istutusetäisyys oli välillä 10–15 cm. Tiheämmässä kasvustossa kilpailu heikensi pituuskasvua, harvemmassa yksilö haaraantui. Voidaan ajatella parhaan istutusetäisyyden löydetyn, kun yksilö kasvattaa mahdollisimman pitkän haaraantumattoman varren ja kun lehtipinta-ala on ideaalisti jakautunut. Tällöin tulosäteilyn imeytyminen on mahdollinen suurelle yhteyttävälle lehtipinta-alalle. Tässä mielessä paras istutusetäisyys vesipajulla oli 25 cm. Vastaavia tai hieman suurempia etäisyyksiä ovat myös pohjois-amerikkalaiset tutkijat käyttäneet kokeissaan (vrt. esim. SCHREINER 1970, SMITH ja DEBELL 1973).

5. KIRJALLISUUSLUETTELO

- CAJANDER, A. K. 1917. Metsänhoidon perusteet II. Porvoo.
 LUUKKANEN, O. 1973. Lyhytkiertopuun tuotosbiologiasta. Summary: Biological aspects of short rotation cultivation. Dendrol. Seur. tied. 4: 74–77.
 MALMIVAARA, E., MIKOLA, J. & PALMBERG, C. 1971. Pajujen mahdollisuudet metsäpuiden jalostuksessa. Summary: The possibilities of willows in forest tree breeding. Silva Fenn. 5(1): 11–19.
 NORDBERG, S. 1930. Pajun viljelys. Maa ja metsä IV, Metsätalous II. Porvoo.

- POHJONEN, V. & PAATELA, J. 1974. Effect of planting interval and seed tuber size on the gross and net potato yield. *Acta Agric. Scand.* 24: 126—130.
- RELANDER, E. 1950. Alkukokemuksia kori- ja vanne-pajun viljelystä maassamme. *Koetoin. ja käyt.* 7(11): 3—4.
- » — 1952. Jalopajukokeista saatuja tuloksia Suomessa. *Koetoin. ja käyt.* 9(6): 4.
- SCHREINER, E. J. 1970. Mini-rotation forestry. U.S.D.A. Forest Service Res. Paper NE-174.
- SMITH, J. H. G. & DeBELL, D. S. 1973. Opportunities for short rotation culture and complete utilization of seven northwestern species. *Forest Chron.* 49: 31—34.
- TAPIO, E. 1965. Pajunviljely ja sen mahdollisuudet Suomessa. 109 s. Konekirjoite Helsingin yliopiston kasvinviljelytieteen laitoksella.
- WIT, C. T. de 1960. On competition. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 66.8: 1—82.
- ZUFA, L. & BALATINECZ, J. J. 1971. Poplar fiber production in one-year rotation — the potential of a new concept. FO: CIP/71/16.

SUMMARY:

EFFECT OF SPACING ON THE FIRST YEAR YIELD AND HEIGHT INCREMENT IN SOME SPECIES UNDERGOING SHORT ROTATION CULTURE.

The present study, where *Alnus incana* (L.) Moench, *Populus tremula* L. × *Populus tremuloides* Michx., *Salix 'Aquatica Gigantea'* and *Salix phyllicifolia* L. were studied at four or five different spacings (Table 2) in the year 1973, is an attempt to gain some preliminary knowledge about the possibilities of practising short rotation culture in northern Finland.

The results of this experiment were analyzed using a method proposed by DE WIT (1960). Equation (1) derived by him was modified into other forms (Eqs. (2) and (3), Fig 3) so that it was possible to use linear regression analysis to determine the relationships between spacing and the yields. Moreover, two empirical constants were calculated, (i) Ω which is the theoretical maximum yield per unit area when the number of seedlings increases, and (ii) $\beta\Omega$ which is the theoretical maximum yield of one seedling when the space allotted to one seedling increases (Table 3). Eqs. (1) and (2) were calculated for each species (Figs. 4 and 5). Height increments for the first year are presented in Fig. 6.

The results of the first year can be summarized as follows:

1. *A. incana*, *P. tremula* × *tremuloides* and *S. phyllicifolia* were equal as far as fresh and dry matter yields were concerned.
2. *S. 'Aquatica Gigantea'* gave yields which were twice as high as those of the other remaining species.

3. Highest yields of *S. 'Aquatica Gigantea'* were of the order of 60 tons per hectare (fresh yield including foliage).
4. Increase in planting density had the strongest effect on the yield of *S. 'Aquatica Gigantea'*, and the least on the yield of *A. incana*.
5. The height increment was about 100 cm in *S. 'Aquatica Gigantea'*, in the others about 30—50 cm.
6. *S. 'Aquatica Gigantea'* had a maximal height increment when the distance between the seedlings was 25 cm.