

TUTKIMUKSIA ERÄIDEN ULKOMAISTEN PUULAJIEN SIEMENSADON LAADUSTA SUOMESSA

PEKKA TIILILÄ

SUMMARY:

*STUDIES ON THE QUALITY OF SEED YIELDS IN SOME FOREIGN TREE
SPECIES IN FINLAND*

Hyväksytty 25. 11. 1966.

Tutkimuksessa on metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueilta kerätyn aineiston puitteissa tarkasteltu 34 ulkomaisen havupuulajin Suomessa tuottaman siemensadon laatua.

Luokittelua varten siemenet on röntgenkuvattu; luokittelu on suoritettu röntgenkuvissa erottuvan anatomisen rakenteen perusteella. Selvitys on kohdistettu lähinnä tyhjäsiemensadanneksen suuruuteen sekä täyden siemenen tuleentumisasteeseen. Lisäksi on pyritty tarkastelemaan tyhjän siemenen muodostumiseen vaikuttaneita tekijöitä.

Tyhjäsiemensadannes on todettu kauttaaltaan varsin korkeaksi. Tärkeimpinä syinä tyhjän siemenen muodostumiseen on pidetty tutkimusmetsiköiden pienialaisuudesta ja nuoruudesta johtunutta pölytyksen puutteellisuutta sekä itsepölytystä. Täysi siemen on ollut yleensä hyvin tuleentunutta. Pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei tutkimusaineiston niukkuuden vuoksi ole voitu tehdä, vaan tutkimuksen tulokset on esitetty ainoastaan suuntaa antavina.

1. Johdanto

Järjestetyssä metsätaloudessa tarjoaa metsän uudistaminen mahdollisuuden vaikuttaa uuden sukupolven laatuun monin eri tavoin. Metsänviljelyssä joudutaan yleensä käyttämään siemeniä ja taimia, joiden emopuut ovat kasvaneet

viljelypaikasta poikkeavassa ympäristössä. Siemeniä ja taimia hankittaessa on siten tarpeellista käyttää hyväksi kaikkia niitä tietoja, joita on käytettävissä siemenen siirtoon liittyvistä ongelmista.

Käytännössä tarkastellaan tavallisesti kotimaisten puulajien siirtoja ja ulkomaisten puulajien viljelymahdollisuuksia toisistaan erillään, vaikka kysymys itse asiassa on olennaisesti sama. Kysymys siemenen siirron biologisista mahdollisuuksista, olivatpa sitten kyseessä pienemmät tai suuremmat siirrot, on ensisijaisesti geneettinen. Sitä tarkasteltaessa on tarpeellista pyrkiä mahdollisimman perusteellisesti syventymään asian geneettiseen taustaan ja varsinkin niihin huomionarvoisiin tuloksiin, joihin metsää koskeva populaatiogenetiikka on päässyt.

Puiden viljelyä niiden luontaisen levinneisyysalueen ulkopuolella tapahtui jo antiikin aikana. Sen jälkeen on kiinnostus ulkomaisia puulajeja kohtaan jatkunut milloin voimakkaampana, milloin laimeampana. Länsimaissa oli kiinnostus vähäisempää, kunnes Amerikan löytäminen antoi voimakkaan sysäyksen. Myös silloiseen Ruotsi-Suomeen löysivät nämä pyrkimykset tiensä. Jo 1700-luvun puolivälissä perustettiin Turun edustalla olevalle Hirvensalon saarelle Suomen ensimmäinen arboretum, joka kuitenkin myöhemmin rappeutui. Samanaikaisesti perustettiin Karjalan kannakselle kuuluisa Raivolan lehtikuusikko. Sitten on ulkomaisten puulajien viljelymahdollisuuksia Suomessa tutkittu suunnitelmallisesti mm. Evon metsäopistossa, Mustilan arboretumissa Elimäellä sekä v. 1918 perustetun metsätieteellisen koelaitoksen, sittemmin metsäntutkimuslaitoksen, kokeilualueilla. Oman huomionsa ansaitsevat myös lukuisat muut, lähinnä yksityisten toimesta perustetut pienemmät viljelmät.

Ulkomaisilla puulajeilla suoritettujen kokeiden päätarkoituksena on selvittää eri puulajien metsätaloudellinen merkitys. Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueilla käynnissä olevien kokeiden osalta on HEIKINHEIMO (1956) koontanut siihenastiset tulokset eri puulajien osalta. Tarkastelun kohteena ovat olleet mm. puiden kasvu, teknillinen laatu ja kestävyys hyönteis- ja sienituhoja sekä ilmastollisia vaaroja vastaan. Sen sijaan on puiden lisääntymiseen liittyvien tapahtumien selvittäminen jäänyt vähäiseksi.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millainen on ulkomaisten puulajien Suomessa tuottaman siemenen laatu. Samalla pyritään koskettelemaan siemensadon laatuun vaikuttaneita tekijöitä. Pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei kuitenkaan voida käytettävissä olleen aineiston niukkuuden vuoksi tehdä, vaan tutkimuksen tuloksia on pidettävä vain suuntaa antavina.

2. Tutkimusaineisto

Käsillä olevassa tutkimuksessa oli tutkimuksen kohteena 34 ulkomaista havupuulajia, jotka kuuluivat yhteensä 8 sukuun. Tutkittu siemen kerättiin pääasiassa metsäntutkimuslaitoksen Solbölen kokeilualan ja Tuomarniemen met-

säopiston viljelmistä. Ruotsinkylän kokeilualueelta ja Mustilan arboretumista oli kummastakin yksi näyte. Siemenen keräys tapahtui joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta syksyllä v. 1964, ja keräyksestä huolehti metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosasto.

Taulukkoon 1 on kerätty tiedot metsäkoista, joista tutkittu siemen kerättiin. Kaikkien viljelmien osalta ei tietoja viljelyyn käytetyn siemenen alkuperästä ollut saatavissa. Viljelmien maantieteellinen sijainti on seuraava:

Mustilan tila	60°23' × 26°26'	40 m mp.
Ruotsinkylän kokeilualue	60°21' × 24°59'	50 m mp.
Solbölen kokeilualue	60°03' × 23°02'	15 m mp.
Tuomarniemen metsäopisto	62°33' × 24°09'	155 m mp.

Kun tutkitaan jonkin puulajin siemensadon laatua ja siihen vaikuttaneita tekijöitä, on tutkimusaineisto pyrittävä saamaan riittävän laajaksi. Niinpä tutkittaessa ulkomaisten puulajien siemensadon laatua Suomessa olisi aineiston sisällettävä siementä useilta eri vuosilta ja paikkakunnilta.

Tämän tutkimuksen aineistoa tarkasteltaessa voidaan todeta, että sitä on pidettävä jossakin määrin suppeana ja yksipuolisena. Koska kuitenkin katsottiin voitavan tyytyä suuntaa antaviin tuloksiin, pidettiin aineistoa riittävänä.

3. Tutkimusmenetelmä

Kustakin puulajista kerättiin suurehko määrä valikoimatonta siementä, josta tutkitut näytteet poimittiin umpimähkään. Tiedot tutkituista siemennäytteistä on eritelty taulukkoon 2.

Siementen laadun tutkiminen perustui röntgenkuvaukseen, ja niiden luokittelu tapahtui röntgenkuvissa erottuvan anatomisen rakenteen perusteella. Idätys- ym. kokeita ei katsottu tarpeellisiksi suorittaa, koska on todettu (MÜLLER-OLSEN—SIMAK 1955), että röntgenkuvien avulla määritetyn siemenen anatomiseen rakenteeseen perustuvan siemenlaadun ja idätyskokeissa saadun itävyysprosentin välillä vallitsee voimakas korrelaatio. Edelleen on SIMAK (1958) tutkinut siemenen laadun määrittämistä röntgenkuvien avulla ja todennut, että siten voidaan todeta sekä siemenen anatomisen kehitysaste että sen fysiologisen tila, jotka molemmat vaikuttavat itävyyteen. Siemenen fysiologisen tilan määrittäminen edellyttää siemenen käsittelemistä jollakin röntgensäteitä absorboivalla aineella (esim. BaCl₂:n vesiliuoksella), joka diffundoituu siemenen kuoleisiin ja heikentyneisiin osiin. Siementen fysiologista tilaa ei nyt suoritettujen tutkimuksen yhteydessä määritetty.

Siementen luokittelu perustui KUJALAN (1927) laatimaan luokitteluun, jota useat suomalaiset ja ruotsalaiset tutkijat ovat sittemmin tutkimuksissaan enemmän tai vähemmän muutettuna käyttäneet. Tässä tutkimuksessa käytettiin seuraavaa luokkakajoa:

Taulukko 1. Yleistiedot metsiköistä, joista tutkittu siemen kerättiin.
Table 1. General data on the stands from which the seed to be studied was collected.

Puulaji Tree species	Näyte N:o Sample no.	Sijainti Location	Ala (a) tai puiden luku- määrä (kpl) Area or number of trees ^a	Ikä v. 1957, v. Age in 1957, years	Valtapiuus v. 1957, m Dominant height in 1957, m.	Siemenen kotipaikka Place of origin of seed	Metsikkö — Stand	
<i>Abies</i>								
<i>alba</i>	1	Solböle	28 a	39	10.2	Omberg, Ruotsi		
<i>amabilis</i>	2	Solböle	2 a	31	4.4	Mustila, Elimäki		
»	2	Elimäki	3 kpl	43	26.0 ¹	..		
<i>balsamea</i>	1	Solböle	13 a	36	11.9	St. John, New Brunswick, Kanada		
»	2	Tuomarniemi	3 kpl	..	..	..
<i>concolor</i>	1	Solböle	18 a	35	9.5	Colorado, USA		
<i>holophylla</i>	2	Solböle	14 a	36	8.3	..		
»	2	Solböle	14 a	36	8.3	..		
<i>koreana</i>	1	Solböle	2 a	31	5.6	Mustila, Elimäki		
»	2	Solböle	2 a	31	5.6	Mustila, Elimäki		
<i>lasiocarpa</i>	1	Solböle	14 a	40	8.0	Br. Columbia		
»	2	Ruotsinkylä	25 a	40	4.0	Br. Columbia		
<i>Mariesii</i>	1	Solböle	23 a	36	7.9	Japani		
<i>nephrolepis</i>	1	Solböle	7 a	36	9.2	Keizanchin, Japani		
<i>Nordmanniana</i>	1	Solböle	34 a	36	6.4	Kaukaasian vuoristo, 800—2 000 m mp.		
<i>sachalinensis</i>	1	Solböle	12 a	35	10.3	Hokkaido, Japani, 43°15' × 142°30'		
»	2	Solböle	12 a	35	10.3	Hokkaido, Japani, 43°15' × 142°30'		
<i>sibirica</i>	1	Solböle	17 a	35	9.5	Valamo		
»	2	Tuomarniemi	2 kpl	53	..	Raivola		
<i>Veitchii</i>	1	Solböle	50 a	36	9.0	Hokkaido, Japani		
»	2	Solböle	50 a	36	9.0	Hokkaido, Japani		
<i>Chamaecyparis</i>								
<i>pisifera</i>	1	Solböle	2 a	38	6.4	Suga, Nogano, Japani		
<i>Larix</i>								
<i>americana</i>	1	Tuomarniemi	3 kpl	..	..	..
<i>decidua</i>	2	Solböle	17 a	37	15.3	Jägerndorf, Sleesia, 600 + m mp.		
»	2	Tuomarniemi	4 kpl	55	..	..
<i>Gmelini</i>	1	Solböle	17 a	38	13.0	Sahalin		
»	2	Tuomarniemi	1 kpl	..	..	..
<i>Gmelini</i> var. <i>japonica</i>	1	Solböle	17 a	38	15.9	Sahalin		
»	2	Tuomarniemi	14 kpl	..	..	..
<i>leptolepis</i>	1	Solböle	13 a	36	13.5	Mustila, Elimäki		
»	2	Tuomarniemi	3 kpl	..	..	..
<i>leptolepis</i> × <i>sibirica</i>	1	Tuomarniemi	2 kpl	..	..	..
<i>occidentalis</i>	1	Tuomarniemi	3 kpl	..	..	..
<i>sibirica</i>	2	Solböle	22 a	36	17.8	Arkangel, 62° × 40°		
»	2	Tuomarniemi	18 kpl	53	..	Raivola		
»	3	Tuomarniemi	2 kpl	53	..	Raivola		
<i>Picea</i>								
<i>Engelmanni</i>	1	Solböle	3 a	27	4.7	Valemount, Br. Columbia 52°55' × 119°20'		
»	2	Tuomarniemi	1 kpl	..	..	..
<i>Glehnii</i>	1	Solböle	17 a	36	9.5	..		
<i>jezoensis</i>	1	Solböle	9 a	38	8.5	Kotoni, Hokkaido, Japani 43°04' × 141°15'		
<i>mariana</i>	1	Tuomarniemi	25 a	32	12.0	..		
<i>sitchensis</i>	1	Solböle	31 a	31	9.4	Sealewer, Juneau, Alaska		
<i>Pinus</i>								
<i>koraicensis</i>	1	Solböle	3 a	36	6.0	Hozan, Korea, 38°20' × 127°30', 200 m mp.		
<i>Peuce</i>	1	Solböle	18 a	40	10.9	Rino Planino, Bulgaria		
<i>Pseudotsuga</i>	1	Solböle	12 a	40	12.7	Shuswap, Br. Columbia, 51°8' × 119°7', 360—510 m mp.		
<i>taxifolia</i>	1	Solböle	3 a	30	4.7	..		
<i>Thuja</i>	1	Tuomarniemi	1 kpl	57	..	..
<i>koraicensis</i>	1	Solböle	3 a	30	4.7	..		
<i>occidentalis</i>	1	Tuomarniemi	1 kpl	57	..	..
<i>Tsuga</i>	1	Solböle	4 a	40	10.0	..		
<i>canadensis</i>	1	Solböle	14 kpl	33	4.0	..		
<i>diversifolia</i>	1	Solböle	14 kpl	33	4.0	..		

¹ v. 1964 — in 1964

^a In this column a means area in ares, kpl means number of trees.

Taulukko 2. Tiedot tutkituista siemennäytteistä.

Table 2. Data on seed samples examined.

Puulaji Tree species	Näyte N:o Sample no.	Kävyt kerätty Cones collected	Keräys- korkeus, m Height of collecting, m	Kerätty käpyjä, kpl Number of cones collected	Eri puita, kpl Number of trees	Näytteessä siemeniä, kpl Number of seeds in sample
<i>Abies</i>						
<i>alba</i>		9. 10. 1964	..	20	10	100
<i>amabilis</i>	1	22. 9. 1964	..	4	1	100
»	2	Lokak. 1964	25	..	2	99
		Oct. 1964				
<i>balsamea</i>	1	22. 9. 1964	..	20	10	50
»	2	21. 10. 1964	10	50	..	50
<i>concolor</i>		1. 10. 1964	..	20	10	100
<i>holophylla</i>	1	1. 9. 1962	..	50	..	50
»	2	12. 10. 1964	..	20	10	100
<i>koreana</i>	1	14. 9. 1962	..	..	..	50
»	2	8. 10. 1964	..	20	10	100
<i>lasiocarpa</i>	1	21. 9. 1964	..	20	10	100
»	2	10. 9. 1962	..	20	..	50
<i>Mariesii</i>		9. 10. 1964	..	20	10	50
<i>nephrolepis</i>		1. 10. 1964	..	20	10	50
<i>Nordmanniana</i>		23. 9. 1964	..	3	2	100
<i>sachalinensis</i>	1	15. 9. 1962	..	..	..	50
»	2	25. 9. 1964	..	20	10	100
<i>sibirica</i>	1	1. 10. 1964	..	20	10	100
»	2	21. 10. 1964	10	50	..	50
<i>Veitchii</i>	1	15. 9. 1962	..	20	..	50
»	2	8. 10. 1964	..	20	10	100
<i>Chamaecyparis</i>						
<i>pisifera</i>		9. 10. 1964	..	10	9	50
<i>Larix</i>						
<i>americana</i>		21. 10. 1964	..	1200	..	50
<i>decidua</i>	1	18. 12. 1964	..	20	10	150
»	2	21. 10. 1964	..	25	..	150
<i>Gmelini</i>	1	18. 12. 1964	..	20	10	50
»	2	21. 10. 1964	..	500	1	50
<i>Gmelini</i> var. <i>japonica</i> ..	1	18. 12. 1964	..	20	10	50
» » ..	2	21. 10. 1964	..	600	..	50
<i>leptolepis</i>	1	21. 12. 1964	..	20	10	150
»	2	21. 10. 1964	..	200	..	150
<i>leptolepis</i> × <i>sibirica</i> ..		21. 10. 1964	..	500	..	50
<i>occidentalis</i>		21. 10. 1964	..	300	..	50
<i>sibirica</i>	1	18. 12. 1964	..	20	10	150
»	2	21. 10. 1964	..	250	..	150
»	3	21. 10. 1964	..	250	..	150
<i>Picea</i>						
<i>Engelmanni</i>	1	syksy 1964	..	..	..	50
»	2	fall 1964	..	..	..	50
»	2	21. 10. 1964	..	200	1	50

Taulukko 2. Jatk.

Table 2. Cont.

Puulaji Tree species	Näyte N:o Sample no.	Kävyt kerätty Cones collected	Keräys- korkeus, m Height of collecting, m	Kerätty käpyjä, kpl Number of cones collected	Eri puita, kpl Number of trees	Näytteessä siemeniä, kpl Number of seeds in sample
<i>Glehnii</i>		4. 10. 1964	..	10	5	50
<i>jezoensis</i>		3. 10. 1964	..	20	10	50
<i>mariana</i>		21. 10. 1964	10	400	..	50
<i>sitchensis</i>		21. 9. 1964	..	20	10	50
<i>Pinus</i>						
<i>koraicensis</i>		21. 9. 1964	..	20	10	150
<i>Peuce</i>		syksy 1964	..	..	..	50
		fall 1964				
<i>Pseudotsuga</i>						
<i>taxifolia</i>		22. 9. 1964	..	20	.. ¹	50
<i>Thuja</i>						
<i>koraicensis</i>		6. 10. 1964	..	yli - over 1000	6	50
<i>occidentalis</i>		21. 10. 1964	5	»	1	50
<i>Tsuga</i>						
<i>canadensis</i>		23. 10. 1964	..	20	5	150
<i>diversifolia</i>		23. 10. 1964	..	20	2	100

¹ Kävyt otettu umpimähkään suuremmasta erästä, joka on käsittänyt 15 puusta otettuja käpyjä. —
The cones were picked at random from a larger portion which was collected from 15 trees.

A. Tyhjät siemenet (siemenvalkuaista ei ole).

B. Täydet siemenet (siemenvalkuainen on).

I Alkio on kuollut niin varhaisessa vaiheessa, ettei siitä enää näy rippeitä. Siemenvalkuainen erottuu vielä siinä määrin, että sen keskellä näkyy enemmän tai vähemmän tummana varjostumana alkio-ontelon jäännös.

II Siemenessä on yksi tai useampia alkioita, mutta mikään alkioista ei ole yli puolen siemenontelon pituuden mittainen.

III Siemenessä on yksi tai useampia alkioita; pisimmän alkion pituus on suurempi kuin puolet siemenontelon pituudesta mutta vähemmän kuin 2/3 siitä.

IV Yksi alkio täyttää siemenontelon kokonaan tai miltei kokonaan.

Lisäksi erotettiin tyhjien siementen kohdalla erikseen ne, joissa havaittiin hyönteistuhoja.

Nyt käytetyssä luokittelussa on kiinnitettävä huomiota siihen, että jako tyhjien ja täysien siementen välillä perustuu siemenvalkuaisen olemassaoloon. Siiten on täysien siementen pääryhmään luettu myös itämättömät siemenet, joissa alkio on kuollut mutta joissa siemenvalkuainen vielä on havaittavissa.

Alkio oli röntgenkuvissa yleensä selvästi erotettavissa. Kuitenkin aiheutti eräiden *Abies*-sukuun kuuluvien lajien siementen runsas pihkaisuus vaikeuksia kuvien tulkinnassa. Kokeilumielessä pestiin osa siemenistä tärpätillä pihkan poistamiseksi ennen röntgenkuvausta, mikä toimenpide helpottikin jossakin määrin kuvien tulkintaa. Epävarmoissa tapauksissa luokka tarkistettiin prepa-

roimalla siemen auki, mutta kaikesta huolimatta on luonnollista, että subjektiiviset tekijät joissakin tapauksissa pääsivät vaikuttamaan luokitteluun. Näin oli asia erityisesti, milloin alkion pituus sattui pituusluokkien rajamaille.

4. Tyhjä siemen ja syyt sen syntyymiseen

41. Pölytys

Muiden tutkijoiden suorittamissa tutkimuksissa (esim. SARVAS 1965) on todettu, että kotimaisen kuusen (*Picea abies*) ja männyn (*Pinus silvestris*) tyhjä siemenet voidaan röntgenkuvien avulla, käyttäen perusteena lähinnä endospermin kehitysasteen ja siemenen koon tutkimista, jakaa ennen hedelmöitystä, välittömästi hedelmöityksen jälkeen ja tuleentumistapahtuman keski- ja loppuvaiheissa kuolleisiin. Nyt tutkittujen ulkomaisten puulajien kohdalla todettiin, ettei niiden tyhjää siementä voitu luokitella samoin perustein kuin kuusen ja männyn vastaavaa siementä. Tämän johdosta pidettiin tyhjä siemenet jakamattomana ryhmänä; vain *Picea*-suvun lajien kohdalla pyrittiin tyhjä siemenet jakamaan ennen ja jälkeen hedelmöityksen kuolleisiin.

Taulukkoon 3 on laskettu tyhjäsiemensadannes puulajeittain. Sadanneksella tarkoitetaan tyhjien siementen osuutta kaikista tutkituista siemenistä. Erityisesti on huomattava, että aiemmin esitetyn luokittelun mukaisesti on siemenet, joissa alkio on kuollut ja hävinnyt mutta joissa endospermi vielä on selvästi havaittavissa, luettu täysien siementen ryhmään kuuluviksi. Hyönteistuhojen vuoksi tyhjä siemenet sisältyvät taulukon sadanneksiin.

Tyhjäsiemensadannes näyttää lähes säännöllisesti olevan varsin korkea. Aikaisempien tutkimusten vähäisyyden vuoksi ei vertailukelpoisia tuloksia ole saottavasti käytettävissä. HEIKINHEIMO (1932, 1938 ja 1949) on tutkiessaan metsäpuiden siementämiskykyä kosketellut myös lehtikuusen siemenen laatua. Hän esittää lehtikuusen keskimääräiseksi tyhjäsiemensadannekseksi Suomessa seuraavat luvut: *Larix decidua* 69.2 ja *Larix sibirica* 70.9. Luvut on kuitenkin laskettu eri perusteella kuin vastaavat luvut käsillä olevassa tutkimuksessa, koska jakoperuste tyhjien siementen ja täysien siementen välillä on ollut erilainen. TENHOLA (1960) on tutkiessaan pihtakuusen (*Abies sibirica*) luontaista uudistumista todennut, että tyhjien siementen määrä ei ole korkea mutta että muuten vahingoittuneita siemeniä on runsaasti. Kerättyään siementä maahan pudonneista kävyistä ja kaatuneista puista kahdella koealalla on hän todennut tyhjiä siemeniä olleen toisella 14.1 % ja toisella 27.3 %.

Vertailu tutkimuksen kohteena olleiden puulajien tyhjäsiemensadannekseen niiden luontaisella levinneisyysalueella olisi ollut mielenkiintoinen, mutta koska saatavissa olleet tiedot koskivat lähinnä kokeissa saatuja itävyysadanneksia, eivät ne ja tämän tutkimuksen tyhjäsiemensadannekset olleet vertailukelpoisia.

Ryhdyttäessä tarkastelemaan tyhjien siementen muodostumisen syitä on

Taulukko 3. Tyhjäsiemensadannes.

Table 3. Percentage empty seeds.

Puulaji Tree species	Näyte N:o Sample no.	Tyhjiä siemeniä, % Empty seeds, per cent	Puulaji Tree species	Näyte N:o Sample no.	Tyhjiä siemeniä, % Empty seeds, per cent
<i>Abies</i>			<i>Larix</i>		
<i>alba</i>		77	<i>Gmelini</i>	2	92
<i>amabilis</i>	1	100	<i>Gmelini</i> var. <i>japonica</i>	1	90
»	2	64	»	2	88
<i>balsamea</i>	1	34	<i>leptolepis</i>	1	68
»	2	88	»	2	71
<i>concolor</i>		69	<i>leptolepis</i> × <i>sibirica</i> ..		76
<i>holophylla</i>	1	100	<i>occidentalis</i>		76
»	2	100	<i>sibirica</i>	1	59
<i>koreana</i>	1	100	»	2	37
»	2	76	»	3	40
<i>lasiocarpa</i>	1	71	<i>Picea</i>		
»	2	100	<i>Engelmanni</i>	1	94
<i>Mariesii</i>		98	»	2	100
<i>nephrolepis</i>		100	<i>Glehnii</i>		60
<i>Nordmanniana</i>		99	<i>jezoensis</i>		26
<i>sachalinensis</i>	1	100	<i>mariana</i>		44
»	2	72	<i>sitchensis</i>		30
<i>sibirica</i>	1	77	<i>Pinus</i>		
»	2	100	<i>koraiensis</i>		15
<i>Veitchii</i>	1	100	<i>Peuce</i>		36
»	2	60	<i>Pseudotsuga</i>		
<i>Chamaecyparis</i>			<i>taxifolia</i>		56
<i>pisifera</i>		76	<i>Thuja</i>		
<i>Larix</i>			<i>koraiensis</i>		96
<i>americana</i>		92	<i>occidentalis</i>		46
<i>decidua</i>	1	37	<i>Tsuga</i>		
»	2	59	<i>canadensis</i>		89
<i>Gmelini</i>	1	96	<i>diversifolia</i>		71

ensin kiinnitettävä huomiota eräisiin havupuiden siemenaiheen kehitysvaiheisiin.

Siemenaiheessa erotetaan sen tyvi eli chalaza, sydän eli nukellus ja vaippa eli integumentti. Siemenaiheen sydän on sen varsinainen fertiili osa. Siinä voidaan erottaa muuta järjestyneempi, suuritumainen keskussolukko, jonka keskeltä eräs solu jo ennen kukkimista tai viimeistään kukkimisaikana erottuu muista hiukan suuremman kokonsa ja hyaliinisemmän, heikosti värjäytyvän sisältönsä vuoksi. Tämä on isoitiöiden emosolu. Emosolu jakaantuu neljäksi isoitiöksi kypsyysjaon eli meiosisin kautta; syntyneistä isoitiöistä kuitenkin kolme tavallisesti surkastuu ja vain yksi jatkaa kehitystään. Siitä kehittyä aluksi vapaan tumanjaon kautta protallio, jonka uloimman kelmun jatkuvasti muodostaa isoitiön ketto.

Edellä mainittu kehitys on kuitenkin useimmissa havupuusuvuissa riippuvainen pölytyksestä. Mikäli pölytystä ei tapahdu, pysähtyy kehitys vähitellen, eri lajeilla ja yksilöillä erilaisella nopeudella, ja koko siemenaihe integumenttia lukuun ottamatta rappeutuu (desintegroituu).

Pinus-suvussa ei aina edes isoitiöiden emosolu jakaannu, ellei siemenaihe ole pölyttynyt. Kun itse siemenaihe tässä kehitysvaiheessa on vielä hyvin pieni, vain 0.1—0.2 mm:n pituinen, on sen surkastumisesta seurauksena, ettei yleensä synny edes tyhjää siementä, vaan pelkkä siemensiipi. Pölytyksen vajavaisuudesta ei siis *Pinus*-suvun ja siihen verrattavien partenospersisten puulajien siemenen kehityksessä ole seurauksena tyhjän siemenen muodostuminen vaan siemensadon pieneneminen.

Useimpien muiden havupuiden kohdalla tapahtuu isoitiöiden emosolun jakaantuminen sitä vastoin jo ennen pölytystä, joten se ei ole pölytyksestä riippuvainen. Myös koko siemenaihe on pölytyksen tapahtuessa pitemmälle kehittynyt kuin *Pinus*-suvussa, minkä vuoksi sen sisällön surkastuminen pölyttymättömyyden vuoksi aiheuttaa tyhjän siemenen muodostumisen. Kun pölyttymättömyys kuitenkin aiheuttaa siemenen kehityksen pysähtymisen melko varhaisessa vaiheessa, jossa siemen ei vielä ole saavuttanut lopullista kokoaan, on pölyttymättömyyden vuoksi tyhjä siemen yleensä pienikokoisempaa kuin asianomaisen lajin normaalisti kehittynyt siemen (SARVAS 1964).

SARVAS (1962) on tutkimuksissaan todennut, että pölytys muodostaa kotimaisen männyn (*Pinus silvestris*) siemensadon minimitekijän. Myös käsillä olevassa tutkimuksessa mukana olleiden puulajien kohdalla näyttää siltä, että pölyttymättömyys on ollut pahin siemensadon huonontaja. Tutkimuksen kohteena olleista puulajeista oli suurin osa sellaisia, joiden kohdalla pölyttymättömyys aiheuttaa tyhjän siemenen muodostumisen (partenospersist puulajit).

Tarkasteltaessa niiden metsiköiden luonnetta, joista tutkittu siemen kerättiin, todetaan, että ne ovat yleensä pinta-alaltaan varsin pieniä, joissakin tapauksissa vain puuyksilöitä. Lisäksi ovat metsiköt säännöllisesti niin nuoria, että hedekukkien määrä jää vähäisemmäksi kuin varttuneemmissa metsiköissä. On luonnollista, että tällaisissa tapauksissa voi siitepölynsato jäädä niin pieneksi, että valtaosa siemenaiheista jää pölyttymättä.

Tutkimuksessa mukana olleiden mäntylajien (*Pinus koraiensis* ja *Pinus Peuce*) kohdalla ovat tyhjäsiemensadannekset suhteellisen alhaisia (15 % ja 36 %). Tämä selittyy sillä, että mäntylajien kohdalla ei pölyttymättömyistä siemenaiheista muodostu edes tyhjää siementä. Huomiota herättävät myös kotimaisen kuusen (*Picea abies*) lähisukuisten Ajanin kuusen ja Sitkan kuusen (*P. jezoensis* ja *P. sitchensis*) alhaiset tyhjäsiemensadannekset. Molempien siemen on tosin poimittu suhteellisen suuresta metsiköstä, mutta lähellä on myös ajatus, että ne sekä mahdollisesti jotkin muut *Picea*-suvun lajit olisivat pölyttäneet osaksi kotimaisen kuusen siitepölyllä. Vuonna 1964 kukki kotimainen kuusi varsin runsaasti.

Edellä jo mainittiin, että *Picea*-suvun lajien kohdalla pyrittiin tyhjäät sie-

menet jakamaan ennen ja jälkeen hedelmöityksen kuolleisiin. Jakoperusteena käytettiin endospermin rippeiden sijaintia siemenessä siten, että mikäli ne olivat lähempänä mikropylen puoleista alkio-ontelon päätä, luettiin siemen ennen hedelmöitystä kuolleisiin; päinvastaisessa tapauksessa katsottiin siemenen kuolleen hedelmöityksen jälkeen. Normaalista pienemmät ja sisältä täysin tyhjäät siemenet, jotka muodostivat oman helposti erotettavan ryhmänsä, luettiin ennen hedelmöitystä kuolleisiin. Jakoperusteiden luotettavuutta ei tarkistettu mikroskooppisesti, mutta kotimaisen kuusen (*Picea abies*) kohdalla on SARVAS (1965) osoittanut röntgenkuvien avulla tapahtuvalla tyhjien siementen luokittelulla päästävän luotettaviin tuloksiin. Tyhjien siementen jako ennen ja jälkeen hedelmöityksen kuolleisiin tutkimuksessa mukana olleiden *Picea*-suvun lajien kohdalla on kuvattu taulukossa 4.

Taulukko 4. Tyhjien siementen jakaantuminen ennen ja jälkeen hedelmöityksen kuolleisiin eräiden *Picea*-suvun lajien kohdalla.

Table 4. Distribution of empty seeds on those which have died before and after fertilization in some *Picea* species.

Puulaji Tree species	Sample N:o Sample no.	Kuollut ennen hedelmöitystä, % tyhjästä siemenistä Died before fertilization, per cent of empty seeds	Kuollut hedelmöi- tyksen jälkeen, % tyhjästä siemenistä Died after fertilization, per cent of empty seeds	Tyhjiä siemeniä yhteensä, % Total percentage empty seeds
<i>Picea</i>				
<i>Engelmanni</i>	1	49	51	94
»	2	98	2	100
<i>Glehnii</i>		40	60	60
<i>jezoensis</i>		46	54	26
<i>mariana</i>		23	77	44
<i>sitchensis</i>		53	47	30

Koska tutkimuksen kohteena olleiden puulajien hedekukkuminen tapahtui eri aikoina ja koska tilaisuutta kukkimisen seuraamiseen ei ollut, ei kukkimisrunsautta eikä sääsuhteiden vaikutusta kukkimiseen voitu tutkia. Ilmeisesti eivät siitepölynsadon suuruus ja siemenaiheiden pölyttyminen kuitenkaan ensisijaisesti riipu kukkimisaajan sääsuhteista, koska hedekukkien pölyäminen eli anteeksi alkuun päästyään tapahtuu varsin nopeasti. Sääsuhteista vaikuttaneen kukkimisaikana haitallisimmin yksipuolinen tuulen suunta (SARVAS 1955 ja 1962).

Myöskään ei tutkittu kukkasilmujen kehitykseen vaikuttaneita sääsuhteita, jotka kuitenkin varsin voimakkaasti vaikuttanevat kukkimisrunsautteen. Kukkimisvuosien periodisuuteen vaikuttavia sisäisiä tekijöitä taas ei tiede vielä ole kyennyt selvittämään.

42. Alkiokuolleisuus

Jo aiemmin todettiin, että kun siemenaiheen sydämessä oleva isoitiöiden emosolu meiosisissa jakaantuu, syntyy neljä isoitiötä, joista kuitenkin kolme tavallisesti surkastuu. Toimivasta isoitiöstä kehittyy protallio, jonka kärkeen lyhyemmän tai pitemmän ajan kuluttua (esim. *Pinus*-suvussa vasta n. vuoden kuluttua) muodostuu yksi tai useampia munapesäkkeitä eli arkegonioita. Arkegonioiden lukumäärä vaihtelee suuresti eri puulajeilla ja vieläpä samankin puulajin eri yksilöillä. SARVAS (1962 ja 1965) on todennut arkegonioiden lukumäärän olleen kotimaisella männyllä keskimäärin 2.1 kpl siemenaihetta kohden ja vastaavan luvun vaihtelevan kotimaisen kuusen kohdalla 2.8:sta 3.4:ään. Arkegonioiden kypsyessä syntyy niihin munatuma. Samanaikaisesti kasvaa siiteputki arkegonioita kohti, ja munatuman tultua hedelmöitysmiskelpoiseksi yhtyy hedelmöittävä tuma siihen.

Hedelmöityksen jälkeen alkaa alkion eli embryon kehitys. Koska arkegonioita tavallisesti on useita ja koska tavallisesti myös useat arkegoniot hedelmöittyvät, syntyy monialkioisuutta eli polyembryonismia. Tarkemmin sanottuna on kyseessä monimunainen eli polytsygoottinen polyembryonismi. Useissa havupuusuvuissa saattaa kehittyvä alkio varhaisessa kehitysvaiheessaan jakaantua myös vegetatiivisesti; tällöin on kysymyksessä yksimunainen eli monotsygoottinen polyembryonismi.

Koska tutkimusaineiston siemen kerättiin varsin suurelta osin pienistä metsiköistä, oli jo alun perin oletettavissa, että osa siitä oli muodostunut itsehedelmöityksen tuloksena ja että itsehedelmöitys myös oli vaikuttanut siemensadon laatuun.

Pyrkimys itsehedelmöityksen välttämiseen on kasvikunnassa varsin yleinen, koska suvullisen uudistumisen »tarkoitus» on geenien vaihto ja rekombinaatio, joita itsehedelmöitys ja sukulaishedelmöitys palvelevat huonosti. Koppisiemenisillä ei saman kasviyksilön siitepöly yleensä edes kasva saman yksilön emin luotissa, ja itsehedelmöitys estyy tämän vuoksi. Havupuilla ei tällaista pitkälle kehittynyttä järjestelmää ole. Näkyvimpiä itsehedelmöitystä ehkäiseviä rakenteita on useissa havupuusuvuissa vain emi- ja hedekukkien keskittyminen latvuksen eri osiin ja niiden jonkin verran eriaikainen kukkiminen. Kuitenkin on itsehedelmöityksen todennäköisyys useissa havupuusuvuissa varsin suuri.

Polytsygoottisen polyembryonismia on todettu jossakin määrin vähentävän itsehedelmöityksen haitallisia vaikutuksia. Itsehedelmöityksestä on tosin seurauksena useiden jälkeläisten homotsygoottisuus defektien alleelien geenien suhteen ja siihen varsin huomattavassa määrin liittyvä varhaisalkioiden kehityksen hidastuminen ja pysähtyminen. Kun alkioita polytsygoottisen polyembryonismia tuloksena kuitenkin syntyy useita, joista osa on itse- ja osa vierashedelmöityksestä lähteneitä, joutuvat useimmat itsehedelmöityksalkiot sekä muutkin defektien geenien suhteen homotsygoottiset alkiot alkioiden välisessä kilpailussa alakynteen, ja vain jokin vierashedelmöityksalkioista jää lopulta jäljelle.

Monotsygoottisen polyembryonismia merkitystä ei ole varmuudella selvitetty, mutta oletetaan polytsygoottisten alkioiden välisen kilpailun ratkeavan sen vaikutuksesta nopeammin kuin ilman sitä (SARVAS 1962). Yleisesti ottaen on ilmeistä, että polyembryonismi ja sen vaikutuksesta syntyvä alkioiden välinen kilpailu saa geneettisen valinnan luonteen.

Alkiokuolleisuudella tarkoitetaan alkion kuolemista omaan kehityskelvottomuuteensa. Mikäli siemenaiheessa tapahtuu sekä itse- että vierashedelmöitystä, on mahdollista, että itsehedelmöityksen haitalliset vaikutukset katoavat sen kautta syntyneiden alkioiden jäädessä alakynteen alkioiden välisessä kilpailussa. Jos kuitenkin itsehedelmöityksen osuus on suuri ja pölytys yleensä on niukkaa, ei kilpailua synny, vaan tyhjäsiemensadannes todennäköisesti kasvaa alkiokuolleisuuden johdosta.

Tutkitut siemennäytteet ovat valtaosaltaan metsiköistä, joissa itsepölytyksen todennäköisyys on ilmeinen. On sen vuoksi luultavaa, että yhtenä syynä varsin runsaan tyhjäsiemensadanneksen muodostumiseen on ollut pölyttymättä jäämisen lisäksi itsehedelmöitys ja sen seurauksena syntynyt alkiokuolleisuus. Tutkittujen mäntylajien kohdalla on alkiokuolleisuus ilmeisesti ollut tärkein syy tyhjän siemenen muodostumiseen, koska niiden kohdalla ei pölyttymättömästä siemenaiheesta muodostu edes tyhjää siementä. *Picea*-sukuun kuuluvien lajien kohdalla jaettiin tyhjät siemenet ennen ja jälkeen hedelmöityksen kuolleisiin (taul. 4). Hedelmöityksen jälkeen tapahtuneeseen siemenen kuolemiseen lienee tärkeimpänä syynä ollut juuri itsehedelmöityksestä johtunut alkiokuolleisuus.

43. Hyönteis- ja sienituhot

Erilaiset hyönteis- ja sienituhot vaikuttavat oleellisesti metsäpuiden siemensadon määrään ja laatuun. Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa selvitettiin hyönteistuhojen vaikutusta siemensadon laatuun ainoastaan siemenistä otettujen röntgenkuvien avulla; sienituhojen vaikutus jäi kokonaan selvittämättä.

SIMAK (1955) on tutkiessaan kuusen (*Picea abies*) siemenen hyönteistuhojen määrittämistä röntgenkuvien avulla jakanut siemenet kahteen ryhmään seuraavasti: a) toukka on vielä siemenen sisällä ja b) toukka ei enää ole siemenessä. Mikäli toukka vielä on siemenessä, on tuhon havaitseminen ja lajin määrittäminen helppoa, mutta jos toukka on jo ehtinyt jättää siemenen, tuottaa jo pelkkä tuhon havaitseminen joskus vaikeuksia.

Tutkituissa siemenissä todettiin useiden *Abies*-sukuun kuuluvien lajien siemenissä hyönteistuhoja; niiden lisäksi ainoastaan *Picea Engelmanni* oli kärsinyt hyönteisten aiheuttamista siementuhoista. Taulukkoon 5 on koottu tiedot havaituista hyönteistuhoista. Mainittakoon, että hyönteistuhojen vaikutus on jo aikaisemmin laskettu mukaan esitettyihin tyhjäsiemensadanneksiin.

Molemmat havaitut hyönteislajit, *Megastigmus* spp. ja *Plemeliella abietina* SEITN., olivat sellaisia, joiden toukka vielä oli siemenen sisällä. Mainituista la-

Taulukko 5. Havaitut hyönteistuhot.
Table 5. Insect damages encountered.

Puulaji Tree species	Näyte N:o Sample no.	Hyönteislaji Insect species	Siemeniä, joissa tuhoja, % Percentage damaged seeds
<i>Abies</i>			
<i>amabilis</i>	2	<i>Megastigmus</i> spp.	3
<i>balsamea</i>	1	»	6
»	2	»	26
<i>holophylla</i>	2	»	3
<i>lasiocarpa</i>	1	»	1
»	2	»	34
<i>nephrolepis</i>		»	20
<i>sachalinensis</i>	1	»	6
»	2	»	2
<i>Veitchii</i>	1	»	8
<i>Picea</i>			
<i>Engelmanni</i>	1	<i>Plemeliella abietina</i>	6

jeista on *Plemeliella abietina* Suomessa harvinaisempi. Sen toukka viettää eräiden tutkijoiden mukaan jopa kolme vuotta siemenen sisällä (SAALAS 1949). *Megastigmus*-lajit, erityisesti *Megastigmus Grönblomi* KANGAS, ovat Suomessa aiheuttaneet pihtakuusen (*Abies sibirica*) kohdalla huomattaviakin siementuhoja. Englantilaisten tutkijoiden mukaan (FORESTRY COMMISSION 1954) ovat *Megastigmus*-lajien tuhot yleisiä mm. *Abies*-, *Larix*-, *Picea*- ja *Pseudotsuga*-lajien siemenissä. Tuhoja on todettu sekä Englannissa kasvaneiden puiden siemenissä että Englantiin tuodussa vieraassa siemenessä.

Siementuhoista ulkomaisten puulajien kävyissä Suomessa ei paljon tiedetä. KUJALA (1950) toteaa, että vaikka tunnetaankin koko joukko näiden puulajien runkoa, versoja ja lehtiä tuhoavia sienilajeja, ei käpytuhoja ole havaittu. Esim. kotimaisella kuusella yleisesti esiintyvät ruostetaudit eivät näytä aiheuttavan tuhoja ulkomaisissa *Picea*-lajeissa.

5. Täysi siemen ja sen tuleentuminen

Tutkimuksessa käytetyn luokittelun mukaisesti on siemenet, joissa endospermi vielä on havaittavissa siinä määrin, että sen keskellä erottuu alkio-ontelo, luettu täysiin siemeniin kuuluviksi, vaikka niistä olisikin alkio myöhemmissä kehitysvaiheissa kuollut. Taulukossa 6 on kuvattuna sellaisten täysiin siemeniin luettujen siementen määrä, joista alkio on kuollut.

Taulukkoa tarkasteltaessa havaitaan, että eräiden *Larix*-sukuun kuuluvien lajien kohdalla on varsin suuri osa täysistä siemenistä sellaisia, joista alkio on kuollut. Syitä alkioiden kuolemiseen ei tässä tutkimuksessa selvitetty, joten niiden tarkastelu perustuu olettamuksiin.

Taulukko 6. Alkiokuolleisuus täysien siementen kohdalla.
Table 6. Embryo mortality in full seeds.

Puulaji Tree species	Näyte N:o Sample no.	Siemeniä, joissa alkio kuollut, % ¹ Seeds in which embryo has died, per cent ¹	Täysiä siemeniä, % Percentage full seeds
<i>Abies</i>			
<i>sachalinensis</i>	2	4	28
<i>Chamaecyparis</i>			
<i>pisifera</i>		8	24
<i>Larix</i>			
<i>decidua</i>	1	15	63
»	2	10	41
<i>Gmelini</i> var. <i>japonica</i>	2	17	12
<i>leptolepis</i>	1	69	32
»	2	27	29
<i>leptolepis</i> × <i>sibirica</i>		67	24
<i>sibirica</i>	1	97	41
»	2	39	63
»	3	12	60
<i>Picea</i>			
<i>Glehnii</i>		5	40
<i>jezoensis</i>		3	74
<i>mariana</i>		7	56
<i>Pinus</i>			
<i>koraiensis</i>		2	85
<i>Peuce</i>		3	64
<i>Tsuga</i>			
<i>canadensis</i>		18	11
<i>diversifolia</i>		3	29

¹ % täysien siementen määrästä — per cent of the number of full seeds.

Itsehedelmöityksen seurauksena tapahtuva alkiokuolleisuus tapahtuu yleensä varsin pian hedelmöityksen jälkeen. Siemenissä, joissa endospermi on täydellisesti tai lähes täydellisesti kehittynyt, mutta joista alkio on kuollut, on alkioiden tuhoutumisen pääsyynä tuskin itsehedelmöityksen tuloksena syntyneiden alkioiden kehityskelvottomuus. Syitä on pikemminkin etsittävä ulkoisista tekijöistä. Todennäköisiä syitä ovat itsehedelmöityksen lisäksi kuivuus (poikkeuksellisen kuiva sää, kävyn organologisen aseman sanelema aliravitsemus tai hyönteis- ja sienituhojen aiheuttama ravinnereittien katkeaminen) sekä alkion hidas kehittyminen liian alhaisen kesälämpötilan vuoksi.

Siemenet, joiden alkio-ontelossa oli enemmän tai vähemmän kehittynyt alkio, jaettiin kolmeen luokkaan (luokittelun luokat II—IV) sen mukaan, oliko alkion pituus korkeintaan puolet siemenontelon pituudesta, oliko sen pituus korkeintaan 2/3 siemenontelosta vai täyttikö alkio siemenontelon kokonaan tai lähes kokonaan. Siemeniä, joissa olisi ollut enemmän kuin yksi alkio, ei tutkittujen siementen joukossa havaittu.

Taulukko 7. Tuleentumisaste.
Table 7. Degree of ripening.

Puulaji Tree species	Näyte N:o Sample no.	Lämpösumma käpyjä kerät- täessä (d.d.) Temperature sum (d.d.) at the date of cone collecting	Tuleentumisaste Degree of ripening			Alkiollisia siemeniä Seeds with embryo	
			II	III	IV	kpl number	% kaikista per cent of all
			% alkiollisista siemenistä per cent of seeds with embryo				
<i>Abies</i>							
<i>alba</i>		1258.0	4	13	83	23	23
<i>amabilis</i>	2	..	—	—	100	36	36
<i>balsamea</i>	1	1175.7	—	6	94	33	66
»	2	1024.6	—	17	83	6	12
<i>concolor</i>		1258.0	6	—	94	31	31
<i>koreana</i>	2	1239.2	—	—	100	24	24
<i>lasiocarpa</i>	1	1173.5	3	14	83	29	29
<i>Mariesii</i>		1258.0	—	—	100	1	2
<i>Nordmanniana</i>		1180.7	—	—	100	1	1
<i>sachalinensis</i>	2	1195.3	—	19	81	27	27
<i>sibirica</i>	1	1221.6	4	—	96	23	23
<i>Veitchii</i>	2	1251.1	—	5	95	40	40
<i>Chamaecyparis</i>							
<i>pisifera</i>		1258.0	—	27	73	11	22
<i>Larix</i>							
<i>americana</i>		1024.6	—	25	75	4	8
<i>decidua</i>	1	1327.7	—	26	74	80	53
»	2	1024.6	12	54	34	56	37
<i>Gmelini</i>	1	1327.7	—	—	100	2	4
»	2	1024.6	—	—	100	4	8
<i>Gmelini</i> var. <i>japonica</i> ..	1	1327.7	—	20	80	5	10
» » ..	2	1024.6	—	20	80	5	10
<i>leptolepis</i>	1	1327.7	7	27	67	15	10
»	2	1024.6	9	81	9	32	21
<i>leptolepis</i> × <i>sibirica</i> ..		1024.6	25	50	25	4	8
<i>occidentalis</i>		1024.6	—	8	92	12	24
<i>sibirica</i>	1	1327.7	—	50	50	1	1
»	2	1024.6	12	62	26	58	39
»	3	1024.6	1	37	62	71	53
<i>Picea</i>							
<i>Engelmanni</i>	1	..	—	—	100	3	6
<i>Glehnii</i>		1231.7	5	26	68	19	38
<i>jezoensis</i>		1227.2	—	17	83	36	72
<i>mariana</i>		1024.6	—	12	88	26	52
<i>sitchensis</i>		1173.5	3	3	94	35	70
<i>Pinus</i>							
<i>koraiensis</i>		1173.5	59	41	—	124	83
<i>Peuce</i> .....		..	—	13	87	31	62
<i>Pseudotsuga</i>							
<i>taxifolia</i>		1175.7	—	23	77	22	44
<i>Thuja</i>							
<i>koraiensis</i>		1239.2	—	—	100	2	4
<i>occidentalis</i>		1024.6	4	11	85	27	54
<i>Tsuga</i>							
<i>canadensis</i>		1306.1	50	36	14	14	9
<i>diversifolia</i>		1306.1	7	14	79	28	28

Taulukkoon 7 on koottu tulokset täysien siementen tuleentumisesta. Koska lämpötila on ratkaisevan tärkeä tekijä tuleentumistapahtumalle, on taulukkoon merkitty myös käpyjen keräyspäivän lämpösumma asianomaisella paikalla (Ruotsinkylän ja Solbölen koeasemat ja Tuomarniemen metsäopisto). Lämpösumman laskemiseen tarvittavat lämpötilat on mitattu 2 m:n korkeudelta maasta, joten niiden antamat arvot ovat ilmeisesti jonkin verran alhaisempia kuin latvuserroksissa samaan aikaan vallinneet. Lämpösummat on laskettu käyttäen +5°C kynnysarvoa seuraavan kaavan mukaan:

$$d.d. + 5^{\circ}C = \sum_{1}^{n} (t_m - 5^{\circ}C),$$

jossa d.d. +5°C (degree days) on lämpösumma käytettäessä kynnysarvoa +5°C, n niiden päivien määrä, jolloin keskilämpötila on ollut korkeampi kuin +5°C ja t_m näiden päivien keskilämpötila.

Useimpien puulajien kohdalla näyttävät alkiolliset siemenet tuleentuneen varsin hyvin. *Abies*-, *Picea*- (lukuunottamatta *Glehnii* kuusta, *Picea Glehnii*) ja *Thuja*-sukujen tutkituilla lajeilla on yli 80 % alkiollisista siemenistä tuleentunut niin hyvin, että tuleentumista on pidettävä täydellisenä. Joidenkin muiden lajien kohdalla näyttää kasvukauden lämpö kuitenkin loppuneen selvästi kesken. Erityisesti näyttää näin käyneen Korean sembran (*Pinus koraiensis*) ja Kanadan hemlokin (*Tsuga canadensis*) kohdalla.

Eräiden puulajien kohdalla näyttää siemenen tuleentuminen jopa yllättävän hyvältä. Esimerkiksi *Abies alba* siemenen tuleentumisastetta on pidettävä varsin korkeana, koska kyseinen puulaji ei yleensä menesty edes Etelä-Suomessa; Solbölen kokeilualueellakin se on kerran paleltunut maata myöten. Näyttää siis siltä, että joidenkin puulajien kohdalla on puiden talvenkestävyydelle asetettu kovemmat vaatimukset kuin niiden siemenen tuleentumiselle; tämä merkitsisi sitä, että mikäli ne kestävät Suomen talven, ovat kasvuolosuhteet täällä kyllin hyvät myös niiden siemenen tuleentumiselle.

Verrattaessa saman puulajin eri paikkakunnilla tuottaman siemenen tuleentumisastetta on havaittavissa, että mikäli puulaji on kotoisin Suomea keskimäärin lämpimämmältä alueelta, on sen siemenen tuleentumisaste Suomessa korkeampi kasvupaikalla, jonka lämpösumma on suurempi.

Vuosien 1962—1964 lämpöoloista voidaan erityisesti todeta, että kunkin vuoden lämpösumma on ollut prosentteina 20 edellisen vuoden keskimääräisestä vuotuisesta lämpösummasta seuraava:

Havaintopaikka	Lämpösumma % 20 edellisen vuoden keskiarvosta		
	1962	1963	1964
Tuomarniemi	80	113	92
Hanko (vrt. Solböle)	85	111	97

Vuonna 1964, jolloin tutkittu siemen pääosiltaan tuleentui, oli kasvukauden lämpösumma jonkin verran keskimääräistä alhaisempi. Siten saattavat siemenet, joiden tuleentumisen kannalta lämpö kyseisenä vuonna loppui kesken, vuosina, jolloin kasvukauden lämpösumma on normaali tai normaalia korkeampi, tuleentua täydellisemmin. Kasvukauden lämpö oli vuonna 1964 käytetty miltei kokonaan hyväksi käpyjen keräyksen ajankohtaan mennessä (koko kasvukauden lämpösumma Solbölessä 1 327.7 ja Tuomarniemellä 1 030.2 d.d.).

Nyt suoritettussa tutkimuksessa käytettiin siementen luokittelun perusteena niiden anatomista rakennetta. Kuitenkin on myös siementen kokoa ja painoa pidettävä tärkeinä laatutunnuksina; suuri koko ja paino ovat yleensä osoitukseksi hyvästä siemenlaadusta. Siementen painoa ei tässä tutkimuksessa mitattu. Siementen kokoa tarkkailtiin ainoastaan tyhjän siemenen kohdalla, koska pölyttymättömät siemenet ovat tavallisesti pölyttyneitä pienempiä.

6. Yhdistelmä päätuloksista

Jo aiemmin on todettu, että tutkimuksen tuloksia on pidettävä ainoastaan suuntaa antavina. Kuitenkin näyttää ilmeiseltä, että tutkimuksen perusteella voidaan tehdä joitakin merkittäviä johtopäätöksiä.

Tutkitun siemenen tyhjäsiemensadannes oli kauttaaltaan varsin korkea. Tyhjän siemenen muodostumisen syyt juontanevat juurensa niiden metsiköiden luonteeseen, joista tutkittu siemen kerättiin. Metsiköt olivat säännöllisesti pieni-alaisia ja nuoria. Todennäköiset syyt tyhjän siemenen suureen osuuteen lienevät olleet metsiköiden pienestä koosta ja nuoruudesta johtunut heikko pölytys ja itse-pölytyksen suuri osuus, joka on johtanut alkiokuolleisuuteen. Oma osuutensa tyhjän siemenen muodostumiseen oli myös hyönteistuholla.

Siemeniä, joista alkio oli kuollut mutta joissa vielä oli siemenvalkuainen havaittavissa, oli jonkin verran, eräillä *Larix*-suvun lajeilla jopa valtaosa täysiin siemeniin luetuista siemenistä. Syitä alkion kuolemiseen myöhäisellä kehitystasolla lienee haettava lähinnä vallinneista ulkoisista olosuhteista.

Mitä taas tulee alkiollisten siementen tuleentumiseen, oli se yleisesti ottaen varsin hyvin tapahtunutta, vaikka tuleentumisvuoden lämpösumma oli jonkin verran keskimääräistä alhaisempi. Esimerkiksi kaikkien tutkittujen *Abies*-suvun lajien alkiollinen siemen oli tuleentunut lähes täydellisesti.

Tutkimuksen tulosten perusteella näyttää siltä, että mikäli siemenaiheet pölytyvät hyvin eikä itsehedelmöityksen osuus nouse suureksi, voidaan Suomenkin oloissa odottaa tutkittujen puulajien kohdalla runsasta ja hyvälaatuista siemensatoa. Erityisesti on merkille pantavaa, että vaikka tutkimuksen tuloksia ei voidakaan yleistää koko Suomea koskeviksi, näyttävät ainakin Etelä-Suomen olosuhteet tarjoavan useiden ulkomaisten puulajien siemenelle mahdollisuudet erittäin hyvään tuleentumiseen.

Tutkimus on tehty laudaturtyönä metsätutkintoa varten. Aiheen työhöni olen saanut professori RISTO SARVAKSELTA, jonka antamat arvokkaat neuvot ovat myös auttaneet minua

viemään työni päätökseen. Pyydänkin saada esittää hänelle parhaat kiitokseni. Työni on tarkastanut myös professori PAAVO YLI-VAKKURI, jolle haluan samoin esittää kiitokseni. Osoitan kiitokseni myös Tuomarniemen metsäopiston johtajalle KAUKO LEIWOLLE hänen avustaan tutkimusaineistoa kerättyä. Kiitän myös fil.maist. ERKKI ANNILAA, joka on suorittanut siemenissä tavattujen hyönteisten lajimäärityksen, sekä metsänhoitaja REINO SAARNIOTA, joka on asettanut käyttööni perusteellisen metsätutkimuslaitoksen kokeilualueiden tuntemuksensa.

Kirjallisuutta

- Forestry Commission*. 1954. Megastigmus Flies Attacking Conifer Seed. Leaflet 8. West Bromwich.
- HEIKINHEIMO, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 17: 3.
- 1938. Metsäpuiden siementämiskyvystä II. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 24: 4.
- 1949. Metsäpuiden siementämiskyvystä III. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 35: 3.
- 1956. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 46: 3.
- KUJALA, V. 1927. Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 12.
- 1950. Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 38: 4.
- MÜLLER-OLSEN, C. — SIMAK, M. 1955. X-ray photography employed in germination analysis of Scots Pine. *Medd. Stat. Skogsf. anst.* 44: 6.
- SAALAS, U. 1949. Suomen metsätuhohyönteiset sekä muut metsälle vahingolliset ja hyödylliset eläimet. Porvoo.
- SARVAS, R. 1955. Investigation into the flowering and seed quality of forest trees. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 45: 7.
- 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus Silvestris*. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 53: 4.
- 1964. Havupuut. Porvoo-Helsinki.
- 1965. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea Abies*. *Moniste*. Helsinki.
- SIMAK, M. 1955. Bestämning av insektskador på granfrö medelst röntgenfotografering. *Medd. Stat. Skogsf. anst.* 41.
- 1958. The X-ray contrast method for seed testing. Scots Pine — *Pinus Silvestris*. *Medd. Stat. Skogsf. anst.* 47: 4.
- TENHOLA, J. 1960. Tutkimuksia pihtakuudesta (*Abies sibirica*) ja sen luontaisesta uudistumisesta. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa.

SUMMARY:

STUDIES ON THE QUALITY OF SEED YIELDS IN SOME FOREIGN TREE SPECIES IN FINLAND

The aim of the present study is to elucidate the quality of seed of foreign tree species grown in Finland. At the same time factors which have affected the quality of the seed yields are dealt with. Due to the smallness of the study material, however, no far-reaching conclusions can be drawn, but the results of the investigation ought to be considered as orientative only.

The bulk of the seeds examined was collected in the fall of 1964. From each tree species to be studied, a relatively great quantity of unsorted seeds was collected, and from these amounts the samples to be examined were picked at random. The samples were X-rayed and classification of the seeds was done on the basis of their anatomical structure as shown by the X-ray pictures.

The classification employed was as follows:

- A. Empty seeds (no albumen).
- B. Full seeds (albumen visible).
 - I. The embryo has died so early that nothing can be seen of it. The albumen is so far discernible that the remnants of the embryo cavity can be seen in its middle as a more or less dark shadow.
 - II. The seed has one or several embryos, but not one of them exceeds half of the embryo cavity in length.
 - III. The seed has one or several embryos of which the longest exceeds half of the embryo cavity in length, however, being shorter than $2/3$ of it.
 - IV. One embryo fills up the embryo cavity completely or almost entirely.

In addition, in the group of empty seeds those were separated in which insect damage was observed.

With respect to the classification used here, attention ought to be given to the fact that the division into empty and full seeds is based on the absence or presence of albumen. Thus, the group of full seeds also includes ungerminated seeds in which the embryo has already died, but the albumen can still be seen.

The percentage of empty seeds of the seeds examined (Table 3) was throughout quite high. The reasons for the generation of empty seeds probably derive their origin from the special nature of the stands from which the seeds were collected (Table 1). As a rule the stands were young and small in area. The probable reasons for the large proportion of empty seeds were weak pollination due to the smallness of the stands and the great degree of self-pollination which has caused embryo mortality. Also insect damages have their part in the generation of empty seeds (Table 5).

Seeds with the albumen still discernible, although the embryo had died, occurred to some extent. In some *Larix* species, even the bulk of the seeds recorded as full seeds belonged in this group (Table 6). Reasons for the death of the embryo at later stages of development can probably be found primarily from the external conditions prevailing.

With regard to the ripening of seeds with embryos, the general observation could be made that this process was quite successful in spite of the fact that the temperature sum of the year of ripening was slightly below medium. For instance, the seeds with embryos in all *Abies* species examined ripened almost completely (Table 7).

On the basis of the results of the study it can be expected that the tree species which were examined are able to produce rich yields of seed of good quality even under the conditions prevailing in Finland, provided that the ovules are well pollinated and selfpollination does not take place to a large extent. Especially noteworthy is the fact that — even if the results of the study cannot be generalized as to concern the whole of Finland — at least the conditions prevailing in southern Finland seem to offer the seeds of foreign tree species good possibilities for successful ripening.