



Eira-Maija Savonen

Eira-Maija Savonen

## Paakkuihin kylvettyjen kuusen siementen stratifiointi: vaikutus siementen itävyyteen ja itämisnopeuteen

**Savonen, E-M.** 1998. Paakkuihin kylvettyjen kuusen siementen stratifiointi: vaikutus siementen itävyyteen ja itämisnopeuteen. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 1/1998: 5–14.

Tutkimuksessa selvitettiin, miten valmiiksi kylvettyjä ja kasteltuja kennoarkkeja kylmiössä säilyttämällä aikaansaatu siementen stratifiointi vaikuttaa kuusen siementen itävyyteen ja itämisnopeuteen. Mukana oli neljä pohjoista metsikkösiemenerää ja kaksi siemenviljelysiemenerää. Metsikkösiemeneristä vanhin oli ollut varastossa 24 vuotta ja muut kolme, samoin kuin toinen siemenviljelysiemeneristä, 5 vuotta. Lisäksi mukana oli vuonna 1993 tuleentunut siemenviljelysiemenerä. Metsikkösiemenet eivät olleet anatomisesti täysin tuleentuneita.

Tulosten mukaan kuusen siemenet voidaan stratifioida paakkuihin kylvettyinä. Kaikissa siemenerissä stratifioidut siemenet itivät nopeammin kuin kontrollisiemenet. Stratifioitujen ja kontrollisiementen välinen ero itäneiden siementen määrässä oli suurimmillaan noin 10 vuorokauden kuluttua kasvatuksen aloittamisesta. Stratifiointi paransi itävyyttä kasvihuoneessa molemmissa siemenviljelysiemenerissä ja kahdessa metsikkösiemenerässä. Pitkään varastoituna olleen metsikkösiemenerän itävyys puolestaan heikkeni huomattavasti.

Asiasanat: kuusi, *Picea abies*, siemenen käsittely, stratifiointi

Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironientie 54, 39700 Parkano. Faksi 03-443 51, sähköposti eira-maija.savonen@metla.fi

Hyväksytty 6.2.1998

## 1 Johdanto

Hyvin tuleentuneet, hyvälaatuiset kuusen siemenet itävät nopeasti ja samanaikaisesti; laboratorio-oloissa suuri osa jo ensimmäisen viikon aikana. Kasvihuoneessa itäminen on hitaampaa, mutta sielläkin lähes kaikki hyväkuntoiset siemenet itävät muutamana viikon sisällä kylvöstä. Käytettäessä korkealaatuista siementä voidaan tehdä yksisiemenkylvö. Yleensä siementen heikon itävyyden takia samaan paakkuun kylvetään useita siemeniä. Ylimääräiset sirkkataimet harvennetaan noin 2,5–3 viikon kuluttua kasvatuksen aloituksesta. Vajaasti tuleentuneet tai muusta syystä huonolaatuiset siemenet itävät epätasaisesti ja hitaasti. Usein tällaisilla siemenillä kylvettyihin paakkuihin ilmestyy runsaasti uusia sirkkataimia vielä harvennuksen jälkeenkin, jolloin paakut joudutaan harventamaan toiseen kertaan. Tämä lisää taimien kasvatuskustannuksia.

Jotta jokaiseen paakkuun saataisiin taimi mahdollisimman pienellä siemenmäärällä, huonosti itävää siemenettä pyritään parantamaan erilaisten esikäsittelyjen avulla. Siementen mekaaninen lajittelu lisää itävyyttä, jos siemenessä on runsaasti tyhjiä ja pienikokoisia siemeniä. Käpyjen karistuksen, lenninsiipien poiston ja siementen puhdistuksen aikana rikkoutuneet siemenet voidaan poistaa ns. PREVAC menetelmällä (Lestander ja Bergsten 1985, Bergsten ja Wiklund 1987). Myös kuolleet siemenet saadaan lajiteltua pois siemenestä (Simak 1981, Simak ym. 1985). Sen jälkeen kun siemenestä on poistettu tyhjt, rikkinäiset ja kuolleet siemenet, voidaan jäljellejäävien siementen elinvoimaisuutta vielä lisätä eri menetelmin. Monet näistä menetelmistä perustuvat siementen vedenottoon. Joidenkin siemenerien itäminen nopeutuu, kun siemenet upotetaan veteen vajaaksi vuorokaudeksi ennen kylvämistä (Karlberg 1953, Bergman 1959). Siementen vesipitoisuus voidaan säätää tietylle tasolle käyttämällä esimerkiksi polyetyleeniglykolia, jolloin saadaan aikaan siementen nopea ja yhtäaikainen itäminen (esim. Simak ym. 1984). Ruotsissa kehitettiin 80-luvulla männyn ja kuusen siementen elinvoimaisuutta lisäävä menetelmä, jossa siementen vesipitoisuus kohotetaan 30 %:iin, ja siemeniä pidetään ilmaa ja vesihöyryä, mutta ei vesipisaroita läpäisevällä kalvolla suljetussa sylin-

terissä + 15 °C lämpötilassa muutamien viikkojen ajan (Bergsten 1987). Menetelmästä on saatu hyviä kokemuksia (Downie ym. 1993).

Useiden havupuulajien siementen on todettu hyötyvän stratifioinnista eli kosteiden siementen kylmäkäsittelystä. Stratifiointi purkaa siemenissä mahdollisesti olevan siemenhorroksen ja nopeuttaa itämistä. Stratifiointi lisää myös kuusen siementen itämisnopeutta, mutta vaikutus itäneiden siementen määrään on vaihteleva (Jensen ym. 1967, Gosling ja Peace 1990).

Siemenet stratifioidaan yleensä kosteaan väliaineeseen, esimerkiksi turpeeseen tai hiekkaan upotettuina (Wang ja Pitel 1991). Kosteat, stratifioidut siemenet voidaan joko kylvää heti tai kuivata uudelleen lyhytaikaista varastointia varten. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, voidaanko kuusen siemenet stratifioida vasta paakkuihin kylvön jälkeen ja miten valmiiksi kylvettyjä kennoarkkeja kylmiössä säilyttämällä aikaansaatua stratifioituminen vaikuttaa kuusen siementen itämiseen.

## 2 Aineisto ja menetelmät

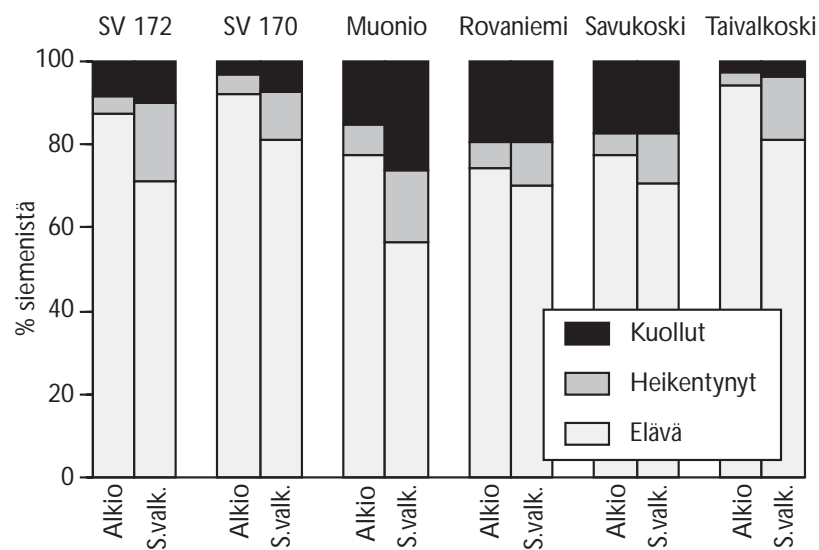
### 2.1 Siemenet

Aineistona oli kaksi siemenviljelysiemenettä ja neljä pohjoista alkuperää olevaa metsikkösiemenettä (taulukko 1). Siemenviljelyksen nro 170 kloonit ovat peräisin Kainuun–Peräpohjolan alueelta ja nro 172 Kaakkois- ja Etelä-Suomesta (Metsäpuiden siemenviljelykset 1978). Pisimpään varastossa ollut metsikkösiemenettä oli tuleentunut vuonna 1970. Siementen tuleentumisaste määritettiin röntgenkuvaamalla kustakin siemenestä 400 siementä metsähallituksen Pataman karistamalla. Siemenen anatominen potentiaali, joka kuvaa siemenen tuleentumisasteen mukaista mahdollisuutta itää, lausuttiin käyttämällä Simakin (1980) kehittämää kaavaa, joka oli muutettu pohjoiselle siemenelle sopivaksi (Lestander 1987). Siemenien itävyys vaihteli 58:stä 93:een prosenttiin. Kummatkin siemenviljelysiemenet olivat hyvin tuleentuneita. Tästä huolimatta siemenviljelyksen nro 170 siemen oli huonosti itävää. Muoniolainen metsikkösiemen itäi lähes tuleentumisastettaan vastaavalla tavalla vielä 13 vuo-

**Taulukko 1.** Siementen alkuperät, siemenerien tunnukset, siementen tuhatjyvápaino, itävyys, anatominen potentiaali ja rikkinäisten siementen osuus.

Alkuperä	Tunnus	Tuleentumis- vuosi	Tuhatjyvápaino g <sup>a</sup>	Itävyys % <sup>a</sup>	Anatominen potentiaali %	Pahasti rikkoutuneita %	Lievästi rikkoutuneita %
Sv 172	M29930005	1993	5,0	93	89	0,8	7,5
Sv 170	M29890160	1989	5,2	61	94	11,5	5,0
Muonio	M09700037	1970	4,7	81	84	1,2	2,2
Rovaniemi	M24890267	1989	3,8	61	69	3,8	20,5
Savukoski	M24890291	1989	3,5	58	62	5,3	21,0
Taivalkoski	M24890068	1989	3,4	73	82	9,1	13,9

<sup>a)</sup> Karistamon ilmoituksen mukaan

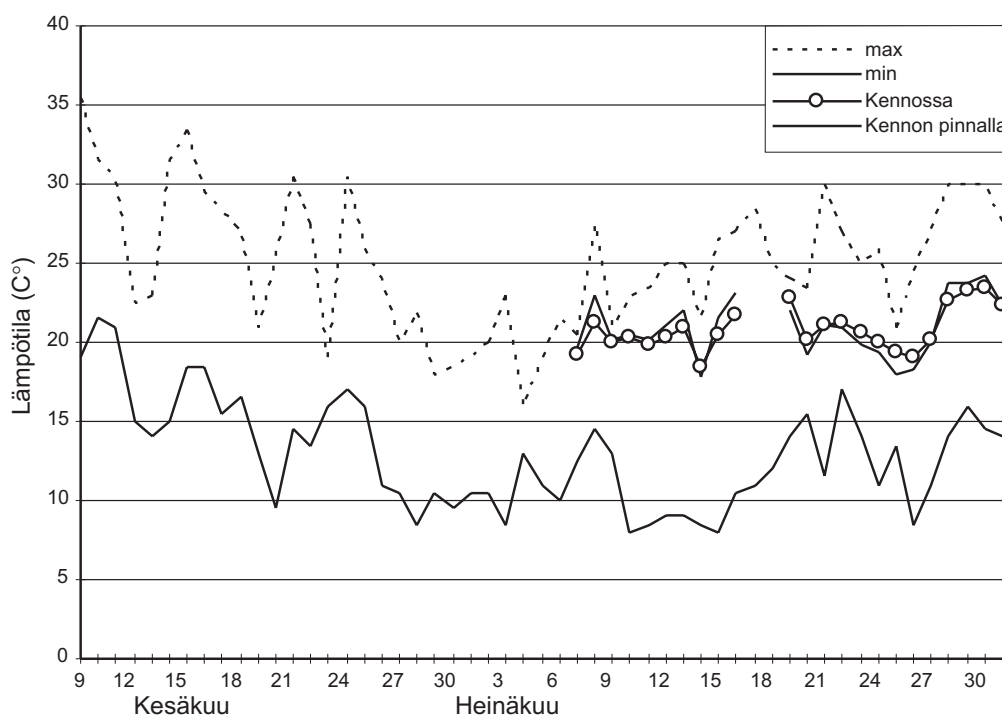


**Kuva 1.** Elävien, heikentyneiden ja kuolleiden alkioiden ja siemenvalkuaisten osuus eri siemenerissä.

den pituisen varastoinnin jälkeen (taulukko 1).

Rikkinäisten siementen osuus määritettiin röntgenkuvaamalla kloroformihöyryssä pidettyjä siemeniä (Sahlén 1986). Pahoin rikkoutuneiksi tulkittiin siemenet, joiden pinnasta yli neljäsosa näkyi röntgenkuvassa valkoisena, läpinäkymättömänä alueena. Lievästi rikkoutuneissa siemenissä valkoinen alue oli pienempi, tai siemenessä oli valkoisia täpliä tai pisteitä. Tutkituissa siemenerissä oli paljon rikkinäisiä siemeniä (taulukko 1). Pahimmillaan noin neljäsosa siemenistä oli vaurioitunut. Rovaniemen alkuperää olevassa siemenerässä oli lisäksi mekaanisesta lajittelusta huolimatta runsaasti (13 %) tyhjiä siemeniä.

Kuolleiden ja heikentyneiden siementen määrän toteamiseksi tehtiin tetrazolium-testi, jossa väriliuos ajettiin alipaineen avulla siemeniin (International rules .... 1993, Savonen 1995). Siemenvalkuaisen ja alkion solukkojen värjäytyminen arvioitiin erikseen, koska mahdollisten vaurioiden sijainti haluttiin saada tarkasti selville. Kuolleita alkioita ja siemenvalkuaisia oli eniten Rovaniemen, Savukosken ja Muonion alkuperien siemenissä (kuva 1). Sen sijaan siemenviljelykseltä nro 170 kerätyistä siemenistä suurin osa oli elossa, vaikka siementen itävyys oli alhainen.



Kuva 2. Vuorokauden maksimi- ja minimilämpötilat kasvihuoneessa sekä vuorokautiset keskilämpötilat kennon pinnalla ja turpeessa.

## 2.2 Stratifiointi ja idätysolot taimitarhalla

Stratifioitavat siemenet kylvettiin kasvuturpeella täytettyihin PS 608 paperikennoihin 11.5.1995 Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimus-asemalla. Kennoarkit oli kasteltu niin, että turpeen vesipitoisuudeksi tuli keskimäärin 67 %. Kuhunkin kennoon kylvettiin neljä siementä. Kylvökset peitettiin ohuella kuivalla sahanpurulla, joka sen jälkeen kasteltiin kevyesti. Kullakin siemenellä kylvettiin kolme 45 kennon toistoa. Kutakin siemen-erää kylvettiin yhteensä 540 siementä/käsittely. Kylvetyt kennoarkit siirrettiin kylmiöön, jossa lämpötila vaihteli +3–+5 °C välillä. Kennoarkit olivat päällekkäin pinottuina pimeässä kylmiössä kolme viikkoa, jonka jälkeen ne siirrettiin 9.6.1995 kasvihuoneeseen, jossa aloitettiin samana päivänä taimitarhan oma kuusen taimien kasvatus PS 608 kennoissa. Stratifioimattomat kontrollisiemenet kylvettiin vastaavasti 8.6., ja niiden kasvatus aloitettiin samassa kasvihuoneessa yhtä aikaa stratifioitu-

jen siementen kanssa. Itäneiden siementen lukumäärä/kenno laskettiin kaksi kertaa viikossa. Laskeminen aloitettiin aina samasta kennosta. Viimeinen laskenta tehtiin 31.7.1995, jolloin oli kulunut 52 vuorokautta kasvatuksen alusta.

Kasvihuoneen ilman lämpötilaa seurattiin kenno-arkkien lähelle lattialle sijoitetun termohygrografin avulla. Ensimmäisten neljän päivän aikana kasvatuksen aloituksesta termohygrografin lämpötilaa piirtävä kynä ei toiminut. Näiden päivien lämpötilat otettiin viereisen kasvihuoneen termohygrografin lukemista. Heinäkuun 7. päivästä lähtien mitattiin myös turpeen lämpötilaa kennon sisälle upotetulla anturilla. Kaksi muuta anturia oli ilman säteilysuojaa turpeen päällä.

Ensimmäiset kolme päivää kasvatuksen alusta olivat hyvin lämpimiä, vuorokauden keskilämpötila oli +24–+28 °C. Maksimilämpötila nousi kasvihuoneessa yli +30 °C:een ja minimilämpötilakin oli joinakin päivinä yli +20 °C (kuva 2). Lämmintä jaksoa seurasi muutama viileämpi päivä, jolloin

vuorokauden keskilämpötila oli +18 °C, mutta kuudennesta päivästä kasvatuksen alusta lähtien vuorokauden keskilämpötila oli uudelleen viiden päivän aikana yli +20 °C:a. Vasta kesäkuun lopulla ilma alkoi viiletä, eivätkä vuorokauden maksimilämpötilat enää nousseet yli +30 °C:een. Heinäkuulta on mittaustietoja myös turpeen lämpötilasta taimikennossa. Turpeen vuorokautinen keskilämpötila kennossa vaihteli +20 °C:een molemmin puolin. Maksimilämpötila turpeessa nousi lämpiminä päivinä lähes +30 °C:een.

### 2.3 Stratifiointi laboratoriossa

Jokaisesta siemenerästä laskettiin neljä sadan siemenen erää, jotka laitettiin kostean idätyspaperin päälle kukin omaan petrialjaansa. Kannella suljettuja petrialjoja pidettiin kolme viikkoa pimeässä kylmiössä, jonka lämpötila oli +4 °C. Idätyspaperit siirrettiin stratifioinnin päätyttyä 21.11.1995 idätyskaappiin, jossa samanaikaisesti aloitettiin kontrollisiementen idätys. Siemenet idätettiin +20°C:een lämpötilassa jatkuvassa valossa. Itäneet siemenet laskettiin 7, 14 ja 21 vuorokauden kuluttua testin aloittamisesta. Siemenet, jotka eivät olleet itäneet kolmen viikon kuluessa, avattiin ja luokiteltiin koviin/itämättömiin tai tyhjiin tai mädäntyneisiin siemeniin. Samalla arvioitiin myös siementen homehtuneisuus.

### 2.4 Tulosten analysointi

Stratifioinnin ja siemenerän vaikutus siementen itävyyteen taimitarhalla eri aikoina kasvatuksen alusta testattiin BMDP-ohjelmiston kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Parittaiset vertailut stratifioitujen ja kontrollisiementen itävyyksien välillä eri siemenerissä tehtiin Tukeyn testillä. Regressioanalyysit laskettiin Microsoftin Excel-ohjelmistolla. Prosenttiluvuille tehtiin arcsin-neliöjuuri muunnos ennen laskentaa.

**Taulukko 2.** Varianssianalyysien F-arvot ja erojen merkitsevyydet siementen itävyydessä taimitarhalla.

Vuorokautta kasvatuksen alusta	Siementen		Yhdysvaikutus df=5
	alkuperä df=5	käsittely df=1	
6	10,1 ***	50,3 ***	10,1 ***
10	106,3 ***	125,8 ***	1,5
13	125,6 ***	56,1 ***	2,9 *
17	157,3 ***	34,6 ***	8,8 ***
20	136,6 ***	22,8 ***	7,6 ***
24	132,5 ***	14,9 ***	9,2 ***
27	135,1 ***	16,4 ***	8,2 ***
31	127,1 ***	12,4 **	7,6 ***
34	127,9 ***	9,2 **	8,4 ***
38	133,3 ***	10,3 **	8,4 ***
41	135,5 ***	10,6 **	8,3 ***
45	134,2 ***	9,8 **	8,8 ***
48	129,4 ***	9,4 **	8,5 ***
52	131,9 ***	8,1 **	9,3 ***

df = vapausasteiden määrä

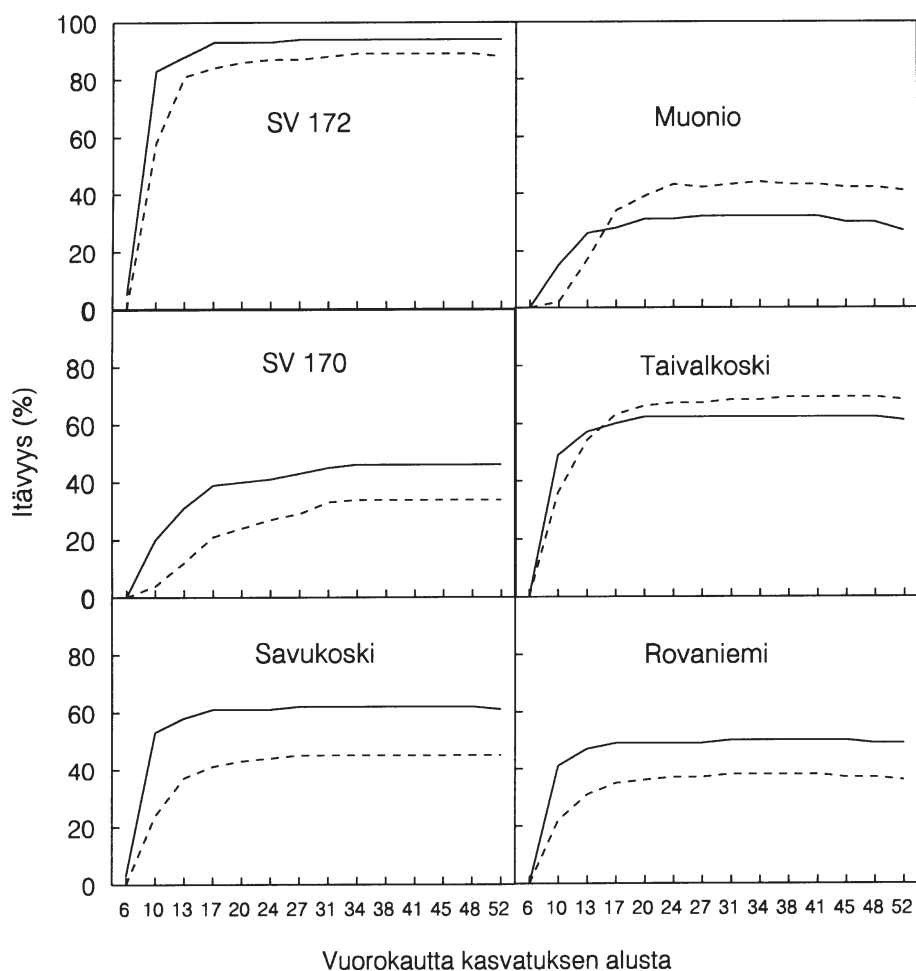
\* = 5 %:n riskitasolla tilastollisesti merkitsevä

\*\* = 1 %:n riskitasolla tilastollisesti merkitsevä

\*\*\* = 0,1 %:n riskitasolla tilastollisesti merkitsevä

## 3 Tulokset

Itäneiden siementen lukumäärä laskettiin kasvihuoneessa ensimmäisen kerran kuuden vuorokauden kuluttua kasvatuksen aloittamisesta. Yhtään kontrollisiementä ei ollut tänä aikana itänyt. Sen sijaan, lukuun ottamatta siemenviljelystä nro 170, ensimmäiset stratifioidut siemenet olivat jo aloittaneet itämisen. Varianssianalyysin tulosten mukaan stratifioinnin ja siementen alkuperän vaikutus, kuten myös alkuperän ja stratifioinnin yhdysvaikutus itävyyteen oli tilastollisesti erittäin merkitsevä jo ensimmäisen viikon kuluttua kasvatuksen alusta (taulukko 2). Seuraavien neljän vuorokauden aikana iti runsaasti myös kontrollisiemeniä (kuva 3). Kolmen metsikkösiemenerän ja siemenviljelyksen nro 172 stratifioiduista, itämiskykyisistä siemenistä iti ensimmäisten kymmenen vuorokauden kuluessa 79–89 %. Kontrollisiemenet itivät noin kolme vuorokautta myöhemmin. Siemenviljelyksen nro 170 ja muoniolaisen metsikkösiemenerän siemenet itivät muita hitaammin.



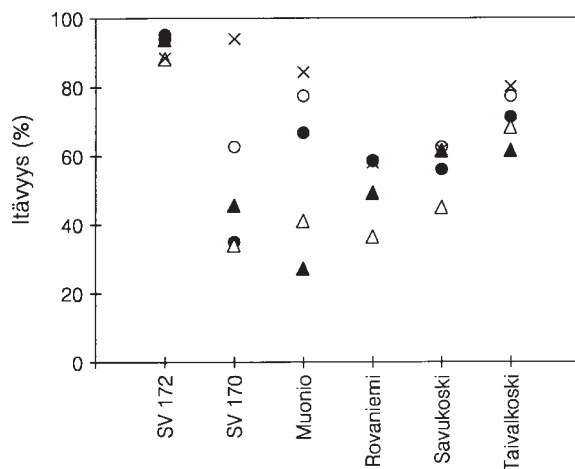
**Kuva 3.** Stratifioitujen (yhtenäinen viiva) ja kontrollisiementen (katkoviiva) itävyyden kehitys taimitarhalla.

Laboratoriokokeessa itäneiden siementen määrä laskettiin vain kolme kertaa. Myös laboratoriossa stratifioituja siemeniä iti ensimmäisen viikon aikana enemmän kuin kontrollisiemeniä (kuva 5).

Muonion, Savukosken ja Taivalkosken alkuperää olevien metsikkösiemenerien ja siemenviljelyksen nro 172 jokseenkin kaikki itämiskykyiset stratifioidut siemenet itivät 27 vuorokauden aikana kasvatuksen aloittamisesta. Myös kontrollisiementen itävyys oli jo tässä vaiheessa suuri, vaikka ensimmäiset kontrollisiemenerät saavuttivat itävyytensä maksimiarvon vasta viikkoa myöhemmin. Muutamia yksittäisiä kontrolli- ja stratifioituja siemeniä iti

vielä 1,5 kuukauden kuluttua kasvatuksen aloittamisesta. Joitakin sirkkataimia kuoli kokeen aikana. Yleensä kuolleisuus oli muutamia prosentteja. Poikkeuksena oli muoniolainen siemenerä, jossa peräti 16 % stratifioiduista siemenistä syntyneistä sirkkataimista kuoli kokeen kuluessa.

Stratifiointi lisäsi kummankin siemenviljelyksen ja kahden metsikkösiemenerän siementen itävyyttä 5–16 %-yksikköä taimitarhalla (kuva 4). Vain Savukosken alkuperässä stratifiointi paransi tilastollisesti merkitsevästi ( $p > 0,05$ ) kokeen lopussa mitattua siementen itävyyttä. Taivalkoskelaisessa siemenerässä stratifioitujen siementen itävyys jäi jon-



**Kuva 4.** Kontrolli (valkoinen merkki) ja stratifioitujen (musta merkki) siementen itävyys taimitarhalla (▲) ja laboratoriossa (●) kokeen lopussa sekä anatominen potentiaali (×).

kin verran pienemmäksi kuin kontrollisiementen. Myös pitkään varastoituna olleet muoniolaista alkuperää olevat siemenet olivat kärsineet stratifioinnista: stratifioituja siemeniä iti vähemmän kuin kontrollisiemeniä. Lisäksi näistä siemenistä syntyneiden sirkkataimien alkukehitys oli heikkoa ja monet niistä kuolivat heinäkuun aikana.

Ainoastaan siemenviljelyksen nro 172 siemenet itivät kasvihuoneessa tuleentumisastettaan vastaavalla tavalla (kuva 4). Savukosken alkuperässä stratifiointi paransi itävyyttä niin paljon, että jokseenkin kaikki itämiskykyiset siemenet itivät. Muissa siemenerissä itävyydet jäivät heikommiksi kuin tuleentumisasteen mukaan olisi voinut odottaa. Vanhat muoniolaiset ja siemenviljelyksen nro 170 siemenet itivät heikosti.

Siemenet itivät laboratoriossa huomattavasti paremmin kuin taimitarhalla. Muoniolaista metsikkösiemenerää lukuun ottamatta muut metsikkösiemenet itivät lähes tuleentumisasteensa mukaisesti (kuva 4). Siemenviljelyksen nro 170 kontrollisiemenet itivät laboratoriossa paremmin kuin taimitarhalla, mutta itävyys jäi kuitenkin selvästi pienemmäksi kuin anatominen potentiaali.

Stratifiointi ei parantanut siementen itävyyttä laboratoriotestissä. Pitkään varastoituina olleiden muoniolaisten siementen itävyys oli kontrolliin ver-

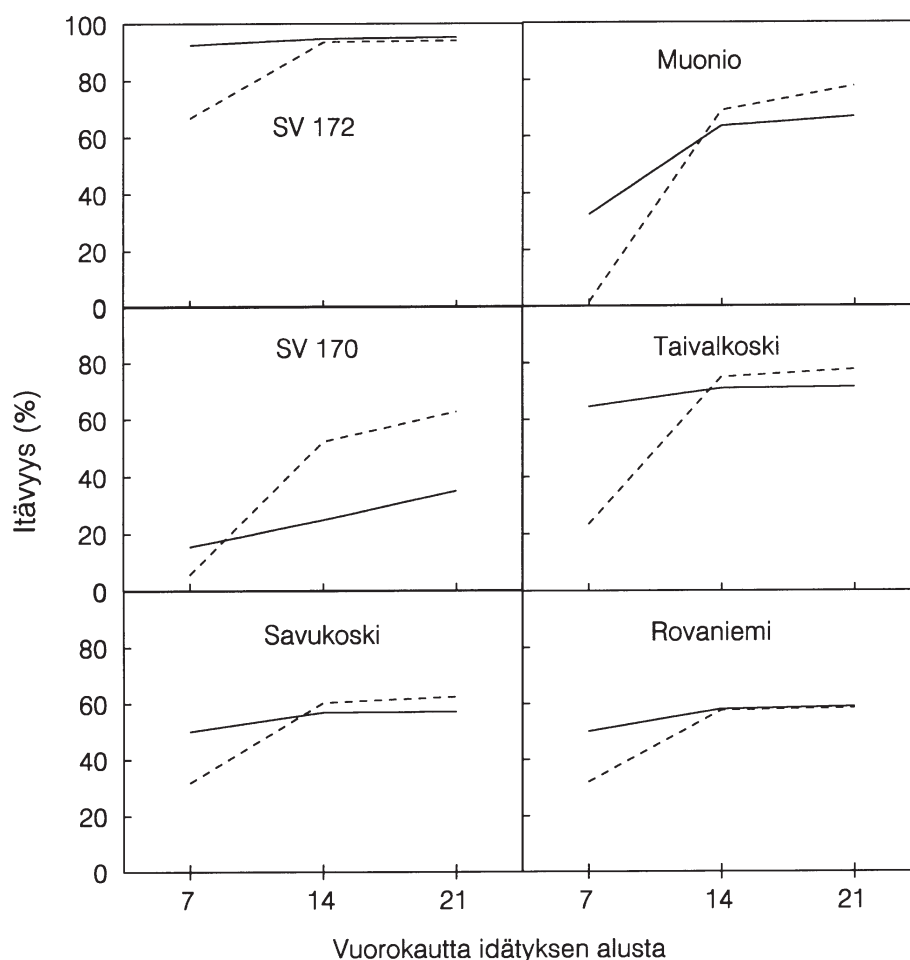
rattuna merkitsevästi huonompi ( $p > 0,05$ ). Erityisen haitallinen vaikutus stratifioinnilla oli siemenviljelyksen nro 170 siemeniin ( $p > 0,001$ ).

Neljäsosa siemenviljelyksen nro 170 ja Rovaniemen alkuperää olevista siemenistä mädäntyi idätyskaapissa. Kaikki muoniolaiset siemenet eivät ehtineet itää kolmiviikkoisen idätystestin aikana, joten noin 9 % itämään laitetuista siemenistä oli vielä testin jälkeen kovia mutta itämättömiä. Siemenviljelyksen nro 170 siemenistä 10 % oli kovia ja itämättömiä testin jälkeen. Stratifiointi ei pienentänyt tätä lukua, mutta mädäntyneiden siementen määrä kasvoi niin, että lähes puolet itämään laitetuista siemenistä mädäntyi idätystestin aikana. Stratifiointi lisäsi mädäntyneiden siementen määrää myös muissa siemenerissä muutamalla prosenttiyksiköllä. Muoniolaisessa siemenerässä kontrollisiemenistä mädäntyi 12 % ja stratifioiduista 23 %.

Laboratoriossa saadulla idätystestin tuloksella voidaan ennustaa siementen itämiskäyttäytymistä taimitarhalla sovittamalla aineistoon regressiomalli. Lineaarisen regressiomallin mukaan kontrollisiementen itävyys selitti 81 % stratifioimattomien siementen taimitarhaitävyydestä ( $y = -0,47 \cdot 1,25x$ ,  $p = 0,01$ ), mutta vain 44 % stratifioitujen siementen taimitarhaitävyydestä ( $y = -0,178 \cdot 1,01x$ ,  $p = 0,15$ ). Kun mallista poistettiin muoniolainen siemenerä, jonka siemenet itivät suhteellisen hyvin laboratoriossa, mutta hyvin heikosti stratifioinnin jälkeen taimitarhalla, mallin sopivuus parantui huomattavasti ( $r^2 = 0,89$ ,  $y = -0,26 \cdot 1,16x$ ,  $p = 0,02$ ).

## 4 Tulosten tarkastelu

Yleensä siemenet stratifioidaan eli kylmäkäsitellään kosteaan väliaineeseen upotettuina ennen kylvämistä. Tässä tutkimuksessa selvitettiin, voidaan-ko kuusen siemenet stratifioida vasta kylvämisen jälkeen pitämällä kylvettyjä kennoarkkeja kylmiössä. Vaikka kuusen siemenillä ei olekaan varsinaista siemenhorrosta, myös niiden on todettu hyötyvän stratifioinnista. Stratifiointi lisää kuusen siementen itämisnopeutta ja joissakin tapauksissa myös itäneiden siementen lukumäärää sekä laajentaa itämisen lämpötila-amplitudia (Jensen ym. 1967, Gosling ja Peace 1990).



**Kuva 5.** Stratifioitujen (yhtenäinen viiva) ja kontrollisiementen (katkoviiva) itävyyden kehitys laboratoriossa.

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan kosteisiin paakkuihin kylvettyjen kuusen siementen säilyttäminen kylmiössä kolmen viikon ajan sai aikaan samanlaisia muutoksia siementen itämisnopeudessa ja itävyydessä kuin tavanomainen ennen kylvöä tehtävä stratifiointi. Kuusen siemenet voidaan näin ollen stratifioida myös paakkuihin kylvettyinä. Kaikkien siemenerien stratifioitujen siementen itävät sekä taimitarhalla että laboratoriossa nopeammin kuin käsittelemättömät siemenet. Myös itävyys parani taimitarhalla neljässä siemenessä, joskin vain yhdessä tilastollisesti merkitsevästi. Kahdessa siemenessä itävyys puolestaan aleni. Goslingin ja Peacen (1990) mukaan stratifiointi vaikuttaa ennen

kaikkea kuusen siementen itämisnopeuteen: 75 %:ssa heidän tutkimistaan kuusen siemenistä itämisnopeus kasvoi. Siemenen itävyys sen sijaan lisääntyi vain 8 %:ssa ja 11 %:ssa itävyys laski.

Kansainvälisen siementarkastusliiton (ISTA) säännöissä kuusen siementen idätystesti suositellaan tehtäväksi vaihtuvassa lämpötilassa siten, että siemeniä pidetään 8 tunnin ajan valossa +30°C lämpötilassa ja 16 tuntia pimeässä +20°C:ssa (International rules ... 1985). Tätä lämpötilasuositusta on arvosteltu, koska kuusen siemenet ovat herkkiä korkeille lämpötiloille itämisaikaan (Simak ja Kamra 1970, Bergsten 1987, 1989). Leinosen ym. (1993) mukaan kuusen siementen itävyys alkaa laskea jo



+23 °C vakiolämpötilassa. Simak ja Kamra (1979) sekä Bergsten (1987, 1989) puolestaan ilmoittavat, että yli +25 °C:een vakiolämpötilat ovat haitallisia kuusen siementen itämiselle. Toisaalta vaihtelevat korkeat lämpötilat eivät ole yhtä haitallisia kuin korkeat vakiolämpötilat. Kuusen siementen optimi-itämisilämpötila on Leinosen ym. (1993) mukaan +21 °C ja Bergstenin (1989) mukaan +22 °C.

Tässä tutkimuksessa käytettiin laboratoriossa tehdyssä idätystestissä ISTA:n säännöistä poikkeavaa +20 °C:een vakiolämpötilaa, jota Simak ja Kamra (1970) suosittelevat. Kaikkien tutkimuksessa mukana olleiden siemenerien kontrollisiementen itävyydet olivat laboratoriossa korkeammat kuin taimitarhalla. Taimitarhalla lämpötila kohosi kasvihuoneessa joinakin päivinä kasvatuksen alussa lähes +35 °C:een ja vuorokauden keskilämpötila ylitti useana päivänä kuusen siementen itämisen optimilämpötilan. Liian korkea itämisilämpötila on todennäköisesti osaltaan vaikuttanut siementen heikompään itämiseen taimitarhalla. Erityisen herkkiä liian korkealle idätyslämpötilalle olivat pitkään varastossa olleet siemenet ja siemenviljelyksen nro 170 siemenet.

Stratifiointin on todettu lisäävän siementen mahdollisuuksia itää optimilämpötilaa korkeammissa tai matalammassa lämpötiloissa (Jensen ym. 1967). Bergstenin (1989) mukaan kosteiden kuusen siementen esikäsitteily +15 °C:een lämpötilassa laajentaa itämisen optimilämpötila-aluetta ±3 °C:a. Stratifiointi paransi itävyyttä taimitarhalla neljässä kuudesta siemenerästä. Laboratoriossa, jossa idätyslämpötila oli lähes optimaalinen, stratifiointista ei ollut vastaavaa hyötyä. Stratifioitujen siementen itävyys oli kahdessa siemenerässä lähes sama kuin käsittelemättömien siementen itävyys. Neljässä siemenerässä itävyys oli selvästi heikentynyt.

Eri puuyksilöt eroavat toisistaan siinä, miten niiden siemenet reagoivat korkeisiin itämisilämpötiloihin (Leinonen ym. 1993). Joidenkin siementen itävyys alenee, kun lämpötila nousee yli +23 °C:een. Toisilla itävyys alenee vasta korkeammissa lämpötiloissa. Siemenet, jotka eivät olleet itäneet korkeissa lämpötiloissa, itivät Leinosen ym. (1993) mukaan, kun ne siirrettiin matalampaan idätyslämpötilaan. Vaikka stratifiointi nopeutti tämän tutkimuksen siemenerien siementen itämistä, itämisai-ka venyi kuitenkin lähes neljän viikon pituiseksi.

Jos lämpötila olisi kyetty pitämään kasvihuoneessa idätysaikana lähempänä kuusen siementen itämisen optimilämpötilaa, myöhään itäviä siemeniä olisi ehkä ollut vähemmän.

Sen lisäksi että paakkuihin kylvettyjen kuusen siementen stratifiointista on hyötyä siementen itämisen nopeutumisessa, sitä voidaan käyttää taimitarhan työhuippujen tasaamiseen. Kylvettävästä siemenerästä riippuen kylvö voidaan tehdä useita viikkoja aikaisemmin tai juuri ennen kasvatuksen aloittamista. Tässä tutkimuksessa kylvettyjä siemeniä pidettiin kylmiössä stratifioitumassa kolme viikkoa. Jensenin ym. (1967) mukaan jo 7–14 päivän pituinen stratifiointi riittää. Toisaalta yli kuukauden pituisesta stratifiointista ei ollut haittaa. Hyvin pitkiin stratifiointiaikoihin liittyy tiettyjä riskejä. Løkenin (1959) mukaan kuusen siemenet voivat itää niinkin alhaisessa lämpötilassa kuin +2–+4 °C. Itäminen on tosin hyvin hidasta (70–380 vrk). Leinosen ym. (1993) tutkimusten mukaan kuusen siementen itämisen minimilämpötila on +10 °C, joten siemenet tuskin alkavat itää, jos kylmiön lämpötila on tarpeeksi alhainen, eikä stratifiointiaika veny kovin pitkäksi. Monien heikkokuntoisten siementen on todettu kuolevan stratifiointin tai siementen esikäsitteilyn aikana (Leadem 1986, Bergsten 1989). Stratifiointia ei voi suositella myöskään tämän tutkimuksen tulosten mukaan tehtäväksi pitkään varastoituna olleille siemenille.

## Kirjallisuus

- Bergman, F. 1959. Försök att öka gröningsenergin och grobarhet hos skogsfrö. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift 4: 1–42.
- Bergsten, U. 1987. Incubation of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* L. (Karst.) seeds at controlled moisture content as an invigoration step in the IDS method. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Väitöskirja. 98 s.
- 1989. Temperature tolerance of invigorated seeds of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst. using TTGP-test. Forestry Supplement 62: 107–115.
- & Wiklund, K. 1987. Some physical conditions for removal of mechanically damaged *Pinus sylvestris* L. seeds by using the PREVAC method. Scandinavian Journal of Forest Research 2: 315–323.

- Downie, B., Bergsten, U., Wang, S.P. & Bewley, J.D. 1993. Conifer seed germination is faster after membrane tube invigoration than after prechilling or osmotic priming. *Seed Science Research* 3: 259–270.
- Gosling, P.G. & Peace, A.J. 1990. The analysis and interpretation of ISTA 'double' germination tests. *Seed Science* 18: 791–803.
- International rules for seed testing, 1993. *Seed Science and Technology* 21, Supplement, 288 s.
- Jensen, A., Stephansen, K. & Løken, A. 1967. Stratifisering av frø fra *Picea abies* (L.) Karst. og *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. En undersøkelse av kjemiske forandringer i løpet av stratifisering. *Meddelelser fra Vestlandets forstlige Forsøksstasjon* 42: 170–187.
- Karlberg, S. 1953. Om behandling av tall- och granfrø i groningsstimulerande syfte. *Kungliga skogshögskolans skrifter* 11: 1–42.
- Leadem, C.L. 1986. Stratification of *Abies amabilis* seeds. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 755–760.
- Leinonen, K., Nygren, M. & Rita, H. 1993. Temperature control of germination in the seeds of *Picea abies*. *Scaninavian Journal of Forest Research* 8: 107–117.
- Lestander, T. 1987. Konsten att göra kott- och fröanalyser. Institutet för Skogsförbättring, Norra distriktet, Intern rapport 174. 16 s. + 6 liitettä.
- & Bergsten, U. 1985. PREVAC – en metod för att avlägsna mekaniskt skadat frö. Summary: PREVAC – A method for removal of mechanically damaged seeds. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1: 35–42.
- Løken, A. 1959. Germination experiments in refrigerator chamber. *Meddelelser fra Vestlandets forstlige Forsøksstasjon* 11(33): 1–19.
- Metsäpuiden siemenviljelykset, 1978. Metsäntutkimuslaitos, Metsänjalostuksen tutkimusosasto, Metsägenettinen rekisteri. Moniste. 82 s.
- Sahlén, K. 1986. Fröforskning. II, Frötesting. *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens tidskrift* 125: 175–181.
- Savonen, E.-M. 1995. Conventional and vacuum tetrazolium testing of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds for vigour. Teoksessa: International Seed Testing Association, 24th Congress, Copenhagen 7.–16.6.1995, Seed Symposium, Abstracts: 30–31.
- Simak, M. 1980. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture, Report 3. 34 s.
- 1981. Bortsortering av matat-dött frö ur ett fröparti. Summary: Removal of filled-dead seeds from a seed bulk. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 5: 31–36.
- & Kamra, S.K. 1970. Germination studies on Norway spruce (*Picea abies*) seed of different provenances under alternating and constant temperatures. *Proceedings of International Seed Testing Association* 35: 383–391.
- , Lönneborg, A.-M. & Bergsten, U. 1985. Bortsortering av ej produktivt frö ur ett parti. (Removal of non-productive seeds from a bulk.) *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift* 1: 45–55.
- , Sahlén, K. & Thorsén, J. 1984. Germination of PEG-treated Scots pine seeds under various stress conditions. Teoksessa: Perttu, K. Ecology and management of forest biomass production systems. Sveriges lantbruksuniversitet, Institution för ekologi och miljövärd, Rapport 15: 309–322.
- Wang, B.S.P. & Pitel, J.A. 1991. Germination of dormant tree and shrub seeds. Teoksessa: Gordon, A.G., Gosling, P. & Wang, B.S.P. (toim.) Tree and shrub seed handbook. The International Seed Testing Association, Switzerland. s. 6-1–6-16.

### 23 viitettä