

Tekijällä

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

KOLARIN TUTKIMUSASEMAN TIEDONANTOJA

15. 12. 1971

no: 2



EERO MALMIVAARA

METSÄNRAJAKUUSIKOIDEN
SUKUSIITOKSESTA

METSÄNRAJAKUUSIKOIDEN SUKUSIITOKSESTA

Alkusanat

1. Johdanto
2. Tutkimusaineisto
 21. Koealat
 22. Tutkimusmateriaali
 23. Materiaalin keräys
3. Tutkimusmenetelmä
4. Tulokset
 41. Pölytyksen runsaus
 42. Tyhjäsiemensadannekset
 43. Värimuunnostaimien esiintyminen
5. Tulosten tarkastelu
6. Yhteenveto

Kirjallisuutta

Alkusanat

Metsägeneettinen tutkimus kuuluu osana Metsäntutkimuslaitoksen Kolarin tutkimusaseman työohjelmaan. Tutkimuksissa pyritään selvittämään metsäpuiden marginaalipopulaatioiden geneettistä rakennetta.

Tämän tutkimusaiheen valintaan ja nopeaan käynnistymiseen vaikutti positiivisesti vuoden 1970 erittäin runsas kuusen käpysato aina metsänrajan viimeisiä puita myöten.

Työn suunnittelun ja suorituksen aikana ovat apua antaneet professorit P.M.A.TIGERSTEDT ja VEIKKO KOSKI. Käytännön apua on antanut metsät.lis. ERKKI NUMMINEN. Metsäteknikko REIJO RAU-
NIOMAA on vastannut käpyjen keräyksestä ja karistuksesta sekä siementen idätyksestä. Röntgenkuvien tulkinnan on suorittanut ylioppilas MARKETTA KILPELÄINEN ja erinäisissä laboratoriotöissä on avustanut rva AIRA RUNDGREN.

Kaikesta saamastani avusta esitän lämpimät kiitokseni.

Kolarissa joulukuun 15 päivänä 1971

Eero Malmivaara

1. Johdanto

Varsin yleisesti hyväksytään se, että kasvipopulaatioiden luonnollisen levinneisyysalueen raja-alueilla vallitsee mm ilmastollisesti niin epäedulliset olosuhteet, että lajin sisäinen geneettinen vaihtelu on varsin vähäistä. SARVAKSEN (1970) mukaan marginaalialueilla (lämpösumma alle 950 d.d.) voimakas valintapaine on saanut aikaan sen, että lyhyen periodin yksilöt muodostavat valtaosan koko populaatiosta.

Toisaalta GUSTAFSSON (1970) on sitä mieltä, että lähellä metsänrajaa sijaitsevilla mäntypopulaatioissa esiintyy laajaa erilaistumista sekä runkomuodossa että latvuksen ominaisuuksissa ja usein myös epänormaalia käyttäytymistä jälkeläiskokeissa. Hänen mukaansa tämä voi johtua tehokkaasta isolaatio- ja homotsygoitumisprosessista, johon on vaikuttanut kukkimisaikojen erilaisuus, siitepölyn leviäminen ja puiden itsefertiilisyys. Myöskin puiden runkoluku hehtaaria kohti, niiden välinen etäisyys ja siemenen muodostuminen ankarissa ilmasto-olosuhteissa vaikuttavat itsepölytyksen ja ristipölytyksen välisiin suhteisiin (GUSTAFSSON ja SIMAK 1956).

BANNISTER (1965) pitää puuston tiheyttä erittäin tärkeänä tekijänä. Tiheässä metsikössä tietty emopuu voi saada siitepölyä mistä tahansa hedekukasta, mutta jos puuston tiheys vähenee, vähenee myös mahdollisten pölyttäjäien lukumäärä ja isolaatio kasvaa. Jos puulaji on itsefertiili, tapahtuu siis harvassa metsikössä aina enemmän tai vähemmän sukusiitosta. Kaiken

kaikkiaan itsesiitoksen ja ristisiitoksen välinen geneettinen järjestelmä on varsin monitahoinen ja vaikea selvittää. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia sukusiitoksen osuutta kuusen metsänraja-populaatioissa käyttäen hyväksi sukulaispölytyksestä syntyvien albinotaimien runsautta.

2. Tutkimusaineisto

21. Koealat

Metsänrajalla kasvavien puiden tutkimista hankaloittaa yleensä siemenen saannin vaikeus. Tämän tutkimuksen kannalta otollinen tilanne syntyi vuonna 1970, jolloin esim lämpösumma Kolarin tutkimusasemalla oli 976 d.d. Kuusen käpysato oli yleisesti erittäin runsas ja siemenotuleentui hyvin metsänrajan viimeisiä puita myöten.

Tutkimusta varten merkittiin 40 aarin koeala Pallasjärven kokeilualueelle Pallaskeron rinteeseen. Samoin valittiin 50 siemenkeräyspuuta Pellon Juoksengista siemenkeräysmetsiköstä no. 737 ja Ruotsinkylän jalostusaseman peruskuusikosta 50 puuta siemenkeräystä varten.

22. Tutkimusmateriaali

Vaikka Pallasjärven koeala sijaitseekin varsin pohjoisessa (lat. $68^{\circ} 03'$) muodostui käpyjä erittäin runsaasti.

Taulukko 1. Kuusen käpymäärät puittain Pallasjärven kuusikossa.

<u>käpyjä, kpl</u>	<u>puita, kpl</u>
0	6
1 - 99	40
100 - 199	27
200 - 299	12
300 - 399	7
400 - 499	3
500 - 599	3
600 - 699	1
<hr/>	<hr/>
Yhteensä	99

23. Materiaalin keräys

Käpyjen keräys suoritettiin numeroiduista puista loka-marraskuussa 1970. Siementen karistus tehtiin osittain Kolarin tutkimus-
asemalla ja Metsähallituksen Pataman karistamossa. Puhdistamattomasta siemennäytteestä erotettiin Pallasjärven koealan osalta 400 siementä puittain röntgenkuvausta varten ja lisäksi noin 2000 siementä siitepölyhiukkasten laskentaa varten. Kylvöihin käytettiin ainoastaan täyttä siementä.

3. Tutkimusmenetelmä

Tutkittaessa itsepölytyksestä (myös lähisukulaisten) ja vieraspölytyksestä syntyneiden sirkkataimien osuutta tarvitaan joku helposti tunnistettavissa oleva ominaisuus. LANGNER (1951)

käytti tutkimuksessaan "markerina" kellertävää aurea-muotoa selvittäessään tehokasta pölytysetäisyyttä. Varsin laajan yhteenvedon albinismista ja sukurasituksesta on laatinut FRANKLIN (1970).

Tässä tutkimuksessa on myös nojaututtu siihen, että resessiivinen lehtivihreän puutetta aiheuttava geeni sukulaispölytyksessä tulee ilmi ja sirkkataimesta tulee valkoinen tai muulla tavoin normaalin vihreästä poikkeava.

Koska sukusiitoksen osuuden oli aikaisemmissa tutkimuksissa osoitettu olevan varsin alhaisen, noin 1 % luokkaa, piti perusmateriaalin suuruus kohottaa mahdollisimman korkealle. Tästä syystä otettiin jokaisesta puusta 2000 siementä idätystä varten.

Siementen kylvö ja idättäminen tapahtui Kolarin tutkimusaseman Teuravuoman kenttäaseman kasvatuskammioissa. Taimien kasvatusta varten oli 40 x 80 cm muovialtaat täytetty lannoittamattomalla rahkaturpeella. Käytössä oli kolme kasvukammiota, joissa kussakin oli 10 turvelaatikkoa. Kuhunkin laatikkoon kylvettiin yhden puun 2000 siementä.

Pölytyksen onnistumista ja runsautta pyrittiin arvioimaan tutkimalla puhdistamattomia siemeniä. Siemenistä tehtiin mikrotomileikkeitä (paksuus 20μ), jotka värjättiin gentiaanaviioletilla. Näin saaduista kestopreparaateista laskettiin siitepölyhiukkasten määrä pölykammioissa. Tällä pyrittiin selvittämään sitä missä määrin pölytyksen runsaus tai riittämättömyys vaikuttaa tuloksiin (tyhjän siemenen osuuteen).

4. Tulokset

41. Pölytyksen runsaus

Pölytyksen onnistumista pyrittiin arvioimaan siemenistä tehtyjen mikrotomileikkausten avulla.

Taulukko 2. Siitepölyhiukkasten lukumäärä pölykammiota kohti.

siitepölyhiukkasia, kpl	siemeniä, kpl	yht
0	3	0
1	11	11
2	22	44
3	20	60
4	3	12
5	3	15
	62	142

Siitepölyhiukkasten määräksi pölykammiota kohti saadaan tästä $142:62=2.3$ kpl.

Sarvaksen (1968) mukaan Etelä-Suomessa on kuusen siemenen pölykammiossa 0.3 - 4.9 kpl siitepölyhiukkasia (aineisto on kerätty neljästä eri metsiköstä).

Tämän perusteella näyttäisi siltä, että pölytys on ollut riittävän tehokas.

42. Tyhjäsiemensadannekset

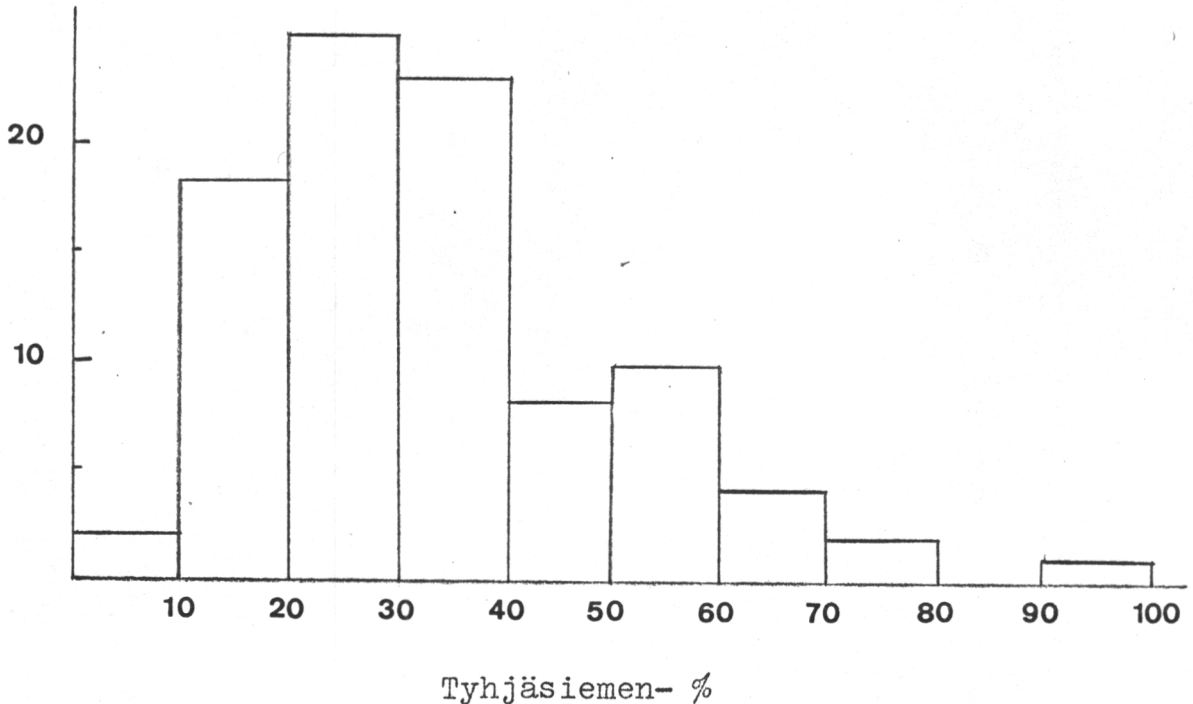
Kuusen partenospemisyydestä johtuen muodostuu siemenaiheista aina siemen riippumatta pölytyksen onnistumisesta.

Tyhjän siemenen osuudesta voidaan siten myös päätellä pölytyksen onnistumista.

Röntgenkuvaus on suoritettu kaikista Pallasjärven kuusikon puittaisista siemenieristä sikäli kuin siementä on ollut riittävästi. Tulokset on seuraavassa esitetty suuruusluokittain.

Kuva 1. Tyhjäsienemansadannekset suuruusluokittain. Pallasjärven kuusikko.

puita, kpl



Kuvasta näkyy havainnollisesti, että tyhjien siemenien osuus on huomattavasti alle 50 % keskiarvon ollessa 33.46 %. Tämä todistaisi selvästi, että pölytys on onnistunut.

43. Värimuunnostaimien esiintyminen

Siemenet itivät yleensä riittävän suureksi 2 - 3 viikon kulussa. Siinä vaiheessa voitiin jo melkoisella varmuudella erottaa poikkeavat yksilöt normaalin vihreistä taimista.

Seuraavassa taulukossa esitetään niiden puiden lukumäärät, joiden jälkeläistöissä on esiintynyt värinsä puolesta poikkeavia sirkkataimia.

Taulukko 3. Klorofyllin puutetta aiheuttavan alleelin suhteen heterotsygoottisten puiden lukumäärät koealoilla.

Siemenen alkuperä	puita kpl	heterotsygoottisia puita	
		puita, kpl	%
Pallasjärvi	93	33	35
Juoksenki	42	15	36
Tuusula	48	8	17
Tuusula (Koski 1970)	30	7	23
Punkaharju (Koski 1970)	70	7	10

Näiden tulosten perusteella näyttäisi siltä, että klorofylli-
mutanttialleelien frekvenssit olisivat Lapissa korkeammat kuin
Etelä-Suomessa.

Tarkasteltaessa lehtivihreättömien taimien osuutta eri koealoilla
ei voida selvästi erottaa minkäänlaista maantieteellistä muuttu-
mista. Koealoilla esiintyi melko suurtakin vaihtelua albinofrek-
venssin suhteen. Seuraavassa esitetään albinotaimien frekvenssit
koealoittain.

Taulukko 4. Lehtivihreättömien taimien lukumäärät koealoittain.

Siemenen alkuperä	taimia kpl	albinotaimia	
		kpl	%
Pallasjärvi	40270	170	0.42
Juoksenki	9162	212	2.31
Tuusula	3159	11	0.35
Tuusula (Koski 1970)	1292	16	1.24
Punkaharju (Koski 1970)	4962	38	0.77

Sen lisäksi, että vaihtelua esiintyy eri koealojen välillä, on
samanlainen suhde metsikössä eri puiden välillä. Seuraavassa
esitetään albinotaimiprosentin vaihtelurajat eri metsiköissä.

Pallasjärvi	0.07 - 1.52 %
Juoksenki	0.01 -10.48 %
Tuusula	0.21 - 0.59 %

Näistä tuloksista varsinkin Juoksengin 10.48 on silmiinpistävän korkea. Syynä näin korkeaan lukuun ei ainakaan ole puun isolaatio, koska se on merkitty siemenkeräyspuu ja sijaitsee siemenkeräysmetsässä. Luonnolliselta tuntuisi, että siitepöly olisi joko samasta puusta tai läheistä sukua olevasta puusta. Kuusen kasvutavalle on ominaista, että se pudottaa siemenensä hyvin lähelle emopuuta. Uudistuminen onnistuu melko tiheässäkin metsikössä hyvin toisin kuin männyllä, joka usein uudistuu harvoista siemenpuista. Kuusikoissa syntyy tästä syystä helposti eriasteisia sukulaisryhmiä.

5. Tulosten tarkastelu

Metsänviljelyn suurimpana ongelmana Lapissa on liian vähäinen siemenen tuotto. Kukkimisen ja siementuotannon fysiologia kuuluu niihin adaptiivisiin ominaisuuksiin, joiden fitnessarvot joutuvat kovalle koetukselle Lapin ankarissa ilmasto-olosuhteissa. Useimmat puut tuottavat täyttä siementä vain poikkeuksellisen lämpiminä kesinä. Tästä syystä onkin tärkeätä tuntea metsäpuiden geneettistä rakennetta, jotta jalostusohjelma voitaisiin ohjelmoida oikealla tavalla. Tutkimustuloksista on käynyt ilmi, että lehtivihreän puutetta aiheuttavien alleelien frekvenssi on korkeampi Lapissa kuin Etelä-Suomessa. Tämä todistaisi korkeamman heterotsygotian puolesta.

Olettaen, että heterotsygotia esiintyy voimakkaampana Lapissa kuin maan eteläosissa, täytyy siihen olla painavia syitä. Heterotsygotian paremmuus johtuu monesta eri syystä.

Varsinkin banaanikärpäsillä suoritetuissa kokeissa on todettu, että suuri geneettinen vaihtelu vaikuttaa positiivisesti populaation fitness-arvoon (MAYR 1970). Heterotsygoottiset yksilöt ovat kilpailukykyisempiä muuttuvissa ympäristöolosuhteissa. Vaikka edellämainitut tulokset onkin saavutettu tutkittaessa varsin lyhytikäisiä eläimiä, lienee tulos periaatteessa samankaltainen pitkäikäisten puuvartisten kasvien suhteen. Metsäpuiden geneettistä vaihtelua erityisesti metsänrajalla on tutkittu varsin vähän. Vaikka tässä tutkimuksessa on todettu eroja albinofrekvenssin suhteen saattavat erot olla aivan toisenlaisia, jopa päinvastaisia, muita ominaisuuksia vertailtaessa.

6. Yhteenveto

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää sukusiitoksen osuutta metsänrajakuusikoissa. Tutkimusta varten perustettiin pysyvä 40 aarin koeala Pallasjärven kokeilualueelle. Yksinpuin kerättyä siementä saatiin lisäksi Pellon Juoksengista, siemenkeräysmetsiköstä no. 737 ja Ruotsinkylän jalostusaseman peruskuusikosta.

Sukusiitoksen osuuden selvittämisessä käytettiin hyväksi sukulaispölytyksestä syntyvien värinsä puolesta poikkeavien taimien esiintymisfrekvenssiä.

Tulokset osoittavat, että niiden puiden osuus, jotka ovat tuottaneet värinsä puolesta poikkeavia taimia on Lapissa 35 % ja Etelä-Suomessa noin 17 %.

Tämä osoittaa siis, että ainakin lehtivihreän muodostumisessa osallisena toimivien geenien suhteen on heterotsygotia varsin korkea metsänrajalla.

Saadut tulokset eivät osoita geneettisen vaihtelun laajuutta yleensä vaan ainoastaan lehtivihreän muodostumisessa tarvittavien geenien vaihtelua. Adaptiivisesti eritasoisten geeniyhdistelmien varianssit saattavat olla aivan toisenlaisia.

KIRJALLISUUTTA

- ANDERSSON, E. 1965. Cone and seed studies in Norway spruce. *Studia forestalia suecica* 23.
- BANNISTER, M.H. 1965. Variation in the breeding system of *Pinus radiata* in *The Genetics of Colonizing Species* edited by H.G. Baker and G. Ledyard Stebbins, 353 - 373.
- EICHE, V. 1955. Spontaneous chlorophyll mutations in Scots pine. *Medd. Stat. Skogsforsk.* 45 (13), 1 - 69.
- EICHE, V. and GUSTAFSSON, Å. 1970. Population research in the Scandinavian Scots pine (*Pinus silvestris* L.) Recent experimentation in *Essays in Evolution and Genetics*. Editors M.K. Hecht and W.C. Steere, 209-235.
- FOWLER, D.P. 1964. Effects of inbreeding in red pine, *Pinus resinosa* Ait. *Silvae Genetica* 13, Heft 6, 170 177.
- " - 1965. Natural self-fertilization in three Jack pines and its implications in seed orchard management. *Forest Science* Vol. 11, no. 1, 55-58.
- FRANKLIN, E.C. 1970. Survey of Mutant Forms and Inbreeding Depression in Species of the Family Pinaceae. USDA Forest Service Research Paper SE-61
- JOHNSON, L.P.V. 1945. Reduced vigor, chlorophyll deficiency and

- other effects of self-fertilization in Pinus.
Canad. Jour. Res. 23 C: 145-149.
- JOHNSON, A, G. 1948. Albinism in the Austrian pine. Journal
Hered. 39: 9 - 10.
- LANGNER, W. 1953. Eine Mendelspaltung bei aurea-formen von
Picea abies (L)Karst. als Mittel zur Klärung
der Befruchtungsverhältnisse im Walde.
Zeitschrift Forstgen. 2: 49 - 51.
- " - 1959. Selbstfertilität und Inzucht bei Picea omorica.
Silvae Genetica 8: 84 - 93.
- LIBBY, W.J., STETTLER, R.W. and SEITZ, F.W. 1969. Forest genetics
and forest-tree breeding. Reprinted from
Annual review of genetics. Vol. 3: 469-494.
- KOSKI, V. 1970. A study of pollen dispersal as a mechanism of
gene flow in conifers. Comm. Inst. For. Fenn.
70.4.
- MAYR E. 1970. Populations, Species, and Evolution. 1 - 453.
- SARVAS, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop
of Pinus silvestris. Comm. Inst.For.Fenn.
53.4: 1 - 198.
- " - 1968. Investigations on the flowering and seed crop
of Picea abies. Comm. Inst.For. Fenn. 67.5.
- " - 1970. Establishment and registration of seed
orchards. Folia Forestalia 89, 1 - 24.
- SIMAK, M. and GUSTAFSSON, Å. 1954. Fröbeskaffenheten hos moder-
träd och ympar av tall. Medd. Stat. Skogsforsk.
inst. 44.

