

25.02.03

METSÄPUIDEN SIEMENOPAS

Markku Nygren



Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 882
2003

25.02.03

METSÄPUIDEN SIEMENOPAS

Markku Nygren

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
KIRJAS
J. V. SNICKELMANNIN O.S.P.
15100, OULUN VAINTAA

Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 882
2003

Nygren, M. 2003. Metsäpuiden siemenopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 882. 138 sivua + 6 liites.
ISBN 951-40-1869-9, ISSN 0358-4283.

Kirjoittajan yhteystiedot:
Markku Nygren
Helsingin yliopisto
Metsäekologian laitos
PL 27
00014 Helsingin yliopisto

Julkaisija:
Metsäntutkimuslaitos
Suonenjoen tutkimusasema
Hyväksynyt päätoimittaja Eeva Korpilahti 4.11.2002

Tilaukset:
Metsäntutkimuslaitos, kirjasto
PL 18, 01301 Vantaa
puhelin (09) 857 05 580
faksi (09) 857 05 582
sähköposti: kirjasto@metla.fi

Kannen kuva:
Haavan, rauduskoivun, männyn ja kuusen siemeniä.
Pekka Voipio/Metla
Julkaisun ulkoasu ja piirrokset:
Leena Nygren
Taitto:
Sampo Keskinen

© Metsäntutkimuslaitos ja Markku Nygren

ISBN 951-40-1869-9

Gummerus Kirjapaino Oy
Jyväskylä 2003

Sisällys

Alkusanat	5
1 Johdanto	7
2 Metsäpuiden siementyytit ja niiden perusominaisuudet	11
2.1 Yleistä	11
2.2 Siementen ulko- ja sisärakenne	11
2.3 Siementen kasvu ja kehitys	17
2.3.1 Puiden lisääntymiskierto ja alkionkehitys	17
2.3.2 Siementen tuleentuminen	22
2.3.3 Siemenhorros	27
2.3.4 Itäminen	30
2.3.5 Siementen vanheneminen	42
3 Siementen tuotanto, hankinta ja käsittely	49
3.1 Yleistä	49
3.2 Siementen fysiologinen ja perinnöllinen laatu	50
3.3 Siemenlähteet ja siemenen käyttöalueet	51
3.4 Siementen keräysajankohta ja jälkikypsytytys	56
3.5 Karistus	60
3.6 Puhdistus ja lajittelu	61
3.7 Siementen varastointi	65
3.8 Siemenissä esiintyvät kasvintuhoajat	69
3.9 Siemenhorroksen purkaminen	72
3.10 Siementen käsittely ja kylvö	74
4 Siementen laadun arviointimenetelmät	83
4.1 Peruskäsitteet	83
4.1.1 Siemennerän tasalaatuisuus	83
4.1.2 Näytteenotto	87
4.2 Perusanalyysit	94
4.2.1 Puhtaus	94
4.2.2 Tuhatjyväpaine	97
4.2.3 Siementen vesipitoisuus	98
4.2.4 Itämisprosentti	100
4.2.4.1 Näytteiden valmistus	100
4.2.4.2 Testiolosuhteet	102
4.2.4.3 Itämisaika	108
4.2.4.4 Itäneiden siementen arvostelu	108

4.2.4.5 Itämistuloksen laskenta ja tulosten tulkinta .	110
4.3 Täydentäviä analyysejä	112
4.3.1 Siementen elinkyvyn arviointi	112
4.3.1.1 Siementen preparointi	112
4.3.1.2 Röntgenkuvaus	113
4.3.1.3 Alkiokasvatus	117
4.3.1.4 Vetyperoksiditesti	117
4.3.1.5 Biokemialliset testit	117
4.3.2 Siementen kuntotestit: elinvoiman arviointi	118
4.3.2.1 Yleistä	118
4.3.2.2 Itämistarmo	119
4.3.2.3 Vanhentamistesti	119
4.3.2.4 Siementen johtokyvyn mittaus	120
4.3.2.5 Orastuminen	122
5 Analyysiohjeiston yhteenveto	125
5.1 Siemenerästä ilmoitettavat tiedot	125
5.2 Analyysit	127
5.2.1 Näytteenotto	127
5.2.2 Eränäytteestä tehtävät analyysit	129
5.2.3 Itäneiden siementen arvostelu	134
5.3 Itämistuloksen laskenta ja tulosten tulkinta	135
Liitteet	139

Alkusanat

Ajatuksen metsäpuiden siementen käsittely- ja analyysiohjeiston uusimisesta esitti Hannu Kukkonen "Metsäpuiden siementen käsittely" -seminaarissa Vantaalla, huhtikuussa 2000. Ajanmukaisen ohjeiston laatiminen todettiin tarpeelliseksi, koska samanaikaisesti oltiin uudistamassa metsänviljelyaineiston kauppalakia ja edellinen ohjeisto oli ehtinyt jo yli kahdenkymmenen vuoden ikään.

Siemenopasta koostaessani olen saanut tukea ja rakentavaa kritiikkiä sekä tutkijoilta että käytännön siemenhuollon parissa työskenteleviltä ammattilaisilta. Tuula Kenttälä, Sakari Pönniö, Hannu Kukkonen, Sinikka Köylijärvi, Heikki Smolander, Kari Leinonen, Sirkku Pöykkö, Risto Rikala, Eila Tillman-Sutela, Eira-Maija Savonen, Hannu Rita, Taneli Kolström, Juha Järvenpää ja Tapani Kervinen ovat eri tavoin kommentoineet oppaan sisältöä ja tekstiä työskentelyn aikana. Kiitän heitä lämpimästi palautteista ja tekstin parannusehdotuksista.

Heikki Smolander järjesti allekirjoittaneelle mahdollisuuden työskennellä Metsäntutkimuslaitoksen Suonenjoen tutkimusaseman osa-aikaisena tutkijana kirjaa valmistaessani. Pekka Voipio valokuvasi siemenet. Forelia Oy ja Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio ovat taloudellisesti tukeneet oppaan valmistusta. Metsämiesten Säätiö myönsi apurahan työn kuvitukseen ja tekstin viimeistelyyn. Kiitän saamastani tuesta.

Huhtisaarella, marraskuussa 2002

Markku Nygren

1 Johdanto

Metsäpuiden siemenhuoltoon kuuluvat metsänviljelyssä tarvittavien siementen tuottaminen, hankinta, varastointi ja myynti käyttäjille. Siementen tuottamisella tarkoitetaan jalostetun siemenen tuotantoa tätä tarkoitusta varten perustetuilla siemenviljelyksillä. Siementen hankintaan kuuluu talousmetsistä tehtävä käpyjen ja siementen keruu. Siemenhuollon tavoitteena on, että alkuperältään sopivaa ja mahdollisimman hyvälaatuista siementä on saatavilla metsä- ja taimitarhakylvöihin tarvetta vastaavasti ja kilpailukykyisellä hinnalla.¹

Metsäpuiden siementä on viime vuosikymmenellä käytetty maassamme vuosittain noin 11 000 kg. Suurin osa siemenmäärästä, noin 9 000 kg, kuuluu männyn metsäkylvöihin. Koivun ja kuusen siementä käytetään metsäkylvöissä pieniä määriä vuosittain. Taimitarhoilla kylvettiin vuonna 2000 runsaat 1 600 kg siementä, josta kuusta oli yli 60 %, mäntyä noin 35 % ja muita puulajeja alle 10 %.² Kylvön ja istutuksen keskinäinen suhde metsänviljelyssä vaikuttaa ratkaisevasti siemenen kokonaiskulutukseen; kilo männyn siementä riittää noin kolmen hehtaarin suuruisen alan metsäkylvöihin, mutta samasta määrästä saadaan taimitarhalla noin kymmenen kertaa suuremman alueen viljelyyn tarvittavat taimet.

Metsäpuiden siemenhuolto on järjestettävä siten, että siementen itävyys, elinvoima ja kyky tuottaa elinvoimaisia taimia on mahdollisimman suuri. Nämä laatuominaisuudet määräytyvät osin siementen kehityksen aikana, osin tuotannon ja hankinnan eri vaiheissa.

Metsäpuiden siementen laadulle asetettavista vaatimuksista säädetään laissa metsänviljelyaineiston kaupasta ja Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa metsänviljelyaineiston kaupasta.^{3,4} Molemmat ovat yhdenmukaiset Euroopan unionin metsänviljely-

aineistodirektiivin 1999/105/EY kanssa.⁵ Metsänsiemenvalvontayhteistyön kauppalaan täytäntöönpanosta ja sen nojalla annettujen säännösten ja määräysten valvonnasta vastaa Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Lainsäädännön tavoitteena on taata kestävä metsätalouden periaatteiden mukaisesti perinnöllisesti korkealaatuinen, erilaisille maantieteellisille alueille ja kasvupaikoille soveltuvan metsänsiemenvalvontayhteistyön saanti. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on välttämätöntä rekisteröidä metsänsiemenet ja siemenviljelykset, joista siementä kerätään. Niinikään on kehitettävä metsänsiemenvalvontayhteistyön laadun arviointia siten, että aineiston tuottajalla ja ostajalla on käytettävissä objektiiviset laadunarviointimenetelmät.

Siementen laadun arviointi on tarpeen sekä siementen tuottajan että käyttäjän näkökulmasta. Tuottajalle laadun arviointi ja seuranta muodostaa tuotantotoiminnan — siementen hankinnan, varastoinnin ja kaupan — laatuvarmistuksen. Käyttäjälle yhtenäiset laadunarviointimenetelmät antavat mahdollisuuden vertailla eri tuottajien aineistoja sekä takeen siitä, että siemeneristä ilmoitetut tiedot on mitattu vakioituin ja toistettavin menetelmin.

Siementen laadun analysoinnissa on metsänsiemenvalvontayhteistyön kauppalaan mukaan käytettävä mahdollisimman tarkoin vakioituja, kansainvälisesti hyväksytyjä menetelmiä. Euroopassa on käytössä ISTAn (International Seed Testing Association — Kansainvälinen siementarkastusliitto) säännöstö⁶, joka on ensisijaisesti tarkoitettu kansainvälistä siemenkauppaa varten. Uusimmat ISTAn säännöt ovat vuodelta 1999 (International Rules for Seed Testing: Rules 1999). Tässä julkaisussa esiteltävät metsänsiementen laadun arviointimenetelmät perustuvat em. ISTAn säännöstöön, Metsähallituksen julkaisemaan Metsänsiementen käsittely- ja analyysiohjeeseen⁷ sekä ISTAn metsänsiementen testausta koskevaan käsikirjaan⁸.

ISTAn säännöstöä joudutaan metsänsiementen idätyksissä eri tavoin soveltamaan. ISTAn analyysiohjeiden pääpaino on pelto- ja puutarhakasvien siemenissä, joilla yhden käsittely-yksikön, siemenerän, paino voi olla tuhansia kiloja. Metsänsiemenet ovat yleensä pieniä, korkeintaan muutamien satojen kilojen suuruisia. Toiseksi, metsänsiementen populaatiot ovat perinnölliseltä rakenteeltaan suurelta osin luontaisia tai luontaisen kaltaisia ja niissä esimerkiksi siemenhorros ilmenee selvemmin kuin pitkälle jalostetuissa peltokasvien siemenissä. Kolman-

neksi, metsäpuiden siemeniä joudutaan käytännön metsätaloudessa normaalisti varastoimaan useiden vuosien tai jopa vuosikymmenien ajan — näin pitkät varastointiajat eivät tule peltokasvien kohdalla kysymykseen. Neljänneksi, lievänkin siemenhorroksen purkamisen siemeneristä on tullut taimitarhatekniikan kehittyessä entistä tärkeämmäksi. Nykyiset kylvömenetelmät edellyttävät, että siemenet itävät nopeasti, tasaisesti ja täydellisesti.

Edellä mainituista syistä ISTAn metsäpuiden siemenohjeistoa tulee jatkuvasti kehittää vastaamaan paremmin nykyaikaisen metsäpuiden siemenhuollon tarpeita. Tässä oppaassa esitettyjä idätys- ja käsittelyohjeita voidaan osaltaan pitää kehittämistyön lähtökohdana. Työn pohjaksi tarvitaan kuitenkin vahvaa, suomalaisiin erikoisolosuhteisiin keskittyvää siementutkimusta sekä tutkimuksen ja käytännön siemenhuollon vuorovaikutusta.

Professori Viljo Kujala perusteli aikanaan suomalaisen metsäpuiden siementutkimuksen tarpeellisuuden seuraavalla, edelleen ajankohtaisella lausumalla: "*Meidän pohjoinen maamme on erikoisasemassa siemenkysymyksen kannalta, eikä suinkaan edullisessa asemassa. Epäsuotuisat luontosuhteet, etenkin lyhyet ja kylmät kesät, aiheuttavat sen, että siemenen saanti ja siemenen laatu täällä vaihtelee enemmän kuin eteläisimmässä maissa. Kato vuosia sattuu etenkin Pohjois-Suomessa usein. On näin ollen selvää, että meidän on myös tällä alalla tehtävä omintakeisia, omia erikoisolojamme selvittäviä tutkimuksia. Muualla saadut tulokset eivät meitä pitkällekään auta.*"⁹

Kirjallisuutta

1. Kukkonen, H. & Rikala, R. 1998. Siemen- ja taimihuolto. Tapion taskukirja, ss. 240–249.
2. Metsätalastollinen vuosikirja 2001. SVT/Maa-, metsä- ja kalatalous 2001: 52, 374 s.
3. Laki 241/2002 metsänviljelyaineiston kaupasta.
4. Maa- ja metsätalousministeriön asetus metsänviljelyaineiston kaupasta, 1055/2002.
5. Neuvoston direktiivi 1999/105/EY metsänviljelyaineiston pitämisestä kaupan.
6. International Rules for Seed Testing 1999. Seed Science and Technology 27, Supplement, 333 s.
7. Metsäpuiden siementen käsittely- ja analyysiohjeisto. 1980. Moniste, 19 s., Metsähallitus.
8. Tree and Shrub Seed Handbook. 1991. The International Seed Testing Association.

9. Kujala, V. 1928. Männyn ja kuusen siementen tuleentumisesta ja itäväisyydestä.
Metsätieteellinen Aikakauskirja 45: 154–167.

2 Metsäpuiden siementyyppit ja niiden perusominaisuudet

2.1 Yleistä

Metsäpuiden siemenhuollon kannalta tärkeimmät havupuomme, mänty ja kuusi, kuuluvat paljassiemienisten kasvien ryhmään. Niiden siemenet kehittyvät käpysuomun pinnalla olevassa siemenaiheessa "paljaana", ilman ympäröiviä rakenteita. Lehtipuiden siemenet kehittyvät emilehdistä muodostuneen hedelmän, kopin sisällä, mistä syystä niitä kutsutaankin koppisiemenisiksi lajeiksi. Havupuut tuottavat "aitoja" siemeniä, jotka ovat emopuusta irrotessaan siemenkuoren ympäröimiä. Lehtipuut sen sijaan varistavat hedelmiä, joissa siemen, kuoriosat mukaan lukien, on hedelmän kuoren eli perikarpin ympäröimä (kuva 2.1).

Puulajista riippuen lehtipuiden siemenissä on erilaisia hedelmätyyppejä; kotimaisten lehtipuiden joukossa on sekä kota-, lohkoettä pähkylähedelmiä ja pähkinöitä (taulukko 2.1). Huolimatta erilaisesta kehityshistoriasta ja perusrakenteesta, kaikista siementyypeistä käytetään kuitenkin yleisesti "siemen"-nimitystä.

2.2 Siementen ulko- ja sisärakenne

Puiden siementen ja hedelmien koko ja ulkonäkö vaihtelevat suuresti. Keveimpiä ovat metsähaavan siemenet; yksittäisen siemenen paino on vain noin kymmenesosa milligrammaa. Haavan siementen



Kuva 2.1. Metsäpuiden siementyyppejä: vasemmalta mänty, kuusi, rauduskoivu ja tervaleppä.¹ Kuva: Erkki Oksanen/Metla.

Taulukko 2.1. Kotimaisten puulajien siementen perusominaisuuksia.

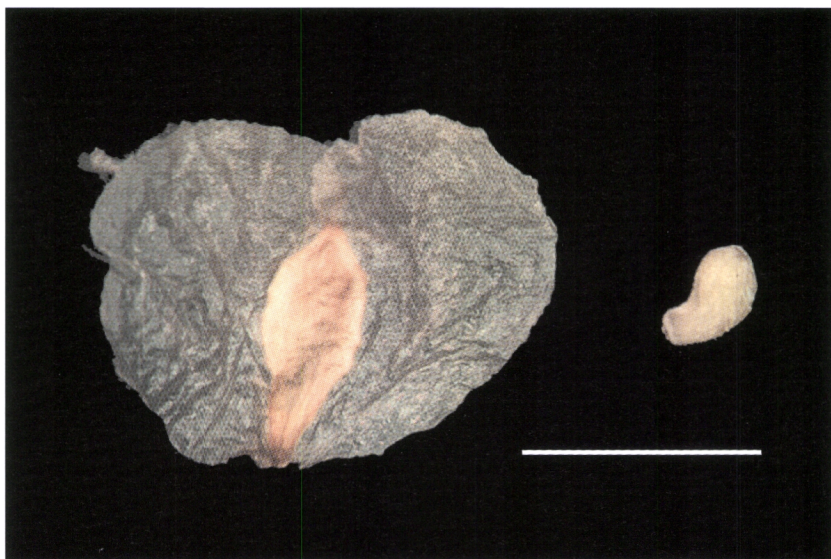
	Siemen- tyyppi	Siemen- kypsyys	Siemen varisee	Siemeniä, kpl/g, keskimäärin ¹⁾
Metsäkuusi (<i>Picea abies</i>)	siemen	IX–X	(X), IV	250
Siperianlehtikuusi (<i>Larix sibirica</i>)	siemen	IX	IV–VIII	150
Metsämänty (<i>Pinus sylvestris</i>)	siemen	X	V–VI	200
Metsätammi (<i>Quercus robur</i>)	pähkinä (terho)	IX	X–XI	0,2–0,5
Rauduskoivu (<i>Betula pendula</i>)	pähkylähedelmä	VII	VIII	4 000
Hieskoivu (<i>Betula pubescens</i>)	pähkylähedelmä	VII	VIII	4 000
Tervaleppä (<i>Alnus glutinosa</i>)	pähkylähedelmä	VIII	XI–IV	700
Harmaaleppä (<i>Alnus incana</i>)	pähkylähedelmä	VIII	XI–IV	1 200
Kynäjalava (<i>Ulmus laevis</i>)	pähkylähedelmä	VI	VI	150
Vuorijalava (<i>Ulmus glabra</i>)	pähkylähedelmä	VI	VI	50
Metsähaapa (<i>Populus tremula</i>)	kotahedelmä	VI	VI	8 000
Metsälehmus (<i>Tilia cordata</i>)	hedelmä	IX–X	III–V	30
Metsävaahtera (<i>Acer platanoides</i>)	lohkohedelmä	IX	X–IV	6
Lehtosaarni (<i>Fraxinus excelsior</i>)	pähkylähedelmä	X	XII–IV	13

¹⁾ Siementen määrä/g vaihtelee kasvupaikan, keräysvuoden ja tyhjäsienensadanneksen mukaan.

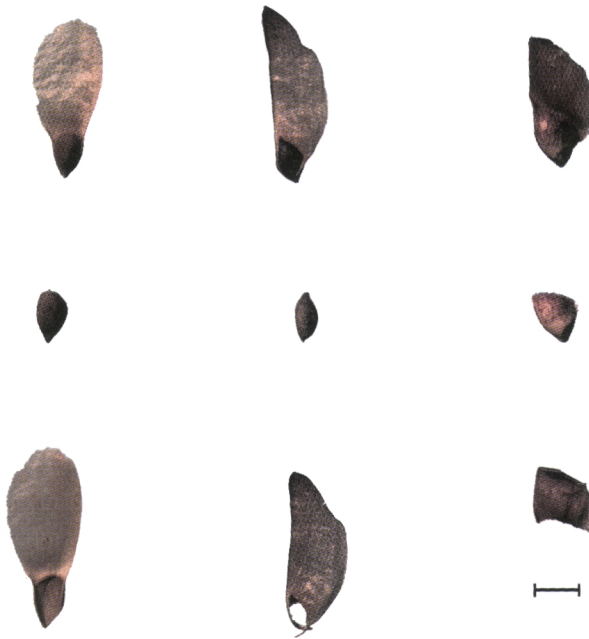
tarkastelussa suurennuslasi tai mikroskooppi onkin välttämätön (kuva 2.2). Meikäläisistä lajeista metsätammella on kookkaimmat siemenet: terhoja mahtuu kiloon 100–500 kappaletta puuyksilöstä, metsiköstä ja keräysvuodesta riippuen.

Ulkorakenteen perusteella eri puulajien siemenet ja hedelmät ovat helposti tunnistettavissa. Lajimääritystä helpottaa siemen- tai hedelmänkuoren lenninsiipi tai siipipalle, jonka avulla siemenet kulkeutuvat ilmapvirtausten mukana kauemmas emopuusta. Männyllä siemen on pihtimäisesti kiinni lenninsiivessä, kuusella siemen puolestaan lepää lenninsiiven kärjen kuopassa. Lehtikuusella lenninsiipi on kiinteästi kiinni varsinaisessa siemenkuoressa, eikä sitä voida siipeä murtamatta irrottaa (kuva 2.3).

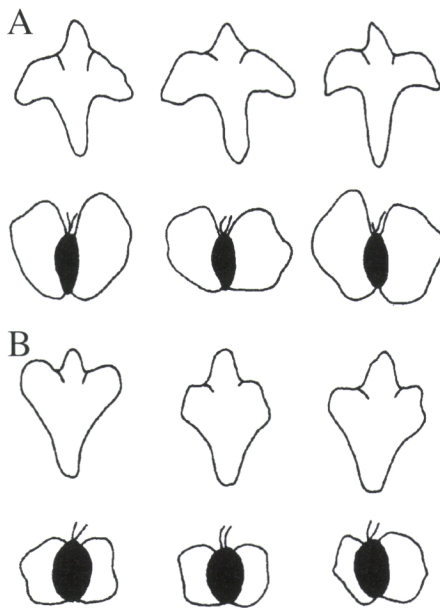
Koivu-, jalava- ja leppälajit voidaan tunnistaa mm. seuraavista tuntomerkeistä. Rauduskoivun siemenen siipipalle on yleensä 2–3 kertaa itse pähkylää leveämpi. Hieskoivulla palle on pienempi. Puhdistamattomassa siemenessä myös eminorkkosuomujen ulkonäkö on hyvä erotteluperuste: rauduksella suomujen sivuliuskat ovat loivasti taaksepäin kääntyneet ja melko teräväkärkiset. Hieksellä ne suuntautuvat vinosti ylöspäin ja useimmiten niiden kärjet ovat tylpät (kuva 2.4).²



Kuva 2.2. Pienimmät siemenet metsäpuistamme on haavalla; vasemmalla rauduskoivun, oikealla haavan siemen. Mittajana = 2 mm.
Kuva: Pekka Voipio/Metla.



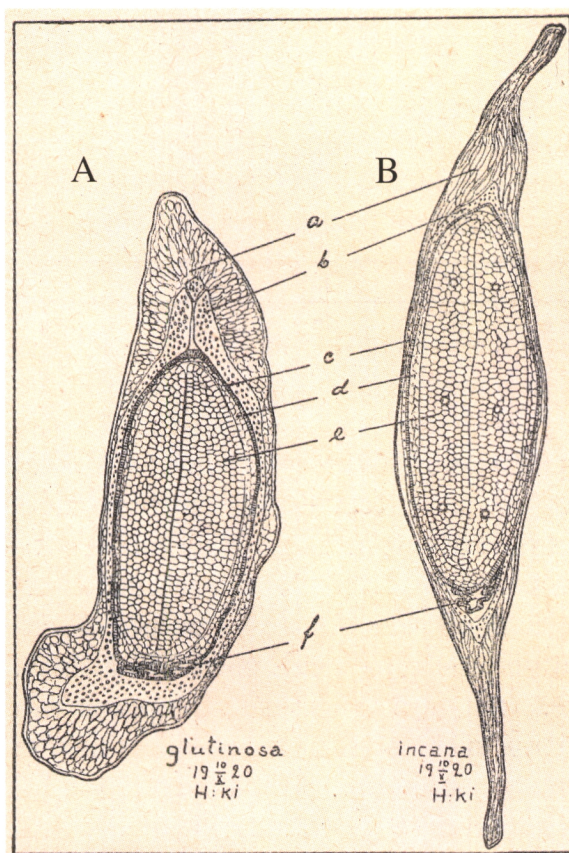
Kuva 2.3. Vasemmalta oikealle kuusen, männyn ja lehtikuusen siementen ulkorakenne. Ylärivissä lenninsiivellinen siemen, keskellä siemen lenninsiipi irrotettuna ja alarivissä pelkkä lenninsiipi. Mittajana = 4 mm. Kuva: Pekka Voipio/Metla.



Kuva 2.4. Rauduskoivun (A) ja hieskoivun (B) eminorkkosuomuja ja siemeniä.²

Terva- ja harmaalepän siemen voidaan erottaa toisistaan siipipalteen ulkonäön ja siementen värin perusteella. Tervalepän siemenet ovat tasaisen kiiltävän tummanruskeita, kun taas harmaalepällä esiintyy sekä vaalean- että tummanruskeita siemeniä. Varma tuntomerkki on tervalepän siemenen reunoissa olevat, huokoiset kelluntaontelot, jotka puuttuvat harmaalepältä. Sillä on onteloiden asemasta selvästi erottuvat siipipalteen (kuva 2.5). Harmaalepän siemen onkin sopeutunut leviämään tuulen mukana, tervaleppä puolestaan veden kuljettamana.

Kynä- ja vuorijalavan siemenet voidaan tunnistaa siipipalteen rakenteen perusteella: palle on kynäjalavalla ripsireunainen ja vuorijalavalla kalju (kuva 2.6). Kynäjalavan siemenet ovat huo-



Kuva 2.5. Poikkileikkaus tervalepän (A) ja harmaalepän (B) siemenistä. a, b = hedelmän kuori, c = siemenkuori, d = siemenvalkuainen, e = sirkkalehti, f = steriili siemenaihe. Tervalepällä hedelmän kuoren ulokkeina kelluntaontelot ja harmaalepällä siipipalle.³

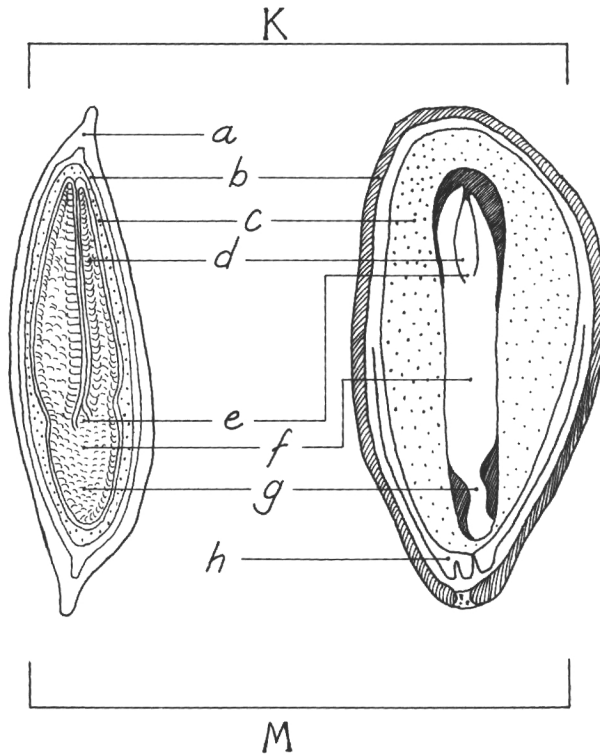


Kuva 2.6. Kotimaisten lehtipuiden siemeniä. Ylärivissä vasemmalta rauduskoivu, hieskoivu, harmaaleppä, tervaleppä, pihlaja ja lehmus. Alarivissä vasemmalta metsätammi, vaahtera, lehtosaarni, vuorijalava, kynäjalava ja metsälehmuksen pähkylähedelmä, jossa suojuslehti. Huom. rivit eri mittakaavassa. Kuva: Pekka Voipio/Metla.

mattavasti pienempiä kuin vuorijalavan. Lenninsiivettäviä lajeja ovat tammi sekä luumarjoja tuottavat tuomi ja pihlaja, jotka kaikki leviävät eläinten mukana.

Siementen ja hedelmien yksityiskohtainen rakenne vaihtelee puulajista riippuen. Kaikissa siemenissä voidaan erottaa seuraavat osat: alkio, vararavintosolukko ja siemenkuori; koppisiemenisillä lajeilla lisäksi hedelmän kuori. Siemen- ja hedelmänkuori muodostuvat useista kerroksista. Havupuilla siemenen vararavintosolukko ympäröi alkioita selvästi erottuvana rakenteena. Lehtipuiden hedelmissä erillistä ravintosolukkoa on vain vähän ja itämiseen tarvittava vararavinto on "valmiina" alkiossa, varsinkin sirkka-lehdissä (kuva 2.7).

Alkio on metsäpuiden siemenissä yleensä pitkälle erilaistunut, ja sen osat, sirkkajuuri, sirkkavarsi, sirkkalehdet ja sirkkasilmu erottuvat hyvin tuleentuneessa siemenessä selvästi. Poikkeuksena ovat lajinsa levinneisyysalueen pohjoisrajoilla esiintyvät puuyksilöt, joilla siementen kehitys jää usein kesken kun kaikki solukot eivät ehdi erilaistua itämiskykyisiksi lyhyen kasvukauden aikana.



Kuva 2.7. Koivun (vasemmalla) ja männyn (oikealla) siemenen pitkittäisleikkaus. Yleisnimityksinä käytetään K = kalatsan puoleinen osa ja M = mikropyleen (siitereiän) puoleinen osa. Itämisen alkuvaiheessa sirkkajuuri kasvaa ulos mikropyleen puolelta. Sisärakenteen pääosat a = hedelmän kuori, b = siemenkuori, c = vararavintosolukko, d = sirkkalehdet, f = sirkkavarsi, g = sirkkajuuri ja h = siemenaiheen kärki eli nukellus. Osin Morkin⁴ ja Kolotelon⁵ mukaan.

2.3 Siementen kasvu ja kehitys

2.3.1 Puiden lisääntymiskierto ja alkionkehitys

Puiden suvullinen lisääntymiskierto alkaa kukkasilmujen erilaistuessa kasvullisten versojen silmuihin. Kukkasilmujen sijainnin perusteella metsäpuut jaetaan yksi- ja kaksikotisiin lajeihin ja kukkien rakenteen perusteella yksi- tai kaksineuvoisiin lajeihin (taulukko 2.2).

Taulukko 2.2. Hede- ja emikukkien rakenne ja sijainti eräillä kotimaisilla metsäpuilla.

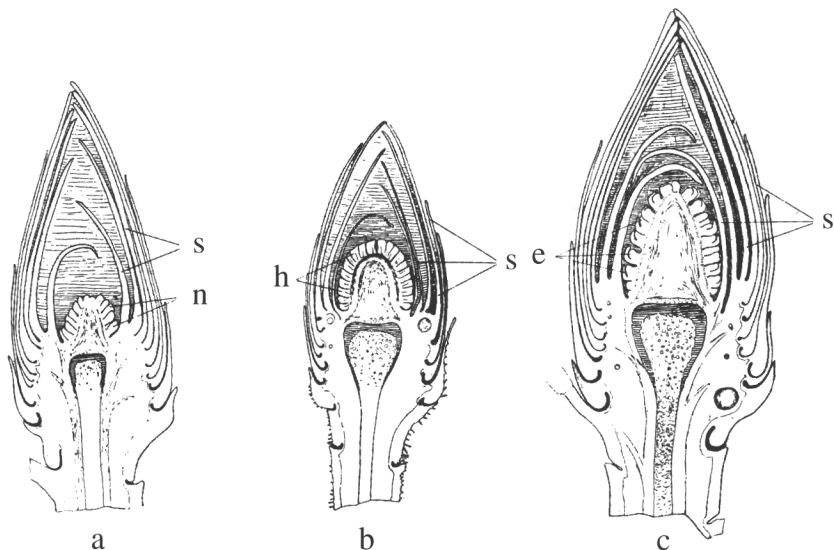
Kukkien sijainti	Kukkien rakenne	
	Yksineuvoinen, heteet ja emit eri kukissa	Kaksineuvoinen, heteet ja emit samassa kukassa
Yksikotinen, hede- ja emikukat samassa puuyksilössä	Koivut, mänty, kuusi, lepät, lehtikuusi, tammi	Lehmus, jalavat (vaahtera, saarni) ^{a)}
Kaksikotinen, hede- ja emikukat eri puuyksilöissä	Haapa, pajut, raita, saarni, vaahtera	—

^{a)} Vaahtera ja saarni ovat Linnén järjestelmässä sekasopuisia, ts. emikukissa on heteitä, mutta ne ovat toimintakyvyttömiä.

Männyllä ja kuusella voidaan halkileikattuja talvisilmuja tutkimalla ennustaa seuraavan kevään kukinnan määrää (kuva 2.8). Koivulla voidaan vastaava ennuste laatia tekemällä havaintoja hede- kukintojen määrästä; ne ovat näkyvissä versoissa jo kukintaa edeltävänä syksynä. Kuusen kukinnasta kertovat myös keväthangilta löytyvät sormen mittaiset, tuoreet versonpätkät, joita oravat katkovat syödessään kukkasilmuja. Niitä löytyy poikkeuksetta runsaasti kuusen kukintaa edeltävänä talvena.

Lisääntymiskierron pituus vaihtelee puulajista riippuen muutamasta kuukaudesta useaan vuoteen. Pisin kierto on männyllä, jolla kehitys kukinnasta valmiiseen siemeneen kestää noin kolme vuotta. Kuusella kierto on kahden vuoden pituinen. Lehtipuilla siementen kehitys on nopeampaa kuin havupuilla: esimerkiksi koivulla kukinta, hedelmöitys ja siemenen tuleentuminen tapahtuvat kaikki saman kasvukauden aikana, toukokuusta elokuuhun (taulukko 2.3).

Kuvissa 2.9 ja 2.10 on esitetty männyn ja koivun lisääntymiskierron vaiheet. Koiraspuoliset sukusolut (siitepölyhiukkaset) kehittyvät hedekukissa, heteiden ponsilokeroissa. Naaraspuoliset sukusolut (siemenaiheen munasolut) kehittyvät havupuilla emikukinnossa, käpysuomun pinnalla. Lehtipuilla vastaavat solut kehittyvät emilehtien ympäröimänä siemenaiheen alkiorakossa. Sukusolujen tumassa on meioottisen solunjakautumisen tuloksena haploidi, yksinkertainen kromosomisto.



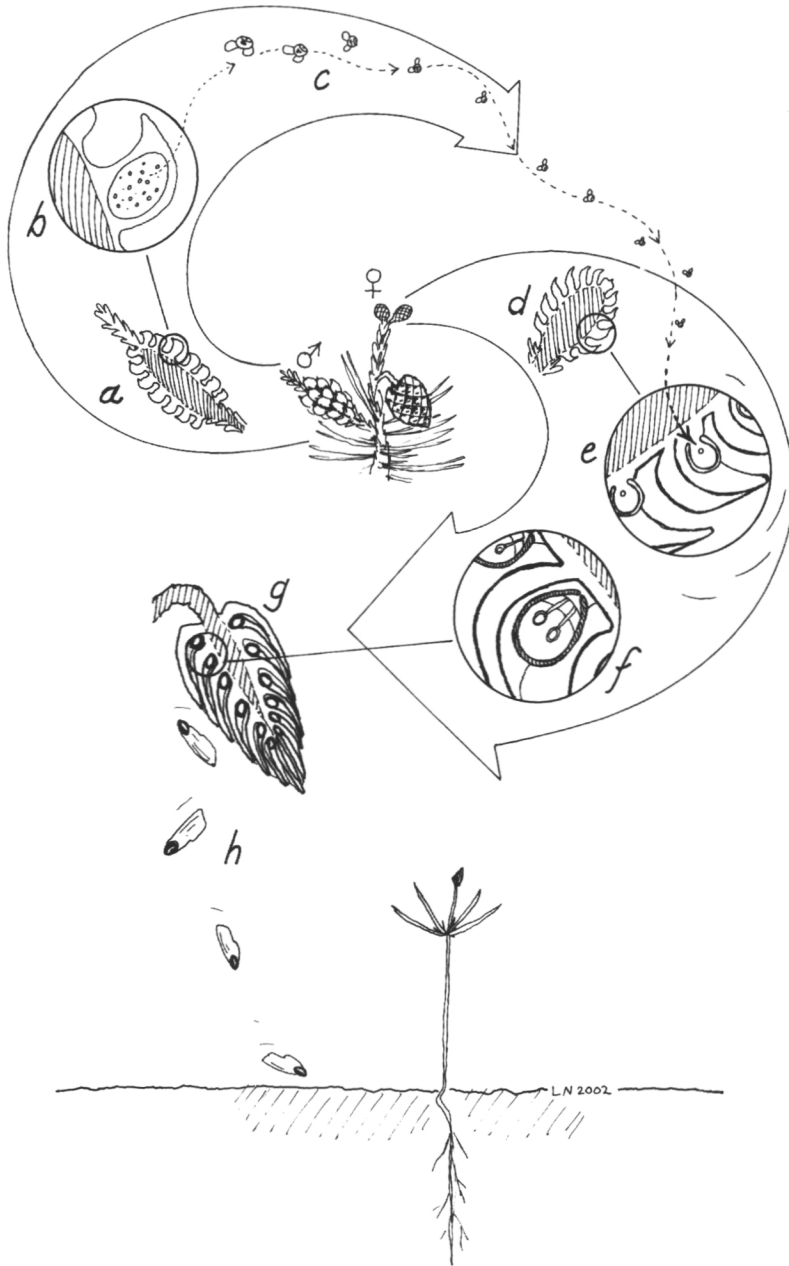
Kuva 2.8. Halkileikkaus kuusen kasvullisesta silmusta (a), hedekukkasilmusta (b) ja emikukkasilmusta (c). s = silmun suojuslehdet, n = neulasaiheet, h = hedekukkien aiheet, e = käpysuomujen aiheet.⁶

Taulukko 2.3. Esimerkki männyn, kuusen ja koivun lisääntymiskierron vaiheiden ajoittumisesta, kun kukkasilmut ovat erilaistuneet kasvukauden 2002 aikana (Etelä-Suomen olosuhteissa).

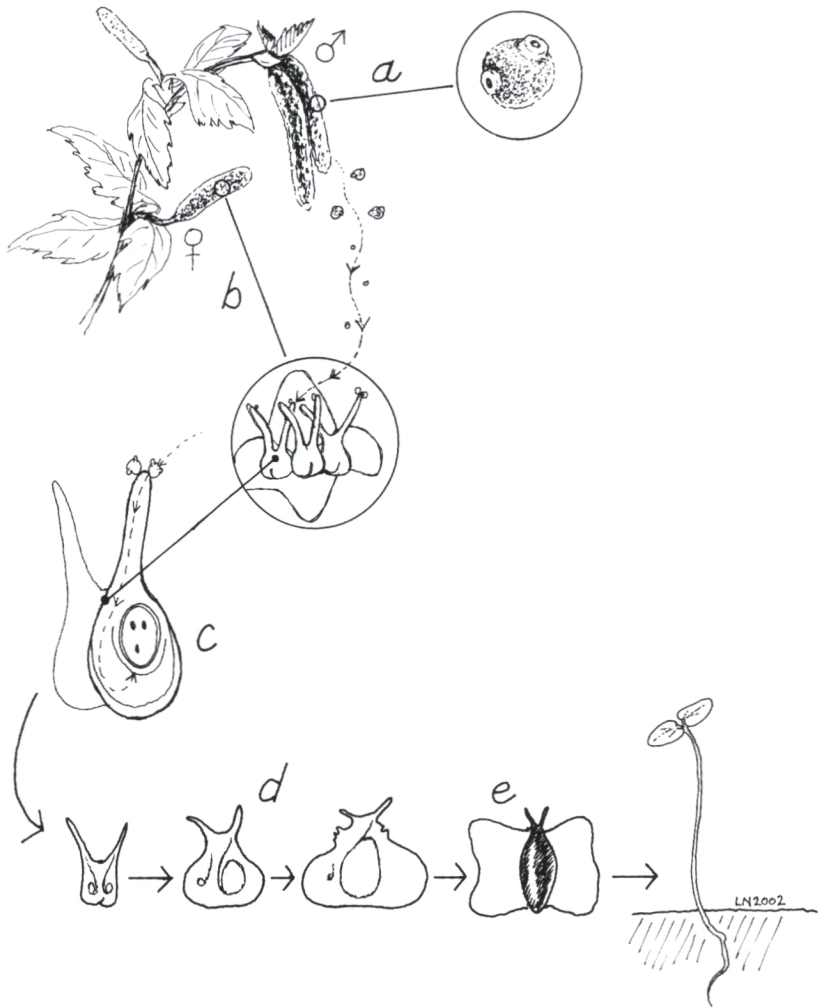
Lisääntymiskierron vaihe	Vaiheen ajoittuminen, vuosi/kk		
	Mänty	Kuusi	Koivu
Kukkasilmujen erilaistuminen	2002/VII	2002/VII	2002/VIII
Kukinta, siitepölyn leviäminen	2003/V	2003/V	2003/V
Hedelmöitys	2004/VI	2003/VI	2003/V
Siementen tuleentuminen	2004/X	2003/X	2003/VII
Siementen variseminen	2005/V–VI	2004/IV–V	2003/VIII

Diploidi alkio syntyy havupuilla ns. yksinkertaisella hedelmöityksellä: siitepölyhiukkasen hedelmöittävä tuma sulautuu munasolun tumaan. Munasolua ympäröivä solukko, josta vähitellen kehittyi siemenen ravintovarasto, on haploidista naaraspuolista solukkoa.

Lehtipuilla tapahtuu ns. kaksoishedelmöitys. Niillä siemenaiheen alkiorakossa on kaksi tumaa: haploidi munasolun tuma ja diploidi



Kuva 2.9. Kaavamainen esitys männyn lisääntymiskierrosta. a = hedekukan pitkittäisleikkaus; b = heteen ponsilokero; c = siitepölyhiukkanen; d = emikukinnon pitkittäisleikkaus; e = emilehden (käpysuomun) pitkittäisleikkaus pölytyksen aikana, siitepölyhiukkaset kulkeutuvat ilmavirtausten mukana siemenaiheen kärkeen, missä ne itävät; f = siemenaihe hedelmöityksen aikaan, aiheessa näkyy kaksi munapesäkettä, johon kumpaankin kasvanut siitepölyhiukkasen siiteputki; g = kävyn pitkittäisleikkaus, siemenet käpysuomujen tyvellä; h = siementen variseminen ja itäminen. Osin Pankakosken²⁶ mukaan.



Kuva 2.10. Kaavamainen esitys koivun lisääntymiskierrosta. a = hedenorkkoja siitepölyhiukkasineen; b = kolmen emikukan ryhmä eminorkosta, kukissa kaksiluottinen emi, taustalla norkkosuomu; c = siitepölyhiukkaset itävät emin luotilla; d = emikukan kahdesta siemenaiheesta yleensä vain ensimmäiseksi hedelmöittynyt kehittyä siemeneksi (e). Osin Pankakosken²⁶ mukaan.

keskustuma. Toinen siitepölyhiukkasen tumista sulautuu munasolun tumaan ja tuloksena on diploidi alkio. Siitepölyhiukkasen toinen tuma sulautuu diploidiin keskustumaan ja tämän hedelmöityksen tuloksena syntyy triploidinen endospermisolu ja siitä edelleen siemenvalkuainen. Koppisiemenisten siemenvalkuaisessa on siis kolminkertainen kromosomisto: naaraspuolelta normaali diploidi, johon on sulautunut koiraspuolen haploidi anonos.

Puiden lisääntymiskierto muodostuu useista peräkkäisistä tapahtumista, joiden kaikkien on toteuduttava onnistuneesti, jotta itämiskykyistä siementä kehittyisi. Luonnonmetsiköissä kasvukauden sääolot vaikuttavat ratkaisevasti siihen, saadaanko hyvälaatuista siementä riittävästi luontaista uudistamista tai siemenkeräystä varten.

Esimerkiksi männyllä runsaan ja keräyskelpoisen siemensadon muodostumiseen tarvitaan suotuisat lämpöolot kolmena peräkkäisenä kasvukautena. Ensimmäinen vuosi on ratkaiseva kukkasilmujen kehittymisen kannalta. Niitä kehittyi yleensä runsaasti, kun kasvukausi on aurinkoinen ja lämmin. Seuraavana vuonna sääolot vaikuttavat erityisesti kukinnan onnistumiseen: kuiva ja lämmin sää on edullinen siitepölyn leviämisen kannalta. Epäonnistunut pölytys johtaa männyllä siemenaiheen surkastumiseen, ja siemeneen kehittyi vain lenninsiipi (kuva 2.11). Kuusella pölyttymättä jääneistä siemenaiheista kehittyi lähes normaalin kokoisia, mutta tyhjiä siemeniä.

Kolmantena vuonna kasvukauden lämpimyys ratkaisee siemensadon tuleentumisen. Erityisesti Pohjois-Suomessa olosuhteet ovat tässä suhteessa kriittiset ja useina kesinä männyn siemen ei ehdi siellä tuleentua riittävästi ennen talven tuloa. Ongelmaan ovat tuoneet helpotusta Etelä-Suomeen, suotuisampiin ilmasto-olosuhteisiin perustetut männyn ja kuusen siemenviljelykset, jotka tuottavat tuleentunutta siementä säännöllisesti.

2.3.2 Siementen tuleentuminen

Havupuiden siementen alkionkehitys ja tuleentuminen on ollut metsäpuiden siemenhuollon keskeisin tutkimusaihe koko Skandinaviassa aina 1900-luvun alkupuolelta lähtien. Lähes samanaikai-



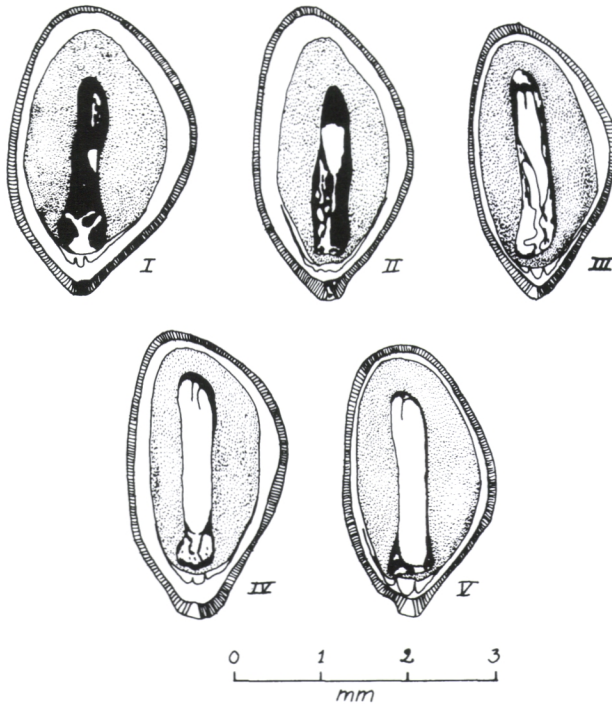
Kuva 2.11. Yksityiskohta halkileikatusta männyn kävystä, jossa näkyy siementen kiinnittyminen käpysuomun alapinnalle. Lenninsiivet ovat vielä tässä vaiheessa kiinni siemenessä. Vasemmalla normaalisti kehittynyt siemen ja oikealla pölyttymättä jäänyt, surkastunut siemenaihe. Mittajana = 4 mm. Kuva: Pekka Voipio/Metla.

sesti Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa osoitettiin männyn ja kuusen siementen kehityksen ja alkion kasvun riippuvuus kasvukauden lämpöoloista. Samalla havaittiin, että havupuun siementen kehitys jää pohjoisissa olosuhteissa usein vajaaksi.

Aluksi havupuiden siementen kehitystä tarkasteltiin suhteessa kesä-syyskuun keskilämpötilaan. Kujala⁷ kehitti anatomisen tuleentumisen arviointimenetelmän, jossa halkaistusta siemenestä mitataan alkion kehitysaste vertaamalla sen pituutta alkio-ontelon pituuteen. Näytteet jaettiin viiteen luokkaan alkion kehittyneisyyden mukaan (kuva 2.12). Kun siementen röntgenkuvaus kehitettiin toimivaksi menetelmäksi (ks. kpl 4.3.1.2), voitiin näytettä vahingoittamatta selvittää tuleentuminen, ym. siemenen sisärakenteen yksityiskohtia.^{8,9}

Luokitukseen perustuen Kujala ja Heikinheimo¹⁰ esittivät käyttökelpoisen siemenen tuleentumisrajoiksi kesä-syyskuun keskilämpötilat +10,5 °C männylle ja +9,5 °C kuuselle.

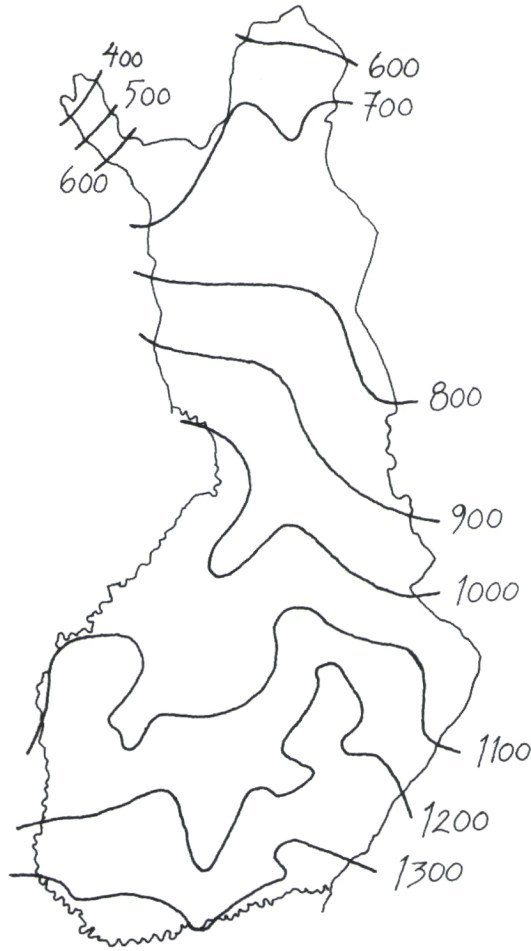
Mork¹¹ ja myöhemmin Sarvas¹² käyttivät männyn siementen tuleentumisen arvioinnissa lämpöolojen kuvaukseen kasvukauden tehoisaa lämpösummaa. Lämpösumman laskentatapoja on useita.



Kuva 2.12. Havupuun siementen anatomiset tuleentumisluokat Kujalan mukaan. (a) siemenkuori, (b) alkio-ontelo, (c) siemenvalkuainen, (d) vajaasti kehittynyt, luokan II alkio, (e) alkioita kehitysluokissa III ja IV; V = täysin kehittynyt, tuleentunut siemen.⁷

Yleisesti laskennassa summataan päivittäiset $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$:n ylittävät keskilämpötilat. Yksikkönä käytetään englanninkielestä muodostettua lyhennettä d.d. (degree day) tai suomenkielistä lyhennettä $^{\circ}\text{Cvrk}$ (vuorokausiaste). Suomen lämpösummakartta on esitetty kuvassa 2.13.

Sarvas¹³ esitti metsäpuiden vuosirytmitutkimusten perusteella mallin männyn siementen anatomisen tuleentumisen ja kasvukauden lämpösumman väliselle riippuvuudelle. Sen mukaan paikallisiin olosuhteisiin sopeutuneen mäntypopulaation siemenistä puolet on anatomisesti tuleentuneita, kun saavutetaan 77 % vuotuisesta keskimääräisestä lämpösummasta ko. paikkakunnalla. Jotta 95 % siemenistä tuleentuisi, tarvitaan keskimäärin 84 % vuotuisesta keskimääräisestä lämpösummasta. Tämä ns. Linsserin periaatteen mukainen malli pätee Sarvaksen mukaan männyllä suunnilleen Kainuu–Pudasjärvi linjan (noin 950 d.d. lämpösummarajan) eteläpuolella. Rajan pohjoispuolella männyn lisääntymiskierto ei ole

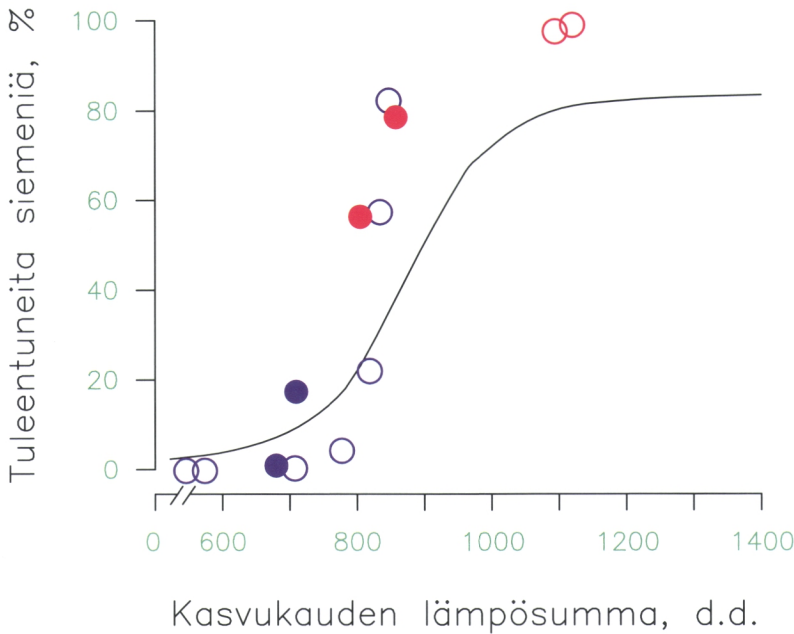


Kuva 2.13. Keskimääräinen vuotuinen lämpösumma (d.d.-yksikköä, kynnysarvo +5 °C) Suomessa.

Sarvaksen laskelmien mukaan optimaalisesti sopeutunut vallitsevaan ilmastoon, vaan siementen tuleentuminen jää siellä useimpina vuosina vajaaksi.

Henttonen ym.¹⁴ arvioivat Kujalan koko Suomea koskevan aineiston perusteella männyn 50 % tuleentumisen raja-arvoksi 890 ± 35 d.d.-yksikköä. Harjun¹⁵ aineistossa vastaava arvo oli huomattavasti pienempi, 800 d.d.-yksikköä (kuva 2.14). Poikkeamat eri tutkimusten välillä johtuvat todennäköisesti siementen tuleentumisasteen erilaisesta määrittelystä.

Havupuiden siementen anatomista kehitystä ennustettaessa päähuomio on kiinnitetty erityisesti alkion ja vararavintosolukon mit-

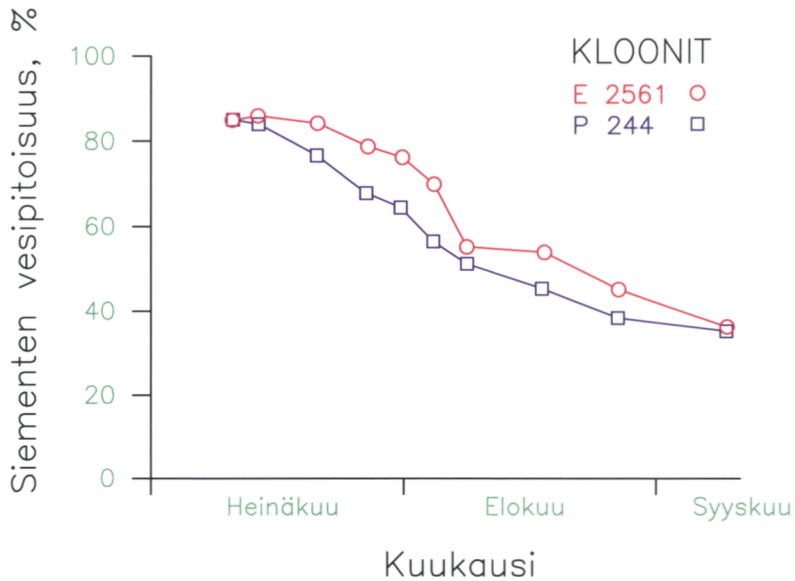


Kuva 2.14. Männyn siemenen tuleentumiseen tarvittava lämpösumma Henttosen ym.¹⁴ (yhtenäinen viiva) ja Harjun¹⁵ (yksittäiset havainnot, eri metsiköistä) mukaan.

tasuhteisiin. Tillman-Sutela ym.¹⁶ ovat osoittaneet, että myös siemenen pintarakenteiden kehitys on olennainen osa tuleentumista. Kun siemenalkion, vararavintosolukon ja pintarakenteiden kasvu sekä erilaistuminen tapahtuu eri rytmissä, voi samassakin siemenessä olla eri kehitysvaiheessa olevia, tuleentuneita ja tuleentumattomia osia.

Olennainen piirre tuleentumisessa on siementen vähittäinen kuivuminen, joka alkaa niiden ollessa vielä kiinni emopuussa (kuva 2.15). Kuivuminen on välttämätön edellytys sille, että siemenet voivat säilyttää itävyytensä ja elinkykynsä pitkiäkin aikoja. Havupuiden siementen vesipitoisuus talvehtimisen aikana on noin 10–12 % (tuorepainosta).

Puulajit, joiden siemenet sietävät kuivumista ja säilyttävät elinkykynsä kuivissa olosuhteissa, ovat ns. ortodokseja. Kaikki kotimaiset puulajit tammea lukuun ottamatta kuuluvat tähän ryhmään. Siemenhuollon kannalta ortodoksien lajien käsittely on helppoa, koska siementen kuivaus ja säilytys kuivana ei tuota ongelmia.



Kuva 2.15. Siementen vesipitoisuuden kehitys kahdessa mäntykloonissa tuleentumisesän aikana.¹⁷

Tammen terhot sitävastoin eivät kestä kuivumisesta alle 20–30 %:n vesipitoisuuteen (tuorepainosta) menettämättä samalla elin-kykyään. Ne onkin kylvettävä mahdollisuuksien mukaan heti kypsymisen jälkeen tuoreina tai varastoitava kosteina.¹⁸

2.3.3 Siemenhorros

Useimmilla metsäpuilla siementen tuleentumista seuraa horrosvaihe, siemendormanssi, jonka aikana siemenet joko eivät lainkaan idä (vaikka olosuhteet olisivat itämiselle suotuisat) tai itävät vain rajoitetusti, esimerkiksi kapealla lämpötila-alueella.

Horrosluokituksia ja -määrittelyjä on useita eikä siemenhorrosta tai sen aiheuttajia ole tähän päivään mennessä pystytty yksiselitteisesti kuvaamaan. Syynä tähän ovat mm. seuraavat seikat:

- (1) siemenhorrosta ei pystytä suoraan mittaamaan, vaan se on todettava idätystestin avulla
- (2) horros ilmenee usein vain tietyissä ympäristöolosuhteissa

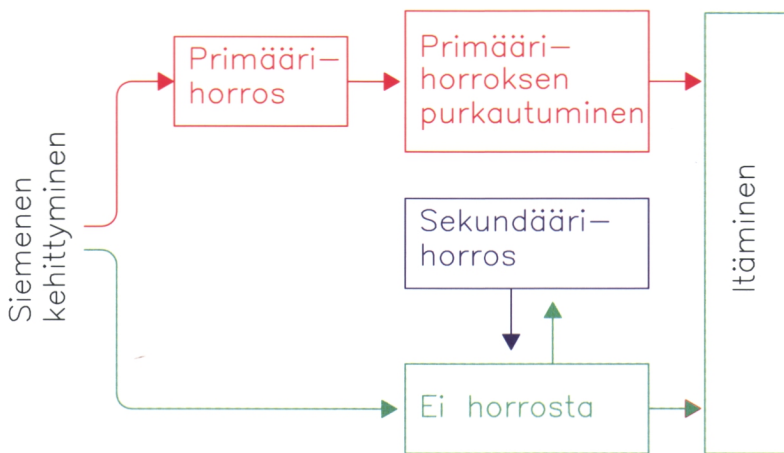
- (3) samassa siemenerässä horros voidaan tavallisesti purkaa monella eri tavalla, lopputuloksen ollessa sama tai lähes sama
- (4) samassa siemenerässä on aina eri kehitysvaiheessa olevia siemeniä, jotka reagoivat eri tavoin horroksen purkamiseen tähtääviin käsittelyihin.

Yleisesti horrostilat jaetaan kahteen pääryhmään (kuva 2.16):

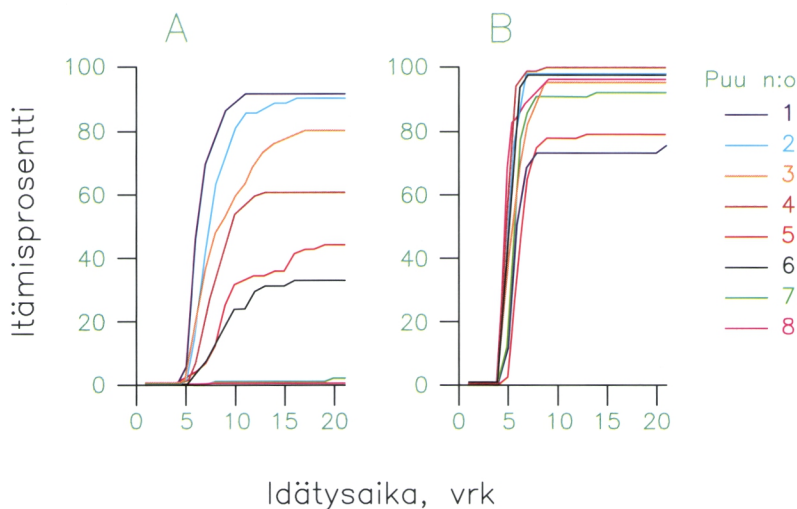
- (1) Primäärihorros, joka ilmenee siemenen kehityksen loppuvaiheessa; siemen on horroksessa irrotessaan emokasvista.
- (2) Sekundäärihorros eli indusoitunut horros, joka ilmenee siemenen irrottua emokasvista. Sen voivat aiheuttaa tietyt ympäristöolosuhteet siemenen käsittelyn tai itämisen aikana.

Primäärihorros näyttää aiheutuvan jonkin siemenen osan — alkion, vararavintosolukon tai kuorikerrosten kypsymättömyydestä tai siitä, että näiden osien kehitys on syystä tai toisesta jäänyt vajaaksi. Horroksen voivat aiheuttaa myös alkioon, siemenkuoreen tai vararavintosolukkoon siemenen kehityksen aikana muodostuneet, itämistä hidastavat yhdisteet.²¹ Itäminen käynnistyy vasta sitten, kun kyseiset aineet ovat riittävästi laimentuneet joko siemenen omassa aineenvaihdunnassa, haihtumalla tai huuhtoutumalla.

Primäärihorrosta osoittaa kuva 2.17, jossa on esitetty syksyllä, tuleentumisen loppuvaiheessa kahdeksasta eri mänty-yksilöstä ke-



Kuva 2.16. Kaavamainen esitys siementen primääri- ja sekundäärihorroksesta (osin Bewley ja Blackin¹⁹ ja Voipio ym.²⁰ mukaan).

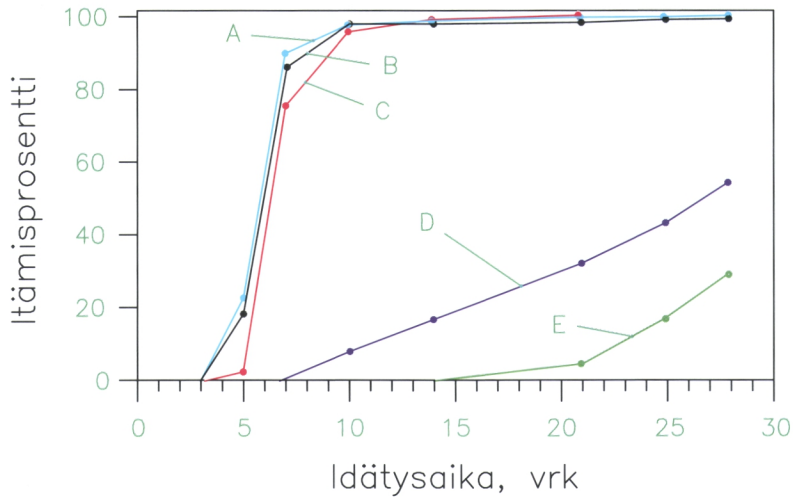


Kuva 2.17. Kahdeksasta eri puusta kerättyjen männyn siementen itävyys lyhyen (A) ja pitkän päivän (B) olosuhteissa.²²

rättyjen siementen itäminen eri olosuhteissa. Itämisvalmiudessa puuyksilöiden välillä on suuria eroja. Siemenet itävät tasaisesti vain pitkän päivän olosuhteissa. Primäärihorros ilmenee joidenkin puuyksilöiden siementen heikkona itävyytenä lyhyen päivän olosuhteissa.

Myös sekundäärihorroksen esiintymisestä kotimaisten metsäpuiden siemenissä on saatu viitteitä.^{23,24} Emokasvista irrottuaan ainakin männyn siemen näyttää pimeissä ja kosteissa olosuhteissa vaipuvan horrokseen, joka hidastaa sen itämistä olosuhteiden muuttuessa uudelleen itämiselle suotuisiksi. Kuvassa 2.18 on esitetty männyn siementen sekundäärihorrosta koskeva koetulos. Tuoreita, syksyllä kerättyjä siemeniä säilytettiin kahdessa lämpötilassa (+5 ja +12 °C) kuivissa (ilman suhteellinen kosteus 22 %) ja kosteissa (ilman suhteellinen kosteus 75 %) olosuhteissa viiden kuukauden ajan. Siementen vesipitoisuus oli käsittelyn aikana 5 % kuivissa olosuhteissa ja 10 % kosteissa olosuhteissa. Käsittelyn jälkeen itävyys testattiin +21 °C lämpötilassa ja pitkän päivän olosuhteissa.

Käsittely korkeassa suhteellisessa kosteudessa ja +12 °C:een lämpötilassa näytti indusoivan sekundäärihorroksen tuoreisiin männyn siemeniin. Itäminen käynnistyi näissä olosuhteissa säilytetyissä siemenissä vasta 20 vrk:n kuluttua testin aloittamisesta (kuva 2.18



Kuva 2.18. Esimerkki sekundäärihorroksen indusoitumisesta syksyllä kerättyihin männyn siemeniin. Siementen itävyys mitattu +21 °C:n lämpötilassa ja 18 h päivänpituudessa. Käsittely ennen idätystä viiden kuukauden ajan seuraavissa olosuhteissa: (A) kontrolli, säilytys siemenvarastossa, (B) säilytys +5 °C / 22 % suhteellinen kosteus, (C) säilytys +12 °C / 22 % suhteellinen kosteus, (D) +5 °C / 75 % suhteellinen kosteus ja (E) +12 °C / 75 % suhteellinen kosteus.²³

E). Kontrolliolosuhteissa ja kuivina säilytetyt siemenet alkoivat itää jo viiden vuorokauden kuluessa (kuva 2.18 A, B).

2.3.4 Itäminen

Miten itämistä mitataan?

Yksittäisessä siemenessä meitä kiinnostaa kaksi itämiseen liittyvästä tunnusta. Halutaan tietää (1) onko siemen ylisummaan itämiskykyinen ja (2) kuinka nopeasti siemen itää tietyissä olosuhteissa. Molemmat tunnukset mitataan idätystestissä.

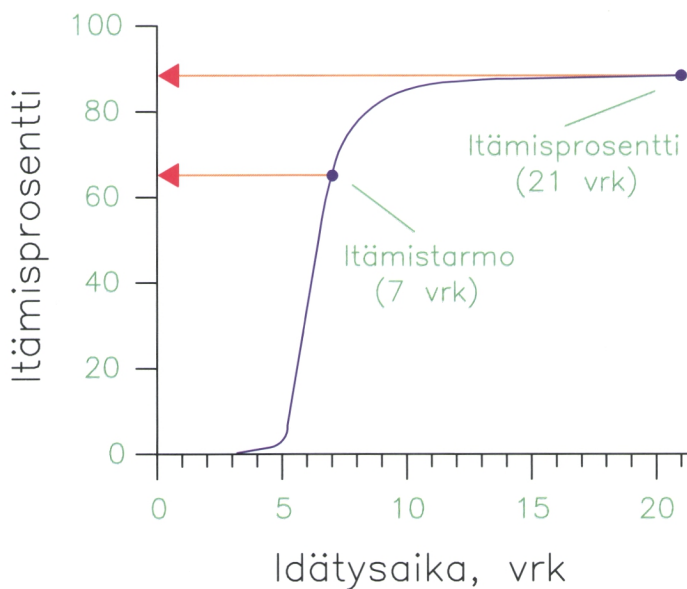
Siemenjoukossa kullakin itämiskykyisellä siemenellä on tietty spesifinen itämisaika. Kun esimerkiksi sadan siemenen itämisaikoja tarkastellaan kumulatiivisesti, summataan niiden siementen määrä, jotka ovat itäneet tiettyyn ajanhetkeen mennessä. Tuloksena saadaan kuvaaja kumulatiivisesta itämisprosentista

itämisajan suhteen (kuva 2.19). Tämä kuvaaja on itävyysnäytteiden peruskäyrä, jonka avulla voidaan määrittää kaksi siemenjoukon itämistä kuvaavaa tunnusta: itämisprosentti ja itämistarmo.

Itämisprosentti että itämistarmo ilmaisevat kuinka suuri osa tietyn siemenjoukon siemenistä on itänyt määräaikaan mennessä. Itämisprosentti mitataan idätystestissä tavallisesti 21 vrk:n kuluttua idätyksen aloittamisesta. Nopeasti itävillä lajeilla idätysaika voi olla lyhyempi, niin että lopullinen taso saavutetaan jo 14 tai jopa 7 vuorokauden kuluttua idätyksen aloittamisesta.

Itämistarmo ilmaisee itäneiden siementen prosenttiosuuden tietyllä ajanhetkellä ennen lopullisen itävyyden toteamista. Nopeasti itävillä lajeilla, kuten haavalla ja koivulla, on tarkoituksenmukaista mitata itämistarmo jo 3–7 vrk:n kuluttua idätyksen aloittamisesta. Hitaammin itävillä havupuilla itämistarmo mitataan esimerkiksi 10 vrk:n kuluttua testin aloittamisesta.

Jotta idätystulokset olisivat tarvittaessa toistettavissa ja keskenään vertailukelpoisia, idätystestit tehdään mahdollisimman pitkälle vakioituissa olosuhteissa. Näin varmistetaan, ettei mikään ulkoinen tekijä pääse vääristämään testitulosta, vaan se kuvaa luotettavasti näytteen edustaman siemenen itävyyttä.



Kuva 2.19. Itämistarmo ja itämisprosentti määritettynä kumulaatiiviselta itämiskäyrältä.

Itämiseen kuluva aika mitataan laboratoriodätyksissä siitä hetkestä alkaen kun siemen asetetaan idätysalustalle ja päättyen silloin, kun voidaan todeta itämisen tapahtuneen. ISTAn kansainvälisten siementarkastusohjeiden mukaan itäminen on tapahtunut, kun kaikki normaalit rakenteet — sirkkajuuri, sirkkavarsi, sirkka-lehdet (tai ainakin niiden kiinnityskohta sirkkavarteen) ja sirkkasilmu — ovat näkyvissä.

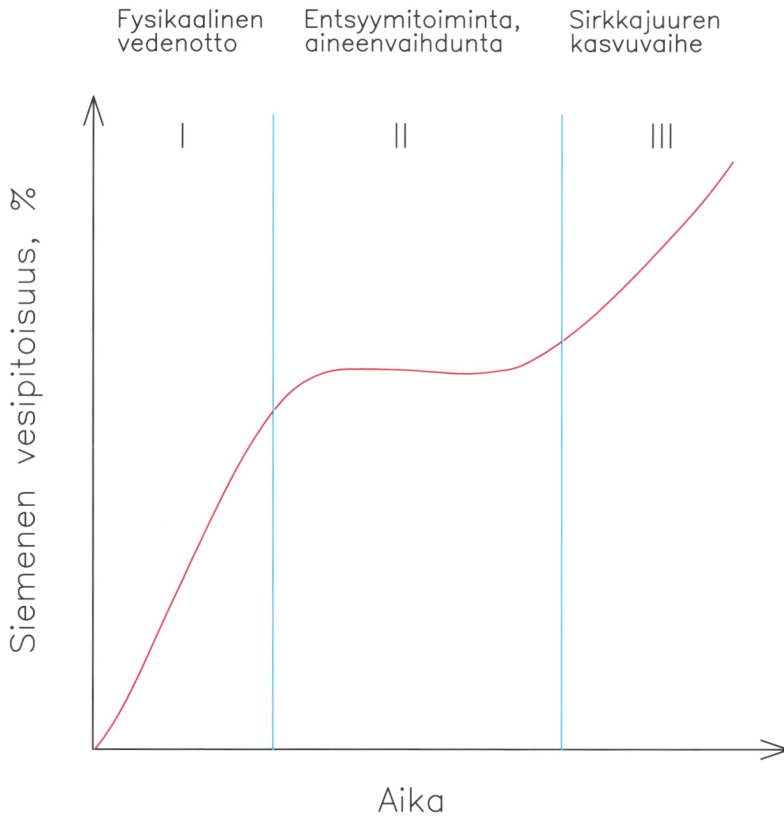
Hitaasti itävien havupuiden siementen tarkastuksessa ei käytännön syistä yleensä ole mahdollista odottaa niin kauan, että kaikki rakenteet ovat visuaalisesti havaittavissa. Havupuilla siemen katsotaan itäneeksi, kun siemenestä ulos tunkeutunut sirkkajuuri on vähintään neljä kertaa siemenkuoren pituinen (ks. kohta 4.2.4.4). Nopeasti itävillä lehtipuilla itämisen todetaan tapahtuneen, kun sirkkajuuri ja -lehdet ovat selvästi näkyvissä.

Kun metsäpuiden siementen tuotanto- ja käsittelymenetelmät ovat jatkuvasti parantuneet, ovat myös keskimääräiset itämisajat lyhentyneet. Nykyaikaisessa taimituotannossa, jossa siementen nopea ja tasainen itäminen on tärkeää, itämistarmosta on tullut olennaisempi siemenereää kuvaava tunnus kuin itävyysprosentista.

Itämisen kulku ja siihen vaikuttavat ympäristötekijät

Itäminen on monivaiheinen tapahtuma, jonka kuluessa lepotilassa olevasta siemenalkiosta kehittyy yhteyttävä, omavarainen taimi. Siemen tarvitsee vettä, happea ja sopivan lämpötilan, jotta itäminen käynnistyisi. Vesi toimii liuottimena, jonka avulla vararavintoa hajottavat entsyymit voivat toimia ja liukoiseen muotoon pilkkoutuvat ravintoaineet pääsevät kulkeutumaan kasvavaan alkioon. Samalla soluliman, soluseinien ja vararavinnon kuivuneet ja kutistuneet kolloidit imevät vettä ja turpoavat.

Vesi imeytyy siemeneen kolmessa toisiaan seuraavassa vaiheessa (kuva 2.20). Aluksi imeytyminen on fysikaalista ja imeytymisnopeus riippuu itämisalustan ja siemenen vesipotentialierosta sekä siitä, kuinka suuri osa siemenen pinnasta on suoraan kosketuksessa veteen. Mitä suurempi potentiaaliero itämisalustan ja siemenen välillä on, sitä nopeammin vesi siirtyy siemeneen. Männyllä ja kuusella vedenoton ensimmäinen vaihe kestää laboratorio-olosuhteissa noin 24 tuntia. Vedenottonopeus riippuu myös lämpötilasta:

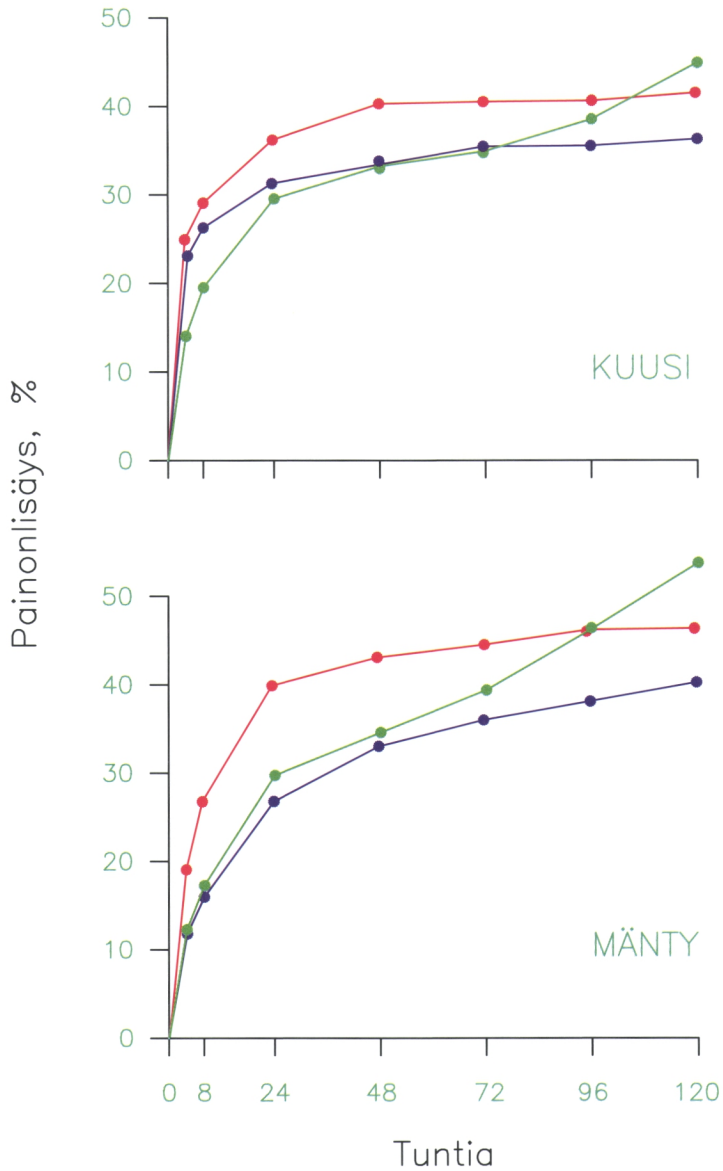


Kuva 2.20. Periaatekuva veden imeytymisestä kolmessa vaiheessa itävään siemeneen.²⁵

matalassa lämpötilassa siementen kostuminen on hitaampaa kuin korkeassa (kuva 2.21).

Itämisen alkuvaiheen nopea veden imeytyminen muuttuu vähitellen kasvu- ja erilaistumisvaiheeksi, jolloin siemenen vesipitoisuus vakioituu. Männyn ja kuusen siementen vesipitoisuus on tällöin noin 35–40 % (tuorepainosta). Tämä vaihe päättyy, kun sirkkajuuri tunkeutuu ulos siemenestä ja siemenen vesipitoisuus kohoaa uudelleen sirkkataimen solujen kasvun ja jakautumisen nopeutuessa.

Vedenoton tasapainovaiheessa, kun siemenen elävät solukot ovat veden turvottamia, varsinaiset elintoiminnot alkavat. Entsyymien ja hormonien toiminta käynnistyy, varastoravinto pilkkoutuu pienimolekyylisiksi yhdisteiksi: tärkkelys sokeriksi, rasvat rasvahapoiksi ja glyseroliksi, valkuaisaineet aminohapoiksi. Nämä pilkkoutumistuotteet liukenevat veteen ja kulkeutuvat alkion



- IDÄTYS-PAPERILLA, +25°C
- VEDESSÄ, +25°C
- VEDESSÄ, +5°C

Kuva 2.21. Männyn ja kuusen vedenotto laboratoriodätyksessä, +5 °C ja +25 °C lämpötilassa pelkässä vedessä ja idätyspaperin päällä. Vedenoton kolmas vaihe ei käynnisty pelkässä vedessä siementen hapenpuutteen takia.²⁷

kasvusolukkoon. Alkion kasvu on ensin pääasiassa jo valmiina olevien solujen laajenemista. Kun solujen laajenemiseen tarvitaan nestejännitystä, jatkuu runsas veden tarve vielä turpoamisen päätyttyäkin. Laajenemiskasvun liittyy tavallisesti alusta lähtien myös uusien solujen syntyminen.²⁶

Siemenalkiota ympäröivät solukot säätelevät eri tavoin veden kulkeutumista siemenen sisäosiin. Esimerkiksi koivun pähkylähedelmän kuoressa on vettä hylkiviä parkkiaineita ja perikarpin ja siemen kuoren välissä oleva ilmaontelo hidastaa siemenen vettymistä.²⁸

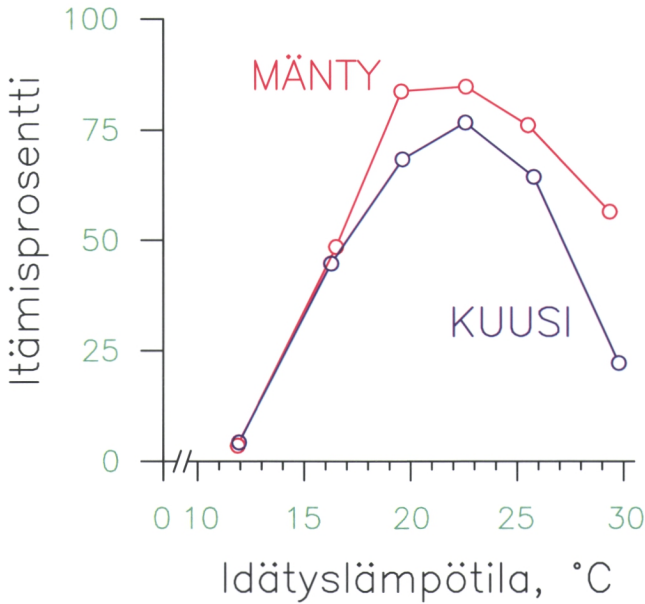
Tillman-Sutela tutkimusryhmineen on selvittänyt yksityiskohtaisesti männyn ja kuusen siementen pintarakenteiden vaikutusta siementen vettymiseen ja itämiseen.^{29,30} Kuusella veden kulkua alkioon ohjaavat erityisesti siemenkuoren sisäpuoliset, vararavintosolukkoa ympäröivät kerrokset. Ne sisältävät rasvapitoisia aineita, mm. fenoleita, kutiinia, suberiineja ja vahaa ja estävät tehokkaasti veden imeytymisen siemenen mikropyylen puoleisesta päästä. Vesi kulkeutuukin kuusen siemenen sisäosiin ensin mikropyylen vastaisesta päästä kalatsan ympäristöstä.^{31,32}

Nämä havainnot selittävät Zentschin³³ saamat tulokset, joiden mukaan kuusen siemen itää nopeammin, jos kalatsan puoleinen osa on kosketuksessa veden kanssa.

Alkion solujen laajeneminen ja uusien solurakenteiden muodostuminen kuluttaa energiaa. Sitä vapautuu siemenen varastoaineista soluhengityksessä. Itämisen yhtenä perusedellytyksenä on siis riittävä *hapen saanti* hengitykseen heti kun siemen on kostunut ja turvonnut. Toinen tärkeä itämiseen vaikuttava ympäristötekijä tässä vaiheessa on *lämpötila*.

Männyn ja kuusen siementen optimaalinen idätyslämpötila on 20–22 °C (kuva 2.22). Tasaisen korkeissa (yli 25 °C) lämpötiloissa sekä itämistarmo että -prosentti laskevat. Osa siemenistä jää tällöin itämättä, mutta säilyttää itämiskykynsä; itäminen jatkuu normaalisti, kun siemenet siirretään lämpötilaan +21 °C.³⁴

Leinosen ym.³⁶ testaamassa, kolmesta kuusesta kerätyssä näyttemateriaalissa siementen itämisprosentti riippui lämpötilasta siten, että 50 %:n itävyys saavutettiin 14,3 °C lämpötilassa ja



Kuva 2.22. Männyn ja kuusen siementen itämisprosentti 14 vrk:n kuluttua idätyksen aloittamisesta, eri lämpötiloissa, jatkuvassa valossa.³⁵

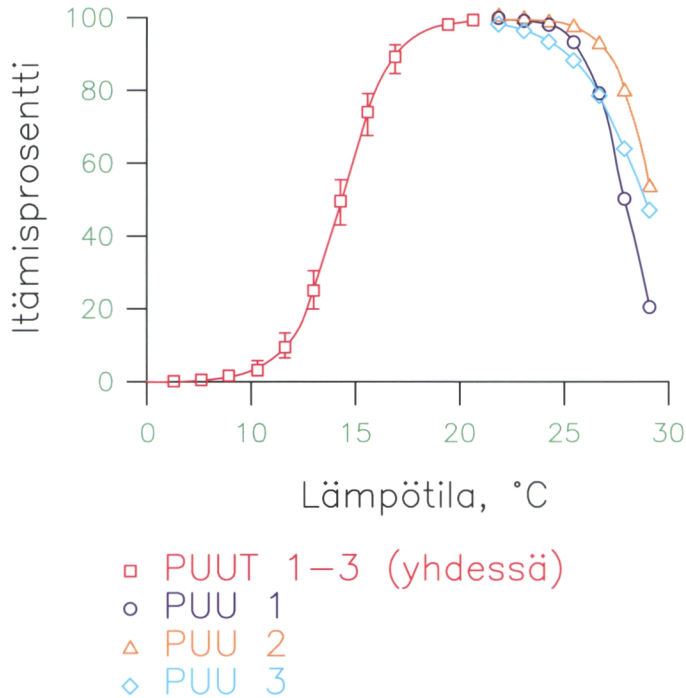
itäminen lakkasi kokonaan n. 10 °C lämpötilassa. Itävyys alkoi laskea, kun lämpötila nousi yli 25 °C (kuva 2.23).

Koivun siementen itämisen lämpötilaoptimi on suhteellisen korkea. Govorukhan ja Mamaevin³⁷ sekä Morkin³⁸ mukaan sekä hiesettä rauduskoivun siemenet itävät täydellisin +25–30 °C:een lämpötilassa (vrt. kuva 2.24).

Itämisen optimilämpötila-alueet eivät ole kiinteitä, vaan ne muuttuvat muiden ympäristötekijöiden vaihdellessa. Useimmat itämisen lämpötilariippuvuutta koskevat tulokset on saatu laboratorio-olosuhteissa, joissa kosteus, lämpötila ja muut ympäristötekijät on vakioitu. Kun luonnonoloissa itämisalustan kosteus ja lämpötila vaihtelevat, on em. optimalalueita pidettävä vain suuntaa antavina.

Ympäristötekijöillä on lisäksi yhdysvaikutuksia siten, että ne osin "korvaavat" toisiaan. Itämisen lämpötilariippuvuuteen vaikuttavat siementen altistuminen matalille lämpötiloille ennen itämistä sekä valon määrä ja laatu itämisen aikana.

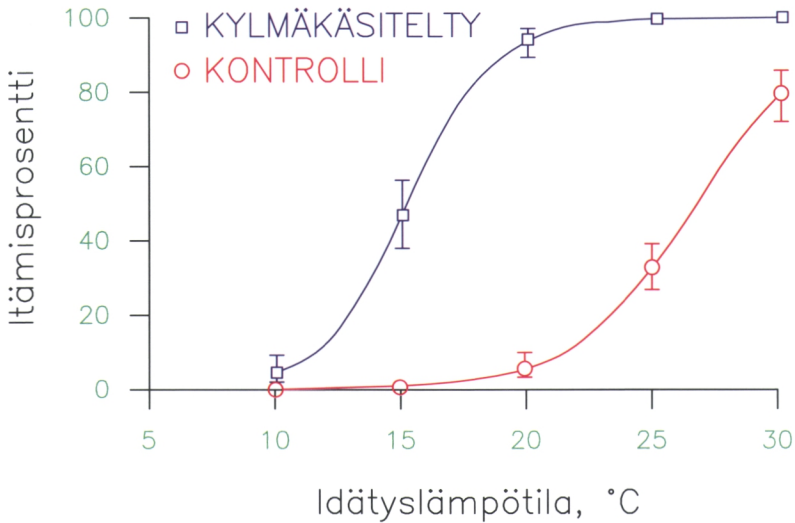
Luonnonolosuhteissa matalien lämpötilojen vaikutus ilmenee itämisen lämpötilavasteen muutoksina talvehtimisen aikana.



Kuva 2.23. Kolmesta eri kuusiyksilöstä kerättyjen siementen itämisprosentti 21 vrk:n kuluttua idätyksen aloittamisesta, eri lämpötiloissa, pimeässä.³⁶

Morkin²⁸ mukaan minimilämpötila syksyllä kerätyn rauduskoivun siemenen itämiselle on +20 °C ja keväällä, talvehtimisen jälkeen minimilämpötila on +10 °C. Nygrenin tutkimien, eri vuodenaikoina kerättyjen männyn siementen itämisprosentti +10 °C:ssa ja jatkuvassa valossa oli syyskuussa keskimäärin 40 % ja joulukuussa keskimäärin 90 %.³⁹

Siemenet voidaan kylmäkäsitellä myös "keinotekoisesti" stratifioimalla. Tällöin niitä säilytetään itämiskosteudessa joko idätyspaperin päällä tai hiekkaan, turpeeseen tms. sekoitettuna +3–5 °C:n lämpötilassa. Puulajista riippuen käsittelyä jatketaan muutamana viikoksi tai jopa useiden kuukausien ajan. Stratifioinnin seurauksena itämisen lämpötila-alue laajenee ja erityisesti siementen kyky itää matalissa lämpötiloissa paranee⁴⁰ (kuva 2.24). Kylmäkäsitelyyn reagoivat selvimmin tuoreet, vasta kerätyt siemenet. Vanhojen erien itävyyttä ei yleensä voida kohentaa stratifioinnilla.⁴¹



Kuva 2.24. Kolmen viikon ajan kylmäkäsiteltyjen (+3 °C) ja käsittelemättömien, tuoreiden rauduskoivun siementen itäminen pimeässä, eri lämpötiloissa.⁴⁰

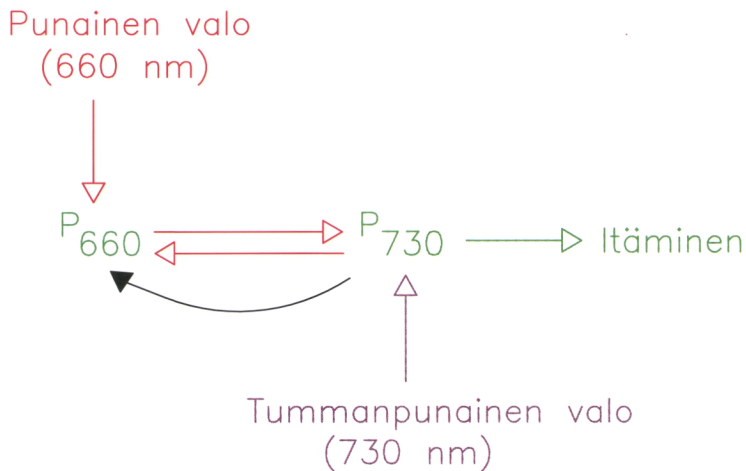
Valo

Eri puulajien siemenet reagoivat eri tavoin valoon. Männyn siementen itämisprosentti ja itämistarmo ovat valossa korkeampia kuin pimeässä.^{41,42} Kuusen itämisprosentti on yleensä samaa luokkaa valossa ja pimeässä.^{36,43} Koivun siemen itää valossa nopeammin kuin pimeässä.^{44,45}

Valo säätelee itämistä kahdella tavalla: sekä valon aallonpituudella että päivänpituudella on merkitystä. Kummankin tekijän vaikutus välittyy siementen sisältämän pigmentin, fytochromin kautta (kuva 2.25).

Fytochromipigmentillä on kaksi isomeerista muotoa P_{660} ja P_{730} . Edellinen on inaktiivimuoto, mikä tarkoittaa sitä, että pigmentin ollessa tässä tilassa itäminen ei käynnisty. Kun siemeneseen kohdistuu punaista valoa (aallonpituusalueen maksimi n. 660 nm) inaktiivimuoto P_{660} muuttuu siemenessä valokemiallisen reaktion kautta aktiivimuotoon P_{730} .

Fytochromireaktio tapahtuu myös toiseen suuntaan siten, että aktiivimuoto P_{730} palautuu takaisin inaktiivimuotoon P_{660} . Palautuminen tapahtuu pimeässä, mutta myös valon vaikutuksesta, ja sen aihe-

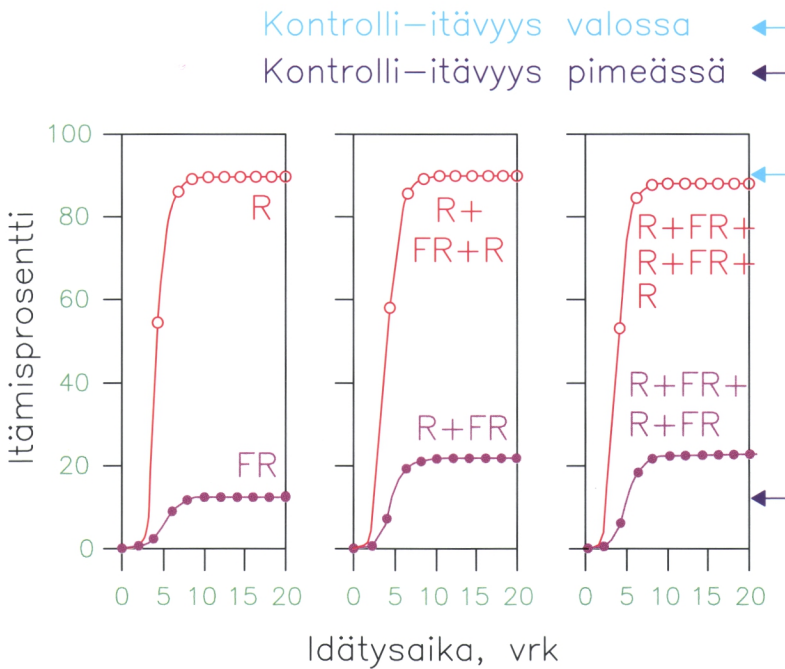


Kuva 2.25. Periaatekuva fytykromipigmentin toiminnasta. Inaktiivimuoto P_{660} muuttuu punaisen valon vaikutuksesta aktiivimuotoon P_{730} ja itäminen käynnistyy. Aktiivimuoto P_{730} palautuu takaisin inaktiivitilaan joko tummanpunaisen valon vaikutuksesta tai pimeässä.

uttaa tummanpunainen säteily (aallonpituusalueen maksimi 730 nm). On osoitettu, että säteilyttämällä männyn siemeniä ennen idätystä vuorotellen toisiaan seuraten em. aallonpituusalueen valolla viimeiseksi annetun säteilyannoksen laatu määrää sen itävätkö siemenet vaiko eivät (kuva 2.26).

Auringon säteilyn spektrijakautumassa lyhyempiaaltoista punaista valoa (660 nm) on enemmän kuin pitempiaaltoista (730 nm). Tase on normaalissa päivänvalossa siten positiivinen itämistä edistävän aallonpituusalueen hyväksi — päivänvalo edistää itämistä. Jos päivänvalon spektrisuhde jostakin syystä muuttuu, esim. jos säteily siivilöityy vihreän latvuston läpi on 730 nm:n säteily runsaampaa kuin 660 nm:n ja tällöin siis säteilyn vaikutus on itämistä ehkäisevä.

Fytykromi on vesiliukoinen pigmentti. On todettu, että siementen täytyy olla lähes itämiskosteudessa, jotta edellä kuvattu pigmenttireaktio toimisi ja valon aallonpituusjakauma voisi säädellä itämistä. Nyman totesi kuitenkin, että myös varastokuivat männyn siemenet reagoivat ennen idätystä annettuun punaiseen



Kuva 2.26. Punavalon (R) ja kaukopunavalon (FR) vaikutus männyn siementen itämiseen. Itämisprosentti mitattu 30 minuutin valotuksen jälkeen, pimeässä. Kontrolli-idätykset tehty ilman valotusta jatkuvassa valossa ja pimeässä. Myös kaukopunavalolla on vähitellen kumuloituva, itämistä edistävä vaikutus peräkkäisten "annosten" määrän kasvaessa.⁴²

(660 nm) säteilyyn, mikä näkyi kohonneena laboratorio-itävyytenä.⁴²

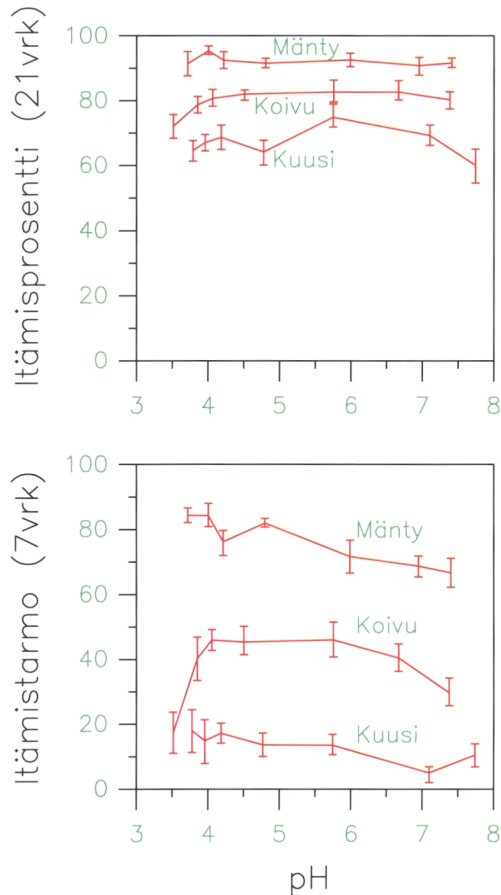
Laboratio-olosuhteissa tehdyissä kokeissa on havaittu, että hyvin pienitehoinenkin säteily riittää aikaansaamaan fyto-kromireaktion. Sarvas⁴¹ totesi männyn siementen itämisen reagoivan säteilyyn, jonka voimakkuus oli noin 0,05 W/m².

Valolla, idätyslämpötilalla ja siementen kylmäkäsittelyllä on yhdysvaikutuksia. Ilmiötä on tutkittu mm. koivun siemenillä. Vaartaja⁴³ sekä Black ja Wareing⁴⁴ ja myöhemmin Vanhatalo ym.⁴⁶ osoittivat, että sekä raudus- että hieskoivulla siementen itämistä säätelee paitsi lämpötila, myös päivänpituuden ja kylmäkäsittelyn yhdysvaikutus. Jotta koivun siemenet itäisivät +15 °C lämpötilassa tarvitaan pitkän päivän olosuhteet. Korkeissa (> 20 °C) lämpötiloissa ne itävät myös lyhyen päivän olosuhteissa. Kosteaa kylmäkäsittelyn jälkeen sekä lämpötila että valoriippuvuus muuttuvat ja

siemenet itävät päivänpituudesta riippumatta laajalla lämpötila-alueella.

Itämisalustan pH

Pääpuulajeillamme itämisalustan pH näyttää vaikuttavan eniten männyn ja koivun siementen itämisnopeuteen. Dolomiittikalkin ja puuntuhkan avulla säädelyissä koeolosuhteissa, vaaleassa rahkaturpeessa männyn siementen itämisnopeus oli suurin, kun itämisalustan pH oli alle 5. Koivun siemenet itivät nopeimmin pH-alueella 4–6. Kuusen siementen itämisnopeuteen kalkki- tai tuhka-annokset eivät vaikuttaneet. Millään tutkituista kolmesta puulajista kalkki- ja tuhkakäsittely ei vaikuttanut siementen itämiskykyyn (kuva 2.27).



Kuva 2.27. Männyn, kuusen ja rauduskoivun siementen itämisprosentti ja -tarmo rahkaturvealustalla eri pH-tasoilla.⁴⁷

Epigeeminen ja hypogeeinen itäminen

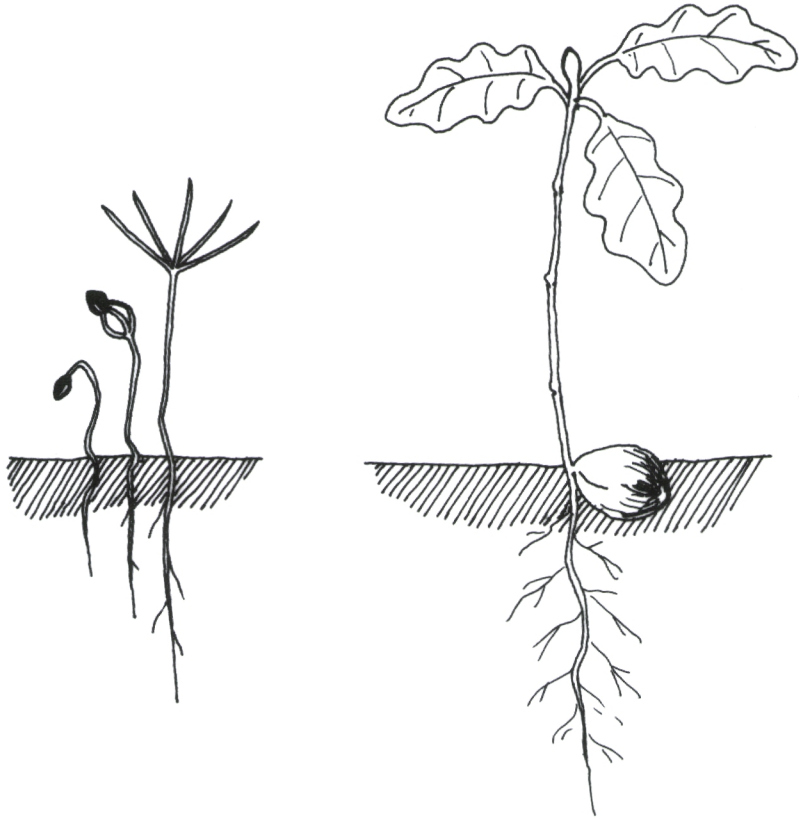
Siemenalkion kasvun käynnistyminen näkyy ensimmäiseksi siten, että sirkkajuuri työntyy ulos siemenkuoresta. Tätä vaihetta pidetään varsinaisena itämisenä. Suurimmalla osalla kotimaisista metsäpuista itäminen on epigeaista: siemen sirkkalehtineen lepää maan pinnalla, ja sirkkajuuri tunkeutuu itämisen alussa maahan ja kiinnittyy siihen. Sirkkavarsi pitenee sirkkalehtien alapuolelta ja nostaa sirkkalehdet ylös maasta. Sirkkalehdet vihertyvät ja toimivat ensimmäisinä yhteyttävinä lehtinä, ja sirkkasilmu jatkaa vasta tämän jälkeen uuden verson kasvattamista. Itämisen edistyessä sirkkavarsi oikenee ja kohottaa vararavinnosta tyhjentyneen siemenen sirkkalehtiensä kärjessä maasta ylös.

Kotimaisista puulajeista vain metsätammi itää hypogeeisesti: sirkkajuuri tunkeutuu maahan ja kiinnittyy siihen kuten epigeeisessäkin itämisessä, mutta terho sirkkalehtineen jää maanpinnalle ja ensimmäiset kasvulehdet puhkeavat varsinaisen varren kasvaessa pituutta. Sirkkavarsi ei siis kasva pituutta, vaan sirkkasilmu lähtee heti kasvamaan maanpintaan nousevaksi varsinaiseksi versoksi ja sirkkalehdet jäävät maahan. Niiden sisältämä vararavinto hajoaa kasvavan taimen käyttöön ja ne kuihtuvat tyhjennyttyään (kuva 2.28).

2.3.5 Siementen vanheneminen

Siemenet vanhenevat kuten kaikki elävät organismit. Näennäisesti inaktiivisissa, kuivissakin siemenissä elintoiminnat ovat hitaasti käynnissä. Niitä voidaan seurata mittaamalla siementen hengitystä, kulutetun hapen ja tuotetun hiilidioksidin määrää.⁴⁸ Hengitysnopeus riippuu lämpötilasta ja siementen vesipitoisuudesta (kuva 2.29). Kuivien siementen aineenvaihdunta on vähäistä korkeissakin lämpötiloissa, mutta vesipitoisuuden noustessa niiden hengitysnopeus kasvaa jyrkästi.

Siementen vanheneminen ilmenee itämiskyvyn ja erityisesti itämisnopeuden alenemisena. Vanhentuneet siemenet itävät hitaasti ja niistä kehittyvät pienikokoisia sirkkataimia.^{50,51} Ilmiön taustalla ovat biokemialliset ja fysiologiset muutokset alkiossa, vararavintosolukossa tai siemenkuoressa. Tutkimustietoa näistä yksityiskohtaisista muutoksista männyn ja kuusen siemenissä on niu-

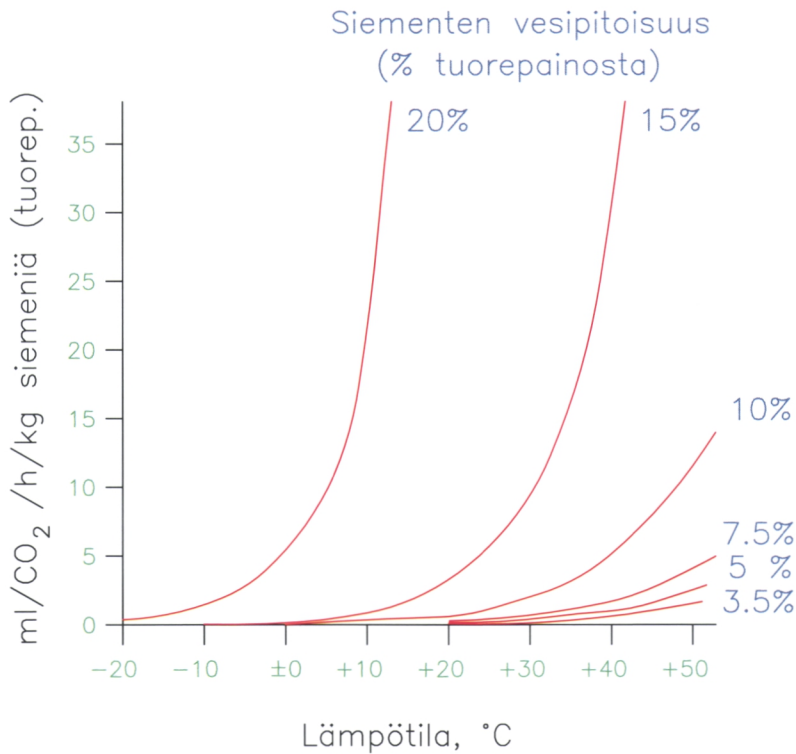


Kuva 2.28. Epigeeminen (mänty) ja hypogeeminen (tammi) itäminen.

kasti.⁵² Havupuilla eräänä vanhenemista nopeuttavana tekijänä on pidetty siemenkuoren vaurioita, jotka ilmenevät mm. siementen varastointikestävyyden alenemisena ja heikentyneenä itävyytenä.^{53,54,55}

Kotimaiset havupuun siemenet sisältävät noin 35 painoprosenttia rasvaa, pääasiassa triasyyliglysidejä.^{56,57,58} Muista kasvilajeista tiedetään, että pitkäaikainen varastointi altistaa siementen lipidit hitaalle, mutta jatkuvalla hapen vaikutukselle, jonka seurauksena muodostuu hydroperoksiedeja, muita hapettuneita rasvahappoja ja vapaita radikaaleja. Viime mainitut käynnistävät ketjureaktion, jonka tuloksena syntyy uusia vapaita radikaaleja. Nämä ovat pysymättömiä ja voivat herkästi reagoidessaan vaurioittaa mm. solukalvoja.⁵⁹

Varastokuivissa siemenissä vaurioiden korjautuminen on hidasta. Hapettuneiden rasvahappojen akkumuloituminen onkin verrannol-



Kuva 2.29. Kuusen siementen hengitysnopeus siementen vesipitoisuuden ja lämpötilan suhteen.⁴⁹

linen siementen fysiologisen ikään. Ehjä siemenkuori hidastaa rasvahappojen autoksideaatiota (ja samalla siemenen elinkyvyn menetystä) rajoittamalla hapen vaikutusta siemeneseen. Antioksidantit pysäyttävät tämän ketjureaktion sieppaamalla vapaita radikaaleja. Siementen elinikää onkin onnistuttu lisäämään antioksidanttikäsittelyllä.⁶⁰

Mitä kauemmin metsäpuiden siemeniä joudutaan varastoimaan, sitä todennäköisempiä ovat geneettiset muutokset siementen perimässä.⁶¹ Niistä aiheutuva elinkyvyn heikentyminen voi olla valikoivaa, siten että jotkut genotyypit vähitellen karsiutuvat pois siemenjoukosta. Tällöin on vaarana, että populaation perinnöllinen pohja kapenee.^{62,63}

Kirjallisuus

1. Nygren, M. & Saarinen, M. 2001. Siemenestä taimeksi. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.): Onnistunut metsänuudistaminen, ss. 83–90. Metsäntutkimuslaitos ja Kustannusosa-
keyhtiö Metsälehti.
2. Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus Oy, Jyväskylä, 131 s.
3. Kujala, V. 1924. Tervaleppä (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) Suomessa. Kasvi-
maantieteellinen tutkimus. (väitöskirja). Valtioneuvoston kirjapaino. Hel-
sinki. 269 s.
4. Mork, E. 1944. Om bjørkefruktens bygning, modning og spiring. Medd. Norske
Skogforsöksvesen 30: 423–471.
5. Kolotelo, D. 1977. Anatomy and morphology of conifer seed. Forest Nursery
technical Series 1.1. British Columbia, Ministry of Forests, 62 s.
6. Kujala, V. 1931. Voidaanko puiden talvisilmuista todeta seuraavan kesän
kukkimissuhteita. Metsätietoa I (1), ss. 63–67.
7. Kujala, V. 1927. Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von
Kiefern- und Fichtensamen. Suomenkielinen selostus: Tutkimuksia män-
nyn- ja kuusensiemienien rakenteesta ja itäväisyydestä Suomessa. Comm.
Inst. For. Fenn. 12: 1–106.
8. Simak, M. & Gustafsson, Å. 1953. Röntgenfotografering av skogträdsfrö. Skogen
5: 1–4.
9. Numminen, E. & Häggman, H. 1987. Röntgenanalyysi metsäpuiden siementen
itävyyksellisuuden mittarina. Metlan tiedonantoja 278: 92–103.
10. Heikinheimo, O. 1948. Frösättning och fröår. Norrlands Skogsvårdsförbunds
Tidskrift, Häfte 1: 77–96.
11. Mork, E. 1941. Om sambandet mellom temperatur og vekst. Medd. Norske
Skogforsöksvesen 27: 7–76.
12. Sarvas, R. 1970. Establishment and registration of seed orchards. Folia For. 89:
1–24.
13. Sarvas, R. 1966. Metsäpuiden kehityksen vuotuinen periodi. Suomalaisen Tie-
deakatemian esitelmät ja pöytäkirjat 1966, ss. 239–259.
14. Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The maturation
of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in northern Fin-
land. Scand. J. For. Res. 1: 243–249.
15. Harju, A. 1995. Genetic functioning of Scots pine seed orchards (väitöskirja).
Acta Univ. Ouluensis A 271.
16. Tillman-Sutela, E., Kauppi, A. & Sahlen, K. 1998. Effect of disturbed
photoperiod on the surface structures of ripening Scots pine (*Pinus sylvestris*
L.) seeds. Julkaisussa: Tasanen, T. (toim.): Research and management of
the northern timberline region. Proceedings of the Gustaf Siren symposi-
um in Wilderness Center Inari, September 4.–5.1997. Metlan tiedonantoja
677: 31–35.
17. Nygren, M. & Pulkkinen, M. 1994. Seed mass growth in two *Pinus sylvestris*
clones. Reports from the Foundation for Forest Tree Breeding 9, 11 s.
18. Kontinen, K. 1995. Jalojen lehtipuiden siementen käsittely. Kirjallisuus-
tarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 573, 49 s. + 2 liites.
19. Bewley, J.D. & Black, M. 1985. Seeds, physiology of development and
germination. Plenum Press, New York, 367 s.

20. Voipio, I., Ahonen, S. & Rautio, E. 1993. Puutarhakasvien siemenlisäys. Siemen, itäminen ja itämisen hallinta. Puutarhatieteen julkaisuja nro 22, Helsingin yliopisto, kasvintuotantotieteen laitos, 55 s.
21. Salmia, A. 1981. Peptidases, proteinases, and proteinase inhibitors in resting and germinating seeds of Scots pine, *Pinus sylvestris* (väitöskirja). Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen julkaisuja nro 7, 33 s.
22. Nygren, M. 1987. Germination characteristics of autumn collected Scots pine seeds. Seloste: Männyn siementen itämistunnukset syyskeräyksissä (väitöskirja). Acta For. Fenn. 201: 1–42.
23. Nygren, M., Leinonen, K. & Vanhatalo, V. 1995. Metsäpuiden siemenhuollon biologiset perusteet: siementen kehitys, itäminen ja vanheneminen. Suomen Akatemian julkaisuja 3/1995, ss. 49–74.
24. Venäläinen, M. 1992. Pohjoisten ja eteläisten mäntyalkuperien itämistunnukset. Julkaisussa: Smolander, H. ja Pulkkinen, M. (toim.): Siemenpäivät Siilinjärvellä. Metlan tiedonantoja 426: 19–34.
25. Bergsten, U. & Simak, M. 1985. Bättre frö: Frövitalitet och vitalisering. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1/85: 65–74.
26. Pankakoski, A. 1990. Puutarhurin kasvioppi, ss. 131–134. Valtion painatuskeskus, Helsinki.
27. Rohmeder, E. 1951. Beiträge zur Keimungsphysiologie der Forstpflanzen. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München, 148 s.
28. Mork, E. 1944. Om björkefruktens bygning, modning og spiring. Medd. Norske Skogforsöksvesen nr. 30: 423–471.
29. Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 1995. The morphological background to imbibition in seeds of *Pinus sylvestris* L. of different provenances. Trees 9: 123–133.
30. Tillman-Sutela, E. 1996. Effect of incubation temperature on the variation of imbibition in northern pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. Seed Sci. & Technol. 25: 101–113.
31. Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 1995. The significance of structure for imbibition in seeds of Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst. Trees 9: 269–278.
32. Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 1999. Kuusen siemenen pintarakenteiden vaikutus vettymiseen ja itämiseen. Taimiuutiset 3/99: 7–8.
33. Zentsch, W. 1962. Zur Wasseraufnahme keimender Fichten Samen (*Picea abies*). Flora Bd 15: 227–235.
34. Nygren, M. & Leinonen, K. 1989. Männyn ja kuusen siementen itämisekologia: laboratorio- ja kenttäitävyyteen vaikuttavat tekijät. Esitutkimusraportti Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiölle, 26 s.
35. Bergsten, U. 1989. Temperature tolerance of invigorated seeds of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst using TTGP-test. Forestry Supplement 62: 107–115.
36. Leinonen, K., Nygren, M. & Rita, H. 1993. Temperature control of germination in the seeds of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Scand. J. Forestry vol. 8: 107–117.
37. Govorukha, G.I. & Mamaev, S.A. 1971. Effect of temperature conditions on the germination and germinative energy of seeds of common birch and white birch of different geographic origins. Ekologiya 3: 47–52.

38. Mork, E. 1951. Factors influencing germination of seed from *Pinus silvestris*, *Picea abies*, *Betula verrucosa* and *B. pubescens*. Medd. Norske Skogsförsöksvesen 38: 161–173.
39. Nygren, M. 1986. Männyn siementen syyskeräys: Käpyjen kylmävarastoinnin ja idätysolosuhteiden vaikutus itävyyteen. *Silva Fenn.* 20(1): 59–73.
40. Vanhatalo, V. 1994. Rauduskoivun siementen itäminen ja kylmäkäsitely. Pro gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos, 46 s.
41. Sarvas, R. 1950. Effect of light on the germination of forest tree seeds. *Oikos* 2: 109–119.
42. Nyman, B. 1963. Studies on the germination in seed of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) with special reference to the light factor. *Studia Forestalia Suecica* 2: 1–164.
43. Vaartaja, O. 1956. Photoperiodic response in germination of seeds of certain trees. *Can. J. Botany* 34: 377–388.
44. Black, M & Wareing, P.F. 1955. Growth studies in woody species. Photoperiodic control of germination in *Betula pubescens* Ehrh. *Physiologia Plantarum* 8: 300–316.
45. Nygren, M. 1987. Koivun siementen itämisekologiaa. *Sorbifolia* 18: 17–20.
46. Vanhatalo, V., Leinonen, K., Rita, H. & Nygren, M. 1996. Effect of prechilling on the dormancy of *Betula pendula* seeds. *Can. J. For. Res.* 26: 1203–1208.
47. Rikala, R. & Jozefek, H.J. 1990. Effect of dolomite lime and wood ash on peat substrate and development of tree seedlings. Tiivistelmä: Dolomiittikalkin ja puun tuhkan vaikutus kasvuturpeeseen ja taimien kehittymiseen. *Silva Fenn.* 24(4): 323–334.
48. Hari, P. & Lehtiniemi, T. 1972. Lämpötilan ja itämisalustan kosteuden vaikutus kuusen idäntään ja CO₂ — eritykseen laboratoriossa. *Silva Fenn.* 2: 125–141.
49. Schönborn, von A. 1964. Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München, 158 s.
50. Huss, E. 1967. Om långtidsförvaring av barrskogsfrö. *Studia For. Suec.* 46.
51. Blanche, C.A., Elam, W.W., Hodges, J.D., Bonner, F.T. & Marquez, A.C. 1988. Accelerated aging of selected tree seeds. Proc. 10th North American Forest Biology Workshop, July 20–22, 1988, ss. 327–334.
52. Simola, L.S. 1974. The ultrastructure of dry and germinating seeds of *Pinus sylvestris* L. *Acta Botanica Fennica* 103: 1–31.
53. Yli-Vakkuri, P. 1959. Siemensiipien hankaajista ja niiden vaikutuksesta siemenen itävyyteen. *Acta For.Fenn.* 68.4.
54. Kamra, S. 1967. Studies on storage of mechanically damaged seed of Scots pine. *Studia For. Suec.* 42.
55. Ryynänen, L. 1983. Pohjois-Suomen männyn suurkeräyssiemenen laatu 10 vuoden varastoinnin jälkeen. *Metlan tiedonantoja* 106: 1–17.
56. Pulliainen, E. & Lajunen, L.H.J. 1984. Chemical composition of *Picea abies* and *Pinus silvestris* seeds under subarctic conditions. *Can. J. For. Res.* 13: 214–217.
57. Tillman-Sutela, E., Johansson, A., Kauppi, A., Laakso, P. & Kallio, H. 1996. Lipids and their seasonal variation in the nucellar layers of Scots pine (*Pinus sylvestris*) seeds. *Can. J. Bot.* 9: 1416–1424.
58. Tillman-Sutela, E., Johansson, A., Laakso, P., Mattila, T. & Kallio, H. 1995. Triacylglycerols in the seeds of northern Scots pine, *Pinus sylvestris* L., and Norway spruce, *Picea abies* (L.) Karst. *Trees* 10: 40–45.

59. Wilson, D.O. & McDonald, M.B. 1986. The lipid peroxidation model of seed ageing. *Seed Sci. & Technol.* 14: 269–300.
60. Kaloyeras, S.A., Mann, W. & Miller, J.C. 1961. Experiments in preserving and revitalizing pine, onion and okra seeds. *Economic Botany* 15: 213–217.
61. Simak, M. 1986. Chromosome aberrations in stored seeds of *Pinus silvestris* and *Picea abies* and the consequences on plant properties. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för skogsskötsel, Rapporter nr 20, 42 s.
62. Chaisurisi, K. & El-Kassaby, Y.A. 1994. Domestication and genetic diversity in Sitka spruce. *Julkaisussa: Int. Symp. on genetic conservation and production of tropical forest tree seed, 14–16 June, 1993, ss. 144–153.*
63. Melchior, G.H. 1986. Genetic differences in ability of aspen families to sustain longterm storage of seeds. *Proc. IUFRO Int. Symp. Seed Problems under Stressful Conditions, FBVA Berichte* 12: 58–70.

3 Siementen tuotanto, hankinta ja käsittely

3.1 Yleistä

Pääpuulajiemme siementen keräys- ja käsittelyohjeet perustuvat suurelta osin joko luonnonmetsiköiden tai saneerattujen plusmetsiköiden siemenistä saatuihin koetuloksiin^{1,2,3,4,5,6}. Metsäpuiden siemenhuolto on kuitenkin vähitellen muuttunut siten, että aikaisempia, siementen laatua ja käsittelyä koskevia tutkimustuloksia ei välttämättä enää voida suoraan soveltaa nykyisiin olosuhteisiin.

Taloustmetsistä tehtävän siementen hankinnan ohella on yhä suuremmassa määrin siirrytty jalostetun siemenen tuottamiseen siemenviljelyksillä sekä koivun siementen muovihuonetuotantoon. Näissä oloissa sekä säteilyolosuhteet että veden ja ravinteiden saatavuus ovat suotuisampia kuin luonnonmetsiköissä ja siemenet kehittyvät nopeammin kuin luonnonoloissa. Keskeinen kysymys on, miten uudet tuotanto- ja käsittelymenetelmät vaikuttavat siementen laatuun?

Metsäpuiden siementen tuotanto ja hankinta ovat monivaiheisia tapahtumaketjuja, joiden aikana siemenet altistuvat monille eri käsittelyille. Tarkastelemalla kriittisesti ketjun eri vaiheita voidaan varmistaa siementen laatu sillä tavoin, että ne itävät mahdollisimman hyvin erilaisissa olosuhteissa ja säilyttävät itävyytensä varastossa ja maastokylvöissä. Hyvälaatuinen siemen on kasvupaikalle sopivaa, oikeaa alkuperää, perinnöllisiltä ominaisuuksiltaan kelvollista sekä elinvoimaista.

3.2 Siementen fysiologinen ja perinnöllinen laatu

Siementen *fysiologinen laatu* on ennen kaikkea varsinaiseen itämiseen ja siementen elinvoimaisuuteen liittyvä laatutekijä. Fysiologisesti korkealaatuinen siemen itää nopeasti ja sen kyky kehittyä taimeksi erilaisissa olosuhteissa (orastumisarvo) on korkea.

Fysiologiseen laatuun vaikuttavat siementen kehityksen ja kypsymisen aikana vallinneet olosuhteet sekä keräyksen ja käsittelyn aikana tehtävät toimenpiteet, karistus, puhdistus, varastointi jne. Korkean fysiologisen laadun varmistamiseksi siemenet on kerättävä hyvin tuleentuneina ja niitä on käsiteltävä siten, että itämiskyky ja -tarmo säilyvät mahdollisimman korkeina eikä horrostumista tapahdu.

Siementen fysiologinen laatu voidaan mitata vain epäsuorasti, idätystestien (ks. kohta 4.2.4) ja erilaisten kuntotestien (kohta 4.3.2) avulla.

Siementen *perinnöllisen laadun* vaikutukset puolestaan ulottuvat metsikön perustamisvaiheesta aina kiertoajan loppuun saakka. Perinnöllisesti korkealaatuinen siemen on viljelyvarmaa sekä kasvu- ja tuotosominaisuuksiltaan viljelypaikalle sopivaa.

Perinnöllinen laatu muodostuu kahdesta tekijästä: siihen vaikuttavat siementen maantieteellinen alkuperä sekä emopuiden perinnölliset ominaisuudet. Maantieteellinen alkuperä ilmaistaan käsitteellä lähtöisyysalue. Sillä tarkoitetaan metsänviljelyaineiston kauppalaan mukaan aluetta tai alueita, joilla on riittävän yhdenmukaiset luonnonolot ja joiden metsiköt tai siemenlähteet ovat fenotyypisiltä tai perinnöllisiltä ominaisuuksiltaan riittävän samanlaisia, ottaen tarvittaessa huomioon maaston korkeuden asettamat rajat.

Metsänviljelyaineistoa valittaessa oikea lähtöisyysalue takaa sen, että siemenet ja niistä kehittyvät taimet sopeutuvat mahdollisimman hyvin viljelypaikan olosuhteisiin. Tällöin siementen itäminen, taimien kasvun alkaminen ja päättyminen sekä muut elintoiminnat ovat sopusoinnussa kasvupaikan paikallilmaston kanssa. Tällainen materiaali on viljelyvarmaa ja sopeutuu esimerkiksi kasvupaikan lämpöilmaston vuosivaihteluun.

Siementen perinnölliseen laatuun vaikuttavat myös niiden emopuiden ominaisuudet, joista siemenet on kerätty. Monet metsätaloudellisesti tärkeät ominaisuudet kuten puuaineen tiheys, oksakulma, latvuksen leveys jne. periytyvät jälkeläisille. Vielä muutamia vuosikymmeniä sitten voitiin vain rajoitetusti vaikuttaa metsäpuiden siementen perinnölliseen laatuun. Korkeintaan voitiin kohdistaa siementen keräykset ilmiänsultaan parhaisiin puihin ja ns. plusmetsiköihin. Lisäksi siemenkeräysmetsiköitä voitiin saneerata, eli käsitellä hakkuin niin, että vain ilmiänsultaan parhaat yksilöt jätettiin metsikköön siementä tuottamaan.

Siementen perinnöllistä laatua päästiin aktiivisesti parantamaan perustamalla metsäpuiden siemenviljelyksiä, joilla ilmiänsun perusteella valitut hyvälaatuiset pluspuut saadaan tuottamaan siementä varttamalla niiden kukintakypsiä oksia perusrunkoihin. Näin tuotetulta siemeneltä voidaan odottaa jalostushyötyä, eli keskimääräistä parempaa jälkeläistön kasvua ja elävyyttä. Perinnölliseltä laadultaan siemenviljelyssiemen onkin osoittautunut hyväksi: sen perinnöllinen monimuotoisuus ja ristisiitosaste ovat yhtä korkeita kuin metsikkösiemenellä.⁷ Pluspuuvalinnan jalostushyötyä selvittämissä jälkeläiskokeissa on todettu, että plusmäntyjen valinnalla on Etelä- ja Keski-Suomessa saavutettu keskimäärin lievästi positiivinen vaste sekä pituudessa että elävyydessä.⁸

3.3 Siemenlähteet ja siemenen käyttöalueet

Metsäpuiden siemenet kerätään joko siemenviljelyksiltä, rekisteröidyistä siemenkeräysmetsiköistä tai ulkoisen laadun perusteella kerättäväksi kelpollisista metsiköistä uudistushakkuiden yhteydessä. Lähes kaikki metsänviljelyyn käytettävät siemenet saadaan kotimaasta. Eteläisen Suomen tarpeisiin on lisäksi tuotu kuusen siementä Virosta.⁹ Etelä- ja Keski-Suomessa männyn siemenviljelysten tuotanto riittää taimitarhojen tarpeeseen, mutta metsäkylvöihin käytetään pääasiassa metsikkösiementä. Kaikista taimitarhakylvöistä 60–80 % tehdään jalostetulla siemenviljelyssiemenellä.¹⁰

Metsäasetuksen (1200/1996) mukaan metsänviljelyssä on käytettävä riittävä määrä alkuperältään ja muiltakin ominaisuuksiltaan sopivaa metsänviljelyaineistoa. Vastuu kasvupaikalle soveltuvan alkuperän valinnasta on lainsäädännön mukaan metsänomistajalla.¹¹ Metsänviljelyaineiston alkuperän sopivuuden varmistamiseksi eri organisaatioiden metsänhoitosuosituksissa on puulajikohtaiset ohjeet siitä, kuinka kaukana hankintapaikasta siemeneriä tai niistä kasvatettuja taimia voidaan käyttää ilman, että aineiston kestävyys vaarantuu.^{12,13}

Metsäpuiden maantieteellisten rotujen vertailukokeissa on selvinnyt, että paikallinen rotu on yleensä viljelyvarmaa. Aina ei paikallista siementä kuitenkaan ole saatavissa. Tällöin joudutaan arvioimaan kuinka laajalle "paikallisuus"-käsite ulottuu. Metsiköiden sisäisen vaihtelun ja vuosien välisen säävaihtelun perusteella on päätelty, että Suomen olosuhteissa "paikallinen" on pohjois-eteläsuunnassa noin sata kilometriä ja itä-länsisuunnassa useita satoja kilometrejä. Kasvukauden lämpösummaan perustuen tämä merkitsee noin 100 d.d. eli käytettävän siemenmateriaalin alkuperä saa poiketa korkeintaan 100 yksikköä viljelypaikan lämpösummasta (vrt. kuva 2.13).¹⁴

Paikallisen rodun siemen ei aina kuitenkaan ole metsikön tuotoksen kannalta paras vaihtoehto. Esimerkiksi kuusen viljelyssä Salpausselän eteläpuolella saadaan paikallista alkuperää parempi tuotos, kun viljelyssä käytetään hieman eteläisempää, virolaista siementä. Etelä-Suomen olosuhteissa virolaisten yksilöiden kasvu alkaa keväällä myöhemmin kuin paikallisten. Hitaammasta kasvuun lähdistä johtuen virolaiset kuuset eivät joudu samalla tavalla alttiiksi kevähalluille, kuin eteläsuomalaiset lajikumppaninsa.¹⁴

Siemenen käyttöalueet määräytyvät eri tavoin riippuen siitä, onko kyseessä metsikkö- vai siemenviljelyssiemen.

Metsikkösiemenille (siemenlähteistä ja metsiköistä kerätyt aineistot) Kasvintuotannon tarkastuskeskus on vahvistanut lähtöisyysalueet, joita on männyllä yksitoista ja kuusella sekä molemmilla koivulajeilla kullakin kuusi (kuva 3.1). Kaikkien metsänviljelyaineiston kauppalaan puulajien vastaavat kartat löytyvät [www-osoitteesta: http://www.kttk.fi/KSO/metsanviljelyaineisto/](http://www.kttk.fi/KSO/metsanviljelyaineisto/). Käytännössä siemenen alkuperä selviää tarkasti, koska kaikille myytävälle aineistoille annetaan

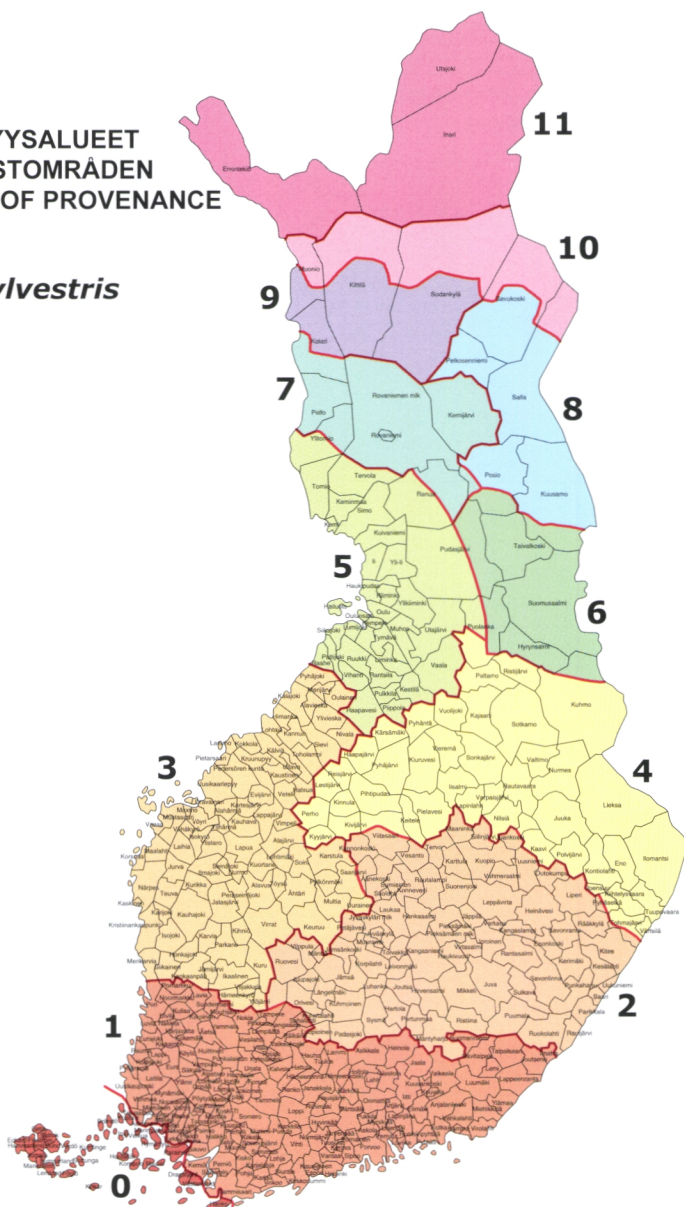
kantatodistus, jossa kuvataan lähtöisyysalue (kunta), jonka alueella metsikkö sijaitsee, pituus- ja leveysvyöhykkeet tai tarkka sijainti sekä kasvupaikan korkeus tai korkeusvyöhyke.

KTTK
KASVINTUOTANTOIH
TARKASTUSKESKOS

**LÄHTÖISYYSALUEET
HÄRKOMSTOMRÄDEN
REGIONS OF PROVENANCE**

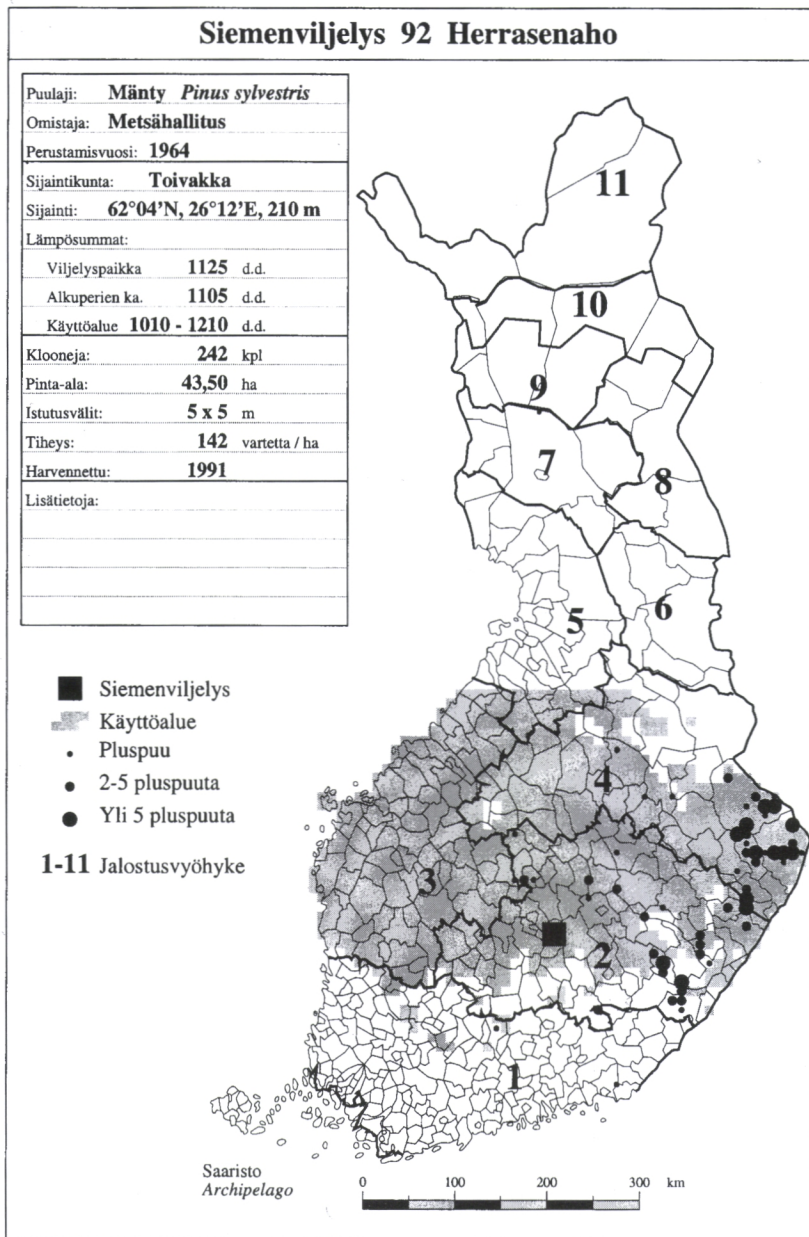
Pinus sylvestris
L.

mänty
tall



Kuva 3.1. Esimerkki Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen vahvistamista lähtöisyysalueista: mänty. © KTTK; kuntarajat Genimap Oy, lupa nro L5023/03.

Siemenviljelyssiemenille käyttöalueen vahvistaa Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Käyttöalueella tarkoitetaan maantieteellistä aluetta, jolla ko. siemenviljelyksen siementä voidaan turvallisesti käyttää. Se ilmoitetaan lämpösummien ja karttojen avulla (kuva 3.2).



Kuva 3.2. Esimerkki siemenviljelyksen käyttöaluekartasta.¹⁵

Riippumatta siitä onko kyse metsikkö- vai siemenviljelyssiemenestä, kaikille kaupan kohteena oleville siemenerille annetaan kantatodistus. Kasvintuotannon tarkastuskeskus myöntää kantatodistuksen vain hyväksymistään perusaineistoista tuotetuille aineistoille. Samalla se rekisteröi perusaineistot (metsiköt, siemenlähteet ja siemenviljelykset) joista siementä kerätään tai joissa niitä tuotetaan. Siemenerät tunnistetaan niiden kantatodistuksen perusteella.

Siemenerän yksilöintitiedoista tärkein on uuden metsänviljelyaineiston kauppalain mukainen kantatodistuksen numero, joka korvaa tähän saakka käytössä olleen siemenerän tunnuksen. Kantatodistuksen numeron alkuosa on EY/FIN ja sitä seuraa karistamon tunnuksesta, siementen tuleentumisvuodesta ja siemenerän juoksevasta numerosta koostuva numerosarja. Esimerkiksi tunnus M29-01-100 tarkoittaa Metsähallituksen Pataman karistamalla karistettua, vuonna 2001 tuleentunutta siemenerää, jonka karistusnumero on 100. Tämä numerosarja on tärkeä, sillä sen avulla voidaan tarvittaessa siemenkaristamon kirjanpidosta selvittää siemenerän hankintaan, karistukseen ja varastointiin liittyviä tapahtumia. Tällaiset selvitykset voivat tulla kyseeseen siementen laatua koskevien valitusten yhteydessä.⁹

Taulukossa 3.1 on esitetty yhteenveto metsäpuiden siemenhuollossa käytettävistä perusaineistoista ja niistä tuotetuista metsänviljelyaineistoista.

Toistaiseksi vaihtoehtoja siemenluokan valinnassa on vähän. Etelä-Suomessa vaihtoehtoina tulevat lähinnä kysymykseen alustavasti testattu -luokkaan kuuluva siemen sekä taimitarha- että metsäkylvöihin ja siemenlähde tunnettu -luokan siemen metsäkylvöihin. Pohjois-Suomessa siemenlähde tunnettu -luokkaan kuuluva siemen on yleisin vaihtoehto, joskin lämpösummarajan 900 d.d. eteläpuolella on rajoitetusti käytettävissä alustavasti testattu -luokan siementä.¹⁴

Taulukko 3.1. Uuden metsänviljelyaineiston kauppalaan mukaiset siemenluokat, siemenen hankinta ja käyttö.

Siemenluokka	Siemenen hankinta, tuotanto ja aineiston käyttöalue
Siemenlähde tunnettu	Siemen hankitaan aluekeräyksin tai hakkuukeräyksin; keräyspaikan maantieteellinen sijainti ja korkeusasema tunnetaan. Siemenen käyttöalue ± 100 d.d. keräyspaikan keskimääräisestä vuotuisesta lämpösummasta.
Valikoitu	Siemen hankitaan rekisteröidyistä siemenkeräysmetsiköistä, joissa hyvälaatuiset valtapuut merkitty keräyspuiksi. Siemenen käyttöalue ± 100 d.d. keräyspaikan keskimääräisestä vuotuisesta lämpösummasta.
Alustavasti testattu	Siemen tuotetaan rekisteröidyiltä siemenviljelyksiltä tai tiettyjen emopuiden valvotuista risteytyksistä. Kasvintuotannon tarkastuskeskus vahvistaa siementen käyttöalueen.
Testattu	Siemen hankitaan metsiköistä, tai tuotetaan siemenviljelyksillä tai emopuiden valvotuissa risteytyksissä. Jälkeläistön paremmuus jalostamattomaan aineistoon verrattuna osoitettu vertailukokeilla tai emopuiden jalostusarvon perusteella. Siementen käyttöalueet perustuvat joko viljelypaikan keskimääräiseen vuotuisen lämpösummaan (testattu metsikkösiemen) tai ovat Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen vahvistamia (testattu siemenviljelyssiemen).

3.4 Siementen keräysajankohta ja jälkikypsytytys

Metsäpuiden siemenet hankitaan joko siemenviljelyksiltä, rekisteröidyistä siemenkeräysmetsiköistä tai kerättäväksi kelvollisista metsiköistä uudistushakkuiden yhteydessä. Metsikkösiementä kerätään vain hyvinä siemenvuosina. Männyllä hyviä siemenvuosia esiintyy luonnossa noin 2–3 kertaa, kuusella 1–2 kertaa ja koivulla 3–5 kertaa kymmenessä vuodessa. Hyvät siemenvuodet kertautuvat Pohjois-Suomessa huomattavasti harvemmin kuin Etelä-Suomessa. Siemensadon kehittymistä ennustetaan käpysatotiedusteluin sekä tekemällä havaintoja pysyviltä tarkkailukoaloilta.^{16,17}

Keräysajankohta on tärkeä siementen laadun perustekijä. Jos havupuiden siementen kerääminen voidaan aloittaa jo aikaisin syk-

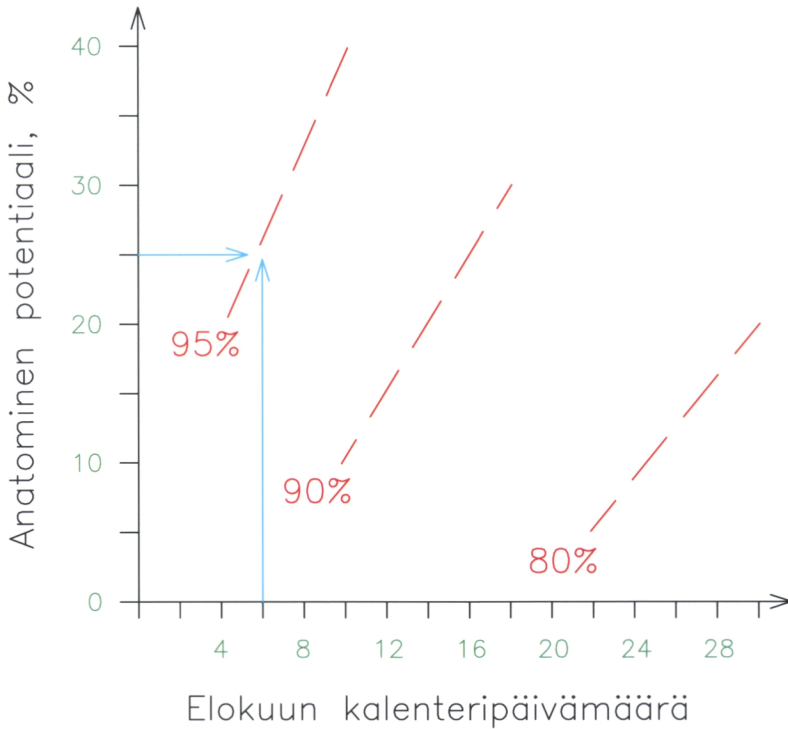
syllä, saavutetaan kustannussäästöjä keräyksen helpomman järjestelyn vuoksi, mutta vaarana voi olla siementen tuleentumattomuus. Pyrkimyksenä on aloittaa siemenviljelyksien siemenkeräys jo syys-lokakuussa. Havupuilla keräystä voidaan jatkaa läpi talven maaliskuulle saakka. Kuusen kävyt kerätään yleensä jo talvella, koska siemen varisee aikaisin keväällä. Erityisen kuivina kasvukausina kuusi voi alkaa varistaa siemeniään jo tuleentumisvuoden syksyllä.¹⁸ Koivun siemen tuleentuu heinä-elokuun vaihteessa, jolloin myös keräys suoritetaan. Koivun siemenet varisevat pian tuleentumisen jälkeen, jolloin luonnonoloissa siementen keräysaikaa jää vain pari kolme viikkoa.

Havupuiden siementen tuleentuminen varmistetaan röntgenkuvaamalla siemennäytteet (ks. kohta 4.3.1.2). Lisäksi käytetään lämpösummatietoja ja idätystestejä. Siementen läpivalaisuun saadaan selville tuleentumisaste, ns. anatominen potentiaali, joka ei kuitenkaan ole suoraan rinnastettavissa odotettavissa olevaan itävyyteen. Sahlen on esittänyt mallin männyn siementen anatomiselle potentiaalille (kuva 3.3), jolla voidaan ennustaa lopullinen tuleentumisen taso jo elokuun aikana otettujen näytteiden perusteella.

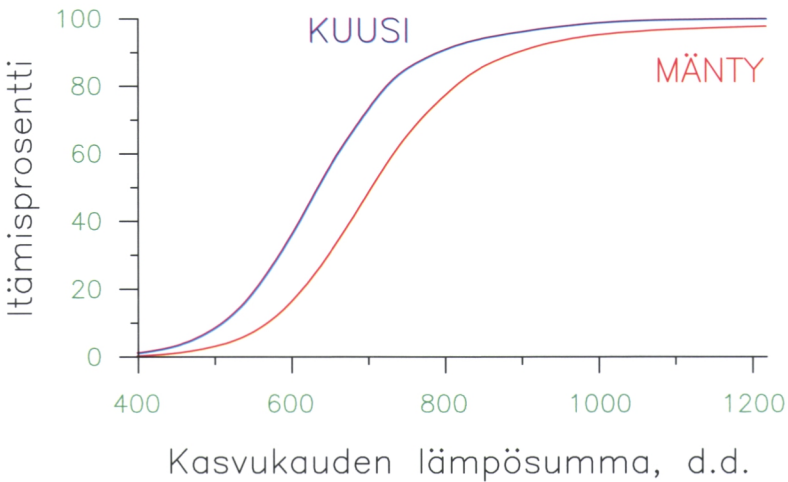
Kasvukauden tehoisan lämpösumman perusteella on johdettu myös itämisen kehitystä kuvaavat mallit männylle ja kuuselle (kuva 3.4)

Siemenet on teknisesti helpompi kerätä syksyllä kuin talvella. Eriyisesti männyn syyskeräyksillä on pyritty saamaan siemenet talteen ennen kuin talven pakkaset mahdollisesti vahingoittavat siemeniä. Tutkimustulokset pakkasen vaikutuksesta männyn siemeniin talvehtimisen aikana ovat kuitenkin ristiriitaisia. Laboratoriokokeissa matala lämpötila (−10 °C) on sekä vahingoittanut siemeniä^{21,22}, aiheuttanut horroksen^{23,24} tai edistänyt itämistä²⁵. Seurantakokeissa männyn metsikkö- ja siemenviljelyssiementen itävyys laskee joinakin vuosina syksyn ja talven aikana, toisinaan taas pysyy ennallaan läpi talven (kuva 3.5).²⁶

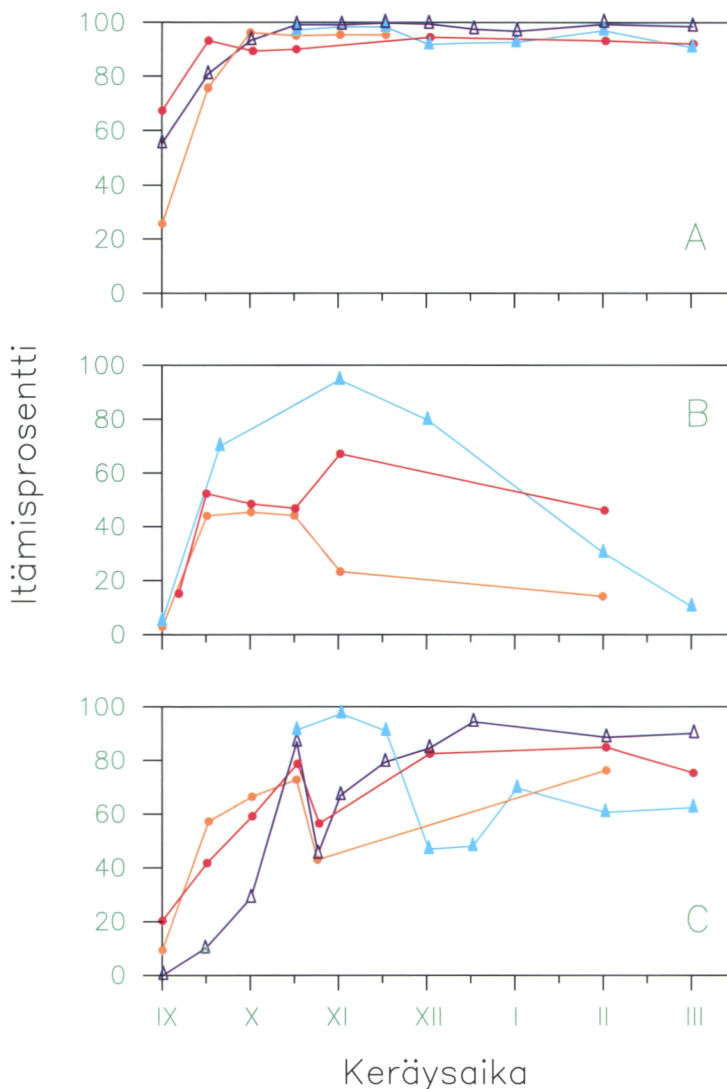
Itävyyden muutoksien mahdollisina aiheuttajina on pidetty sekä matalia lämpötiloja että horroksen indusoitumista siemeniin. Jälkimmäinen vaihtoehto näyttää kuvan 3.5 perusteella todennäköiseltä, koska itävyydsarvot vaihtelevat joinakin vuosina sekä alaspäin että ylöspäin. Itävyyden mittaaminen talvikeräysten yhteydessä



Kuva 3.3. Männyn siemenen tuleentumisen ennustemalli, joka perustuu tuleentumisen alkuvaiheen havaintoihin. Esimerkki: elokuun 6. pnä mitattu 25 % anatominen potentiaali merkitsee 95 %:n anatomisen tuleentumisen tasoa kasvukauden lopussa.¹⁹



Kuva 3.4. Männyn ja kuusen siementen itämisprosentin riippuvuus kasvukauden lämpösummasta.²⁰



Kuva 3.5. Männyn siementen itämisprosentin kehitys syys- ja talvikeräyksissä. Havaintosarjat yksittäisistä metsiköistä, eri vuosina kerätyistä näytteistä, ruotsalaisten tutkimusten mukaan. A = itävyys säilyy muuttumattomana talvikuukausina; B = itävyys laskee talven aikana; C = itävyydessä edestakaista vaihtelua talven kuluessa.²⁶

on ongelmallista, koska ainakin männyn siemenet näyttävät aika ajoin olevan horroksessa, mikä heijastuu itämistuloksiin.

Jälkikypsytytys

Tuotettaessa havupuiden siementä suuressa mittakaavassa joudutaan käyjiä varastoimaan ennen karistusta. Tuleentumisasteesta

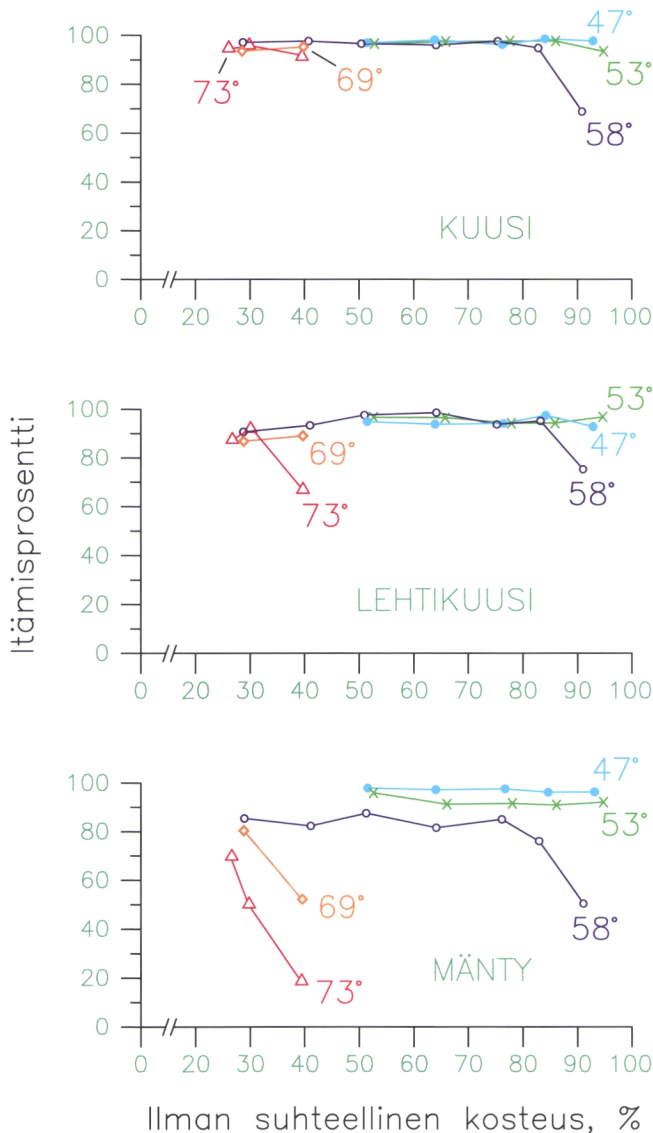
riippuen siemenet jälkikypsyvät varastoinnin aikana, kun olosuhteet ovat sopivat. Jälkikypsymisen aikana itämiskyky kohoaa²⁷ ja myös alkioden kasvua voi tapahtua²⁸. Kriittinen tekijä jälkikypsytyksessä on käpyjen vesipitoisuus, joka vaihtelee suuresti kasvukaudesta ja keräysolosuhteista riippuen. Kosteissa käpyerissä vaarana ovat homehtuminen, erän kuumeneminen käpyjen hengityksen takia sekä siementen mahdollinen horrostaminen. Käyttämällä lyhyitä varastointiaikoja ja järjestämällä käpyerien säilytystilojen tuuletus voidaan em. haitat välttää.

3.5 Karistus

Kotimaisista puulajeista ainoastaan havupuiden käpyjä käsitellään ns. massakaristuksessa, jossa lämpötilaa ja ilman kiertonopeutta säätämällä kävyt saadaan aukeamaan kohtuullisessa ajassa. Kriittisiä tekijöitä karistuksessa ovat käpyjen ja siementen kosteus, karistuslämpötila sekä karistus aika. Havupuiden siementen lämpötilan sietokyky riippuu niiden kosteudesta (kuva 3.6). Myös siementen tuleentumisaste vaikuttaa niiden lämmönkestävyyteen: täysin tuleentuneet sietävät korkeampia lämpötiloja kuin vajaasti tuleentuneet.

Karistus aika riippuu (1) nopeudesta, jolla vesi siirtyy kävyn sisäosista pintaan ja haihtuu, (2) ilman liikkeestä käpyjen ympärillä, (3) lämpötilasta ja (4) ilman suhteellisesta kosteudesta. Veden liikenopeus riippuu kävyn kosteudesta ja koosta. Jos käpysuomujen pintaosat kuivuvat liian nopeasti, ne estävät veden siirtymisen kävyn sisäosista pintaan ja käpysuomut sulkeutuvat entistä tiiviimmin. Tällöin kävyt on kostutettava ja karistus aloitettava uudelleen. Kuivumisaikaa voidaan lyhentää nostamalla ilman liikenopeutta enimmillään niin, että nopeuden kaksinkertaistaminen merkitsee karistusajan puoliintumista.

Korkeat lämpötilat lisäävät siementen hengitystä, erityisesti karistuksen alkuvaiheessa siementen ja käpyjen ollessa kosteita, ja sen myötä siementen vanhenemista ja kunnon heikkenemistä. Karistuslämpötilaa tulee nostaa alussa hitaasti ja kosteiden siementen altistumista korkeille lämpötiloille tulee välttää.



Kuva 3.6. Kuusen, lehtikuusen ja männyn siementen itävyys, eri lämpötiloissa ja ilman suhteellisissa kosteuksissa tapahtuneen 17 tunnin pituisen käsittelyn jälkeen.²⁹

3.6 Puhdistus ja lajittelu

Puhdistuksen ja lajittelun yhteydessä siemenerästä poistetaan roskat ja tyhjät siemenet sekä tarvittaessa vaurioituneet ja kuolleet siemenet.

Siemenerien puhdistamisessa tarvitaan erikoislaitteita. Pienessä mittakaavassa puhdistuksessa voidaan käyttää erilaisia seuloja, puhaltimia ym. pienlaitteita. Puhdistusmenetelmät ovat kehittyneet siinä määrin, että käytännössä kotimaisten siemenerien puhdistus on yli 99 %. Samalla on päästy eroon lenninsiipien poiston yhteydessä syntyvistä havupuiden siementen kuorivaurioista ja niiden aiheuttamista ongelmista mm. siementen varastoinnissa.

Täysien, mutta syystä tai toisesta vaurioituneiden ja mahdollisesti kokonaan kuolleiden siementen poistamiseen havupuiden siemeneristä on käytettävissä kaksi eri tekniikkaa, ns. PREVAC-menetelmä ja IDS-menetelmä.^{30,31,32}

Rikkoutuneet siemenet voidaan erotella siemenerästä PREVAC-menetelmällä. Käsittelyssä vettä imeytetään paineen avulla siemenerään, jolloin rikkoutuneiden siementen vesipitoisuus kohoaa nopeammin kuin ehjien siementen. Ne jäävät keveimpinä käsittelynesteen pinnalle ja niitä enemmän vettä imeneet, rikkoutuneet siemenet vajoavat käsittelyastian pohjalle, mistä ne voidaan poistaa.

IDS-menetelmällä voidaan erotella täydet, mutta kuolleet havupuun siemenet elävistä. Menetelmä perustuu havaintoon, jonka mukaan kosteita siemeniä kontrolloidusti kuivattaessa kuolleiden siementen vesipitoisuus laskee nopeammin kuin elävien. Tiettyssä kuivatuksen vaiheessa niiden vesipitoisuus ja paino eroavat siinä määrin elävistä siemenistä, että ne voidaan poistaa siemenjoukosta.

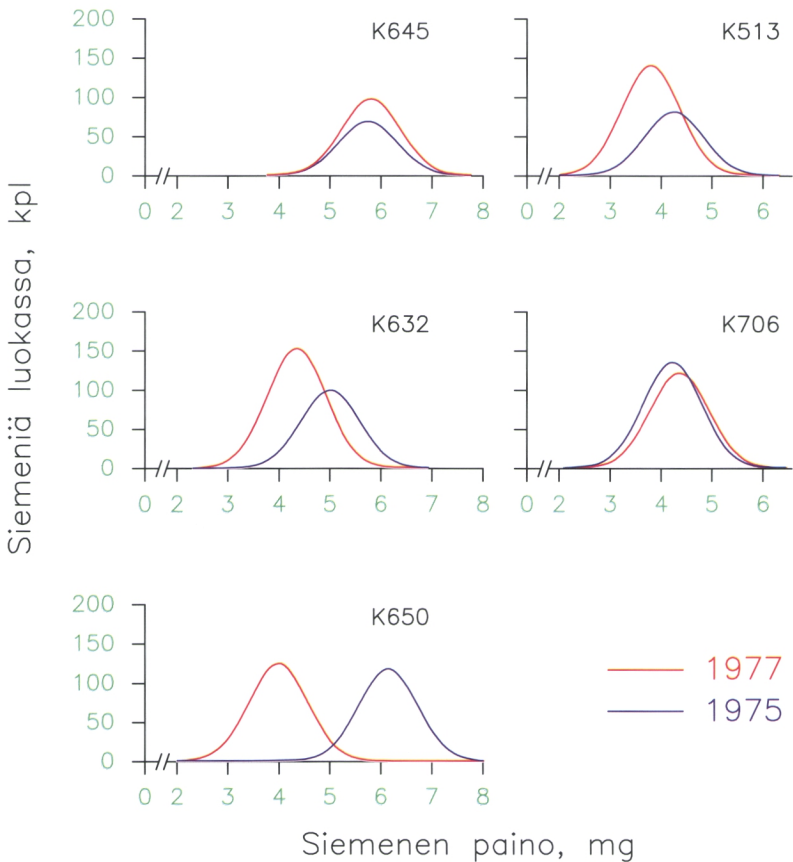
Kumpakaan em. menetelmistä on käytetty ja kokeiltu runsaasti Pohjoismaissa. Kokemukset mäntysiemenerien käsittelystä ovat hyviä, mutta kuusen siementen käsittely ei toistaiseksi ole onnistunut.^{32,33}

Siemenerän lajittelun tavoitteena on tasoittaa siementen kokovaihtelua siemenerässä, jolloin erä sopii paremmin koneelliseen kylvöön. Mielenkiinto kohdistuu nimenomaan keveimpien siementen poistamiseen. Havupuilla siemenen paino on sidoksissa taimien alkukehitykseen. Painavista siemenistä kehittyvät kookkaampia taimia kuin kevyistä, joten painolajittelun avulla voidaan jouduttaa myös kylvösten kehittymistä.

Painolajitteluun liittyy kuitenkin ongelmia. Havupuilla se vaikuttaa siemenerän geneettiseen koostumukseen, koska esimerkiksi

männyn siemenviljelyksillä siemenen paino vaihtelee kloonista ja tuleentumisvuodesta riippuen (kuva 3.7). On siis mahdollista, että lajittelussa toisten emopuiden jälkeläiset karsiutuvat pois siemenjoukosta ja toiset tulevat yliedustetuiksi. Keveitä aineista poistettaessa voivat jälkeläisten joukosta karsiutua pois myös ne siemenet, joiden kuivapainon kehitys on ollut keräysvaiheessa kesken, ja jotka ovat tästä syystä muita kevyempiä.

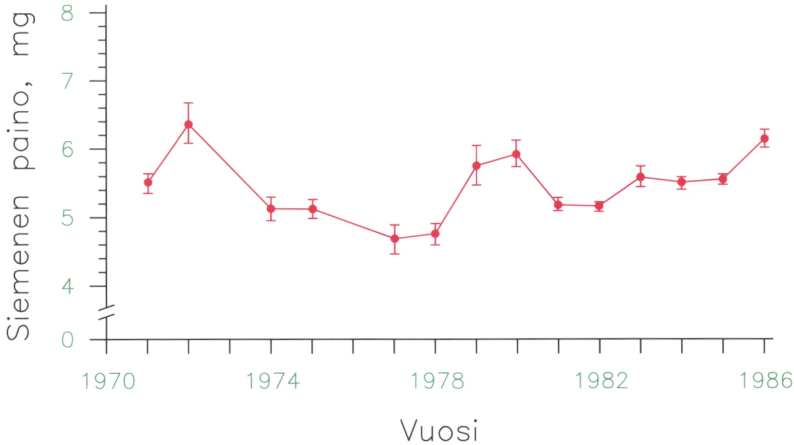
Keveitä ja pieniä siemeniä tuottavien kloonien siementen runsaampi lukumäärä siemenerässä voi tasoittaa geneettisen pohjan kapenemista. Painolajittelun mahdollisia haittoja vähentää myös samalta siemenviljelykseltä eri vuosina kerättyjen siemen-



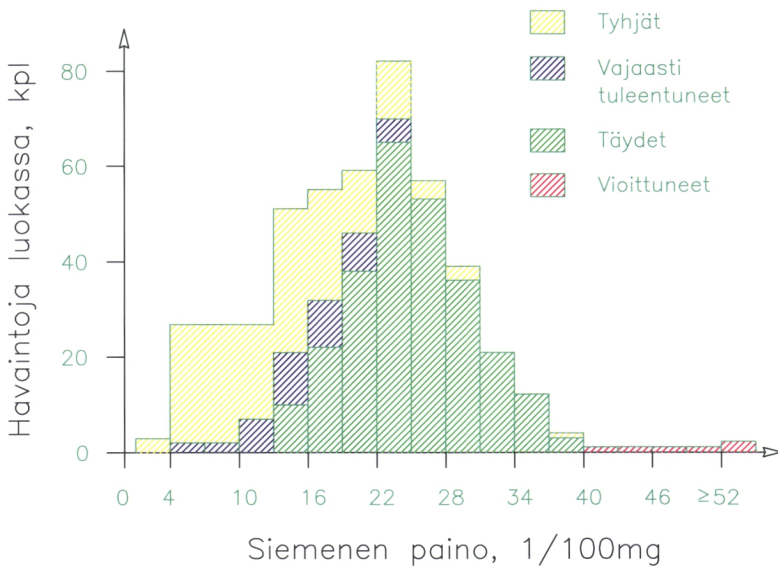
Kuva 3.7. Siementen painon frekvenssijakaumat viidessä mäntykloonissa; tuleentumisvuodet 1975 ja 1977. von Weissenbergin aineiston mukaan.³⁴

erien yhdistäminen samaksi eräksi, mikä on uuden metsänviljely-aineiston kauppalaan mukaan mahdollista. Tietty metsikkö³⁵ tai kloonit³⁶ ei näet tuota vuodesta toiseen samanpainoista siementä (kuva 3.8).

Koivun siementen painolajittelussa on otettava huomioon Björkrothin rauduskoivua koskeva tulos, jonka mukaan yli 0,4 mg painoiset siemenet olivat vioittuneita ja itämiskyvyttömiä (kuva 3.9).



Kuva 3.8. Esimerkki yhden mäntykloonin siemenen painon vuosivaihtelusta.³⁶



Kuva 3.9. Esimerkki rauduskoivun siementen painojakaumasta.³⁷

3.7 Siementen varastointi

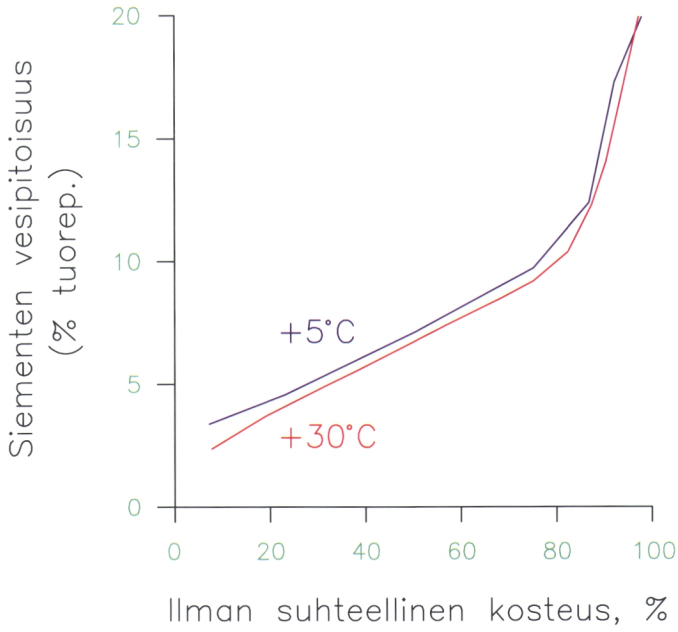
Havupuun siementä joudutaan erityisesti Pohjois-Suomen metsänviljelyitä varten varastoimaan huomattavan pitkiksi ajoiksi, kun luonnonmetsistä saadaan tuleentunutta, keräyskelpoista siementä hyvin harvoin.³⁸ Männyn ja koivun siemenviljelyssiemenen keskimääräiset varastointiajat ovat lyhyitä, koska tuleentunutta siementä on koko ajan saatavissa.

Varastoinnin aikana itävyyden säilymiseen vaikuttavat ennen kaikkea siementen vesipitoisuus, lämpötila ja siementen fysiologinen kunto. Kuivaamalla siemenet 5–6 prosentin vesipitoisuuteen (tuorepainosta) ja laskemalla lämpötila alle +5 °C:n saadaan hyvin tuleentuneiden siementen itämiskyky säilymään useita vuosia.^{39,40}

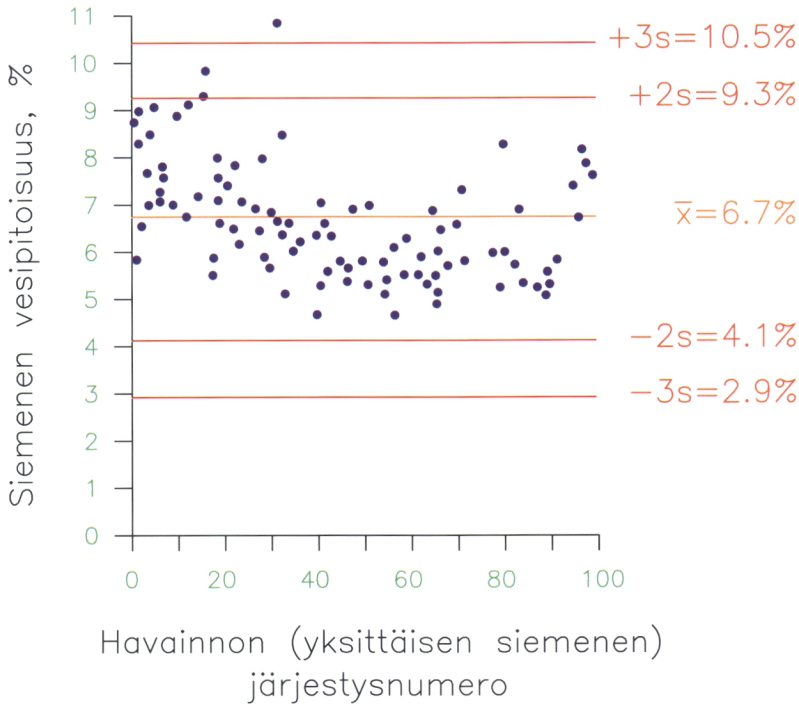
Kuivat siemenet imevät herkästi vettä itseensä ja asettuvat vähitellen tasapainokosteuteen niitä ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Kuvassa 3.10 on esitetty tasapainokosteudet männyn ja kuusen siemenille. Turvallinen varastointikosteus molemmilla puulajeilla saavutetaan ilman suhteellisen kosteuden ollessa noin 30–40 %.

Siemenerästä mitattu vesipitoisuus on keskimääräisluku, joka saadaan siemenjoukosta painon perusteella. Rohmeder on tarkastellut yksittäisten männynsiementen vesipitoisuutta varastoinnin aikana, kun siemenerästä mitattu keskimääräinen vesipitoisuus oli 6,7 % (kuva 3.11). Yksittäisissä siemenissä vesipitoisuus vaihteli tällöin noin 4,1–9,3 prosenttiin ja saattoi siis nousta joidenkin siementen kohdalla haitallisen korkeaksi. Nämä siemenet luonnollisesti vanhenivat ja menettivät itävyytensä muita nopeammin siemenerässä.

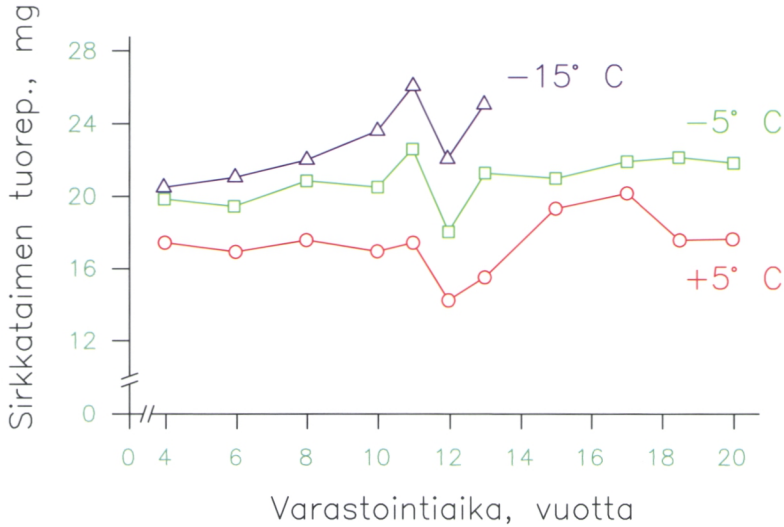
Havupuun siementen varastointi on em. vesipitoisuudessa mahdollista myös pakkasvarastoissa, koska jäätymisvaurioita syntyy vasta kun siementen vesipitoisuus ylittää 14 %. Pakkasvarastointi on suositeltava, kun kyseessä on pitkäaikainen (yli 10 v) säilytys. Kuvassa 3.12 on Huss'in esittämä tulos männyn siementen pitkäaikaisesta (4–20 v.) varastoinnista kolmessa eri lämpötilassa: –15 °C, –5 °C ja +5 °C ja näissä olosuhteissa säilytetystä siemenistä kehittyvien taimien painosta. Sirkkataimien tuorepaino oli koko



Kuva 3.10. Männyn siementen tasapainokosteuskäyrät kahdessa lämpötilassa.⁴¹



Kuva 3.11. Sadan yksittäisen männyn siemenen vesipitoisuus siemenvarastossa, kun erän keskiarvo (\bar{x}) on 6,7 % ja hajonta (s) 1,3 %.⁴²

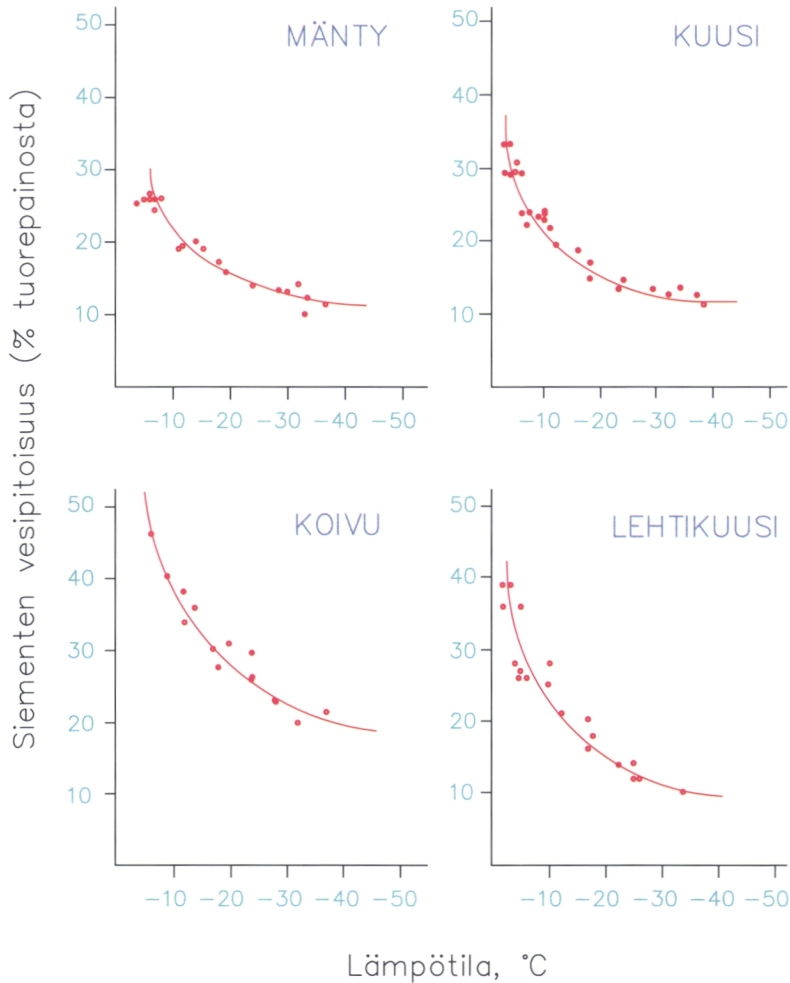


Kuva 3.12. Männyn siementen orastuminen (sirkkataimen keskimääräinen tuorepaino) varastointilämpötilan ja varastointiajan mukaan.⁴⁸

kokeen ajan suurin niissä erissä, jotka oli säilytetty pakkasvarastossa.⁴⁸

Joidenkin pääpuulajiemme siementen pakkaskestävyys vesipitoisuuden funktiona on esitetty kuvassa 3.13. von Scönbornin tulosten mukaan kestävin näyttää pääpuulajeista olevan koivu, joka sieittää $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:n lämpötilan vielä siementen vesipitoisuuden ollessa noin 30 %. Havupuiden siemen säilyttää vastaavissa olosuhteissa elinkykynsä, jos vesipitoisuus on alle 15 %.

Metsänviljelyaineiston kauppalain mukaan markkinoitavat siemen-erät on suljettava pakkauksiin, joista käy ilmi, onko pakkaus avattu ennen tuotannon seuraavaa vaihetta tai siementen käyttämistä lopputarkoitukseen, eli kylvöön. Mitä harvemmin säilytysastioita joudutaan varastoinnin kuluessa avaamaan, sen paremmin siementen itämiskyky säilyy. Astioita käsiteltäessä on otettava huomioon ilmassa olevan vesihöyryn tiivistyminen viileiden siementen pinnalle, jos säilytysastioita avataan ennen kuin lämpötila on ehtinyt tasaantua. Sahlenin ja Bergstenin tutkimuksen mukaan 28-litran vetoisen säilytysastian (sisältäen 14 kg mäntysiemen-erän) lämpötilan tasaantuminen $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$:een kesti 36 tuntia.⁴⁷



Kuva 3.13. Männyn, kuusen, rauduskoivun ja lehtikuusen siementen pakkaskestävyys vesipitoisuuden funktiona.⁴³

Varastointipakkausten on oltava ilmatiiviitä, jotta siemenet varastoinnin aikana eivät ime itseensä ilman kosteutta. Yleisin pakkausmateriaali nykyisin on polyeteenimuovi. Markkinoilla on erilaisia muovilaatuja, joiden vesihöyryn ja kaasujenläpäisevyys vaihtelee.⁴⁴ Muovikalvon paksuus vaikuttaa läpäisevyyteen. Gordonin mukaan varastoinnissa tulisi käyttää vähintään 13 μm vahvuista kalvoa; ohuemmissa materiaaleissa vesihöyryn läpäisevyys on liian suuri.⁴⁵ Hiilidioksidin läpäisevyys on yleensä suurempi kuin hapen. Elintarviketeollisuudessa on yhä suuremmassa määrin siirrytty erilaisten monikerroskalvojen käyttöön, josta esimerkkinä on taulukon 3.2 PVDC. Sen hapen läpäisevyys on erittäin pieni.

Taulukko 3.2. Joidenkin muovilaatujen vesihöyryn, hiilidioksidin ja hapen läpäisevyys.⁴⁶

	LDPE	HDPE	PVC	PVDC
Vesihöyryn läpäisevyys, g · m ⁻² · vrk ⁻¹ ; kalvon paksuus 25 µm, 90 % suht. kosteus, lämpötilassa +38 °C	15–20	5	30–40	1,5–5
Hapen läpäisevyys, cm ³ · m ⁻² · vrk ⁻¹ · atm ⁻¹ ; kalvon paksuus 25 µm	6 500–8 500	1 600–2 000	150–350	8–25
Hiilidioksidin läpäisevyys, cm ³ · m ⁻² · vrk ⁻¹ · atm ⁻¹ ; kalvon paksuus 25 µm	30 000–40 000	8 000–10 000	450–1 000	50

LDPE = suurpainepolyeteeni
 HDPE = matalapainepolyeteeni
 PVC = polyvinyylidikloridi
 PVDC = polyvinyylideenidikloridi

3.8 Siemenissä esiintyvät kasvintuhoajat

Sienet ja bakteerit

On tavallista, että siementen pintarakenteista tai sisältä löytyy sienien itiöitä tai muita kehitysasteita. Urosevicin aineistossa yhdestä grammasta kuusen ja männyn siemeniä löytyi 50 000–150 000 kpl sieni-itiöitä. Saprofyttisinä pidetyt sienilajit alensivat männyn ja kuusen siementen laboratorioitävyyttä 5–20 % ja eniten vaikuttivat taimipoltetta aiheuttavat *Fusarium sp.* sienet.⁴⁹

Siementen mukana olevat roskat ovat mahdollisia tartunnan lähteitä, kuten oheisesta asetelmasta käy ilmi:⁴⁹

Puulaji	Sieni-itiöitä 1 000 kpl/5 g	Bakteereja 1 000 kpl/5 g	Siemenistä homeisia, %
<i>Pinus banksiana</i>			
siemenet	88	112	11,3
epäpuhtaudet	5 500	666	
<i>Pinus contorta</i>			
siemenet	22	64	15,1
epäpuhtaudet	250	618	
<i>Picea glauca</i>			
siemenet	14	3 000	19,5
epäpuhtaudet	390	12 500	

Useimmat siemenissä tavattavista sienistä eivät vaurioita siementä tai kehittyvää sirkkainta, eikä sienitartunnan tarvitse merkitä huonoa itävyyttä. Ilman kokeellista tutkimusta on vaikea tietää, mitkä sienet ovat vahingollisia, koska saman sienilajin haitallisuus voi vaihdella sienikannasta riippuen ja tietyn kannan vaikutus eri kasvilajien siementen itävyyteen vaihtelee.^{50,51} Koivulla siementen käsittely *Aurebasidium pullulans* ja *Trichoderma viride* -lajeilla paransi laboratorioitävyyttä testin alkuvaiheessa kymmenen ensimmäisen vuorokauden aikana. Kolmen viikon kuluttua sirkkaita oli kuitenkin elossa eniten kontrollikäsittelyssä.⁵⁰

Laboratoriodätyksissä sieni-itiöt saattavat muodostua ongelmaksi siitä syystä, että työntekijät altistuvat homepölylle. Idätyspöytien ja -alustojen säännöllinen desinfiointi on siis tarpeen. Havupuun siemeniä voidaan käsitellä esimerkiksi laimealla natriumhypokloriitilla muutaman minuutin ajan ja huuhdella sen jälkeen puhtaalla vedellä. ISTAn suosituksen mukaan näyte-eriä ei idätystestin yhteydessä kuitenkaan pidä erikseen puhdistaa mahdollisista sienistä tai bakteereista.

Siementen varastointi kuivina ja matalassa lämpötilassa ehkäisee tehokkaasti haitallisten sienien leviämistä. Mikäli siementen vesipitoisuus on alle 12 %, sienet eivät pysty niillä kasvamaan. Matala varastointilämpötila estää myös tehokkaasti sienien itämistä ja kasvua; tosin jotkut *Penicillium*- ja *Aspergillus*-lajit pystyvät itämään ja kasvamaan alle 0 °C lämpötilassa.⁵¹

Puolalaisilla mäntyalkuperillä saatujen tulosten mukaan tummakuoriset siemenet ovat vastustuskykyisempiä tiettyjä sieniä (*Fusarium*) vastaan kuin vaaleakuoriset. Syynä ovat tummien siementen kuoreissa runsaampina esiintyvät fenolit ja erilaiset orgaaniset hapot, jotka tekevät ne luontaisesti vastustuskykyisemmiksi patogeenejä vastaan.⁵²

Kemiallisesti sieniä voidaan torjua siementen peittauksella, jonka avulla voidaan vähentää myös itämisalustasta leviävän taimipoltesienen esiintymistä. Tarkoitukseen on Suomessa hyväksytty torjunta-aine, jonka tehoaine on tiraami.⁵³

Taimipolteen biologista torjuntaa on kokeiltu mm. peittaamalla douglaskuusen siemeniä antagonistisella *Pseudomonas*-bakteeriliuoksella. Käsittely on osoittautunut tehokkaaksi ja sillä

on pystytty vähentämään sienten leviämistä erityisesti siementen stratifioinnin aikana.⁵⁴

Erikoisuutena mainittakoon viljalajeilla kokeiltu "elektroninen peittaus", jossa kuoren patogeeneja tuhotaan säteilyenergiaa hyväksi käyttäen.⁵⁵ Menetelmällä on saatu tuloksia, jotka vastaavat kemiallisen peittauksen vaikutuksia. Vihanniskasvien siementen peittauksessa on käytetty kasvikunnasta peräisin olevia luontaisia antagonistisia aineita (mm. piparminttuöljy), joilla on niinikään saatu lupaavia tuloksia taimipolteen torjunnassa.⁵⁶

Hyönteiset

Havupuiden siementen hyönteistuhot kohdistuvat havupuiden siemeniin pääasiassa niiden kehityksen aikana. Erityisen altis puussa tapahtuville sientuhoille on kuusi. Osa lajeista esiintyy vain kävyssä, syöden siemeniä tai käpysuomuja tai molempia. Tällaisia ovat käpykoisa, kuusen käpykääriäinen, kuusen käpykärpänen ja käpymittari. Näistä käpykääriäinen on kuusen pahin käpy- ja sientuholainen. Syönnin seurauksena siemensadon määrä laskee ja vioittuneiden käpyjen karistus vaikeutuu.⁵⁷

Kuusen siemeniä syöviä ja niissä talvehtivia lajeja ovat kuusen-siemensäski ja kuusensiemenniilukainen. Siemen, jonka sisässä on siemensääsken toukka, on väriltään tervettä siementä jonkin verran vaaleampi ja litteämpi. Niilukaisen toukan saastuttamaa siementä ei voi paljaalla silmällä erottaa terveestä siemenestä. Siementen läpivalaisuissa toukat erottuvat selvästi.

Koivulla yleisiä ovat äkämäsääskien vikuuttamat siemenet. Ne ovat vähän paisuneita ja niissä on pyöreä, kalvon peittämä tai avoin reikä. Lenninsiivet ovat näissä siemenissä usein jonkin verran surkastuneet.

Metsänviljelyaineiston kauppalaan mukaan siemenerien on tarvittaessa vastattava asianmukaisia, direktiivissä 77/93/ETY säädettyjä kasvinterveyttä koskevia vaatimuksia. Menettelyllä pyritään varmistamaan se, ettei maasta toiseen vietävien erien mukana leviä vaarallisia kasvitauhteja. Ongelmalliseksi asian tekee se, että ko. direktiivi sulkee nimenomaan metsäpuiden siemenet käsittelemiensä kasvilajien ulkopuolelle. Metsäpuiden siementen mukana on todettu leviävän, paitsi sienitauhteja, myös nematodeja.

On mahdollista, että tulevaisuudessa metsäpuiden siementen kansainvälistä kauppaa joudutaan syistä rajoittamaan nykyistä enemmän.⁵⁸

3.9 Siemenhorroksen purkaminen

Lievänkin horroksen purkaminen siemeneristä on tullut taimitarhatekniikan kehittyessä entistä tärkeämmäksi. Nykyiset kylvömenetelmät edellyttävät, että siemenet itävät nopeasti, tasaisesti ja täydellisesti. Maastokylvöissä siementen horrostamisesta saattaa sitä vastoin olla hyötyä, jos siementen itäminen sen seurauksena ajoittuu kasvukauden eri aikoihin tai osa kylvetystä siemenestä itää vasta kylvöä seuraavana kasvukautena ja varmistaa näin uudistumistulosta.

Siemenhorros voidaan todeta idättämällä siemeniä useissa erilaisissa ympäristöolosuhteissa (lämpötila, valo, päivänpituus) tai tekemällä joukko esikäsitteilyjä koe-erille ja idättämällä ne samoissa olosuhteissa käsittelemättömän kontrollierän kanssa.

Kun siemenhorrosta aiheuttavia tekijöitä on useita ja ne näyttävät vaikuttavan erilaisten mekanismien kautta, on yksiselitteisiä horroksen purkamiskeinoja lähes mahdotonta antaa. Useimmiten oikeat käsitteilyt joudutaan hakemaan kokeilemalla.

1. Siementen varastointi

Usein pelkkä tuoreiden siemenerien varastointi normaaleissa varastointiolosuhteissa (kuivat ja viileät olosuhteet) riittää purkamaan lievän horrostan. Ilmiö on tuttu esimerkiksi syksyllä kerättyjen männyn siementen varastoinnista.

Siemenvarastoinnin aikana, jolloin siemeniä säilytetään kuivina (noin 5–7 % vesipitoisuus) matalassa lämpötilassa, tapahtuu horroksen purkautumisen merkinä itämisen lämpötilavasteen muutoksia. Leinosen mukaan työssä samasta kuusisiemenerästä tehdyissä idätyskokeissa itävyys oli noin 10 prosenttia +12 °C:ssa kolme kuukautta keräyksestä; 17 kuukauden kylmävarastoinnin jälkeen itävyys oli 95 % samassa lämpötilassa.⁴¹

2. Siementen stratifiointi

Siementen kylmäkäsittely, stratifiointi, on tunnetuin menetelmä horroksen purkamiseksi viileän vyöhykkeen puulajeilla. Siemeniä pidetään ennen idätystä kosteissa ja viileissä olosuhteissa, puulajista riippuen muutaman viikon tai kuukauden ajan. Käsittelylämpötila on +1–5 °C ja siementen vesipitoisuus keskimäärin noin 30 % (tuorepainosta). Siemenet voidaan stratifioida sellaisenaan esimerkiksi muovipussissa⁵⁹ tai väliaineeseen (hiekkä, turve tms.) sekoitettuna. Käsittelyssä on varmistettava siementen tasainen kosteus ja hapensaanti sekoittamalla siemenmassaa aika ajoin.^{59,60}

Stratifiointi laajentaa itämisen lämpötila-aluetta samaan tapaan kuin talvehtimisen aikana tapahtuu. Käsittelyn jälkeen itämistarmo kohoaa, itämistä tapahtuu kohtuullisessa ajassa myös matalissa lämpötiloissa ja itämisen riippuvuus valosta vähenee. Savosen mukaan kolmen viikon pituinen kuusen siementen stratifiointi (+3–5 °C) kasvuturpeessa, kastelluissa kennoarkeissa nopeutti itämistä ja paransi kokonaisitävyyttä 5–16 %-yksikköä taimitarhalla. Ko-keessa mukana olleet tuoreet siemenet (ikä < 5 vuotta) reagoivat positiivisesti käsittelyyn; vanhan (ikä > 20 v) siemenet itävyys laski stratifioinnin aikana.⁶¹

Vanhon erien itävyyttä ei yleensä voida kohentaa kylmäkäsittelyllä.⁶² Yksityiskohtaisia stratifiointiohjeita eri puulajeille on esitetty mm. Konttisen⁶⁰ ja Tigerstedtin⁶³ julkaisuissa.

3. Valokäsittely

Valokäsittely idätyksen riittää useissa tapauksissa purkamaan horrostilan. Ainakin männyllä valoa on käytetty esikäsittelemään antamalla varastokuiville siemenille joko punertavaa valoa (aallonpituusmaksimi 660 nm) tai päivänvaloa ennen idätystä. Tulokset ovat olleet koeolosuhteissa positiivisia.^{64,65}

4. Kemiallinen käsittely kaliumnitraatilla

Muun muassa männyllä on todettu laimean kaliumnitraattiliuoksen lieventävän horrosta.⁶⁶ Sitä voidaan käyttää horroksen purkamiseen myös idätystestin (ei kuitenkaan virallisen itävyytestauksen) yhteydessä kastelemalla itämisalusta testin alussa 0,2 %:lla

kaliumnitraattiliuoksella (2 g KNO_3 / 1 l vettä). Käsittelyn jälkeen idätystä jatketaan puhtaalla vedellä.

5. Itämistä estävien/hidastavien aineiden poistaminen

Siemenhorroksen voivat aiheuttaa myös alkioon, siemenkuoreen tai vararavintosolukkuun siemenen kehityksen aikana muodostuneet, alkion kasvua ja itämistä hidastavat yhdisteet. Itäminen käynnistyy vasta sitten, kun kyseiset aineet ovat riittävästi laimentuneet joko siemenen omassa aineenvaihdunnassa, haihtumalla tai huuhtoutumalla. Tällaisen horroksen purkamiseksi siemenet voidaan huuhtoa tai liottaa lyhytaikaisesti (alle 24 h) vedessä ennen idätystä. Kuivien siementen lämpökäsittely $+30\text{--}35\text{ }^\circ\text{C}$:ssa muutamana päivänä ajan voi myös purkaa horrostilan, kun itämistä hidastavat yhdisteet haihtuvat.⁶⁷

6. Siemenkuoren käsittely

Siementen kovakuorisuus voi olla syynä itämättömyyteen. Kaikki menetelmät, joiden avulla kuorta heikennetään, voivat tässä tapauksessa edistää itämistä. Siementen liotus tai kuoren heikentäminen joko mekaanisesti tai kemiallisesti (happokäsittelyllä) tulevat tällöin kysymykseen. Yksityiskohtaisten ohjeiden osalta viitataan Konttisen⁶⁰ työhön.

3.10 Siementen käsittely ja kylvö

Siementen tuottaja toimittaa siemenet käyttäjälle ilmatiiviisti suljetussa pakkauksessa. Siemenet ovat tällöin kuivia, vesipitoisuuden ollessa noin 5–6 %. Siemenpakkaus on syytä säilyttää avaamattomana jääkaapissa tai kylmävarastossa (noin $+5\text{ }^\circ\text{C}$) aina siihen saakka, kunnes siemenet otetaan käyttöön. Kuivissa ja viileissä olosuhteissa itävyys säilyy parhaiten. Pakkasvarastoa voidaan myös käyttää, mikäli on varmaa, että siementen vesipitoisuus on alle 14 %. Metsänviljelyaineiston kauppalaan mukaan siemeniä saa pitää kaupan ainoastaan sinetöidyissä pakkauksissa.

Siemenlähetyksiin liitetään tavarantoimittajan etiketti tai muu asiakirja, josta ilmenevät seuraavat tiedot:

- 1) siemenerän toimittajan nimi tai toiminimi, osoite ja kotipaikka;
- 2) siementen määrä;
- 3) puhtaan siemenen, muiden siementen ja roskien prosenttiosuus siemenerän painosta. Muiden siementen ja roskien prosenttiosuutta ei tarvitse ilmoittaa, jos muiden siementen osuus on alle 0,05 prosenttia siemenerän painosta;
- 4) puhtaan siemenen itävyysprosentti taikka mikäli sen arvioiminen on mahdotonta tai käytännössä vaikeaa, yksilöidyllä menetelmällä arvioitu elinkykyisten siementen prosenttiosuus;
- 5) puhtaan siemenen tuhatjyväpaino;
- 6) itävien siementen määrä kilogrammassa siemeniä taikka, jos itävien siementen määrää on mahdotonta tai käytännössä vaikea arvioida elinkykyisten siementen määrä kilogrammaa kohden;
- 7) idätystestin päivämäärä ja lähetyspäivä

Edellisten lisäksi tulee ilmoittaa seuraavat, siemenen alkuperään liittyvät tiedot:

- 8) kantatodistuksen koodi ja numero
- 9) siemenluokka
- 10) siementen käyttötarkoitus
- 11) perusaineiston tyyppi
- 12) perusaineiston rekisteriviite tai lähtöisyysalueen tunnistekoodi
- 13) siementen tuleentumisvuosi
- 14) luokkaan siemenlähde tunnettu kuuluvan perusaineiston lähtöisyysalue sekä sen pituus- ja leveysvyöhykkeet; luokkaa valikoitu kuuluvan perusaineiston lähtöisyysalue sekä pituus- ja leveysasteen mukaan määritelty maantieteellinen sijainti; luokkiin alustavasti testattu ja testattu kuuluvan perusaineiston tarkka maantieteellinen sijainti;
- 15) tieto siitä, onko perusaineisto alkuperäistä, muuta kuin alkuperäistä vai onko sen alkuperä tuntematon.

Edellä mainittujen tietojen perusteella siementen ostaja voi varmistua siitä, että siemenet ovat viljelypaikalle sopivaa alkuperää.

Yleensä siemenen tuottajat ilmoittavat siemenerästä kaksi itämistunnusta: itävyysprosentin sekä itämistarmon. Näistä erityisesti itämistarmo on tärkeä, koska se ilmaisee itämisen nopeuden laboratorio-olosuhteissa ja kertoo samalla siemenerän elinvoimai-

suudesta. Kokemus on osoittanut, että ne siemenerät joissa on korkea itämistarmo, itävät hyvin myös maasto- ja taimitarhakylvöissä.

Siementen tuleentumisvuosi on samalla niiden "syntymävuosi" ja kertoo siis siementen iän. Uuden metsänviljelyaineiston kauppalaan mukaan samalta siemenviljelykseltä peräisin olevia, eri tuleentumisvuosien siemeneriä voidaan yhdistää.

Siemenerän puhtaus on tärkeä tunnus erityisesti koneellisen kylvön kannalta, kylvettiin sitten taimitarhalla tai maastossa. Käytännössä kotimaisten havupuiden ja koivun siemenerät saadaan yleensä puhdistetuksi niin hyvin, että koneellinen kylvö onnistuu. Ongelmallisimmaksi on osoittautunut havupuun pihka, joka muodostaa puhdistusprosessissa suurin piirtein siemenen kokoisia pihkapalloja, jotka haittaavat kylvökokeen toimintaa.

Puhtaan siemenen tuhatjyvápaino ja itävien siementen määrä kilogrammassa ovat olennaisia tunnuksia siemenmenekkiä laskettaessa.

Ruotsalaisten tutkimusten mukaan⁶⁸ koneellisessa rivikylvössä muokkausjälkeen (esim. äestyksen yhteydessä) siemenen kulutus voidaan arvioida kaavalla

$$M = (A \cdot S \cdot Km \cdot Tjp) / (It \cdot 10\,000),$$

missä

M = tarvittava siemenmäärä, kg

A = kylvettävä pinta-ala, ha

S = muokkausjäljen pituus per ha (yleensä noin 4500 m/ha)

Km = itämiskelpoisten siementen määrä per muokkausjäljen rivimetri (yleensä noin 16 kpl)

Tjp = siementen tuhatjyvápaino

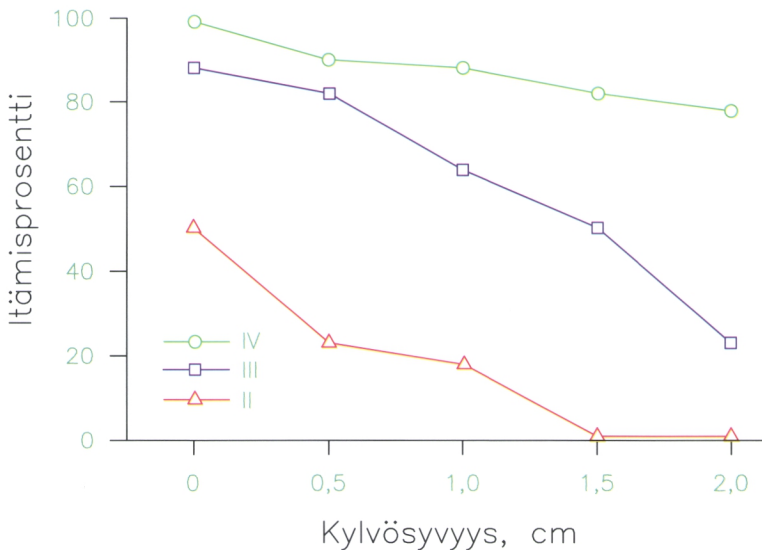
It = siementen itävyysprosentti

Käsin tehtävässä kylvössä siemenmenekki on em. laskentakaavan antamia lukuja pienempi, koska siinä voidaan tarkemmin valita sopivat kylvökohdat. Sama koskee koneellista laikkukylvöä. Jos luonnonsiemennystä uudistusalan reunametsästä on odotettavissa runsaasti, voidaan siemenmenekkiä niinkään vähentää jättämällä

uudistusalan reunasta noin puunmitan levyinen alue luonnon-siemennyksen varaan.

Kun siemenpakkauksia siirrellään paikasta toiseen, niissä tapahtuu herkästi siementen lajittumista: painavimmat siemenet vajoavat astian pohjalla ja keveimmät jäävät pinnalle. Kylvön tasaisuuden varmistamiseksi on syytä sekoittaa pakkausten sisältö huolellisesti ennen kuin kylvötyöhön ryhdytään.

Siementen peittäminen kylvön yhteydessä tasaa itämiskohdan kosteusoloja ja suojaa kylvöksiä siementuholaisilta. Maastokylvöissä erilaiset siementuhot voivat merkittävästi vaikuttaa kylvötulokseen.⁶⁹ Kuusen ja männyn siemenet voidaan peittää kevyesti 2–3 mm vahvuisella maakerroksella.⁷⁰ Peittosyvyyden vaikuttaa myös siementen laatu: hyvin tuleentuneen siemenen sirkkavarsi jaksaa työntyä vahvemman maakerroksen lävitse kuin heikosti tuleentuneen (kuva 3.14).⁶⁸ Koivun siemenen itämistä peittäminen haittaa⁷¹; siemen voidaan kuitenkin kylvää väliaineeseen (hiekkä, sahanpuru tms.) sekoitettuna.



Kuva 3.14. Eri tuleentumisloukkien männyn siementen orastuminen peittosyvyyden mukaan.⁶⁸

Kirjallisuutta

1. Kangas, E. 1942. Karistuslämmön vaikutuksesta männyn siemenen karisemiseen ja itämiseen. Acta For. Fenn. 50.14.
2. Yli-Vakkuri, P. 1959. Siemensiipien hankaajista ja niiden vaikutuksesta siemenen itävyyteen. Acta For. Fenn. 68.4.
3. Huuri, O. 1965. Männyn- ja kuusenkäpyjen varastoinnin vaikutus niistä saatavan siemenen itävyyteen. The effects of storage in cones on the viability of pine and spruce seed. Acta For. Fenn. 78: 1–44.
4. Solin, P. 1970. Kuusen käpyjen säilyttäminen jäädyttämässä ja sen vaikutus niistä saatavan siemenen itävyyteen. Silva Fenn. 4(1): 1–11.
5. Asplund, K., Lähde, E. & Numminen, E. 1973. Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana. Folia For. 185: 1–12.
6. Ryytänen, L. 1980. Pohjois-Suomen männyn suurkeräyssiemenen laatu 10 vuoden varastoinnin jälkeen. Metlan tiedonantoja 106: 1–17.
7. Savolainen, O. 1992. Siemenviljelyssiemenen geneettinen laatu. Julkaisussa: Smolander, H. & Pulkkinen, M. (toim.): Siemenpäivät Siilinjärvellä, Metlan tiedonantoja 426: 7–12.
8. Venäläinen, M., Annala, M-L., Kosonen, E., Rantanen, H. & Tynkkynen, H. 1994. Plusmäntyjen testaustulosrekisteri ja jalostushyöty. Metlan tiedonantoja 497, 38 s. + 51 liites.
9. Kukkonen, H. & Rikala, R. 2002. Siemen- ja taimihuolto. Tapion taskukirja taskukirja, 24. p., ss. 204–217.
10. Yrjänä, L. & Karvinen, K. 2002. Suomen metsänjalostuksen yleistilasto 2002. Metlan tiedonantoja 854, 47 s.
11. Metsäasetus 1200/1996.
12. Tapion taskukirja 2002, 24. painos.
13. Hyvän metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisusarja 13/2001.
14. Koski, V. 2001. Alkuperän merkitys metsänviljelyssä. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.): Onnistunut metsänuudistaminen, ss. 152–156. Metsäntutkimuslaitos ja Kustannusosa-
keyhtiö Metsälehti.
15. Nikkanen, T., Karvinen, K., Koski, V., Rusanen, M. & Yrjänä-Ketola, L. 1999. Kuusen ja männyn siemenviljelykset ja niiden käyttöalueet. Metlan tiedonantoja 730, 203 s.
16. Parviainen, J. 1988. Metsänviljely. Perusteet ja sovellutukset. Silva Carelica 9.
17. Hokkanen, T. 2001. Siemenet ja siemensato. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. ja Saarinen, M. (toim.): Onnistunut metsänuudistaminen, ss. 69–79. Metsäntutkimuslaitos ja Kustannusosa-
keyhtiö Metsälehti.
18. Ruotsalainen, S. 1990. Kuusen siemenen syysvariseminen. Metlan tiedonantoja 362: 90–99.
19. Sahlen, K. 1992. Anatomical and physiological ripening of *Pinus sylvestris* L. seeds in northern Fennoscandia. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. för skogsskötsel, Avhandling, ISBN 91-628-0736-6.
20. Almqvist, C., Bergsten, U., Bondesson, L. & Eriksson, U. 1998. Predicting germination capacity of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seeds using temperature data from weather stations. Can. J. For. Res. 28: 1530–1535.
21. Simak, M. 1972. Låga temperaturers inverkan på embryoutvecklingen hos tallfrö (*Pinus sylvestris* L.). Summary: The influence of low temperature on

- embryogenesis in Scots pine. Skoghögskolan, Inst. för skogsförnygring, Rapporter Nr 36: 1–14.
22. Kardell, L. 1976. Frys försök med norrländsk tallkott (*Pinus sylvestris* L.). Skoghögskolan, Inst. för skogsskötsel, Rapporter och uppsatser, 9: 1–35.
 23. Kardell, L. 1973. Tallfröstudier i Norrland I. Studier över tallens (*Pinus sylvestris* L.) frö- och kottmognad i södra Västerbottens inland. Allmänna Förlaget, Berlinska Boktryckeriet, Lund, 104 s.
 24. Kardell, L. 1973. Lagringsförsök med norrländsk tallkott (*Pinus sylvestris* L.). Berlinska Boktryckeriet, Lund, 70 s.
 25. Kardell, L. 1974. Stratifieringsförsök med norrländsk tallfrö (*Pinus sylvestris* L.). Skoghögskolan, Inst. för skogsskötsel, Rapporter och uppsatser, 5: 1–60.
 26. Nygren, M. 1987. Germination characteristics of autumn collected Scots pine seeds. Seloste: Männyn siementen itämistunnukset syyskeräyksissä. Acta For. Fenn. 201: 1–42.
 27. Nygren, M. 1986. Männyn siementen syyskeräys: Käpyjen kylmävarastoinnin ja idätysolosuhteden vaikutus itävyyteen. Summary: Autumn harvested Scots pine seeds: The effect of cone storage and germination conditions on germination capacity. Silva Fenn. 20(1): 59–73.
 28. Asplund, K., Lähde, E. & Numminen, E. 1973. Vajaasti kypsyneen männyn siemenen kehitys käpyjen varastoinnin aikana. Folia For. 185: 1–12.
 29. Bartels, H. 1958. Untersuchungen über die Hiltzetoleranz der Koniferensamen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 77(8/9): 287–294.
 30. Simak, M., Bergsten, U. & Lönneborg, A-M. 1985. Bättre frö: Bortsortering av ej produktivt frö ur ett parti. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1/85: 45–56.
 31. Lestander, T. & Bergsten, U. 1985. Bättre frö: PREVAC — en metod för att avlägsna mekaniskt skadat frö. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1/85: 35–44.
 32. Bergsten, U. 1988. Invigoration and IDS-sedimentation of *Pinus sylvestris* seeds from northern Finland. Silva Fenn. 22: 323–327.
 33. Tillman-Sutela, E. & Kauppi, A. 1999. Kuusen siemenen pintarakenteiden vaikutus vettymiseen ja itämiseen. Taimiuutiset 3/99: 7–8.
 34. Weissenberg, K. von. 1981. Taimitarha-aineiston geneettiset ominaisuudet: Taimitarhakasvatuksen ja -lajittelun vaikutukset metsien geneettisiin ominaisuuksiin. Metlan tiedonantoja 34: 15–40 + 1 liites.
 35. Nygren, M. 1990. Männyn ja kuusen siementen massan vaihtelusta. Silva Fenn. 24(1): 77–81.
 36. Nygren, M. 1994. Temperature, precipitation and seed mass variation in *Pinus sylvestris*. A paper presented in "Nordic Group for Forest Genetics and Tree Breeding"-meeting, Hyytiälä, 30.8.1994.
 37. Björkroth, G. 1972. Behandling av björkfrö inför precisionssädd. Summary: Preparation of birch-seed for precision — seeding. Skoghögskolan, Inst. för Skogsförnygring, Rapporter och Uppsatser Nr. 39, 24 s.
 38. Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The maturation of *Pinus sylvestris* seeds in relation to temperature climate in northern Finland. Scand. J. For. Res. 1: 243–249.
 39. Huss, E. 1967. Om långtidsförvaring av barrskogsfrö. Studia For. Suec. 46.
 40. Ryytänen, L. 1980. Pohjois-Suomen männyn suurkeräyssiemenen laatu 10 vuoden varastoinnin jälkeen. Metlan tiedonantoja 106: 1–17.

41. Leinonen, K. 1998. *Picea abies* seed ecology: effects of environmental factors on dormancy, vigor and germination (väitöskirja). Helsingin yliopisto, metsäekologian laitoksen julkaisuja 18. 67 s.
42. Rohmeder, E. 1972. Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 273 s.
43. Schönborn, von A. 1964. Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume. Bayerischer Landwirtschaftsverlag GmbH, München, 158 s.
44. Helen, H. 1996. Pakkauskalvojen hapenläpäisy. Kehittyvä Elintarvike 3/96: 14–15.
45. Gordon, A.G. 1992. Seed storage. Julkaisussa: Gordon, A.G. (toim.): Seed Manual for Forest Trees. Forestry Commission, Bulletin 83, ss. 98–104.
46. Briston, J.H. 1998. Plastic Films. Halsted Press.
47. Sahlen, K. & Bergsten, U. 1982. Temperature and moisture content changes in *Pinus silvestris* seed stored in a container during freezing and warming. Proceedings, IUFRO Int. Symp. on Forest Tree Seed Storage, Petawawa National Forestry Institute, Sept. 23–27, 1980, ss. 17–27.
48. Huss, E. 1967. Om långtidsförvaring av barrskogsfrö. Studia For. Suec. 46.
49. Urosevic, B. 1961. The influence of saprophytic and semi-parasitic fungi on the germination of Norway spruce and Scots pine seeds. Proc. Int. Seed Test. Assn. 26: 537–555.
50. Lilja, A. 1979. Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus. Summary: Fungi on birch seeds and their pathogenicity. Folia For. 408, 13 s.
51. Lilja, A. & Lilja, S. 1986. Siementen sienet ja niiden patogeenisuus. Kurssi-moniste, Metsäpuiden siementen käsittelyn biologiset perusteet, 11.–12.12.1986, 7 s.
52. Rosochacka, J. & Grzywacz, A.P. 1980. The colour of *Pinus silvestris* L. seeds and their susceptibility to damping-off. II. Colour of seed coats and their chemical composition. Eur. J. For. Pathol. 10: 193–201.
53. Poteri, M. & Viiri, H. 2002. Metsätalouden käyttöön hyväksytyt torjunta-aineita vuonna 2002. Taimiuutiset 1/2002, ss. 4–5.
54. Hoefnagels, M.H. & Linderman, R.G. 1999. Biological suppression of seedborne *Fusarium* spp. during cold stratification of Douglas fir seeds. Plant Disease 83(9): 845–852.
56. Abdel-Monem, A.M. 2001. Untraditional methods to control seed-borne microflora of some seed crops. Paper presented in the Xth ISTA Congress, Angers, France.
57. Annala, E. & Kurkela, T. 2001. Siementuholaiset ja taudit. Julkaisussa: Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström, T., Kubin, E. ja Saarinen, M. (toim.): Onnistunut metsänuudistaminen, ss. 79–82. Metsäntutkimuslaitos ja Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
58. Schröder, T. & Hüttermann, A. 2001. Seed-borne fungi on forest tree seed. Paper presented in the Xth ISTA Congress, Angers, France.
59. Savonen, E-M. 1998. Siemenen stratifiointi muovipussissa. Ehdotus uudeksi stratifiointimenetelmäksi. Julkaisussa: Poteri, M. (toim.): Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 1998. Metlan tiedonantoja 696, ss. 88–91.
60. Konttinen, K. 1995. Jalojen lehtipuiden siementen käsittely. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 573, 49 s. + 2 liites.
61. Savonen, E-M. 1998. Paakkuihin kylvettyjen kuusen siementen stratifiointi: vaikutus siementen itävytyteen ja itämisenopeuteen. Metsätieteen aikakauskirja 1/1998: 5–14.

62. Vaartaja, O. 1956. Photoperiodic response in germination of seeds of certain trees. *Can. J. Bot.* 34: 377–388.
63. Tigerstedt, P.M.A. 1971. Puuvartisten kasvien siemenmonistus. *Dendrologian Seuran Tiedotuksia* 2(2): 12–17.
64. Nordström, L. 1953. A method of stimulating the germination of pine seed (*Pinus silvestris*). *Kungl. Skogshögskolans Skrifter* 17: 91–108.
65. Nyman, B. 1963. Studies on the germination in seed of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) with special reference to the light factor. *Studia Forestalia Suecica* 2: 1–164.
66. Bergman, F. 1960. Försök att öka gröningsenergin och grobarhet hos skogsfrö. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 58: 15–35.
67. Paech, H. 1950. *Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe*. Berlin/Göttingen/Heidelberg.
68. Skogsförnygring av tall och gran från frö. Handbok, 40 s. Luettavissa [www-osoitteessa: http://www.kbits.nu/](http://www.kbits.nu/).
69. Heikkilä, R. 1977. Eläimet kylvetyyn männyn ja kuusen siementen tuhoojina Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 89: 1–35.
70. Heikinheimo, O. 1940. Metsäpuuiden taimien kasvatus taimitarhassa. *Comm. Inst. For. Fenn.* 29(1), 97 s.
71. Mork, E. 1951. Faktoror som virker på spireevnen hos furu-, gran- og bjørkefrö. *Medd. Norske Skogforsöksvesen* nr. 38: 163–173.

4 Siementen laadun arviointimenetelmät^{1,2,3,4}

4.1 Peruskäsitteet

4.1.1 Siemenerän tasalaatuisuus

Siemenistä tehtävät analyysit kohdistuvat yleensä tiettyyn siemen-erään. Siemenerä on fyysisesti määritelty kokonaisuus, tavallisesti samalla kertaa kerätty, karistettu ja puhdistettu, tiettyä alkupe-
rää ja siemenluokkaa edustava siemenjoukko. Siemenerät on yksilöitävä ja pidettävä erillään kaikkien tuotantovaiheiden sekä markkinoinnin aikana.

Ennen muiden analyysien suorittamista on varmistuttava siitä, että siemenerä on tasalaatuinen. Tämä tarkoittaa sitä, että siemenerässä esiintyvä vaihtelu eri tunnuksissa — itämisprosentissa, puhtaudessa jne. — on satunnaista. Varmistamalla siemenerän tasalaatuisuus voidaan säästää näytteenotossa ja analyysikuluissa, koska tasalaatuisesta erästä otettu satunnaisnäyte kuvaa luotettavasti siemenerää riippumatta siitä, kuinka moneen astiaan se on varastoitu. Jos on syytä epäillä, että erä ei ole tasalaatuinen, se on sekoitettava uudelleen.

Vaihtelu ei ole satunnaista, jos jokin siemenerän ominaisuus muuttuu systemaattisesti tiettyyn suuntaan siirryttäessä astiasta tai erän osasta toiseen. Se voi olla myös "äkillistä", jolloin yksittäisen astian sisältö poikkeaa merkittävästi muista. Poikkeamia tasalaatuisuudesta voi syntyä esimerkiksi silloin, kun sekoitetaan

keskenään saman siemenviljelyksen eri tuleentumisvuosien siemeneriä.

Siementen paino, pintarakenne ja muoto vaikuttavat siihen, miten hyvin ne sekoittuvat suurissa erissä ja kuinka tasalaatuisiksi erät muodostuvat. Painavat siemenet voivat lajittua, niin että säilytysastioissa raskaimmat siemenet vajoavat pohjalle ja kevein aines jää pintaan. Myös kevyet siemenet, etenkin jos lenninsiipi on kiinteästi kiinni siemenessä, voivat olla suurissa erissä vaikeasti sekoitettavissa tasalaatuisiksi.

Siemenerien tasalaatuisuus voidaan tutkia vertaamalla erän sisäistä vaihtelua — varianssia — laskennalliseen arvoon, joka saadaan olettamalla erässä esiintyvä vaihtelu täysin sattumanvaraiseksi. Tasalaatuisuutta voidaan arvioida itävyyden, puhtauden, tyhjäsiemensadanneksen tai tuhatjyväpainon vaihtelun perusteella.

Vaihtelu voi poiketa sattumanvaraisesta, jos

- (1) astioita täytettäessä siemenerän laatu on vaihdellut siten, että esimerkiksi itävyys muuttuu systemaattisesti tiettyyn suuntaan siirryttäessä astiasta toiseen tai
- (2) siemenerässä jonkin yksittäisen astian sisältö poikkeaa merkittävästi muista.

Jos vaihtelua esiintyy edellä kuvatulla tavalla, siemenerä on heterogeeninen. Heterogeenisuuden mittaamiseen on olemassa kaksi testiä: *vaihtelutestin* avulla voidaan tunnistaa kohdan (1) mukainen tilanne ja *poikkeamatestin* avulla kohdan (2) mukainen tilanne. Jos epäillään siemenerän olevan heterogeeninen, on suoritettava molemmat testit. Jos jompikumpi testisuureista osoittautuu merkitseväksi, on erää pidettävä heterogeenisenä ja se on sekoitettava, ennen kuin koko erää koskevia laatutunnuksia voidaan mitata ja ilmoittaa.

Vaihtelutestin (H-value heterogeneity) suoritus

Siemenerän heterogeenisuuden testaus perustuu erässä havaitun varianssin (V) ja teoreettisen varianssin (W) suhteen perusteella laskettuun testisuureeseen H , jonka kaava on

$$H = \frac{V}{W} - 1.$$

$$\text{Havaittu varianssi (V)} = \frac{N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}{N \cdot (N - 1)} \quad (1)$$

missä

X = havaittu arvo (itävyys, tyhjäsiemensadannes, puhtaus tms.)

Σ = summamerkki

N = näytteiden lukumäärä.

Tarvittava näytemäärä (N) riippuu siitä, kuinka moneen pakkaukseen (astiaan) tutkittava erä on varastoitu. Liitetaulukossa 1 on esitetty näytelukumäärät ja niitä vastaavat testisuureen H suurimmat sallitut arvot.

Teoreettinen varianssi (W) lasketaan prosenttiluvuille (itävyys, tyhjäsiemensadannes, puhtaus) seuraavasti

$$W = \frac{X \cdot (100 - X)}{n} \quad (2)$$

missä

X = kaikkien näytteiden keskiarvo

n = siementen lukumäärä yksittäisessä testissä (esimerkiksi 100 kpl idätystestissä tai 1 000 kpl puhtausmäärityksessä).

Jos havainnot ovat "kappaletta itäviä siemeniä" eikä prosentteja, niin teoreettinen varianssi on sama kuin havaittu keskiarvo

$$W = X.$$

Testisuureen laskenta tapahtuu seuraavasti:

Esimerkki 1. Siemenerä on pakattu viiteen astiaan. Liitetaulukon 1 mukaan testiin otetaan satunnaisnäyte joka astiasta ja jokainen näyte (kukin sata siementä) idätetään. Saadaan seuraavat arvot:

X (itävyysprosentti) = 74, 80, 71, 76 ja 75. Itävyysprosentin keskiarvo on 75 %.

Havaitun varianssin laskennassa tarvitaan:

itävyysprosenttien summa	$\Sigma X = 376$
itävyysprosenttien neliöt $X^2 = 5476, 6400, 5041, 5776$ ja 5625	
itävyysprosenttien neliöiden summa	$\Sigma X^2 = 28\,318$
itävyysprosenttien summan neliö	$(\Sigma X)^2 = 141\,376$
näytteiden lukumäärä	$N = 5$

Sijoitetaan em. arvot kaavaan (1), jolloin havaittua vaihtelua kuvaava varianssi saadaan

$$V = \frac{5 \cdot 28318 - 141376}{5 \cdot (5 - 1)} = \frac{141590 - 141376}{5 \cdot 4} = \frac{214}{20} = 10,7$$

Teoreettinen varianssi W saadaan suoraan idätysprosenttien keskiarvosta kaavan (2) mukaan

$$W = \frac{75 \cdot (100 - 75)}{100} = \frac{1865}{100} = 18,7$$

Siemenerän heterogeenisuudelle saadaan seuraavaksi mittaluku havaitun varianssin ja pelkästään satunnaisvaihtelun suuruutta kuvaavan teoreettisen varianssin suhteesta

$$\frac{V}{W} = \frac{10,7}{18,7} = 0,57$$

Huomataan, että havaittu varianssi (V) on selvästi pienempi kuin teoreettinen varianssi (W). Testisuure H saa tällöin negatiivisen arvon ($0,57 - 1 = -0,43$). Liitetaulukon 1 mukainen suurin sallittu arvo ei ylity, joten erää on pidettävä näiltä osin tasalaatuksena.

Poikkeamatestin (R-value heterogeneity) suoritus

Poikkeamatestissä siemenerästä otetaan, säilytysastioiden lukumäärästä riippuen, joukko sadan siemenen näytteitä, jotka idätetään samanaikaisesti. Tarvittava näytemäärä valitaan samoin perustein

kuin edellä kuvattuun vaihtelutestiin ja saadaan liitetaulukosta 1. Poikkeamatestissä suurin sallittu poikkeama näytteiden välillä riippuu näytteiden keskiarvosta ja näytelukumäärästä (liitetaulukko 2). ISTAn säännöissä on taulukoitu erikseen suurimmat hyväksyttävät poikkeamat puhtausmäärittäjiä, idätystestejä ja muiden siementen osuuden laskentaa varten.

Esimerkki. Siemenerä on varastoitu viiteen astiaan, joista kaikista otetaan sadan siemenen satunnaisnäyte idätystä varten. Saadut itävyydet ovat 95, 97, 92, 95 ja 96. Itävyyksien keskiarvo on 95 %. Katsotaan liitetaulukosta 2 keskiarvoa 95 ja näytemäärää 5 vastaava suurin hyväksyttävä poikkeama-arvo, joka on 11. Aineistossa havaittu suurin poikkeama yksittäisten testitulosten välillä on $97 - 92 = 5$. Johtopäätös on, että erä on tasalaatuinen.

Poikkeamatestiä voidaan soveltaa myös "toiseen suuntaan". Kysytään, voidaanko useampia samaa alkuperää edustavia, eri tuleentumisvuosien siemeneriä yhdistää yhdeksi eräksi ja ilmoittaa itämisprosenttina suoraan erien siemenmäärällä painotettu keskiarvo, ilman että täytyisi tehdä uusi idätystesti.

Suurin sallittu poikkeama itämisprosenteissa, eriä yhdistettäessä on esitetty liitetaulukossa 3. Itävyystietojen vertaaminen taulukoituihin arvoihin ei sellaisenaan riitä todistamaan eriä yhteensopiviksi, koska yhteensopivuus tulee todeta myös muiden tunnusten, eli tyhjäsiemensadanneksen ja puhtauden suhteen. Kahden viimeksi mainitun tunnuksen osalta viitataan ISTAn sääntöihin.

4.1.2 Näytteenotto

Siemenerissä on yleensä useita miljoonia siemeniä, joten analyysit joudutaan perustamaan otantaan ja oletukseen, jonka mukaan tutkittava ominaisuus (itävät tai itämättömät siemenet, roskat tms.) esiintyy satunnaisesti siemenjoukossa. Otannan perusyksikkö on siemenerä. Se on tietystä perusaineistosta kerätty siemenjoukko, jolle ISTAn säännöissä on määritelty puulajeittain enimmäiskoko.

Siemenerien laatu arvioidaan satunnaisesti valitusta näytteestä tehtävien määritysten perusteella. Koska tutkittava näyte on yleensä pieni edustamaansa siemenerään verrattuna, on näytteenotto suo-

ritettava siten, että näytteellä on sama koostumus kuin itse siemenerällä. Sama koskee myös laboratoriossa tapahtuvaa työnäytteen ottoa.

ISTAn kansainvälisissä säännöissä metsäpuiden siementen suurin mahdollinen eräkoko on 1 000 kg (taulukko 4.1). Käytännössä kotimaisilla metsäpuilla siemenerät ovat huomattavasti tätä pienempiä.

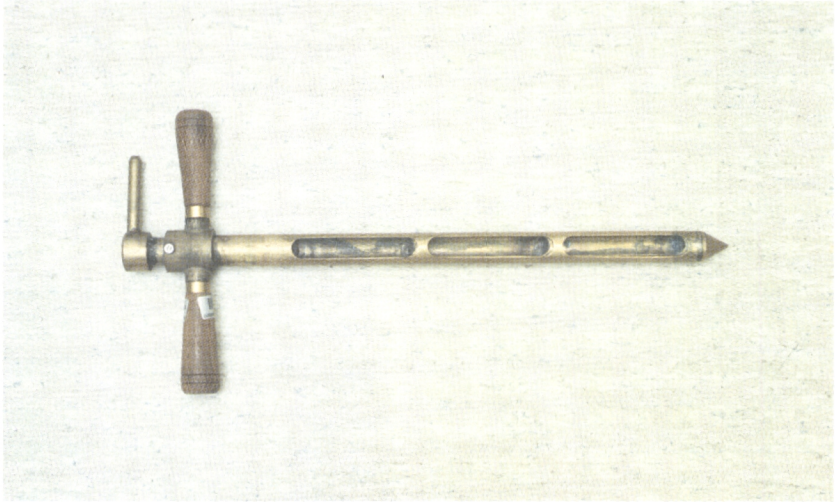
Näytteenotto tapahtuu vaiheittain siten, että aluksi siemenerästä otetaan sen koosta riippuen tietty määrä **osanäytteitä**. Osanäyte on siemenerän yhdestä osasta, tavallisesti yhdestä asiasta satunnaisesti, vakiomenetelmin otettu näyte. Nämä yhdistetään **kokonaisnäytteeksi**, josta valitaan satunnaisesti **eränäyte** toimitettavaksi analyysilaboratorioon. Laboratoriossa eränäyte jaetaan **työnäytteisiin**, sen mukaan millaisia analyysejä siemenerästä on tarkoitus tehdä. Työnäytteen tulee sisältää vähintään 2 500 siementä.

Taulukko 4.1. ISTAn sääntöjen mukainen siemenerän enimmäiskoko eri puulajeilla.

Puulaji	Enimmäiseräkoko, kg
Metsäkuusi (<i>Picea abies</i>)	1 000
Siperianlehtikuusi (<i>Larix sibirica</i>)	1 000
Metsämänty (<i>Pinus sylvestris</i>)	1 000
Metsätammi (<i>Quercus robur</i>)	5 000
Rauduskoivu (<i>Betula pendula</i>)	300
Hieskoivu (<i>Betula pubescens</i>)	300
Tervaleppä (<i>Alnus glutinosa</i>)	1 000
Harmaaleppä (<i>Alnus incana</i>)	1 000
Kynäjalava (<i>Ulmus laevis</i>)	1 000
Vuorijalava (<i>Ulmus glabra</i>)	1 000
Metsähaapa (<i>Populus tremula</i>)	50
Metsälehmus (<i>Tilia cordata</i>)	1 000
Metsävaahtera (<i>Acer platanoides</i>)	500
Lehtosaarni (<i>Fraxinus excelsior</i>)	1 000

Osanäyte

Osanäytteet otetaan erikoislaitteella, lokerokairalla, jonka on ulotuttava siemenpakkausten joka kohtaan (kuva 4.1).



Kuva 4.1. Lokerokaira. Huomaa lokeroiden väliseinät, jotka estävät siementen valumisen kairan yläosasta alaosaan, kun näyte otetaan pystysuunnassa. Kuva: Markku Nygren.

Kairan loven tai aukkojen, joista siemen valuu kairan onteloihin, on oltava riittävän suuria, jottei siemenen valikoitumista tapahdu. Kun näyte otetaan siemenastiasta tai -pakkauksesta pystysuunnassa, on tärkeää, että kairan ontelot on eristetty toisistaan väliseinillä, jolloin näytteeseen tulee siemeniä astian tai pakkauksen eri osista. Havupuiden siemenillä kairan ontelon läpimitan on oltava vähintään 15 mm.

Osanäytteitä otetaan siemennerän koosta riippuen seuraavasti:

- (a) Kun siemennerä on pakkauksissa, joiden koko on enintään 100 kg, noudatetaan seuraavia näytteenottotaajuutta koskevia vähimmäisvaatimuksia:

Pakkausten lkm	Osanäytteitä otetaan
1–4	Kolme osanäytettä jokaisesta pakkauksesta
5–8	Kaksi osanäytettä jokaisesta pakkauksesta
9–15	Yksi osanäyte jokaisesta pakkauksesta
16–30	Yhteensä 15 osanäytettä
31–59	Yhteensä 20 osanäytettä
60 tai enemmän	Yhteensä 30 osanäytettä

- (b) Kun erä on pakattu pieniin pakkauksiin tai säilytysastioihin, näytteenottotaajuus on seuraava:

Näyteyksiköksi otetaan 100 kg:n paino. Pienet pakkaukset yhdistetään näytteenottoyksiköksi, jonka paino ei saa ylittää 100 kg. Yksi näytteenottoyksikkö voi siis olla 20 kpl 5 kg:n, 33 kpl 3 kg:n tai 100 kpl 1 kg:n pakkauksia. Näytteenotossa jokaista tällaista yksikköä pidetään yhtenä "pakkauksena". Näytteenotto tapahtuu tämän jälkeen kohdan (a) mukaan.

- (c) Siemenerä on pakkauksissa, joiden koko on suurempi kuin 100 kg tai "irtotavarana" ennen siementen sulkemista pakkauksiin. Näytteenottotajuus riippuu tällöin siemenerän kokonaispainosta seuraavasti:

Erän koko, kg	Osanäytteitä otetaan vähintään
–500	Viisi
501–3 000	Yksi osanäyte/300 kg, kuitenkin vähintään viisi osanäytettä

Osanäytteiden tulee olla kutakuinkin samansuuruisia. Mikäli erä on pakkauksissa, tulee näytteet ottaa astian ylä-, keski- ja alaosasta, mutta ei välttämättä muualta kuin yhdestä astian kohdasta. Jos erä on yhdessä isossa astiassa, on näytteet otettava eri kohdista ja eri syvyyksiltä.

Näytteenottovälineet eivät saa vahingoittaa siemeniä eivätkä siemenpakkausta. Roskainen siemenerä on ennen näytteen ottamista puhdistettava.

Heikosti sekoittuvilla lajeilla (koivu) näyte voidaan ottaa käsin sekä mahdollisesti silloin, kun pakkaukset ovat pieniä. Käsi on työnnettävä pakkaukseen sormet suorina ja yhdessä ja kourallisia otettaessa sormet on pidettävä tiiviisti yhdessä myös ulosvedon aikana.

Näytteenoton aikana tarkkaillaan osanäytteiden tasaisuutta. Lokerokaira tyhjenetään riittävän suurelle alustalle siten, että kussakin lokerossa olevat näytteet tukevat rinnakkain. Tällöin paljastuvat mahdolliset selvät poikkeamat, kuten esimerkiksi väärää siemenlajia sisältävä pakkaus. Mikäli näytteessä esiintyy silmin havaittavia eroja, näytteenotto on keskeytettävä ja siemenerä on sekoitettava uudelleen.

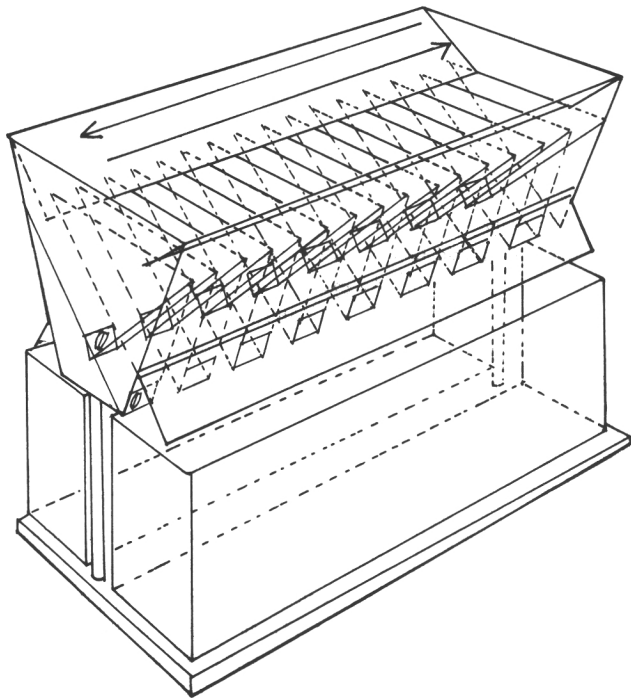
Jos osanäytteet osoittautuvat yhtenäisiksi, ne yhdistetään ja niistä muodostetaan kokonaisnäyte. Se jaetaan edelleen satunnaisesti eränäytteeksi, joka toimitetaan analysoitavaksi. Jos kokonaisnäyte on sinällään sopivan suuruinen, se voidaan toimittaa tutkittavaksi ilman eränäytteeksi jakamista.

Kokonaisnäyte ja eränäyte

Osanäytteistä muodostettava kokonaisnäyte on useimmiten suurempi kuin tarvittava eränäyte, mistä syystä kokonaisnäytettä on pienennettävä. Kokonaisnäytteen osaa ei saa umpimähkään heittää pois, vaan pienentäminen eränäytteeksi on tehtävä mekaanisesti erityisen jakolaitteen (kuva 4.2) avulla tai ns. puolitusmenetelmällä. Eränäytteiden vähimmäispainot eri puulajeille on esitetty taulukossa 4.2.

Soil divider -jakolaitetta voidaan käyttää kaikille siemenlajeille lukuun ottamatta kevyitä, heikosti sekoittuvia lajeja.

Eränäytettä muodostettaessa kokonaisnäyte sekoitetaan aluksi laskemalla se pariin kertaan jakolaitteen läpi ja yhdistämällä osat.



Kuva 4.2. Esimerkki "soil divider" -tyyppisestä siementen jakolaitteesta.

Taulukko 4.2. ISTAn sääntöjen mukaiset näytteiden vähimmäispainot eri puulajeilla.

Puulaji	Eränäyte, g	Työnäyte, g	Grammaitumäärityksen idätysnäyte, kerranteen paino, g
Metsäkuusi	40	20	—
Siperianlehtikuusi	25	10	—
Metsämänty	40	20	—
Metsätammi	> 500 siementä	> 500 siementä	—
Rauduskoivu	10	1	0,10
Hieskoivu	10	1	0,10
Tervaleppä	8	4	0,20
Harmaaleppä	4	2	0,10
Kynäjalava	30	15	—
Vuorijalava	30	15	—
Metsähaapa	5	2	0,01
Metsälehmus	180	90	—
Metsävaahtera	700	350	—
Lehtosaarni	400	200	—

Sen jälkeen näyte jaetaan kahteen osaan, joista toinen puolitetaan edelleen jakolaitteessa. Näin jatketaan, kunnes saavutetaan eränäytteen vähimmäiskoko.

Jos jakolaitetta ei ole käytettävissä, eränäyte voidaan muodostaa ns. puolitusmenetelmällä. Kokonaisnäyte sekoitetaan huolellisesti ja levitetään sileälle alustalle (esim. paperiarkki) tasaisena virtana toisiaan vastaan kohtisuoriin suuntiin sirotellen suunnikkaan muotoiselle alueelle. Tämä siemenjoukko jaetaan neljään yhtä suureen osaan vetämällä esimerkiksi viivoittimella toisiaan vastaan kohtisuorat viivat. Kaksi ristikkäin olevaa osaa poistetaan ja toiset kaksi yhdistetään. Nämä sekoitetaan, levitetään ja puolitetaan kuten edellä. Puolittamista jatketaan, kunnes päästään suurin piirtein haluttuun eränäytekokoon.

Jos erästä tarvitaan näyte siementen vesipitoisuuden määrittystä varten, otetaan kokonaisnäytteestä erikseen vähintään eränäytteen (ks. taulukko 4.2) verran siementä, joka suljetaan välittömästi näytteenoton jälkeen ilmatiiviiseen päällykseen. Muovipussien materiaalin on oltava riittävän vahvaa, ettei näytteen vesipitoisuus ennen analyysia muutu (ks. kpl 3.7). Pusseja voidaan laittaa useita päällekkäin. Pakkaus suljetaan siten, että siitä poistetaan ensin ilma

ja se suljetaan välittömästi esim. leveällä teipillä koko pussin leveydeltä. Muoviputkea tai pulloa käytettäessä on huolehdittava siitä, että se on täynnä ja suu suljetaan ilmatiiviisti. Näytepullo tai -putki avataan vasta siinä vaiheessa, kun siemenet laitetaan siihen. Vesipitoisuusnäyte toimitetaan yhdessä eränäytteen kanssa analyysilaboratorioon mahdollisimman pian.

Sen jälkeen kun eränäyte ja muut mahdollisesti tarvittavat näytteet on otettu, voidaan kokonaisnäytteestä yli jäänyt siemenmäärä palauttaa alkuperäiseen siemenerään. Näin ei kuitenkaan voida menetellä, mikäli erä ei ole osoittautunut riittävän tasalaatuiseksi (ja näytteenotto on keskeytetty).

Työnäyte

Analyysilaboratorioon saapunut eränäyte on tavallisesti pienennettävä työnäytteeksi, joiden vähimmäispainot on esitetty taulukossa 4.2.

Eränäyte on ensin sekoitettava huolellisesti. Työnäyte muodostetaan joko suorittamalla useita peräkkäisiä puolituksia tai ottamalla eränäytteestä useita sattumanvaraisia siemenannoksia, jotka yhdistetään.

Puolittaminen tai sattumanvaraisten siemenannosten ottaminen eränäytteestä tehdään kokonaisnäytteen vähennysjakoa käsittelevän osan yhteydessä kuvatuin menetelmin. Vaihtoehtoisina menetelminä voidaan käyttää myös malja- tai lusikkamenetelmiä, joiden avulla eränäytteestä erotetaan sattumanvaraisia siemenannoksia.

Maljamenetelmässä tasaiselle alustalle (esimerkiksi tarjotin) asetetaan samankokoisia maljoja (korkeus vähintään 1,5 kertaa halkaisija) ja eränäyte sirotellaan tasaisesti tarjottimelle, jolta sitten poimitaan satunnaisesti maljoja (vähintään 4–5 kpl), kunnes päästää työnäytekokoon. Eri siemenlajeille voidaan käyttää erikokoisia maljoja.

Lusikkamenetelmässä tasaiselle alustalle sirotellusta eränäytteestä otetaan sattumanvaraisesti erikoistyökalulla (lusikka, jonka pesä on vinosti tasattu) samansuuruisia siemenannoksia, kunnes saavutetaan työnäytekokonaisuus.

Jäljelle jäänyt osa eränäytteestä suljetaan ilmatiiviiseen astiaan ja säilytetään viileässä, kuivassa ja pimeässä mahdollisesti tarvittavia lisänäytteitä varten vuoden ajan.

Kosteusnäytteen käsittelystä ks. kohta 4.4.3.

4.2 Perusanalyysit

4.2.1 Puhtaus

Siemenerässä voi esiintyä erilaisia epäpuhtauksia kuten vieraan kasvilajin siemeniä, siemenen osia, lehtien tai neulasten jäänteitä, pihkaa tms. Niiden tunnistaminen ja määrän selvittäminen on tärkeä osa siemenerien laadun seuranta. Epäpuhtauksissa on taudinaiheuttajia, jotka voivat haitata kylvöä ja siementen muuta käsittelyä. Niiden määrä vaikuttaa siemenerän painoon ja siten siemenkilosta saatavaan taimimäärään.

Siementen puhtausmäärityksen tavoitteena on mitata tutkittavan näytteen koostumus sekä tunnistaa näytteen mahdollisesti sisältämät vieraat siemenet ja muut ainekset.

Voimassa olevien ISTAn sääntöjen mukaan puhtausanalyysia (eikä myöskään tuhatjyväpainon määrittystä) tarvitse suorittaa, jos siemeniä on käytännössä mahdotonta erottaa epäpuhtauksista ilman, että analyysi vaatii suhteettoman paljon aikaa.² ISTAn säännöissä tällaisia puulajeja ovat eukalyptus ja koivu. ISTAn julkaiseman Tree and Shrub Seed -käsikirjan mukaan tähän ryhmään kuuluvat myös leppä ja haapa.³

Puhtausmääritys tehdään työnäytteestä, jonka vähimmäispaino on esitetty taulukossa 4.2.

Määritys voidaan tehdä joko työnäytteestä tai kahdesta työnäytteen puoliskosta, jotka on otettu toisistaan riippumatta. Tämä tarkoittaa sitä, että työnäytteitä otettaessa otetaan aluksi ensimmäinen työnäytteen puolikas, sen jälkeen sekoitetaan eränäytteen jäännös uudelleen ja vasta tämän jälkeen otetaan toinen puolikas.

Aluksi työnäyte tai sen puolikkaat punnitaan kokonaisuudessaan, ennen ositteiden erottelua. Alkupainon selvittäminen on tarpeen, jotta mahdollinen hävikki analyysin aikana voidaan tarkistaa.

Työnäyte (tai sen puolikas) ja sen ositteet punnitaan seuraavasti:

Työnäyte, g	Tarkkuus, desimaalia
< 1	4
1–9,999	3
10–99,99	2
100–999,9	1
> 1 000	0

Työnäytteen punnitsemisen jälkeen se jaotellaan ositteisiin, jotka punnitaan. Lajittelu perustuu jokaisen näytteesen sisältyvän osan tutkimiseen. Puhtaiden siementen määrityksen on tapahduttava täysin varmojen, silmävaraisesti todettavien tai siementen ulkoisten tunnuspiirteiden perusteella siten, ettei siementen itämiskykyä vahingoiteta.

Yksittäistä siementä arvosteltaessa sitä ei tarvitse kääntää mahdollisten voitusten havaitsemiseksi.

Puhtausmäärityksessä näyte jaetaan kolmeen ositteeseen:

- (1) puhtaat siemenet
- (2) muiden lajien siemenet ja
- (3) roskat.

Puhtaisiin siemeniin luetaan kaikki ilmoitetun puulajin siemenet, jotka voidaan varmuudella tunnistaa ko. lajiin kuuluviksi. Niihin lasketaan myös alimittaiset, kutistuneet, vajaasti kypsyneet ja mahdollisesti itäneet siemenet edellyttäen, että ne ovat lajilleen tunnistettavissa. Edelleen puhtaisiin siemeniin lasketaan mukaan siemenen osat, jotka ovat puolikasta siementä suurempia.

Muut siemenet -osioon lasketaan vieraiden lajien puhtaat siemenet. Roskiin luetaan sekä siemenistä lähtöisin olevat osat, lenninsiivet, pihkapallot jne. Havupuilla roskiin luetaan myös kokonaan kuoriutuneet siemenet.

Havupuilla joudutaan arvioimaan erikseen lajit, joilla lenninsiipi on syntynyt siemenaiheen kalvosta ja on siis kiinteä osa siementä (lehtikuusi) ja lajit, joilla lenninsiipi on kehittynyt käpysuomun pintasolukosta ja on löyhemmin kiinni siemenessä (esim. mänty, kuusi).

ISTAn sääntöjen ja toisaalta ISTAn julkaiseman "Tree and Shrub Seed Handbook" -kirjan ohjeet ovat havupuiden lenninsiipien kohdalla ristiriitaiset.

Esimerkiksi lehtikuusella lenninsiipi ei yleensä kokonaan irtoa siemenkuoresta, kuten männyllä ja kuusella, vaan sen tyviosa jää puhdistettaessa yleensä kiinni siemeneen. Tällaiset siemenet lasketaan mukaan puhtaisiin siemeniin. Kansainvälisessä kaupassa niiden osuus on voimassa olevien ISTAn sääntöjen mukaan ilmoitettava erikseen prosenttiosuutena puhtaasta siemenestä merkinnällä "lenninsiivelliset siemenet".

Puhtausanalyysin tulokset ilmoitetaan painoprosentteina yhden desimaalin (0,1 %) tarkkuudella siten, että kaikkien komponenttien summan on oltava 100. Painoprosentti perustuu eri komponenttien summaan, eikä siis analyysin alussa mitattuun lähtöpainoon, jota käytetään kontrolloimaan sitä, ettei analyysissä ole materiaalia joutunut hukkaan. Komponentti, jota on vähemmän kuin 0,05 painoprosenttia, ilmoitetaan merkillä "hiukan". Muiden siementen ja roskien prosenttiosuutta ei tarvitse ilmoittaa, jos muiden siementen osuus on alle 0,05 prosenttia siemenen painosta.⁵

Metsäpuuiden siemenhuollon menetelmien ja laitteiden kehittyessä siemenerien puhtaus on koko ajan lisääntynyt; käytännössä useimpien havupuiden siemenerien puhtaus on yli 99 %.

Siementen lajipuhtaus

Metsänviljelyaineiston kauppaa koskevassa asetuksessa⁵ on myytävien siemenerien lajipuhtaudelle asetettu vähimmäisvaatimus 99 %. Lajipuhtaus selvitetään puhtausmäärityksessä, työnäytteen analyysissä. Joidenkin puulajien (*Alnus*, *Betula*, *Populus*) siementen erottelu on erittäin työlästä. Tällaisissa tapauksissa voidaan ISTAn sääntöjen mukaan (1) ilmoittaa vain suku tai (2) luopua kokonaisen työnäytteen tutkimisesta ja määritellä lajipuhtaus taulukon 4.2. mukaista työnäytettä pienemmästä, vähintään 400

siemenen (mutta mieluiten 1 000 siemenen) suuruisesta näytteestä, puhtaasta siemenestä. Metsäpuilla tulee kysymykseen vain kohdan (2) mukainen menettely.

ISTAn suositusta noudattaen lajipuhtaus voidaan em. tapauksessa todeta vähintään 400 puhtaan siemenen suuruisesta näytteestä, josta erotellaan erikseen mahdolliset vieraan lajin siemenet. Näin syntyvät kaksi osiota punnitaan erikseen ja lajipuhtaus ilmaistaan painoprosenttina näytteen painosta.

4.2.2 Tuhatjyväpaino

Analyysin tavoitteena on mitata tuhannen siemenen paino. Analyysituloksen perusteella voidaan laskea siementen lukumäärä kilogrammaa kohti ja arvioida siemenmenekki kylvöissä. Kuten puhtausmäärittelynkin käsittelyyn, analyysia ei tarvitse suorittaa haavalla, koivuilla ja lepillä, koska niiden käsittelyyn tarvittaisiin suhteettoman paljon aikaa.

Tuhatjyväpaino määritetään työnäytteestä, puhtaasta siemenestä. Analyysissa voidaan käyttää kahta eri menettelyä:

- (1) lasketaan siementen puhtausanalyysissä (ks. kpl 4.2.1) saatu "puhtaat siemenet" osion siementen lukumäärä ja kun mainitun osion paino tunnetaan, saadaan tuhatjyväpaino määritettyä näiden perusteella.
- (2) otetaan puhtausmäärittelyn "puhtaat siemenet" -osiosta satunnaisesti kahdeksan sadan siemenen toistoa. Toistot punnitaan yksitellen, saatu tulos lasketaan yhteen ja kerrotaan 1,25:llä jolloin tulos on tuhannen siemenen paino.

Jälkimmäisen määrittelyn luotettavuus arvioidaan seuraavasti:

- (1) lasketaan näytteiden varianssi

$$v = \frac{n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2}{n \cdot (n - 1)}$$

missä

X = yksittäisen toiston paino

n = toistojen lukumäärä (8)

ΣX^2 = yksittäisen toiston neliöiden summa

$(\Sigma X)^2$ = toistojen summan neliö.

- (2) lasketaan näytteiden keskihajonta (s) ottamalla neliöjuuri varianssista (v).
- (3) lasketaan näytteiden variaatiokerroin (CV , coefficient of variation) kaavasta:

$$CV = \frac{s \cdot 100}{X}$$

missä

s = keskihajonta

X = kahdeksan toiston keskiarvo.

Nykyisissä taulukkolaskentaohjelmissa ja taskulaskimissa edellä kuvatut laskentarutiinit ovat valmiina, joten niihin tarvitsee vain syöttää toistojen painot ja tulosteena saadaan suoraan variaatiokerroin.

Mikäli variaatiokertoimen arvo on suurempi kuin 4, on otettava uusi kahdeksan näytteen sarja ja laskettava tulokset uudelleen ensimmäinen ja toinen sarja yhdistäen eli 16 toiston havainnoista. Jos jälkimmäisessä määrityksessä yksittäisen toiston havainto poikkeaa keskiarvosta enemmän kuin kahden keskihajonnan (s) verran, toistoa ei oteta mukaan uuteen laskelmaan.

Tulos ilmoitetaan samalla tarkkuudella kuin puhtauserityksessä, työnäytteen painosta riippuen (ks. kohta 4.2.1).

4.2.3 Siementen vesipitoisuus

Siementen vesipitoisuus ei kuulu virallisesti metsäpuiden siemenkaupassa ilmoitettaviin tunnuksiin. Sen määrittäminen on kuitenkin erittäin tärkeää siementen varastoinnin yhteydessä. Mittaus tapoina tulevat kysymykseen (1) suorat mittausmenetelmät, joissa siemenistä haihdutetun veden määrä mitataan, sekä (2) epäsuorat menetelmät, jotka perustuvat yleensä siennäytteen sähköisten ominaisuuksien — kapasitanssin tai konduktanssin — mittaami-

seen. Epäsuorat menetelmät ovat nopeita, mutta niillä saatuja tuloksia tulisi säännöllisesti verrata suorilla mittausten menetelmillä saatuihin arvoihin.

Vesipitoisuus mitataan eränäytteen mukana toimitettavasta, ilmatiiviiseen pakkaukseen suljetusta erillisestä näytteestä. Mittaukset tehdään kahdesta toistosta, jotka otetaan 4–5 g suuruisina, toisistaan riippumattomina näytteinä. Suurikokoiset siemenet (tammi) voidaan jauhaa tai pilkkoa ennen vesipitoisuuden mittausta. Näytteet tulisi saada määrityksen kahden minuutin kuluessa ilmatiiviin pakkauksen avaamisesta. Niiden lyhytaikaistakin säilytystä avoimessa astiassa on vältettävä, koska varastokuivat siemenet imevät herkästi kosteutta ilmasta (ks. kuva 3.10).

Toistojen alku- ja loppupaino punnitaan 0,001 gramman tarkkuudella. Määritys tehdään lämpökaapissa $+103\pm 1$ °C:een lämpötilassa 17 ± 1 tunnin ajan ja vesipitoisuus ilmoitetaan prosentteina näytteen tuorepainosta. Näytteiden annetaan jäähtyä eksikaattorissa 30–45 minuuttia ennen punnitusta. Vesipitoisuus lasketaan seuraavasti

$$(\text{näytteen tuorepaino} - \text{näytteen kuivapaino}) \cdot 100 / \text{näytteen tuorepaino}.$$

Tulos ilmoitetaan kahden toiston keskiarvona yhden desimaalin (0,1 %) tarkkuudella.

Toistojen välinen suurin sallittu poikkeama riippuu näytteen vesipitoisuudesta ja siementen koosta. ISTAn sääntöjen mukaan suurimmat sallitut poikkeamat ovat:

Vesipitoisuus %	Suurin sallittu poikkeama, %-yksikköä	
	Pienikokoiset siemenet	Suurikokoiset siemenet ^a
< 12	0,3	0,4
12–25	0,5	0,8
> 25	0,5	2,5

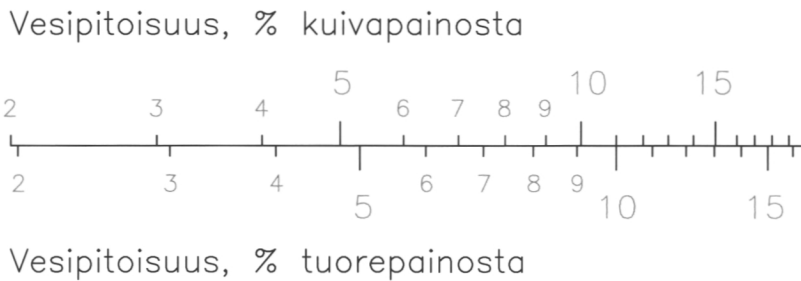
^a Pienikokoiset siemenet = siemeniä per kg > 5000 kpl.

Suurikokoiset siemenet = siemeniä per kg < 5000 kpl.

Siementen vesipitoisuus voidaan mitata myös kosteudenmääritysvaa'oilla, joissa infrapunaelementti kuumentaa näytteen ja haihduttaa veden. Näillä välineillä tulos saadaan nopeasti. Riippumatta siitä, haihdutetaanko siementen vesi lämpökaapissa vai

ko infrapunaelementillä, oletetaan, että näytteestä poistuu vain vettä. Puulajista riippuen on kuitenkin mahdollista, että näytettä kuumennettaessa siitä poistuu veden lisäksi myös erilaisia haihtuvia öljyjä, jolloin näytteen vesipitoisuudesta saadaan yliarvio.

Joskus siementen vesipitoisuus ilmoitetaan poistuneen veden määränä kuivapainoa kohden. Tällä tavoin saadaan vesipitoisuudesta riippuen hieman korkeampia arvoja, kuin tuorepainoon perustuvassa mittauksessa. On erittäin tärkeitä aina ilmaista selvästi, millä perusteella mittaus on tehty. Kuvan 4.3 mukaisen nomogrammin avulla voidaan verrata tuore- ja kuivapainoon perustuvia vesipitoisuusarvoja.



Kuva 4.3. Siementen vesipitoisuusarvojen vastaavuus, kun perusteena on näytteen tuore- tai kuivapaino.⁶

4.2.4 Itämisprosentti

4.2.4.1 Näytteiden valmistus

Siemenerän itämisprosentti voidaan mitata joko kappaleprosenttina tai grammaitumäärityksenä.

Kappaleprosenttia määritettäessä puhtausmäärityksessä eritellyistä puhtaista siemenistä lasketaan satunnaisesti 400 siementä testiin 100, 50 tai 25 siemenen toistoina. Grammitumääritys tehdään pienisiemenisillä tai vaikeasti puhdistettavilla lajeilla, ja itävyys ilmaistaan tällöin itäneiden siementen lukumääränä painoyksikköä kohti.

Itävyyden määrittäminen kappaleprosenttina

Idätystesti tehdään puhtaasta siemenestä. Yleensä käytetään neljää sadan siemenen toistoa. Toistot voivat olla myös 50 tai 25 siemenen suuruisia, riippuen testiin käytettävissä olevan siemenen määrästä, siementen koosta ja idätysalustasta. Idätettävien siementen kokonaismäärän tulee olla vähintään 400 kappaletta.

Jos näytettä on vähän, eikä testiin voida käyttää 400 siementä, voidaan idättää myös pienempi määrä, esimerkiksi 200 siementä. Tällöin on huomattava, että testituloksen luotettavuus on heikompi, kuin jos olisi idätetty 400 siementä. Testin luotettavuus heikenee myös silloin, jos käytetään vähemmän kuin neljää toistoa. Liitetaulukossa 4 on esitetty idätystuloksen luottamusvälin muutokset, kun testissä olevien siementen kokonaislukumäärä on 100, 200, 400 tai 1 000 kappaletta. Mitä tarkempi arvio (kapeampi luottamusväli) halutaan, sitä enemmän siemeniä on otettava mukaan näytteeseen.

Isokokoisilla siemenillä joudutaan usein tilanteeseen, jossa 100 tai edes 50 siementä ei mahdu samaan toistoon, vaan siemenet joutuvat liian lähekkäin idätysalustalla. Tällöin voidaan esimerkiksi 100 siementä jakaa kahdelle erilliselle idätysalustalle. Laskennassa yhdistetään kahden lähinnä toisiaan sijaitsevan idätysalustan havainnot yhdeksi toistoksi.

Toistot lasketaan puhtaasta siemenestä. Erilaisia imuun perustuvia laskentalaitteita voidaan käyttää siementen asetteluun idätysalustalle tasaisin välimatkoin. Menettely on seuraava: (1) siemenet ripotellaan imulaitteen suuttimelle, (2) imulaite käynnistetään, jolloin syntyvä alipaine imaisee siemenet suuttimen reikiin, (3) ylimääräiset siemenet varistetaan pois, (4) tarkistetaan, että laitteen kaikissa rei'issä on siemen ja (5) pudotetaan siemenet idätysalustalle sulkemalla alipaine.

Grammaitumääritys

Itämisprosentti mitataan ns. grammaitumäärityksenä niillä puulajeilla, joiden siementen itävyys ilmaistaan lukumääränä painoyksikköä kohti. Grammaitumäärityksen kerranteiden paino vaihtelee puulajeittain. Työnäytteestä punnitaan 2–4 kerrannetta, joiden ohjeelliset painot on esitetty taulukossa 4.2. Kerranteet levite-

tään idätysalustoille samalla tavalla kuin kappaleprosenttiakin määritettäessä. Grammaitunäytteessä on yhteensä oltava vähintään 400 siementä.

ISTAn ohjeissa siementen kansainvälistä kauppaa varten grammaitumääritys on kotimaisista puulajeista vahvistettu vain koivuille. Nykyisillä menetelmillä koivun siemenet voidaan kuitenkin puhdistaa niin tarkoin roskista ja norkkosuomujen jäänteistä, että itävyys voidaan määrittää myös kappaleprosenttina. ISTAn julkaiseman Tree and Shrub Seed -käsikirjan ohjeiden mukaan grammaitumääritys voidaan tehdä koivujen lisäksi haavalla ja lepillä.

Grammaitävyysmäärityksen tulosten laskennasta ja tulosten luottamusvälistä ks. kohta 4.2.4.5.

4.2.4.2 Testiolosuhteet

Metsäpuiden siementen laboratoriodätyksissä ympäristötekijät — veden saatavuus, lämpötila ja säteilyn määrä sekä laatu — vakioidaan ja säädetään optimaalisiksi, koska tarkoituksena on siemenerän itämiskykyisten siementen osuuden eli itämisprosentin selvittäminen. Standardoiduissa idätysolosuhteissa saadaan toistettavia tuloksia ja voidaan luottaa siihen, että mahdolliset erot itämisessä johtuvat siemenerän tai -erien laatueroista eikä vaihtelevista idätysolosuhteista.

Yhteenveto kotimaisilla metsäpuilla käytettävistä testiolosuhteista on esitetty taulukossa 4.3.

Laitteet ja materiaalit

Idätystestien suorittaminen luotettavasti ja toistettavasti vaatii erityislaitteita, idätyspöytiä tai -kaappeja, joissa lämpötila, veden saatavuus ja mahdollisuuksien mukaan myös valaistus voidaan vakioida. Uusimmissa laitteissa on pitkälle kehitetty automatiikka ja olosuhteiden jatkuva rekisteröinti, jolloin voidaan todeta mahdolliset poikkeamat asetetuista arvoista. Mikäli tällaisia laitteita ei ole käytössä, voidaan olosuhteiden seuranta järjestää automaattisten tiedonkeruulaitteiden, ns. loggereiden avulla, joita on markkinoilla runsaasti.

Taulukko 4.3. Idätystestin olosuhteet kotimaisille puulajeille.

Puulaji	Lämpötila °C	Itäneiden siementen laskenta-ajankohdat, vrk testin aloituksesta	Idätysalusta	Testin perusteena
Metsäkuusi	20	10 21	Paperi	Kappaleprosentti
Siperianlehtikuusi	20	10 21	"	"
Metsämänty	20	7 21	"	"
Metsätammi	20	7 28	Hiekka	"
Rauduskoivu	20	7 14	Paperi	Grammaitumääritys
Hieskoivu	20	7 14	"	"
Tervaleppä	20	7 21	"	"
Harmaaleppä	20	7 21	"	"
Kynäjalava	20	7 14	"	Kappaleprosentti
Vuorijalava	20	7 14	"	"
Metsähaapa	20	3 7	"	Grammaitumääritys
Metsälehmus	20	10 28	Hiekka	Suositt. tetrazoliumtestiä
Metsävaahtera	20	7 21	"	"
Lehtosaarni	20	14 56	"	"

- Ensimmäinen itäneiden siementen laskenta-ajankohta ilmaisee itämistarmon, jälkimmäinen itämispäivän, ellei muuta ilmoiteta
- Jälkimmäinen laskenta-ajankohta osoittaa testin ohjeellisen pituuden.
- Jos itäminen näyttää joidenkin siementen osalta vasta käynnistyneen, vaikka testin pituusehto jo olisikin täytetty, voidaan testiä jatkaa seitsemällä vuorokaudella tai, pidempien testien ollessa kyseessä, korkeintaan puolella testin alkuperäisestä pituudesta. Jos lopullinen itävyys on selvästi saavutettu ennen testin pituusehdon täyttymistä, testi voidaan lopettaa ennen kuin ohjepituus on saavutettu.
- Idätyslämpötilassa sallittu poikkeama on ± 2 °C.
- Idätysalusta valaistaan aina, kun muut testiolosuhteet sen sallivat. Jos päivänpituutta voidaan säätää, käytetään pitkän päivän (18 h valoa/vrk) olosuhteita. Muussa tapauksessa valaistus voi olla jatkuva.
- Grammaitumääritystä voidaan käyttää analyysin suorittajan harkinnan mukaan koivuilla, haavalla ja lepillä.
- Kappaleprosenttiin perustuvassa määrittelyssä näytteen tulee sisältää yhteensä vähintään 400 siementä. Grammaitumäärityksen kerranteiden vähimmäispainot on esitetty taulukossa 4.2.
- Siemen tulkitaan itäneeksi, jos havupuulla sirkkajuuri on neljä kertaa siemenkuoren pituinen; lehtipuilla edellytetään, että sirkkajuuri, -varsi ja sirkkalehdet ovat näkyvissä.

Idätyspöydät ja -kaapit tulisi sijoittaa erilliseen ikkunattomaan huoneeseen, jonka lämpötilaa, valaistusta ja tarvittaessa myös ilman suhteellista kosteutta voidaan säädellä erikseen. Tilojen järjestyksessä tulisi ottaa huomioon aika ajoin tarvittava desinfiointi sekä mahdollinen homeiden ja sen myötä homeitiöiden esiintyminen laboratoriossa.

Siementen idätysalustana tulevat kysymykseen imupaperi tai hiekka. Kaikkien kotimaisten pääpuulajien siemenet idätetään kostean imupaperin päällä. Paperin pitää olla riittävän huokoista ja sillä on oltava riittävä vedenpidätyskyky. Näitä ominaisuuksia kuvaavat ominaispaino (g/m^2) ja suodatusnopeus (ml/min). Esimerkkinä olkoon erään valmistajan idätyspaperille ilmoitetut arvot $135 \text{ g}/\text{m}^2$ ja $50 \text{ ml}/\text{min}$. Paperi ei saa olla liian huokoista; itävän siemenen sirkkajuuri ei saa kasvaa idätyspaperin sisään, vaan sen on kehityttävä näkyvässä, paperin päällä. Idätyspaperit on varastoitava kuivassa ja viileässä, suojassa mahdollisilta taudinaiheuttajilta.

Muutamille isosiemenisille lehtipuille lehtipuille (*Acer*, *Fraxinus*, *Tilia*) esitetään vaihtoehtoisesti hiekassa idätystä, joko hiekan päällä tai sen sisässä, 10–20 mm:n syvyydessä. ISTAn ohjeiden mukaan niille suositellaan itämiskyvyn määrittystä tetratzolium-testillä (ks.kpl 4.3.1.5).

Vesi

Siemenet idätetään imupaperialustalla, joka pidetään kosteana siten, että alustasta on imupaperiliuskan avulla välitön yhteys idätyspöydässä olevaan veteen. Haihdunnan pienentämiseksi alusta peitetään kuvulla, joka voi olla läpinäkyvää muovia tai lasia. Idätyskuvun yläosassa on ilmanvaihtoa varten reikä. Liiallinen kosteus idätysalustassa on haitaksi: tiivistyessään idätettävien siementen pinnalle vesi voi haitata siementen hapen saantia.

Idätyslaboration ilman lämpötila vaikuttaa ilman suhteelliseen kosteuteen idätyskuvun alla. Säättämällä ilman lämpötila esimerkiksi $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ alemmaksi kuin idätysalustan lämpötila, kondensoituu ilmassa oleva vesihöyry idätyskuvun sisäpinnalle (kuva 4.4). Kuvun alla ilman suhteellinen kosteus on tällöin lähellä kyllästyskosteutta.



Kuva 4.4. Kun idätyskuvun lämpötila on hieman alempi kuin idätysalustan, kondensoituu vesihöyry kuvun sisäpinnalle. Huomaa idätyskuvun muoto: kondenssivesi valuu idätysalustan reunoille eikä pisaroi alustalla olevien siementen päälle. Kuva: Pekka Voipio/Metla.

Lähellä kyllästyskosteutta olevilla olosuhteilla on merkitystä. Bergsten ja Henriksson⁷ havaitsivat, että itämisalustan kosteuden lisäksi myös ilman kyllästyspaineen vajuus vaikuttaa itämiseen: muutoin vakioituissa oloissa männyn siementen laboratorioitavuus oli suurempi lähellä 100%:n kuin 80 %:n suhteellisessa kosteudessa. Tällaiset, vähäisiltä näyttävät erot voivat vaikuttaa itämistulokseen laboratoriossa. On tärkeää pyrkiä havaitsemaan mahdolliset pienetkin muutokset normaaleissa idätysrutiineissa tai ympäristöolosuhteissa tai molemmissa, jos esimerkiksi samasta näytteestä saadut tulokset poikkeavat toisistaan enemmän kuin mitä satunnaisvaihtelun perusteella voisi olettaa.

Idätysalustan kostuttamiseen käytettävän veden on oltava mahdollisimman puhdasta. Siinä ei saa olla huomattavia määriä happoja, emäksiä eikä orgaanisia tai epäorgaanisia aineita. Tavallinen juomavesi on yleensä käyttökelpoista. Idätysalustana käytetty paperi voidaan tarvittaessa vaihtaa idätyksen aikana homeiden tms. tautien leviämisen estämiseksi. ISTAn sääntöjen mukaan

siementen pintasterilointia tai muuta vastaavaa käsittelyä taudinaiheuttajia vastaan ei suositella tehtäväksi idätystestin yhteydessä.

Idätystestiä aloitettaessa liian nopea veden imeytyminen kuivaan siemeneen voi vaurioittaa alkion soluja.⁶ Varastokuivien siementen vesipitoisuuden tulisikin antaa tasaantua muutaman tunnin ajan ennen kuin siemenet kylvetään kostealle alustalle. Käytännössä siemenet kostuvat hieman laskentavaiheen aikana, joten ne voidaan sen päätyttyä turvallisesti siirtää idätysalustalle.

Lämpötila

Idätysalustan lämpötila säädetään $+20\pm 2$ °C:n. Lämpötilan tulee olla tasainen idätyspöydän tai -kaapin eri osissa, ja mikäli mahdollista, se tulisi pystyä rekisteröimään. Tällöin sähkökatkokset tms. voidaan jälkikäteen todentaa, jos epäillään niistä aiheutuneen poikkeamia idätystuloksiin. Lämpötilan säännöllinen tarkkailu on osa idätyslaboration omaa laadunvalvontaa.

Idätyslämpötilat ja -ajat vaihtelevat lajikohtaisesti. ISTAn säännöissä kuusen ja vaihtoehtoisesti myös männyn siementen idätystesti suositellaan tehtäväksi vaihtolämpötilassa 20–30 °C siten, että siemeniä pidetään 16 tuntia matalammassa (20 °C) lämpötilassa pimeässä ja 8 tuntia korkeammassa (30 °C) lämpötilassa valossa. Tätä vaihtolämpötilasuositusta on kuitenkin kritisoitu, sillä korkeat lämpötilat voivat laskea itämisprosenttia ja tarmoa (ks. kpl 2.3.4). Bergstenin⁸ mukaan 20/30 °C:een vaihtolämpötila tai mikään muukaan vaihtolämpötilayhdistelmä (8/16 tuntia välillä 10–30 °C) ei johtanut männyn tai kuusen siementen nopeampaan tai täydellisempään itämiseen kuin vakio­lämpötila +21 °C.

Päinvastoin kuin ISTAn ohjeissa, taulukossa 4.3. ei esiinny vaihtolämpötiloja, vaan kaikille kotimaisille puulajeille suositellaan 20 ± 2 °C:een idätyslämpötilaa. Ratkaisun perusteena ovat kappaleessa 2.3.4. esitetyt tiedot pääpuulajien itämisen lämpötilavaatimuksista, idätystestien käytännön järjestelyt ja testien vaatima tila idätyspöydissä.

Valo

Kaikki kotimaisten puulajien siemenet voidaan idättää valossa. Valon voimakkuudeksi idätysalustan tasolla riittää 750–1 250 lux, jota vastaava säteilyteho on noin 2–3 W/m². On suositeltavaa, että valo annetaan keinovalona ja mahdollinen luonnonvalon vaikutus suljetaan pois toimimalla ikkunattomassa huoneessa tai estämällä päivänvalon pääsy idätyshuoneeseen testin ajaksi. Näin saadaan ympäri vuoden vertailukelpoisia tuloksia.

Lampputyypin valintaan on kiinnitettävä huomiota. Lampputyypin "cool-white fluorescent" on suositeltava, koska sen säteily sisältää suhteellisesti runsaammin itämistä edistäviä punaisia aallonpituuksia, kuin esimerkiksi normaalit hehkulamput. Lamppujen valmistajilla on yksityiskohtaiset tiedot eri lampputyypin valon laadusta. Saatavilla on myös antureita ja mittalaitteita, joilla voidaan mitata säteilyn aallonpituusjakauma tai tietyn aallonpituuden suhteellinen osuus.

Lamppujen käyttötuntien määrä voi vaikuttaa idätystulokseen. Sekä säteilyteho että säteilyn aallonpituusjakauma voivat vähitellen muuttua valmistajan ilmoittamista, alkuperäisistä arvoista. Kirjanpito lamppujen vaihdosta yms. kuuluu siis osana idätyslaboratorion laaduntarkkailuun.

Jatkuva, ympärivuorokautinen valo voi erityisesti yhdessä korkean idätyslämpötilan kanssa hidastaa itämistä.^{9,10} Mikäli mahdollista, valaistus on ajastettava niin, että idätys tapahtuu pitkän päivän olosuhteissa. Suositeltava päivänpituus kotimaisten puulajien siemenille on 18 tuntia vuorokaudessa.

Valon tulee jakautua tasaisesti idätysalustalle. Useilla valmistajilta on saatavana pienikokoisia, sekä valon intensiteettiä että aallonpituutta rekisteröiviä antureita. Molempien em. tunnusten seuranta idätystestin aikana on mahdollista suhteellisen pienin kustannuksin, jos käytössä on automaattinen tiedonkeruulaite eli ns. loggeri. Vaihtoehtoisesti tiedonkeruu voidaan järjestää mikrotietokoneen ja siihen liitettävän mittauskortin avulla

4.2.4.3 Itämisaika

Itäneet siemenet lasketaan ja poistetaan idätysalustalta määräajoin. Laskenta-ajankohdat ja testin ohjepituudet kotimaisille puulajeille on esitetty taulukossa 4.3. Kuten ISTAn kansainvälisissä säännöissä, laskenta-ajankohdat ovat ohjeellisia. Testin aloitus ja itäneiden siementen laskenta testin aikana tulisi mahdollisuuksien mukaan järjestää samaan kellonaikaan tapahtuvaksi. Erityisesti itämistarmoa määritettäessä ja silloin, kun käytetään jaksottaista valaistusta, samanaikaisuus on tärkeätä.

Jos itäminen näyttää joidenkin siementen osalta vasta käynnistyneen, vaikka testin pituusehto jo olisikin täytetty, voidaan testiä jatkaa seitsemällä vuorokaudella, tai pidempien testien ollessa kyseessä, korkeintaan puolella testin alkuperäisestä pituudesta. Testi voidaan toisaalta lopettaa, jos lopullinen itävyys on selvästi saavutettu ennen testin pituusehdon täyttymistä.

Eräiden jalojen lehtipuiden ja tiettyjen ulkomaisten puulajien siementä täytyy esikäsitellä (ks. kpl 3.9) muutamista viikoista aina useaan kuukauteen +3–5 °C lämpötilassa. Tätä jaksoa ei lasketa mukaan varsinaiseen itämisaikaan. Yksityiskohtaisten ohjeiden osalta viitataan Konttisen¹¹ esittämiin puulajikohtaisiin tietoihin.

4.2.4.4 Itäneiden siementen arvostelu

Siemen tulkitaan itäneeksi silloin, kun itäminen on edennyt niin pitkälle, että kaikki elinkelpoisen taimen kehitykseen kuuluvat rakenteet ovat näkyvissä. Tällöin yleensä myös kaikki epänormaalisti itäneet siemenet voidaan tunnistaa. Siemeniä laskettaessa ja kokeen päättyessä itäneet siemenet luokitellaan seuraavasti:

1. Normaalisti itäneet siemenet

Normaalisti itäneillä siemenillä on lajille tyypillinen, hyvin kehittynyt juuri. Havupuilla sirkkavarren ja -juuren yhteinen pituus on neljä kertaa siemenen pituinen. Lehtipuilla tulee olla hyvin kehittynyt sirkkavarsi, normaali kasvupiste ja sirkkalehdet. Varsiosissa tai sirkkalehdissä sallitaan pinnallisia, selvärajaisia vioituksia. Lehtipuiden siemenet luetaan itäneiksi, vaikka niistä puuttuisi toinen sirkkalehti. Havupuiden

monialkioiset siemenet (polyembryot) lasketaan yhdeksi itäneeksi siemeneksi.

Homesienten pahoin vioittamat idut lasketaan normaaleiksi, jos on selvästi nähtävissä, että tartunta ei ole lähtöisin ko. siemenestä, ja että kaikki oleelliset rakenneosat ovat normaalisti kehittyneet.

2. Epänormaalisti itäneet siemenet

1. Vioittuneet idut: idut, joista sirkkalehdet puuttuvat; tyytynyt idut; idut joissa on pahoja murtumia, halkeamia tai muita vioittumia; idut, joista puuttuu pääjuuri, mikäli se on lajille ominainen.
2. Epämuodostuneet idut: heikosti kehittyneet, kasvussaan pysähtyneet idut tai joltakin olennaiselta rakenneosaltaan epämuodostuneet idut; havupuilla "väärinpäin" itäneet siemenet, ts. sirkkalehdet kasvaneet ulos mikropyylen aukosta tai sirkkajuuri kasvanut ulos jostakin muusta kuoren kohdasta kuin mikropylestä.
3. Tautiset idut: idut, joiden jokin oleellinen rakenneosa on siinä määrin turmeltunut, että idun normaali kehitys on estynyt edellyttäen, että turmeltuminen ei ole johtunut idätyksen aikana alustalla naapurisiemenestä saadusta tartunnasta.

3. Itämättömät siemenet

Testin lopussa itämättömien, terveiden siementen osuus selvitetään tarvittaessa leikkaamalla tai mahdollisesti röntgenkuvaamalla siemenet pituussuunnassa ja tutkimalla niiden sisältö. Nämä siemenet jaotellaan seuraaviin ryhmiin:

1. Terveet, itämättömät siemenet
Siemenet, jotka idätyksen päätyttyä ovat jääneet alustalleen itämättä mahdollisen itämislevon purkamiseen soveltuvan esikäsitteilyn jälkeenkin, ja jotka lähemmän tarkastelun perusteella näyttävät täysin terveiltä.
2. Tyhjät siemenet
Siemenet, jotka ovat joko täysin tyhjiä tai sisältävät vain vähän solukkojäänöksiä.

3. Toukalliset siemenet
Havupuilla hyönteistoukkia sisältävät siemenet.
4. Itämiskyvyttömät siemenet
Siemenet, jotka eivät ole terveen näköisiä. Havupuilla tähän ryhmään luetaan myös siemenet, joissa on siemenvalkuaista, mutta ei alkiota.

4.2.4.5 Itämistuloksen laskenta ja tulosten tulkinta

Idätystestissä todettu itävyys on keskimääräisluku, jolla on tietty luottamusväli. Arvion tarkkuus riippuu todetusta itämisprosentista ja siitä, kuinka paljon siemeniä on mukana näytteessä. Mitä tarkempi arvio halutaan, sitä enemmän siemeniä on otettava näytteeseen.

Idätystestin tuloksille on ISTAn säännöissä taulukoitu erilaisia liikkumavaroja. Vertaamalla testin tulosta taulukoituihin arvoihin, saadaan käsitys testin luotettavuudesta ja mahdollisten poikkeamien vakavuudesta. Kysymys on siitä, voidaanko jokin havaittu poikkeama (esimerkiksi samassa laboratoriossa on saatu kaksi poikkeavaa idätystulosta samasta siemenerästä) tulkita sattuman aiheuttamaksi. Jos todettu vaihtelu mahtuu satunnaisilmiöiden piiriin, voidaan olla tyytyväisiä. Jos vaihtelu on suurempaa kuin satunnaisvaihtelun perusteella voidaan odottaa, on syytä miettiä, onko siemenerässä, näytteenotossa tai testien järjestelyissä jokin sellaista, mikä aiheuttaa poikkeaman satunnaisuudesta. Merkittävä poikkeama ei siis vielä kerro mitään "ylimääräisen" vaihtelun syistä. Se ainoastaan ilmaisee, että havaittu ilmiö ei mahdu satunnaisvaihtelun piiriin.

Liitetaulukoissa 5–8 on esitetty ISTAn sääntöjen mukaiset liikkumavarat toistojen (eli yksittäisten idätysalustojen) väliselle vaihtelulle samassa testissä, kahdelle erilliselle testitulokselle (toistojen keskiarvoille) samassa laboratoriossa, sekä kahdelle erilliselle testitulokselle eri laboratorioissa. Taulukoita käytetään seuraavasti:

Jos sadan siemenen toistojen yksittäiset havainnot eivät poikkea toisistaan yli sallitun liikkumavaran, on itävyysprosentti kaikkien toistojen keskiarvo. Se ilmoitetaan kokonaisena prosenttilukuna, lähimpään kokonaislukuun pyöristäen.

Liitetaulukossa 5 on esitetty sallitut liikkumavarat mainitun suuruisille toistoille, kun toistoja on neljä. Mikäli toistojen välinen liikkumavara ylittyy, on testi uusittava ja vertailtava kahden peräkkäisen testin tuloksia keskenään. Vertailu tehdään tällöin liitetaulukon 6 perusteella.

Testitulosta halutaan usein verrata johonkin ennalta tiedettyyn arvoon, esimerkiksi itävyystietoon, jonka siemenerän tuottaja on ilmoittanut. Sallittu suurin poikkeama eri itävyystasoilla on esitetty liitetaulukossa 7.

Grammaitumäärityksissä toistojen vertailu perustuu itäneiden siementen kappalemäärään. Liikkumavara riippuu itäneiden siementen kokonaismäärästä (liitetaulukko 8).

Esimerkki. Itävyydesti tehtiin neljänä sadan siemenen toistona samassa laboratoriossa. Onko toistojen välinen vaihtelu sallitun liikkumavaran puitteissa?

Tulokset olivat seuraavat:

Toisto 1:	82 %
Toisto 2:	90 %
Toisto 3:	89 %
Toisto 4:	95 %
Toistojen keskiarvo:	89 %
Poikkeama suurin -pienin:	13 %
Suurin sallittu poikkeama toistojen välillä (liitetaulukosta 5):	12 %

Johtopäätös: testi on uusittava ottamalla uusi idätys näyte jäljellä olevasta eränäyttestä.

Uusitun testin tulokset:

Toisto 1:	86 %
Toisto 2:	84 %
Toisto 3:	92 %
Toisto 4:	84 %
Toistojen keskiarvo uusitussa testissä:	87 %

Poikkeama suurin -pienin:	6 %
Suurin sallittu poikkeama <u>toistojen välillä</u> (liitetaulukosta 5):	13 %
Ensimmäisen ja toisen testin keskiarvo:	88 %
Ensimmäisen ja toisen testin välinen poikkeama:	2 %
Suurin sallittu poikkeama <u>kahden testin välillä</u> (liitetaulukosta 6):	5 %

Johtopäätös: Kaksi peräkkäistä testitulosta eivät poikkea toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Yhteensä kahdeksaan toistoon perustuva tulos 88 %, voidaan hyväksyä.

4.3 Täydentäviä analyyskejä

4.3.1 Siementen elinkyvyn arviointi

Idätystesti ei kaikissa tapauksissa anna oikeaa kuvaa siementen elinkyvystä. Näin on ennen kaikkea horrostavilla siemenillä, joiden itäminen ei käynnisty tai on hidasta testiolosuhteissa. Tällöin siementen elinkyky voidaan tutkia muulla tavoin.

4.3.1.1 Siementen preparointi

Halkaisemalla siemenet voidaan tarkistaa, onko siemenen alkio ylipäätään kehittynyt ja ulkonäöltään ja väriltään normaali. Testi on käyttökelpoinen mm. havupuiden siementen pääarakenteiden arviointiin sekä niiden ulkoisen kunnon määrittelyyn esimerkiksi esikäsitteilyjen aikana. Testin luotettavuus riippuu arvioijan kokemuksesta. Tyhjä, eri tavoin vioittuneet ja hyönteisten vahingoittamat siemenet ovat erotettavissa, mutta siementen elinkyvyn arviointi on käytännössä hankalaa.

Läpikuultavia koivun, jalavan ja vaahteran siemeniä voidaan halkaisun asemasta tarkastella voimakkaassa vastavalossa, jolloin alkion (sirkkalehtien) kehitysaste, tyhjien siementen osuus ja mahdolliset hyönteisten aiheuttamat vauriot näkyvät.

4.3.1.2 Röntgenkuvaus

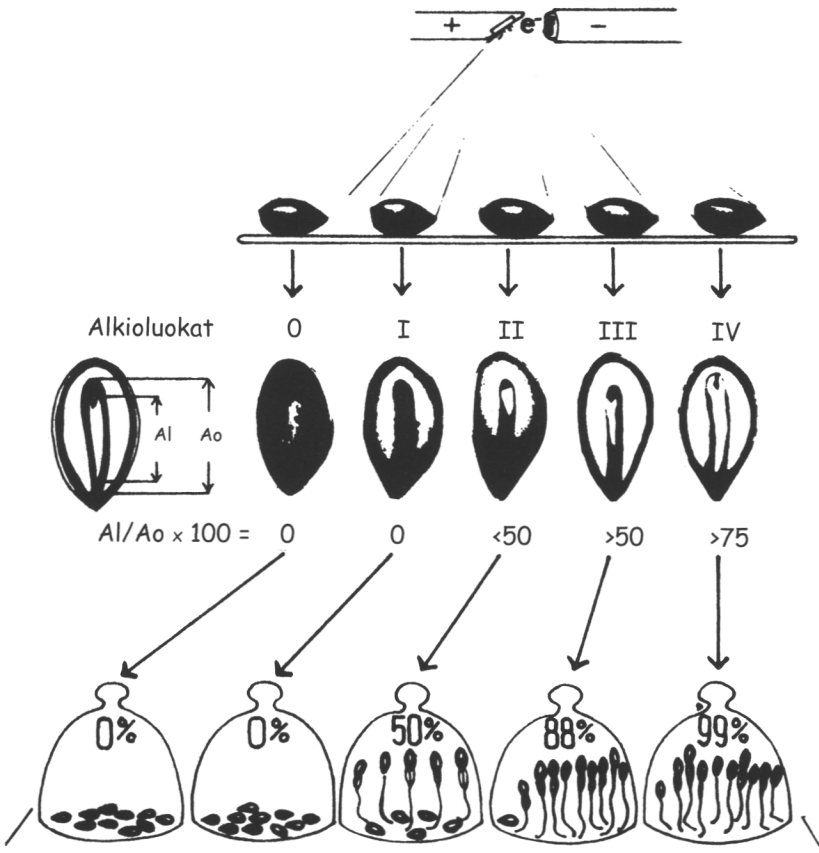
Röntgenkuvauksella voidaan erottaa tyhjä, hyönteisten vioittamat ja vaurioituneet siemenet terveistä siemenistä. Menetelmän mahdollisuudet siementen elinkyvyn määrittämisessä ovat rajoitetut. Elävien ja kuolleiden siementen erottelu näyttää olevan mahdollista, mikä johtuu niiden erilaisesta vedenpidätyskyvystä.

Menetelmän avulla voidaan tutkia siementen sisärakenteita vahingoittamatta näytettä. Pohjoismaissa siementen röntgenkuvausta on kehittänyt erityisesti Simak.¹² Analyysia on monipuolistettu käyttämällä, röntgensäteitä absorboivia aineita, joiden avulla voidaan selvittää siemenissä mahdollisesti esiintyviä vaurioita. Menetelmä on ISTAn hyväksymä, mutta sillä saadut tulokset eivät kuulu lainsäädännössä määrättyihin tunnuksiin.

Havupuiden siementen röntgenkuvissa alkio ja alkio-ontelo erottuvat toisistaan. Tällöin voidaan mitata siementen alkion koko. Mitä suuremman osan alkio-ontelosta alkio täyttää, sitä paremmin siemen on kehittynyt. Tietyn siemenpopulaation tuleentumista voidaan arvioida näytteestä, kuvaamalla tavallisimmin 200 tai 400 siementä ja luokittelemalla havainnot alkion koon mukaan (kuva 4.5).

Luokitteluperusteet vaihtelevat jonkin verran maittain. Taulukossa 4.4 esitetty luokittelu on sovellettu erityisesti Ruotsin ja Suomen olosuhteisiin. Lehtipuiden siemenillä on oma röntgenluokittelunsa; sen osalta viitataan ISTAn julkaisemaan puuvartisten kasvien siemeniä koskevaan ohjeeseen.¹³

Taulukossa 4.4 esitettyjen alkioluokkien ja niitä vastaavien empiiristen laboratorioitävyyksien perusteella ovat Simak ym. esittäneet käsitteen anatominen potentiaali. Se kuvaa alkioluokkajakaumaan perustuen tuoreen ja asianmukaisesti käsitellyn siemen-erän odotettua itämiskykyä ja lasketaan yksinkertaisesti kertomalla odotettu itävyys kunkin luokkaan osuneiden siementen lukumäärällä ja jakamalla tulo tutkittujen siementen kokonaislukumäärällä.



Kuva 4.5. Esimerkki männyn siementen anatomisen tuleentumisen ja sitä vastaavan odotetun itävyyden määrittämisestä röntgenkuvauksella. Simakin mukaan.¹²

Esimerkki anatomisen potentiaalilaskennasta:

Sadasta tutkitusta siemenestä saatiin seuraava alkionluokkajakauma:

Alkionluokka	Siemeniä luokassa, kpl
I	6
IIA	21
IIIA	50
IIIA	23

Anatominen potentiaali saadaan seuraavasti:

$$Ap = \frac{(6 \cdot 0) + (21 \cdot 0) + (50 \cdot 88) + (23 \cdot 99)}{100} = 66,8\%$$

Taulukko 4.4. Männyn ja kuusen siementen alkioiluokkajakaumat ja niitä vastaavat odotetut itävyydet.¹²

Alkioluokkien III ja IV siemenet jaetaan siemenvalkuaisen kehittyneisyyden mukaan seuraavasti:

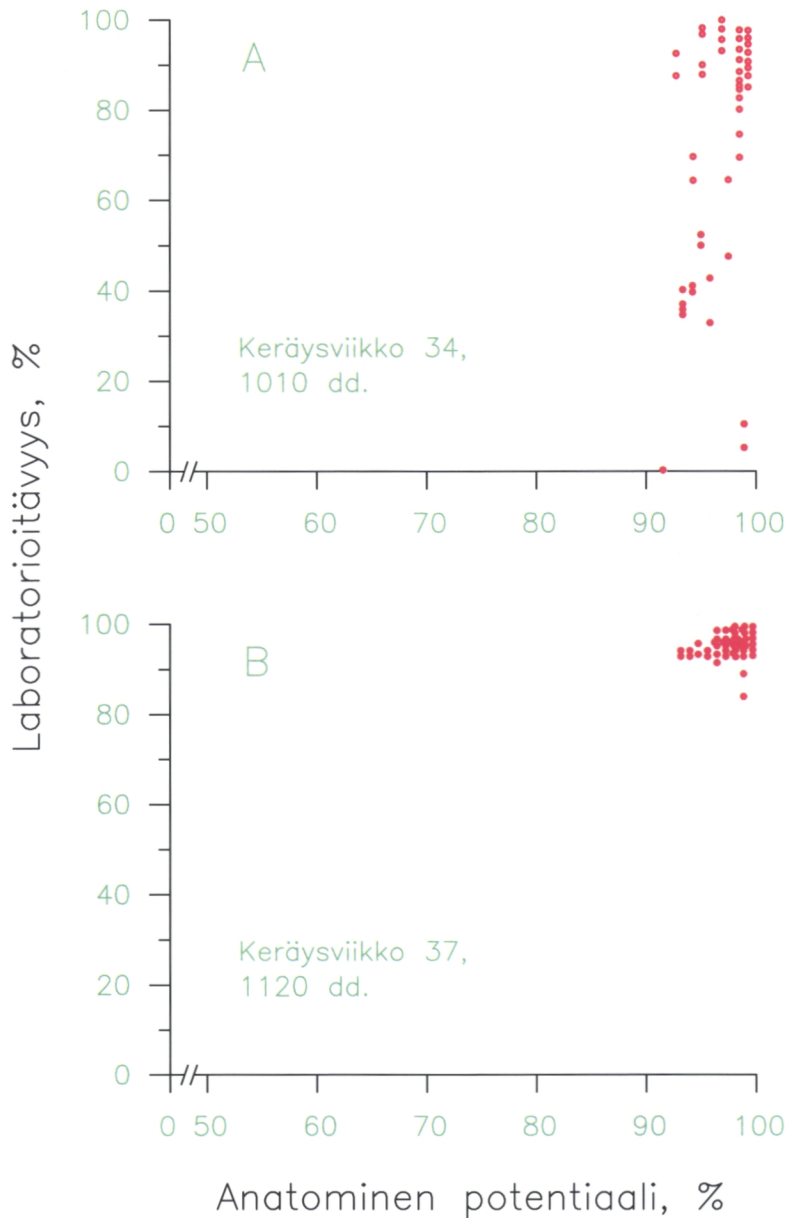
- (A) Siemenvalkuainen täyttää siemenontelon lähes kokonaan; absorboi voimakkaasti röntgensäteitä.
 (B) Siemenvalkuainen täyttää siemenontelon epätäydellisesti, tai on jollakin tavoin kutistunut tai epämuodostunut tai puuttuu kokonaan. Absorboi heikommin röntgensäteitä kuin luokan A siemenet.

Alkioluokka	Kuvaus	Odotettu itävyys, %			
		Mänty		Kuusi	
		A	B	A	B
0	Tyhjä siemen, ei alkioita eikä siemenvalkuaista	—	—	—	—
I	Siemenvalkuainen ja alkio-ontelo erottuvat, ei alkioita	—	—	—	—
II P	Siemenvalkuaisen lisäksi erottuu yksi tai useampia pienikokoisia alkioita, jotka eivät ole leveyttään pidempiä; ns. pistealkiot	0	0	0	0
II	Siemenvalkuaisen lisäksi erottuu yksi tai useampia alkioita, joiden pituus on enintään puolet alkio-ontelon pituudesta	0	0	0	0
III	Siemenvalkuaisen lisäksi erottuu yksi tai useampia alkioita, joista pisin on vähintään puolet, mutta enintään 3/4 alkio-ontelon pituudesta	88	43	82	71
IV	Siemenvalkuaisen lisäksi erottuu yksi tai useampia alkioita, joista pisin on enemmän kuin 3/4 alkio-ontelon pituudesta	99	68	97	92

Röntgenkuvista erotellaan lisäksi ne siemenet, joissa on hyönteisten toukkia tai niiden eritteitä (luokka II), rikkoutuneet siemenet (luokka R) sekä epänormaalit (Ab). Näiden luokkien odotettu itävyys on 0 %.

Anatominen potentiaali ei merkitse samaa kuin laboratorioitävyys. Eroja anatomisen potentiaalın ja laboratorioitävyyden välillä voivat aiheuttaa monet siementen käsittelyyn vaikuttavat seikat. Tuore ja toisaalta pitkään varastoitu siemenerä voivat osoittaa samaa anatomista potentiaalia, mutta käyttäytyä silti idätyskokeessa hyvin eri tavalla. Tuleentumisvaiheessa anatomisen potentiaalın ja laboratorioitävyyden suhde voi muuttua lyhyessä ajassa (kuva 4.6).

Anatomisen potentiaalın määrittäminen on käyttökelpoinen apuväline siementen keruuta suunniteltaessa ja arvioitaessa ylisummaan siementen tuleentumisrajaa. Sahlen on esittänyt ennustemallin



Kuva 4.6. Esimerkki männyn siementen anatomisen potentiaalin ja idätystestissä havaitun itävyyden vastaavuudesta kahdessa peräkkäisessä (A, B) keräyksessä.¹⁴

männyn siementen anatomiselle potentiaalille (ks. kpl 3.4), jonka avulla voidaan arvioida anatomisen tuleentumisen lopullinen taso jo elokuun alussa.

4.3.1.3 Alkiokasvatus

Siemenestä esiin preparoitu alkio voidaan idättää normaaleissa idätysolosuhteissa. Alkiokasvatusta voidaan käyttää silloin, kun epäillään siemenen kuoriosien tai siemenvalkuaisen estävän veden kulkua alkioon tai sisältävän estoaineita, jotka hidastavat itämisen alkamista kokonaista siementä idätettäessä.

Ennen alkion preparointia siemenet kostutetaan. Kun siemen on itämiskosteudessa, alkio irrotetaan varovasti ja asetetaan idätysalustalle tai agar-maljalle idätysolosuhteisiin ja valoon. Testiaika voidaan valita ko. puulajin mukaan. Elinkykyiset alkiot alkavat idätyksen aikana vihertyä ja kasvaa, elinkelvottomat alkiot pehmenevät, tummuvat ja pilaantuvat muutamassa päivässä.

4.3.1.4 Vetyperoksiditesti

Vetyperoksidilla on itämistä edistävä vaikutus, joka perustuu siementen vararavinnon nopeutuneeseen hydrolyysiin voimakkaan hapettimen läsnä ollessa. Testiä on käytetty mm. havupuiden siementen elinkyvyn testaamiseen eräänlaisena pikatestinä.

Siemeniä liotetaan ensin 1 % vetyperoksidiliuoksessa vajaan vuorokauden ajan. Sen jälkeen siemenkuori leikataan varovasti auki mikropylen kohdalta, siten että alkion juuren huntu saadaan näkyviin. Tämän jälkeen siemenet laitetaan uudelleen liuokseen, pimeään, +20–30 °C:n lämpötilaan. Siementen elinkyky arvioidaan sirkkajuuren kasvuun lähdön perusteella 3–4 vrk:n kuluttua. Jos kasvua on 5 mm tai enemmän, siemenet ovat hyväkuntoisia.

Testi on nopeampi kuin tavallinen idätystesti, mutta tulokset ovat tulkinnanvaraisia. Kotimaisilla havupuulajeilla vetyperoksiditestin käytöstä ei ole kokemuksia.

4.3.1.5 Biokemialliset testit

Biokemialliset siementen elinkykytestit perustuvat elävien siementen entsyymitoiminnan arviointiin erilaisin värjäysmenetelmin.

Tetrazoliumtestissä siemeniä liotetaan ensin +20 °C vedessä noin 18 tuntia. Tämän jälkeen siemenkuori avataan siemenvalkuaista

tai alkiota vahingoittamatta, ja siemenet siirretään 1-% tetrazoliumliuokseen 14–48 tunniksi puulajista riippuen. Käsittelylämpötila on +30 °C ja käsittelyn tulee tapahtua pimeässä, koska liuos reagoi valoon muuttamalla väriä. Liuos imeytyy siemeniin, ja muuttuu elävissä solukoissa dehydrogenaasientsyymien toiminnan tuloksena punaiseksi, pysyväksi yhdisteeksi. Kuolleissa siemenissä värireaktiota ei tapahdu.

Menetelmä vaatii harjaannusta eri asteisesti värjäntyneiden alkioiden erotteluun ja tulosten tulkintaan. Testi on ISTAn hyväksymä käytettäväksi mm. seuraavilla lajeilla: *Acer*, *Fraxinus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Sorbus* ja *Tilia*. Tetrazoliumtestejä on kotimaisilla havupuilla käyttänyt Savonen^{15,16}

Toinen väriainetestit perustuu indigokarmiinin käyttöön. Menetelmää on käytetty runsaasti Itä-Euroopan maissa ja se on siellä hyväksytty viralliseksi menettelyksi. Havupuilla tätä värjäystä käytetään idätystestin yhteydessä, niin että viiden testivuorokauden jälkeen itämättä jääneiden siementen alkiot tutkitaan ko. väriaineliuoksessa. Ne preparoidaan erilleen siemenistä ja upotetaan kahdeksi tunniksi huoneenlämpöiseen 1:2000 indigokarmiiniliuokseen. Elinkyvyyttömät ja kuolleet alkiot värjäytyvät sinisiksi. Kuten muutkin solukoiden värjäytymiseen perustuvat analyysit, testin käyttö vaatii harjaannusta alkioiden preparoinnissa ja tulosten tulkinnassa.

4.3.2 Siementen kuntotestit: elinvoiman arviointi

4.3.2.1 Yleistä

Laboratoriodätyksissä itämisolosuhteet säädetään mahdollisimman suotuisiksi, jolloin itämisprosentti kuvaa siemenen suurinta mahdollista itämiskykyä. Testitulokset eivät aina kuitenkaan ennusta siementen kykyä muodostaa elinvoimaisia taimia kenttäolosuhteissa, taimitarha- tai maastokylvöissä. Siementen mahdollisesti heikentynyt elinkyky ei välttämättä tule esille suotuisissa laboratorioolosuhteissa, mutta voi ilmetä taimitarha- tai maastokylvöissä (vrt. taulukko 4.5).

Päätelmiä siementen elinvoimaisuudesta voidaan tehdä mm. itämistarmon sekä siementen keinotekoisesta vanhentamisen

Taulukko 4.5. Männyn siementen laboratorioitavuus ja orastuminen stressikäsitellyn (liotus vedessä) jälkeen.¹⁷

	Laboratorioitavuus		Orastuminen hiekassa
	4 vrk	15 vrk	15 vrk
Käsittämättömän kontrolli	63	94	80
Liotus 18 tuntia +30 °C vedessä ennen idätystä	66	96	45

(accelerated aging), johtokykymittauksen tai orastumisarvon perusteella. Ruotsissa kehitetyt elinvoimaisuus testit, joissa mitataan siemenestä ulos tihkuvien orgaanisten aineiden määrää ja tiettyjen entsyymien aktiivisuutta ovat toistaiseksi olleet vain tutkimuskäytössä.^{18,19}

4.3.2.2 Itämistarmo

Itämistarmo mitataan itäneiden siementen osuutena kaikista testissä mukana olleista siemenistä idätystestin alkuvaiheessa, yleensä ensimmäisen 4–10 vuorokauden kuluessa idätyksen aloittamisesta. Se ilmaisee samalla kertaa sekä itämisnopeuden että itämisen tasaisuuden. Itämistarmo on käyttökelpoinen siementen kunnan mittari, koska elinvoimaisuutta heikentävien tekijöiden vaikutukset näkyvät siinä herkemmin kuin itämiskyvyssä. Mitä korkeampi on erän itämistarmo, sitä parempikuntoisia siemenet ovat ja sitä parempi on yleensä taimitarha- ja kenttäitävyyttä.

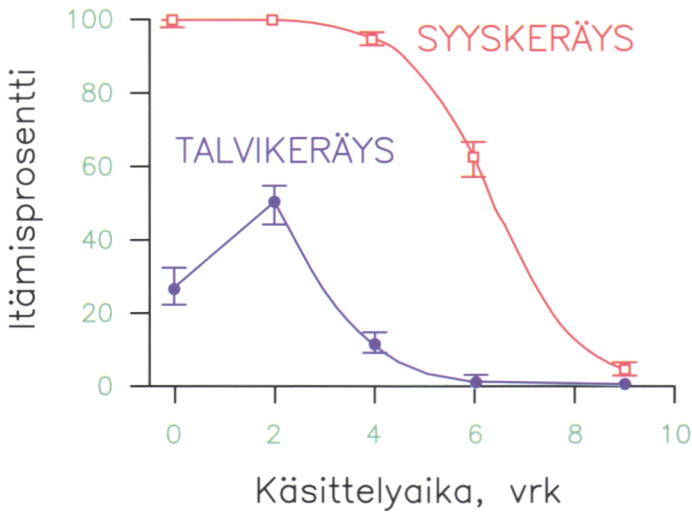
4.3.2.3 Vanhentamistesti

Vanhentamistestissä pyritään erottelemaan siemeneriä niiden varastointikestävyysmukaan. Yleisesti tiedetään, että siemen-erät eroavat toisistaan varastointikestävyydeltään ja että erot em. ominaisuudessa eivät käy ilmi standardi idätystestin olosuhteissa.

Testissä siemeniä rasietaan korkeassa kosteudessa (lähes 100 %) ja korkeassa lämpötilassa (+40–45 °C) 2–8 vuorokauden ajan ja itävyys mitataan testin aikana. Myös lievempää rasiutusta (75 % suhteellinen kosteus ja +30 °C:n lämpötila) on käytetty. Vanhentamistesti toimii samalla elinvoimaisuustestinä. Hyväkuntoiset siemen-erät säilyttävät itävyytensä paremmin käsittelyn ai-

kana kuin jostakin syystä heikentyneet erät. Heikkokuntoisissa siemenereissä itävyys laskee käsittelyn aikana nopeasti.

Leinosen tekemissä vanhentamiskokeissa (+40 °C, ~100 % suhteellinen kosteus) kuusen siemenet menettivät itävyytensä 6–9 vuorokaudessa.²⁰ Syksyllä kerätyt siemenet näyttivät säilyttävän elinvoimaisuutensa paremmin kuin talvella kerätyt; tosin niiden itävyys oli alunperin parempi kuin talvella kerätyssä näytteessä (kuva 4.7).



Kuva 4.7. Syksyllä ja talvella kerättyjen kuusen siementen itävyys 0–9 vrk rasituskokeen (+40 °C, ~100 % suhteellinen kosteus) jälkeen.²⁰

4.3.2.4 Siementen johtokyvyn mittaaminen

Testi perustuu siemenen solukalvojen läpäisevyydessä tapahtuviin muutoksiin silloin, kun kuivat siemenet asetetaan kosketukseen veden kanssa. Siinä mitataan siemenistä niitä ympäröivään veteen liukenevien aineiden määrää epäsuorasti, mittaamalla veden johtokykyä. Menetelmä on standardoitu muutamille viljakasvien siemenille, ja sitä on käytetty myös havupuiden siemen-tutkimuksissa.^{20,21}

Elinvoimaisissa, hyväkuntoisissa siemenissä solukalvojen puoliläpäisevät ominaisuudet palautuvat nopeasti, jolloin niistä liukenee vähän aineita ympäröivään veteen. Elinvoimaltaan heikommassa

siemenissä palautuminen on hidasta ja/tai epätäydellistä, joten ionivuotokin on suurta.

Kun kuivat siemenet asetetaan veteen, vesi siirtyy siemenen sisäosiin ja samalla liukenee ympäröivään liuokseen sokereita, aminohappoja, orgaanisia happoja sekä epäorgaanisia suoloja. Useat näistä aineista toimivat sähköjohtavina elektrolyytteinä. Ne muuttavat ympäröivän liuoksen johtokykyä joka voidaan mitata.

Johtokyvyn yksikkö on $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tislattun veden johtokyky on noin $2 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ruokasuolaliuoksen (väkevyyttä 20 %) johtokyky on noin 100 000 kertaa suurempi. Liuosten johtokyky lisääntyy lämpötilan kohotessa, joten testi on tehtävä vakio- $\mu\text{S}/\text{cm}$ -lämpötilassa (yleensä $+20 \text{ }^\circ\text{C}$)

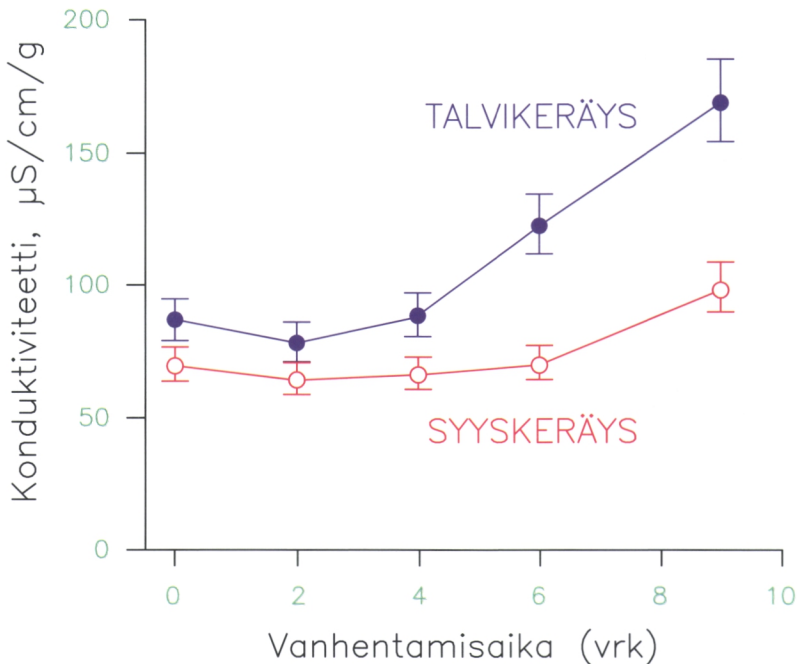
Mittaustulos riippuu näytteen koosta sekä veden määrästä, joten johtokyky ilmaistaan esimerkiksi $40 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot [\text{grammaa siemeniä}]^{-1} \cdot [\text{ml nestettä}]^{-1}$. Analyysi voidaan tehdä joko siemenjoukosta (esimerkiksi 50 siementä) tai yksittäisistä siemenistä, riippuen mm. käytettävissä olevasta johtokymittarista. Näytteen koko riippuu siemenlajista. Vähitellen kokeilemalla selviää, millä näytekoolla saadaan luotettavimmat tulokset ja vähiten hajontaa toistojen välillä. Testitulokset ilmaistaan näytteiden kuivapainoa kohden.

Mittauksessa käytettävien astioiden tulee olla puhtaita lasi- tai muoviastioita. Koska astian koko vaikuttaa mittaukseen, tulee vertailukelpoisten arvojen saamiseksi käyttää aina samanlaisia ja -kokoisia astioita kunkin puulajin siemenille. Testin aikana astiat on suojattava kannella tai muovikalvolla haihtumiselta ja epäpuhtauksilta.

Mittausveden tulisi olla ionivaihtovettä, mutta tislattukin vesi soveltuu, jos sen ominaisjohtokyky on alle $5 \mu\text{S}/\text{cm}$. Veden tulee antaa tasoittua vuorokauden ajan testilämpötilassa ennen käyttöä. Näytettä kohti käytettävän veden määrä riippuu siemenlajista sekä johtokymittarin ominaisuuksista. Useimmissa tapauksissa 20–100 ml toistoa kohti riittää. Jokaista mittaukskertaa varten tarvitaan vertailunäyte (ilman siemeniä), jonka johtokyky vähennetään näytteistä saatavista lukemista.

Tyhjien ja vaurioituneiden siementen osuus vaikuttaa johtokyky-
mittauksen tulokseen; tyhjiä siemenistä ionivuoto on vähäistä ja
vaurioituneista runsasta.

Kuvassa 4.8 on esitetty Leinosen²⁰ saama tulos syksyllä ja talvella
kerättyjen kuusen siemennäytteiden johtokyvystä eripituisten
vanhentamiskäsittelyjen (+40 °C, 100 % suhteellinen kosteus) jäl-
keen. Talvella kerätyt siemenet näyttävät johtokykymittauksen
perusteella sietävän heikommin vanhentamiskäsittelyä kuin syksy-
llä kerätyt (vrt. myös kuva 4.7).



Kuva 4.8. Syksyllä ja talvella kerättyjen kuusen siemennäytteiden johtokyky eripituisten vanhentamiskäsittelyjen (+40 °C, 100 % suhteellinen kosteus) jälkeen.²⁰

4.3.2.5 Orastuminen

Orastumisella mitataan siementen taimenmuodostuskykyä ja samalla niiden elinvoimaisuutta. Nimitystä on käytetty vaihtelevista menetelmistä. Huss²² on arvioinut siementen elinvoimaa ja orastumista kymmenenteen idätysvuorokauteen mennessä itäneiden sirkkataimien keskimääräisen tuorepainon perusteella.

Rohmeder¹⁷ mittasi orastumista (Triebkraft) olosuhteissa, joissa männyn ja kuusen siemeniä idätettiin 10 cm vahvuisen, kapillaariveden varassa kosteana säilyvän hiekkakerroksen pinnalla. Siemenet peitettiin 10 mm vahvuisella kvartsihiekkakerroksella, jonka hiukkaskoko oli > 2 mm. Testi tehtiin huoneenlämpötilassa. Itäneeksi laskettiin kvartsihiekan läpi tunkeutuneet idut 10, 20 ja 30 vuorokauden kuluttua. Menetelmä on työläs ja vaatii tuekseen muita analyysejä siemenerästä. Tulosten hajonta Rohmederin esittämässä aineistossa on suuri.

Kirjallisuutta

1. ISTA Handbook on Statistics on Seed Testing. 2002. 84 s.
2. International Rules for Seed Testing 1999. Seed Science and Technology 27, Supplement, 333 s.
3. Metsäpuiden siementen käsittely- ja analyysiohjeisto. 1980. Moniste, 19 s., Metsähallitus.
4. Tree and Shrub Seed Handbook. 1991. The International Seed Testing Association.
5. Maa- ja metsätalousministeriön asetus metsänviljelyaineiston kaupasta, 1055/2002.
6. Handbook of Seed Technology for Genebanks. Vol. I. Principles and Methodology. International Board for Plant Genetic Resources, 1985.
7. Bergsten, U. & Henriksson, G. 1986. Germination of Scots pine seeds under different conditions of temperature and humidity — a description of two test methods. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien 12: 99–114.
8. Bergsten, U. 1989. Temperature tolerance of invigorated seeds of *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.) Karst using TTGP-test. Forestry Supplement 62: 107–115.
9. Edwards, D.G.W. & Olsen, P.E. 1973. A photoperiod response in germination of Western hemlock seeds. Can. J. For. Res. 3: 146–148.
10. Vaartaja, O. 1956. Photoperiodic response in germination of seeds of certain trees. Can. J. Bot. 34: 377–388.
11. Kontinen, K. 1995. Jalojen lehtipuiden siementen käsittely. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 573, 49 s. + 2 liites.
12. Simak, M. 1981. X-radiography in research and testing of forest tree seeds. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. För Skogsskötsel, Rapport nr 3, 34 s.
13. Simak, M. 1991. Testing of forest tree and shrub seeds by X-radiography. ISTA Tree and Shrub Seed Handbook, Chapter 14, 28 s.
14. Salmi, O. 1986. Syksyllä kerättyjen männyn käpyjen varastoinnin vaikutus siementen itävyyteen. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 38 s. + 4 liites.
15. Savonen, E-M. 1987. Siementen laadun testaaminen ja siemenerän kunnostaminen. Metlan tiedonantoja 300: 53–62.

16. Savonen, E-M. 1999. An improvement to the topographic tetrazolium testing of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Seed Sci. & Technol.* 27(1): 49–57.
17. Rohmeder, E. 1972. *Das Saatgut in der Forstwirtschaft*, Hamburg und Berlin, 273 s.
18. Pehap, A. 1972. Seed eluates on the germination blotter — a germinability test? *Stud. For. Suec.* 101: 1–21.
19. Shen, T.Y. 2000. Forest tree seed quality determination based on enzyme activities. *Acta Univ. Agric. Suec., Silvestria* 157, 33 s.
20. Leinonen, K. 1998. *Picea abies* seed ecology: effects of environmental factors on dormancy, vigor and germination (väitöskirja). Helsingin yliopisto metsäekologian laitoksen julkaisuja 18. 67 s.
21. Bonner, F.T. 1991. Leachate conductivity: A rapid, nondestructive test for pine seed quality. *Tree Planters' Notes* 42: 41–44.
22. Huss, E. 1951. Skogsforskningsinstitutets metodik vid fröundersökningar. *Medd. från Statens skogsforskningsinstitut* 40.6.

5 Analyysiohjeiston yhteenveto

5.1 Siemenerästä ilmoitettavat tiedot

Metsänviljelyaineiston kauppalaan mukaan siemenlähetyksiin liitetään tavarantoimittajan etiketti tai muu asiakirja, josta ilmenevät seuraavat tiedot:

- 1) siemenerän toimittajan nimi tai toiminimi, osoite ja kotipaikka;
- 2) siementen määrä;
- 3) puhtaan siemenen, muiden siementen ja roskien prosenttiosuus siemenerän painosta. Muiden siementen ja roskien prosenttiosuutta ei tarvitse ilmoittaa, jos muiden siementen osuus on alle 0,05 prosenttia siemenerän painosta;
- 4) puhtaan siemenen itävyysprosentti taikka mikäli sen arvioiminen on mahdotonta tai käytännössä vaikeaa, yksilöidyllä menetelmällä arvioitu elinkykyisten siementen prosenttiosuus;
- 5) puhtaan siemenen tuhatjyväpaino;
- 6) itävien siementen määrä kilogrammassa siemeniä taikka, jos itävien siementen määrää on mahdotonta tai käytännössä vaikea arvioida elinkykyisten siementen määrä kilogrammaa kohden;
- 7) idätystestin päivämäärä ja lähetyspäivä

Edellisten lisäksi tulee ilmoittaa seuraavat, siemenen alkuperään liittyvät tiedot:

- 8) kantatodistuksen koodi ja numero
- 9) siemenluokka
- 10) siementen käyttötarkoitus
- 11) perusaineiston tyyppi

- 12) perusaineiston rekisteriviite tai lähtöisyysalueen tunnistekoodi
- 13) siementen tuleentumisvuosi
- 14) luokkaan siemenlähde tunnettu kuuluvan perusaineiston lähtöisyysalue sekä sen pituus- ja leveysvyöhykkeet; luokkaa valikoitu kuuluvan perusaineiston lähtöisyysalue sekä pituus- ja leveysasteen mukaan määritelty maantieteellinen sijainti; luokkiin alustavasti testattu ja testattu kuuluvan perusaineiston tarkka maantieteellinen sijainti;
- 15) tieto siitä, onko perusaineisto alkuperäistä, muuta kuin alkuperäistä vai onko sen alkuperä tuntematon.

Edellä mainittujen tietojen perusteella siementen ostaja voi varmistua siitä, että siemenet ovat viljelypaikalle sopivaa alkuperää.

Siemenerän yksilöintitiedoista tärkein on kantatodistuksen numero. Sen alkuosa on EY/FIN ja sitä seuraa karistamon tunnuksesta, siementen tuleentumisvuoden kahdesta viimeisestä numerosta ja siemenerän juoksevasta numerosta koostuva numerosarja. Esimerkiksi tunnus M29-00-100 tarkoittaa Metsähallituksen Pataman karistamalla karistettua, vuonna 2000 tuleentunutta siemenerää, jonka karistusnumero on 100. Karistamotunnuksen kirjain viittaa omistajaryhmiin seuraavasti: T = Tapio ja metsäkeskukset, M = Forelia Oy (ent. Metsähallitus), G = Metsäntutkimuslaitos, P = puunjalostusteollisuus, R = Metsänjalostussäitiö (nyk. Metsäntutkimuslaitos), K = muut, yksityiset jne. Numerosarja on tärkeä, sillä sen avulla voidaan tarvittaessa selvittää siemenerän hankintaan, karistukseen ja varastointiin liittyviä tapahtumia. (Kukkonen, H. & Rikala, R.: Siemen- ja taimihuolto, Tapion taskukirja, 24. painos, ss. 204–217.)

Siementen tuleentumisvuosi on samalla niiden "syntymävuosi" ja kertoo siis siementen iän. Uuden metsänviljelyaineiston kauppalaan mukaan samalta siemenviljelykseltä peräisin olevia, eri tuleentumisvuosien siemeneriä voidaan yhdistää.

Siemenen tuottajat ilmoittavat lainsäädännön edellyttämän itävyysprosentin lisäksi yleensä myös itämistarmon. Itämistarmo on tärkeä, koska se ilmaisee itämisen nopeuden laboratorio-olosuhteissa ja kertoo samalla siemenerän elinvoimaisuudesta. Kokemus on osoittanut, että ne siemenerät, joissa on korkea itämistarmo, itävät hyvin maasto- ja taimitarhakylvöissä.

5.2 Analyysit

5.2.1 Näytteenotto

ISTAn kansainvälisissä säännöissä metsäpuiden siementen suurin mahdollinen eräkoko on 1 000 kg (taulukko 4.1). Käytännössä kotimaisilla metsäpuilla siemenerät ovat huomattavasti tätä pienempiä.

Näytteet otetaan siemeneristä vaiheittain. Aluksi siemenerästä poimitaan sen koosta riippuen tietty määrä **osanäytteitä**. Nämä yhdistetään **kokonaisnäytteeksi**, josta valitaan satunnaisesti **eränäyte** toimitettavaksi analyysilaboratorioon. Laboratoriossa eränäyte jaetaan **työnäytteisiin**, sen mukaan millaisia analyysejä siemenerästä on tarkoitus tehdä (kuva 5.1).

Osanäytteitä otetaan siemenerän koosta riippuen seuraavasti:

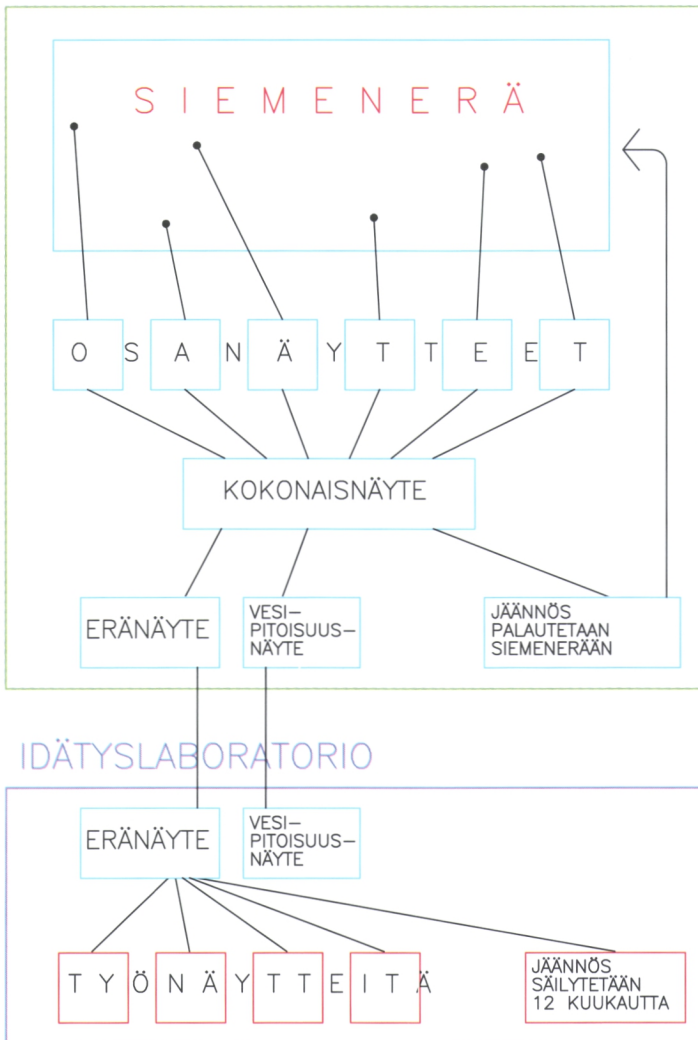
- (a) Kun siemenerä on pakkauksissa, joiden koko on enintään 100 kg, noudatetaan seuraavia näytteenottotaajuutta koskevia vähimmäisvaatimuksia:

Pakkausten lkm	Osanäytteitä otetaan
1–4	Kolme osanäytettä jokaisesta pakkauksesta
5–8	Kaksi osanäytettä jokaisesta pakkauksesta
9–15	Yksi osanäyte jokaisesta pakkauksesta
16–30	Yhteensä 15 osanäytettä
31–59	Yhteensä 20 osanäytettä
60 tai enemmän	Yhteensä 30 osanäytettä

- (b) Kun erä on pakattu pieniin pakkauksiin tai säilytysastioihin, näytteenottotaajuus on seuraava:

Näyteyksiköksi otetaan 100 kg:n paino. Pienet pakkaukset yhdistetään näytteenottoyksiköksi, jonka paino ei saa ylittää 100 kg. Yksi näytteenottoyksikkö voi siis olla 20 kpl 5 kg:n, 33 kpl 3 kg:n tai 100 kpl 1 kg:n pakkauksia. Näytteenotossa jokaista tällaista yksikköä pidetään yhtenä "pakkauksena". Näytteenotto tapahtuu tämän jälkeen kohdan (a) mukaan. Irtotavarasta otettavat näytteet ks. kohta 4.3.

SIEMENVARASTO



Kuva 5.1. Näytteenotto siemenerästä.

Ennen kuin näytteenottoon ryhdytään, on selvitettävä, onko analyysin kohteena oleva siemenerä riittävän tasalaatuinen.

Siementen paino, pintarakenne ja muoto vaikuttavat siihen, miten hyvin ne sekoittuvat suurissa erissä ja kuinka tasalaatuisiksi erät muodostuvat. Painavat siemenet voivat lajittua, niin että säilytysastioissa raskaimmat siemenet vajoavat pohjalle ja kevein aines jää pintaan. Myös kevyet siemenet, etenkin jos lenninsiipi on kiinteästi kiinni siemenessä, voivat olla suurissa erissä vaikeasti sekoitettavissa tasalaatuisiksi.

Siemenerien tasalaatuisuus voidaan testata vertaamalla erän sisäistä vaihtelua laskennalliseen arvoon, joka saadaan olettamalla erässä esiintyvä vaihtelu täysin sattumanvaraiseksi. Tasalaatuisuutta arvioidaan itävyyden, puhtauden, tyhjäsiemensadanneksen tai tuhatjyvypainon vaihtelun perusteella (ks. kpl 4.2.1).

Varmistamalla siemenerän tasalaatuisuus voidaan säästää näytteenotossa ja analyysikuluissa, koska tasalaatuisesta erästä otettu satunnaisnäyte kuvaa luotettavasti koko siemenerän riippumatta siitä, kuinka moneen astiaan se on varastoitu. Jos on syytä epäillä, että erä ei ole tasalaatuinen, se on sekoitettava uudelleen ja analysoitava vasta sekoittamisen jälkeen.

5.2.2 Eränäytteestä tehtävät analyysit

Puhtausmääritys

Siementen puhtausmäärityksen tavoitteena on mitata painon perusteella tutkittavan näytteen koostumus sekä tunnistaa näytteen mahdollisesti sisältämät muut siemenet ja epäpuhtaudet.

Voimassa olevien ISTAn sääntöjen mukaan puhtausanalyysia (eikä myöskään tuhatjyvypainon määrittystä) tarvitse suorittaa, jos siemeniä on käytännössä mahdotonta erottaa epäpuhtauksista ilman, että analyysi vaatii suhteettoman paljon aikaa. ISTAn säännöissä tähän ryhmään kuuluvia puulajeja ovat eukalyptus ja koivu. ISTAn julkaiseman Tree and Shrub Seed -käsikirjan mukaan tähän ryhmään kuuluvat myös leppä ja haapa.

Puhtausmääritystä varten laboratorioon toimitetusta eränäytteestä erotetaan satunnaisesti noin 2 500 siemenen suuruinen työnäyte. Puulajikohtaiset työnäytteen vähimmäispainot on esitetty taulukossa 4.2. Punnitustarkkuudesta ks. kohta 4.4.1.

Puhtausmäärityksessä näyte jaetaan painon perusteella kolmeen ryhmään:

- (1) puhtaat siemenet
- (2) muiden lajien siemenet ja
- (3) roskat.

Puhtausanalyysin tulokset ilmoitetaan painoprosentteina yhden desimaalin tarkkuudella siten, että kaikkien ositteiden yhteispainon on oltava 100. Painoprosentti perustuu eri komponenttien summaan, eikä siis analyysin alussa mitattuun lähtöpainoon, jota käytetään kontrolloimaan sitä, ettei analyysissä ole materiaalia joutunut hukkaan. Osite, jota on vähemmän kuin 0,05 painoprosenttia, ilmoitetaan merkillä "hiukan".

Siementen lajipuhtaus

Metsänviljelyaineiston kauppaa koskevassa asetuksessa on myytävien siemenerien lajipuhtaudelle asetettu vähimmäisvaatimus 99 %. Lajipuhtaus selviää normaalisti puhtausmäärityksessä, työnäytteen analyysissä. Joissakin tapauksissa lähisukuisten lajien erottelu on erittäin työlästä. Tällaisissa tapauksissa voidaan ISTAn sääntöjen mukaan (1) ilmoittaa vain suku tai (2) luopua kokonaisen työnäytteen tutkimisesta ja määritellä lajipuhtaus taulukon 4.2. mukaista työnäytettä pienemmästä, vähintään 400 puhtaan siemenen suuruisesta näytteestä. Metsäpuilla tulee käytännössä kysymykseen vain kohdan (2) mukainen menettely.

ISTAn suositusta noudattaen voidaan siis lajipuhtaus todeta vähintään 400 siemenen suuruisesta näytteestä, josta erotellaan erikseen mahdolliset vieraan lajin siemenet. Näin syntyvät kaksi osiota punnitaan erikseen ja lajipuhtaus ilmaistaan painoprosenttina koko näytteen painosta.

Tuhatjyväpaino

Analyysin tavoitteena on mitata tuhannen siemenen paino. Tuloksen perusteella voidaan laskea siementen lukumäärä kilogrammaa kohti ja arvioida siemenmenekki kylvöissä. Kuten puhtausmäärityksenkin kohdalla, analyysia ei tarvitse suorittaa haavalla, koivuilla ja lepillä, koska niiden kohdalla tarvittaisiin suhteettoman paljon aikaa.

Tuhatjyväpainon määrittämiseksi otetaan puhtausmäärityksessä saadusta "puhdas siemen" osiosta kahdeksan sadan siemenen toistoja. Toistot punnitaan yksitellen, saatu tulos lasketaan yhteen ja kerrotaan 1,25:llä jolloin tulos on tuhannen siemenen paino.

Määrityksen luotettavuus arvioidaan tulosten variaatiokertoimen perusteella (ks. kohta 4.2.2). Tulos ilmoitetaan samalla tarkkuu-

della kuin puhtaasmäärittäyksessä, työnäytteen painosta riippuen (ks. kohta 4.2.1).

Itävyysprosentti

Itävyysprosentti ilmaisee kuinka suuri osa tietyn siemenjoukon siemenistä on itänyt määräaikaan mennessä. Se mitataan havupuilla tavallisesti 21 vrk:n kuluttua idätyksen aloittamisesta. Nopeasti itävillä lajeilla (koivut, haapa) idätysaika voi olla lyhyempi, niin että lopullinen taso saavutetaan 14 tai jopa 7 vuorokauden kuluttua idätyksen aloittamisesta.

Itämistarmo ilmaisee itäneiden siementen prosenttiosuuden tietyllä ajanhetkellä ennen itävyysprosentin toteamista. Nopeasti itävillä lajeilla, kuten haavalla ja koivulla, on tarkoituksenmukaista mitata itämistarmo jo 3–7 vrk:n kuluttua idätyksen aloittamisesta. Hitaammin itävillä havupuilla itämistarmo mitataan esimerkiksi 10 vrk:n kuluttua testin aloittamisesta.

Itämiseen kuluva aika mitataan laboratoriodätyksissä siitä hetkestä alkaen kun siemen asetetaan idätysalustalle ja päättyen silloin, kun voidaan todeta itämisen tapahtuneen. ISTAn kansainvälisten siementarkastusohjeiden mukaan itäminen on tapahtunut, kun kaikki normaalin taimen kehittymisen kannalta olennaiset rakenteet ovat näkyvissä: sirkkajuuri, sirkkavarsi, sirkkalehdet (tai ainakin niiden kiinnityskohta sirkkavarteen) ja sirkkasilmu.

Hitaasti itävien havupuiden siementen tarkastuksessa ei käytännön syistä yleensä ole mahdollista odottaa niin kauan, että kaikki rakenteet ovat visuaalisesti havaittavissa. Havupuilla siemen määrittellään itäneeksi, kun siemenestä ulos tunkeutunut sirkkajuuri on vähintään neljä kertaa siemenkuoren pituinen. Nopeasti itävillä lehtipuilla todetaan itämisen tapahtuneen, kun sirkkajuuri ja -lehdet ovat näkyvissä.

Kun metsäpuiden siementen laatu on jatkuvasti parantunut, ovat myös keskimääräiset itämisajat lyhentyneet. Nykyaikaisessa taimetuotannossa, jossa siementen nopea ja tasainen itäminen on tärkeää, itämistarmosta on tullut olennaisempi siemenerää kuvaava tunnus kuin itävyysprosentista. On huomattava, että lainsäädäntö edellyttää vain itävyysprosentin tai elinkykyisten siementen määrän toteamista myytävistä siemeneristä.

Siemenerän itävyysprosentti voidaan mitata joko kappaleprosenttina tai ns. grammaitumäärityksenä. Kappaleprosenttia määritettäessä puhtausmäärityksessä eritellyistä puhtaista siemenistä lasketaan satunnaisesti 400 siementä testiin 100, 50 tai 25 siemenen toistoina. Grammaimitumääritys tehdään pienen siemenisillä tai vaikeasti puhdistettavilla lajeilla, ja itävyys ilmaistaan tällöin itäneiden siementen lukumääränä (ks. alla) painoyksikköä kohti.

Itävyyden määrittäminen kappaleprosenttina

Idätystesti tehdään puhtaasta siemenestä. Yleensä käytetään neljää sadan siemenen toistoa. Toistot voivat olla myös 50 tai 25 siemenen suuruisia, riippuen testiin käytettävissä olevan siemenen määrästä, siementen koosta ja idätysalustasta. Idätettävien siementen kokonaismäärän tulisi yleensä olla vähintään 400 kappaletta. Testituloksen luotettavuuden arvioinnista, kun käytetään vähemmän kuin 400 siementä ks. liitetaulukko 4.

Grammaimitumääritys

Itävyysprosentti mitataan ns. grammaitumäärityksenä niillä puulajeilla, joiden siementen itävyys ilmaistaan lukumääränä painoyksikköä kohti. Grammaimitumäärityksen kerranteiden paino vaihtelee puulajeittain. Työnäytteestä punnitaan 2–4 kerrannetta, joiden ohjeelliset painot on esitetty taulukossa 4.2. Kerranteet levitetään idätysalustoille samalla tavalla kuin kappaleprosenttiakin määritettäessä. Grammaimitunäytteessä on yhteensä oltava vähintään 400 siementä.

Voimassa olevissa ISTAn ohjeissa siementen kansainvälistä kauppaa varten säädetään grammaitumääritys kotimaisista puulajeista vain koivuille. On kuitenkin huomattava, että nykyisillä menetelmillä koivun siemenet voidaan puhdistaa niin tarkoin roskista ja norkkosuomujen jäänteistä, että koivun siemenen itävyys voidaan määrittää myös kappaleprosenttina. ISTAn julkaiseman Tree and Shrub Seed -käsikirjan ohjeiden mukaan grammaitumääritys voidaan tehdä haavalla, koivuilla ja lepillä. Grammaimitävyysmäärityksen tulosten laskennasta ja tulosten luottamusvälistä ks. kohta 4.2.4.5.

Testiolosuhteet

Yhteenvedo kotimaisilla metsäpuilla käytettävistä testiolosuhteista on esitetty taulukossa 5.1.

Taulukko 5.1. Idätystestin olosuhteet kotimaisille puulajeille.

Puulaji	Lämpö-tila °C	Itäneiden siementen laskenta-ajankohdat, vrk testin aloituksesta	Idätysalusta	Testin perusteena
Metsäkuusi	20	10 21	Paperi	Kappaleprosentti
Siperianlehtikuusi	20	10 21	"	"
Metsämänty	20	7 21	"	"
Metsätammi	20	7 28	Hiekka	"
Rauduskoivu	20	7 14	Paperi	Grammaitumääritys
Hieskoivu	20	7 14	"	"
Tervaleppä	20	7 21	"	"
Harmaaleppä	20	7 21	"	"
Kynäjalava	20	7 14	"	Kappaleprosentti
Vuorijalava	20	7 14	"	"
Metsähaapa	20	3 7	"	Grammaitumääritys
Metsälehmus	20	10 28	Hiekka	Suositt. tetrazoliumtestiä
Metsävaahtera	20	7 21	"	"
Lehtosaarni	20	14 56	"	"

- Ensimmäinen itäneiden siementen laskenta-ajankohta ilmaisee itämistarmon, jälkimmäinen itämisprosentin, ellei muuta ilmoiteta
- Jälkimmäinen laskenta-ajankohta osoittaa testin ohjeellisen pituuden.
- Jos itäminen näyttää joidenkin siementen osalta vasta käynnistyneen, vaikka testin pituusehto jo olisikin täytetty, voidaan testiä jatkaa seitsemällä vuorokaudella tai, pidempien testien ollessa kyseessä, korkeintaan puolella testin alkupe- räisestä pituudesta. Jos lopullinen itävyys on selvästi saavutettu ennen testin pituusehdon täyttymistä, testi voidaan lopettaa ennen kuin ohjeitus on saavu- tettu.
- Idätyslämpötilassa sallittu poikkeama on ± 2 °C.
- Idätysalusta valaistaan aina, kun muut testiolosuhteet sen sallivat. Jos päivän- pituutta voidaan säätää, käytetään pitkän päivän (18 h valoa/vrk) olosuhteita. Muussa tapauksessa valaistus voi olla jatkuva.
- Grammaitumääritystä voidaan käyttää analyysin suorittajan harkinnan mukaan koivuilla, haavalla ja lepillä.
- Kappaleprosenttiin perustuvassa määrittämisessä näytteen tulee sisältää yhteensä vähintään 400 siementä. Grammaitumäärityksen kerranteiden vähimmäispainot on esitetty taulukossa 4.2.
- Siemen tulkitaan itäneeksi, jos havupuulla sirkkajuuri on neljä kertaa siemen- kuoren pituinen; lehtipuilla edellytetään, että sirkkajuuri, -varsi ja sirkkalehdet ovat näkyvissä.

5.2.3 Itäneiden siementen arvostelu

Siemen voidaan tulkita itäneeksi vasta sitten, kun itäminen on edennyt niin pitkälle, että kaikki elinkelpoisen taimen kehitykseen kuuluvat rakenteet ovat näkyvissä. Tällöin ovat yleensä myös kaikki epänormaalisti itäneet siemenet tunnistettavissa. Siemeniä laskettaessa ja kokeen päättyessä itäneet siemenet luokitellaan seuraavasti:

1. Normaalisti itäneet siemenet

Normaalisti itäneillä siemenillä on lajille tyypillinen, hyvin kehittynyt juuri. Havupuilla sirkkavarren ja -juuren yhteinen pituus on neljä kertaa siemenen pituinen. Lehtipuilla tulee olla hyvin kehittynyt sirkkavarsi, normaali kasvupiste ja sirkkalehdet. Varsiosissa tai sirkkalehdissä sallitaan pinnallisia, selvärajaisia vioituksia. Lehtipuiden siemenet luetaan itäneiksi, vaikka niistä puuttuisi toinen sirkkalehti. Havupuiden monialkioiset siemenet (polyembryot) lasketaan yhdeksi itäneeksi siemeneksi.

Homesienten pahoin voittamat idut lasketaan normaaleiksi, jos on selvästi nähtävissä, että tartunta ei ole lähtöisin ko. siemenestä, ja että kaikki oleelliset rakenneosat ovat normaalisti kehittyneet.

2. Epänormaalisti itäneet siemenet

1. Vioittuneet idut: idut, joista sirkkalehdet puuttuvat; typistyneet idut; idut joissa on pahoja murtumia, halkeamia tai muita vioittumia; idut, joista puuttuu pääjuuri, mikäli se on lajille ominainen.
2. Epämuodostuneet idut: heikosti kehittyneet, kasvussaan pysähtyneet idut tai joltakin olennaiselta rakenneosaltaan epämuodostuneet idut; havupuilla "väärinpäin" itäneet siemenet, ts. sirkkalehdet kasvaneet ulos mikropylen aukosta tai sirkkajuuri kasvanut ulos jostakin muusta kuoren kohdasta kuin mikropylestä.
3. Tautiset idut: idut, joiden jokin oleellinen rakenneosa on siinä määrin turmeltunut, että idun normaali kehitys on

estynyt edellyttäen, että turmeltuminen ei ole johtunut idätyksen aikana alustalla naapurisiemenestä saadusta tartunnasta.

3. Itämättömät siemenet

Testin lopussa itämättömien, terveiden siementen osuus selvitetään tarvittaessa leikkaamalla tai mahdollisesti röntgenkuvaamalla siemenet pituussuunnassa ja tutkimalla niiden sisältö. Nämä siemenet jaotellaan seuraaviin ryhmiin:

1. Terveet, itämättömät siemenet
Siemenet, jotka idätyksen päätyttyä ovat jääneet alustalleen itämättä mahdollisen itämislevon purkamiseen soveltuvan esikäsitellyn jälkeenkin, ja jotka lähemmän tarkastelun perusteella näyttävät täysin terveiltä.
2. Tyhjät siemenet
Siemenet, jotka ovat joko täysin tyhjiä tai sisältävät vain vähän solukkojäännöksiä.
3. Toukalliset siemenet
Havupuilla hyönteistoukkia sisältävät siemenet.
4. Itämiskyvyttömät siemenet
Siemenet, jotka eivät ole terveen näköisiä. Havupuilla tähän ryhmään luetaan myös siemenet, joissa on siemenvalkuaista, mutta ei alkiota.

5.3 Itämistuloksen laskenta ja tulosten tulkinta

Idätystestissä todettu itävyysprosentti on keskimääräisluku, jolla on tietty luottamusväli. Arvion tarkkuus riippuu todetusta itämisprosentista ja siitä, kuinka paljon siemeniä on mukana näytteessä. Mitä tarkempi arvio halutaan, sitä enemmän siemeniä on otettava näytteeseen.

Idätystestin tuloksille on ISTAn säännöissä taulukoitu erilaisia liikkumavaroja. Vertaamalla testin tulosta taulukoituihin arvoihin,

saadaan käsitys testin luotettavuudesta ja mahdollisten poikkeamien vakavuudesta. Kysymys on siitä, voidaanko jokin havaittu poikkeama (esimerkiksi samassa laboratorioissa on saatu kaksi poikkeavaa idätystulosta samasta siemenerästä) tulkita satutuman aiheuttamaksi. Jos todettu vaihtelu mahtuu satunnaisilmiöiden piiriin, voidaan olla tyytyväisiä. Jos vaihtelu on suurempaa kuin satunnaisvaihtelun perusteella voidaan odottaa, on syytä miettiä, onko siemenerässä, näytteenotossa tai testien järjestelyissä jotakin sellaista, mikä aiheuttaa poikkeaman satunnaisuudesta. Merkittävä poikkeama ei siis vielä kerro mitään "ylimääräisen" vaihtelun syistä. Se ainoastaan ilmaisee, että havaittu ilmiö ei mahdu satunnaisvaihtelun piiriin.

Liitetaulukoiden 5–8 on esitetty ISTAn sääntöjen mukaiset liikkumavarat toistojen (eli yksittäisten idätysalustojen) väliselle itävyysprosentin vaihtelulle samassa testissä, kahdelle erilliselle testitulokselle (toistojen keskiarvoille) samassa laboratorioissa, sekä kahdelle erilliselle testitulokselle eri laboratorioissa. Taulukoiden käytöstä ks. kpl 4.2.4.5.

Hakemisto

A

Alkio 16
Alkio-ontelo 24
Alkiorakko 18
Alkuperä 50
Anatominen potentiaali 57, 113
Anatominen tuleentuminen 23
Antioksidantti 44

D

Diploidi 22
Dormansi. *Katso* Siemenhorros

E

Elinkyky 112
Elinvoima 118
Epigeeminen 42
Eränäyte 88

F

Fytokromi 38

G

Grammaitumääritys 100, 101

H

Haplidi 18
Hedelmä 11
Hedelmän kuori 11, 16
Hedelmötys 20
Heterogeenisuus, siemenerän 84
Hypogeeinen 42

I

IDS-menetelmä 62
Idätystesti 30
Indigokarmiini 118
Itämiskyky 30
Itämisprosentti 100
Itämistarmo 31, 119
Itänyt siemen 108

J

Jalostushyöty 51
Johtokyky 120

Jälkeläiskoe 51
Jälkikypsytytys 59

K

Kaksikotinen 18
Kaksineuvoinen 18
Kalatsa 17
Kaliumnitraatti 73
Kantatodistus 53
Kapasitanssi 98
Kappaleprosentti 100, 101
Kerranne. *Katso* Toisto
Keskihajonta 98
Kloonit 63
Kokonaisnäyte 88
Konduktanssi 98
Koppisiemeninen 11
Kosteusnäyte. *Katso* Vesipitoisuus
Kromosomisto 18
Kuusen käpykärpänen 71
Kuusen käpykääriäinen 71
Kuusensiemenniilukainen 71
Kuusensiemensäski 71
Kyllästyskosteus 104
Kyllästyspaineen vajuus 105
Käpykoisa 71
Käpymittari 71
Käpysuomu 11
Käyttöalue 52

L

Laboratorioitavuus 105, 115
Lajipuhtaus 96
Lenninsiipi 13
Liikkumavara 110
Linslerin periaate 24
Lisääntymiskierto 17
Lokerokaira 88, 89
Luottamusväli 101
Lusikkamenetelmä 93
Lähtöisyysalue 50
Lämpösumma 23

M

Maljamenetelmä 93
Mikropyle 17

N

Nematodi 71
Näytteenotto 127

O

Odotettava itävyys 113
Orastuminen 119, 122
Orastumisarvo 50
Ortodoksit siemenet 26
Osanäyte 88
Otanta 87. *Katso myös* Näytteenotto

P

Paljassiemenninen 11
Peittäus 70
Perikarppi 11
Perinnöllinen monimuotoisuus 51
Perusaineisto 55
Pistealkio 115
Plusmetsikkö 49
Pluspuuvalinta 51
Poikkeamatesti 84, 86
Polyeteeni 68
Polyvinylikloridi 69
PREVAC-menetelmä 62
Primäärihorros 28
Puhdas siemen 94
Puhtausmääritys 94
Puolitusmenetelmä 92

R

Ristisiitosaste 51
Röntgenkuvaus 113

S

Satunnaisnäyte 87
Satunnaisvaihtelu 110
Sekundäärihorros 28
Siemenaihe 18
Siemenenä 83
Siemenhorros 27, 72
Siemenkuori 16
Siemenluokka 56
Siemenvalkuainen. *Katso*
Vararavintosolukko

Siemenviljelys 51

Siipipalle 13
Sirkkajuuri 16
Sirkkalehdet 16
Sirkkasilmu 16
Sirkkavarsi 16
Soluhengitys 35
Stratifointi 37, 73
Suhteellinen kosteus 104
Sukusolut 18

T

Taimipolte 69
Tasalaatuisuus, siemenenä 83
Tasapainokosteus 65
Tetrazoliumtesti 117
Toisto 99, 100
Tuhatjyväpaino 75, 97, 125
Tuleentuminen 22
Työnäyte 88

V

Vaihtelutesti 84
Vanhentamistesti 119
Vararavintosolukko 16
Variaatiokerroin 98
Varianssi 84
Vesipitoisuus 98
Vesipotentiali 32

Y

Yksikotinen 18
Yksineuvoinen 18

Liitteet

Liitetaulukko 1. Siemenerän heterogeenisuuden arviointi: näytteiden lukumäärä ja sitä vastaava testisuureen H suurin sallittu arvo.

Astioita siemenerässä	Kuinka monesta astiasta näyte otetaan	Suurin sallittu arvo
5	5	2,58
6	6	2,02
7	7	1,80
8	8	1,64
9	9	1,51
10	10	1,41
11–15	11	1,32
16–25	15	1,08
26–35	17	1,00
36–49	18	0,97
50 tai enemmän	20	0,90

Liitetaulukko 2. Suurimmat sallittu poikkeamat yksittäisten idätysnäytteiden välillä siemenerän heterogeenisuuden määrittämisessä (R-testi). Täydellinen taulukko ks. ISTAn säännöt s. 331.

Itävyyssprosenttien keskiarvo	Suurin sallittu poikkeama (%-yksikköä), kun riippumattomia näytteitä on		
	5–9	10–19	20 ^{a)}
99 tai 1	5	6	6
98 2	7	8	8
97 3	8	9	10
96 4	10	11	12
95 5	11	12	13
94 6	11	13	14
93 7	12	14	15
92 8	13	14	16
91 9	14	15	17
90 10	14	16	17
89 11	15	17	18
88 12	15	17	19
87 13	16	18	20
86 14	16	18	20
85 15	17	19	21
84 16	17	19	21
83 17	18	20	22
82 18	18	20	22
81 19	19	21	23
80 20	19	21	23
79 21	19	22	24
..
50 50	24	26	29

^{a)} Näytteiden lukumäärä riippuu säilytysastioiden lukumäärästä (ks. liitetaulukko 1).

Liitetaulukko 3. Suurin sallittu poikkeama itävyysprosentissa, kun halutaan yhdistää N kappaletta siemeneriä yhdeksi eräksi.

Itävyysprosenttien keskiarvo		Suurin sallittu poikkeama (%-yksikköä), kun yhdistettäviä eriä on			
		N=2	N=3	N=4	N=5 ^{a)}
99	tai 1	2	2	2	2
98	2	3	3	3	3
97	3	3	4	4	4
96	4	4	4	4	5
95	5	4	4	5	5
94	6	4	5	5	5
93	7	5	5	6	6
92	8	5	6	6	6
91	9	5	6	6	7
90	10	5	6	7	7
89	11	6	6	7	7
88	12	6	7	7	7
87	13	6	7	7	8
86	14	6	7	8	8
85	15	6	7	8	8
84	16	7	8	8	8
83	17	7	8	8	9
82	18	7	8	8	9
81	19	7	8	9	9
80	20	7	8	9	9
79	21	7	8	9	9
..
50	50	9	10	11	11

^{a)} Täydelliset taulukot ks. ISTA Handbook on Statistics in Seed Testing, 2002, s. 78.

Liitetaulukko 4. Binomijakauman mukaiset luottamusvälit siemenerän itävyyssprosentille näytteen siementen kokonaislukumäärän vaihdella. Erän todellinen itävyyssprosentti osuu esitetyle luottamusvälille 95:ssä tapauksessa sadasta.

Näytteestä mitattu itävyyssprosentti	Siementen kokonaislukumäärä testissä			
	100	200	400	1 000
	Siemenerän itävyyssprosentin luottamusväli, %			
100	96–100	98–100	99–100	99–100
99	95–100	97–100	97–100	98–100
98	93–100	95–99	96–99	97–99
97	91–99	94–99	95–98	96–98
96	90–99	92–98	94–97	95–97
95	88–98	91–97	92–97	94–96
94	87–98	90–97	91–96	92–95
93	86–97	88–96	90–95	91–94
92	85–97	87–95	89–94	90–94
91	83–96	86–94	88–94	89–93
90	82–95	85–94	87–93	88–92
..
80	71–87	74–85	76–84	77–82
70	60–79	63–76	65–74	67–73
60	50–70	53–67	55–65	57–63
50	40–60	43–57	45–55	47–53

Liitetaulukko 5. Liikkumavara (suurin sallittu poikkeama pienimmän ja suurimman arvon välillä) samasta näytteestä tehdyn idätyskokeen 4 x 100 siemenen toistoille.

Itävyyssprosenttien keskiarvo	Suurin sallittu poikkeama, %-yksikköä
99 tai 2	5
98 tai 3	6
97 tai 4	7
96 tai 5	8
95 tai 6	9
93–94 tai 7–8	10
91–92 tai 9–10	11
89–90 tai 11–12	12
87–88 tai 13–14	13
84–86 tai 15–17	14
81–83 tai 18–20	15
78–80 tai 21–23	16
73–77 tai 24–28	17
67–72 tai 29–34	18
56–66 tai 35–45	19
51–55 tai 46–50	20

Liitetaulukko 6. Suurin sallittu poikkeama kahden samasta eränäytteestä tai kahdesta eri eränäytteestä joko samassa tai eri laboratorioissa saaduille itävyyssprosentteille, kun näytteen koko on 4 x 100 siementä. Taulukon lukuarvot perustuvat kaksisuuntaiseen testiin, ja sitä voidaan käyttää kun halutaan tietää, poikkeavatko kahdessa testissä saadut tulokset toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Itävyyssprosenttien keskiarvo	Suurin sallittu poikkeama, %-yksikköä
98–99 tai 2–3	2
95–97 tai 4–6	3
91–94 tai 7–10	4
85–90 tai 11–16	5
77–84 tai 17–24	6
60–76 tai 25–41	7
51–59 tai 42–50	8

Liitetaulukko 7. Suurin sallittu poikkeama kahdesta eri eränäytteestä joko samassa tai eri laboratorioissa saaduille itävyyssprosentteille, kun näytteen koko on 4 x 100 siementä. Taulukossa esitetyt lukuarvot perustuvat yksisuuntaiseen testiin ja sitä voidaan käyttää, kun kahdesta mitatusta itävyyssprosenttiarvosta jälkimmäinen testi antaa ensimmäistä heikomman tuloksen ja halutaan selvittää onko ero tilastollisesti merkitsevä.

Itävyyssprosenttien keskiarvo	Suurin sallittu poikkeama, %-yksikköä
99 tai 2	2
97–98 tai 3–4	3
94–96 tai 5–7	4
91–93 tai 8–10	5
87–90 tai 11–14	6
82–86 tai 15–19	7
76–81 tai 20–25	8
70–75 tai 26–31	9
60–69 tai 32–41	10
51–59 tai 42–50	11

Liitetaulukko 8. Toistojen välinen liikkumavara (suurin sallittu poikkeama pienimmän ja suurimman arvon välillä) samasta näytteestä tehdyssä neljän toiston grammitumäärityksessä.

Itäneiden siementen kokonaismäärä neljässä toistossa, kpl	Suurin sallittu poikkeama, kpl
0–6	4
7–10	6
11–14	8
15–18	9
19–22	11
23–26	12
27–30	13
31–38	14
39–50	15
51–56	16
57–62	17
63–70	18
71–82	19
83–90	20
91–102	21
103–112	22
113–122	23
123–134	24
135–146	25
147–160	26
161–174	27
175–188	28
189–202	29
203–216	30
217–230	31
231–244	32
245–256	33
257–270	34
271–288	35
289–302	36
303–321	37
322–338	38
339–358	39
359–378	40
379–402	41
403–420	42
421–438	43
439–460	44
> 460	45



ISBN 951-40-1869-9
ISSN 0358-4283