



TAIMI UUTTSET

numero 2/2016

Istutetaanko
kuusta jo liikaa?

Hirvituhoalueiden
tunnistaminen
laserkeilauksella

Valospektrit
muuttavat taimien
rakennetta

YHTEISTYÖSSÄ MUKANA:

Fin Forelia Oy
Kalevankatu 8
40100 Jyväskylä

Ab Mellanå Plant Oy
Mellanåvägen 33
64320 Dagsmark

Partaharjun Puutarha Oy
Partaharjuntie 431
76280 Partaharju

Pohjan Taimi Oy
Kaarreniementie 16
88610 Vuokatti

Taimi-Tapio Oy
Pinninkatu 53, 3 krs.
33101 Tampere

UPM Metsä
Joroisten taimitarha
Kotkatlahdentie 121
79600 Joroinen

TOIMITTAJA
Marja Poteri
Luonnonvarakeskus
Suonenjoki
Marja.Poteri@luke.fi

AINEISTON TOIMITUS
Luke / Jaana Luoranen

Taimitarhojen tietopalvelu toimittaa
Taimiutiset-lehteä, järjestää alan kursseja sekä
julkaisee oppaita.

TAITTO
Juvenes Print/Anita Pesola

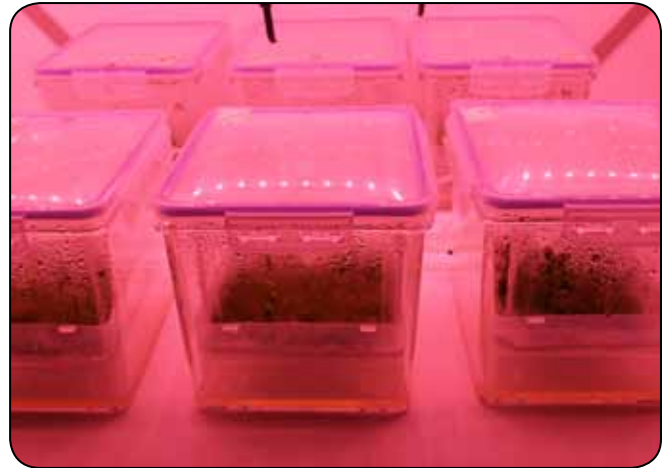
KANSIKUVA
Luke/Erkki Oksanen

TILAUKSET
Tilaushinta vuodeksi 2016 on 35 euroa.
Taimiutiset ilmestyy neljä kertaa vuodessa.
Tilaukset toimittajalta tai verkkolomakkeella
www.metla.fi/taimiutiset/taimiutiset-tilaus.htm

JULKAISIJA
Luonnonvarakeskus
Suonenjoki

ISSN 1455-7738 (painettu)
ISSN 2242-9395 (verkkójulkaisu)
Juvenes Print - Suomen yliopistopaino Oy, 2016

Lehti ilmestyy Aineisto lehteen
3.10. 5.9.
27.12 28.11.



17 *Idätyskoe bioreaktoreissa LED-valojen
alla (valokuva Frida Lappalainen)*

KIRJOITTAJIEN YHTEYSTIEDOT

rikala@dnainet.net

Katri.Himanen@luke.fi
Jaana.Luoranen@luke.fi
Marja.Poteri@luke.fi
Johanna.Riikonen@luke.fi
Timo.Saksa@luke.fi
Juntintie 154, 77600 SUONENJOKI

Saija.Huuskonen@luke.fi
Antti.Ihalainen@luke.fi
Soili.Kojola@luke.fi
Michael.Muller@luke.fi
Jokiniemenkuja 1, 01370 VANTAA

Saila.Varis@luke.fi
Frida.Lappalainen@luke.fi
Mikko.Tikkinen@luke.fi
Tuija.Aronen@luke.fi
Finlandiantie 18, 58450 PUNKAHARJU

Juho.Matala@luke.fi
Yliopistokatu 6, 80100 JOENSUU

Pertti.Pulkkinen@luke.fi
Haapastensyrjäntie 34, 12600 LÄYLIÄINEN

Jukka.Reiniharju@utu.fi
Aerobiologian yksikkö, 20014 TURUN YLIOPISTO

Petteri.Packalen@uef.fi
Markus.Melin@uef.fi
Itä-Suomen yliopisto,
Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta,
Metsätieteiden osasto, PL 111, 80101 Joensuu



23 *Peittoaineet pikkukivi, puru, hake ja vaahtolasi (valokuva Marja Poteri)*



26 *Hallakastelua taimitarhalla (valokuva Pekka Voipio)*

Sisällys

Tutkimusta tulevaisuuden istutusketjuista	4
<i>Jaana Luoranen ja Timo Saksa</i>	
Kuusi valtaa alaa	6
<i>Saija Huuskonen, Soili Kojola ja Antti Ihalainen</i>	
Voiko laserkeilauksella löytää hirvituhoalueita?	10
<i>Juho Matala, Petteri Packalen ja Markus Melin</i>	
Kuusen solukkolisäyksen tutkimus jatkuu lukessa	13
<i>Saila Varis, Frida Lappalainen, Mikko Tikkinen ja Tuija Aronen</i>	
Kuusen ja männyn taimien kasvua ja rakennetta voi ohjata erilaisilla valon spektreillä	17
<i>Johanna Riikonen</i>	
Taimien talveentumiskehitys tulevaisuuden ilmasto-olosuhteissa: Erilaisia reaktioita eri puulajeilla ja alkuperillä	21
<i>Pertti Pulkkinen</i>	
Peittoaineiden vaikutus kasvualustan vesipitoisuuteen ja kuusen taimien kasvuun	23
<i>Marja Poteri ja Jukka Reiniharju</i>	
Hallakastelun käyttö pakkasvaurioiden estämiseen	26
<i>Jaana Luoranen ja Risto Rikala</i>	
Siemenlevintäinen <i>Diplodia pinea</i> -sieni havaittu ensi kertaa suomessa	29
<i>Katri Himanen ja Michael Müller</i>	
Erinomainen kirja kasvihuoneviljelystä	31

Tutkimusta tulevaisuuden istutusketjuista

JAANA LUORANEN JA TIMO SAKSA



VIISIVUOTINEN TULEVAISUUDEN METSÄT JA METSÄNHOITO -tutkimusohjelma on päättymässä ja on aika tarkastella, mitä on saatu aikaiseksi. Tutkimusohjelma rakentui lähes 40 erillisestä hankkeesta, joissa tarkasteltiin metsänhoidon uusia kysymyksiä biologisesta, teknologisesta ja taloudellisesta näkökulmasta. Metsänviljelyn teema-alueessa selvitettiin varsin laajasti metsäpuiden kasvullista lisäystä, uudistettiin metsänviljelyaineiston käyttöalueiden määrittystä, kehitettiin taimituotantomenetelmiä ja tulevaisuuden metsänviljelymateriaaleja sekä tutkittiin istutusajankohtia ja maanmuokkausmenetelmiä.

Metsänjalostuksessa on kehitetty tekniikkaa, jolla voitaisiin entistä tehokkaammin lisätä kuusen taimia alkiomonistuksella. Tästä on lehdesä oma erillinen artikkelinsa, samoin kuin metsäpuiden viljelyvarmuudesta tulevaisuuden ilmasto-oloissa.

Ihmistyövaltainen metsänistutus on murrosvaiheessa. Kone- ja laitekehityksen myötä tulevaisuudessa tullaan istuttamaan koneellisesti nykyistä suurempia pintalaitteita. Samalla perinteinen kevään ja syksyn istutuskausi tulee käsittämään koko sulanmaan ajan. Näihin istutuksiin soveltuvan taimimateriaalin tuottamiseksi tutkittiin vaihtoehtoja, jossa taimia tai koulintamateriaalia voitaisiin tuottaa jo talvella lämmitetyissä kasvihuoneissa. Keväällä pienissä paakuissa tuotettu taimimateriaali olisi sitten tarkoitettu koulia isompiin paakkuihin, kasvattaa jonkin aikaa taimitarhalla ja istuttaa vielä samana vuonna metsään.

Koulintamenetelmän onnistuminen edellyttää LED-valotekniikkaa. Tulokset osoittavat, että erilaisia valon spektrejä käyttämällä voidaan muokata kuusen ja männyn taimien rakennetta ja fysiologiaa, mutta erot katoavat jo ennen istutusta. Tärkeämpää on LED-valojen intensiteetti ja valojakson pituus. LED-valot näyttäisivät soveltuvan myös häirintävaloiksi estämään

taimien keväinen silmuuntuminen. Ennen LED-valojen laajempaa käyttöönnottoa metsätaimitarhoilla tarvitaan edelleen käytännön mitatakaan tutkimusta, jotta saadaan selville, miten ne vaikuttavat taimien kasvatusrutiineihin.

Metsänviljelyn kustannustehokkuutta tavoiteltaessa tulee mieleen kasvattaa taimia nykyistä pienemmissä paakuissa. Samoin voi olla houkutus käyttää kesäistutukseen alun perin keväistutuksiin tuotettuja taimia, joita on kasvatettu alkukesä kasvatuskennoissa. Taimien kasvatusiheyden lisääminen tai kasvatusajan venyttäminen sisältää kuitenkin biologisia riskejä. Jos taimet kasvavat normaalia kauemmin kokoonsa nähden liian pienissä paakuissa, niiden juuristo kasvaa liian suureksi ja pakkautuu juuripaakun sisään. Tällaisten taimien istutuksen jälkeinen pituuskehitys heikkenee. Tuloksia juuriston ahautumisen vaikutuksista taimien elävyyteen metsään istutettaessa on odotettavissa lähiaikoina.

Istutuskauden pidentäminen edellyttää myös istuttamista syksyllä. Jo aiemmin on todettu, että varsinkin kuusen taimien myöhäinen istutusajankohta edellyttää lyhytpäiväkäsittelyä. Lyhytpäiväkäsittely (LP) pysäyttää taimien pituuskasvun ja taimet karaistuvat alkusyksyn syyshalloja vastaan. LP-tekniikan käytön myötä on kuitenkin havaittu, että LP-käsiteltyjen taimien silmut puhkeavat seuraavana keväänä käsittelemättömien taimien silmuja aikaisemmin. Samoin tutkimukset kesäistutuksesta osoittavat, että myös kesällä istutetuilla taimilla silmut puhkeavat seuraavana keväänä aiemmin.

Taimien rakennetta mikroskooppilla tutkittaessa havaittiin, että LP-käsittely muuttaa kuusen taimien silmun suojakerroksen rakennetta. Silmusuomukokonaisuuden heikentyminen sekä laadullisesti että määrällisesti voi altistaa käsitellyn taimen silmun pakkaskuivumiselle ja/tai pakkasvauriolla talven ai-

kana. Muutos selittää sen, miksi LP-käsittelyn taimen silmu puhkeaa aikaisemmin seuraavana keväänä.

Tutkimusohjelman hankkeissa selvitettiin ongelmallisten hienojakoisten maiden istutusta ja maanmuokkausta. Sopivimmiksi maanmuokkausmenetelmiksi osoitettiin oja- ja laikkumätästys. Näissä muokkausjäljissä istutustaimien alkukehitys paranee. Hienojakoisten maiden luontaiseen tiivyyteen ja hapettomuuteen liittyviä ongelmia mätästys ei kuitenkaan pidemmällä tähtäimellä vähennä.

Taimien suojaaminen tukkimiehentäin syöntiä vastaan lisää oleellisesti viljelyvarmuutta. Kemiallisen tukkimiehentäin suojauksen rajoitteet lisääntyvät ja käytettävissä olevan valmistevalikoiman ylläpitäminen vaikeutuu. Kuusen taimien istuttaminen ilman kemiallista tukkimiehentäin suojausta voisi olla mahdollista. Taimet on kuitenkin istutettava kivennäismaapintaisiin mätäisiin ja niiden on oltava tyviläpimitaltaan yli 4 mm. Tukkimiehentäinsyönniltä suojaava vaikutus perustuu osin taimen tyvelle tarttuvaan kivennäismaahan, jota roiskuu mätäiden pinnasta.

Päättävän ohjelman metsänviljelytutkimus painottui kuusen istutuksen kustannustehokkuuden parantamiseen. Metsien puolujarakenteen monipuolistamiseksi olisi kuitenkin pystyttävä lisäämään koivun taimien istutusta kilpailukykyiseen hintaan kuusen viljelyketjuun nähden. Eri kylvöaikojen ja erikokoisten koivuntaimien tuotanto onkin käynnistynyt ja tutkimuksen haasteena on selvittää jatkossa mm. talvivarastointiin liittyviä koivun laatuongelmia ja tautiriskejä.

Edelleen tarvitaan tutkimusta kuusen kasvullisesta lisäyksestä, tulevaisuuden ilmastoon soveltuvista puolajeista ja alkuperistä, LED-valojen käyttösovelluksista metsätaimitarhoilla sekä entistä kustannustehokkaammista taimituotanto- ja istutusmenetelmistä.



Kuusi valtaa alaa

SAIJA HUUSKONEN, SOILI KOJOLA JA ANTTI IHALAINEN

Puulajisuosikit eri vuosikymmeniltä

Suomen olosuhteissa metsänviljelyyn valitaan useimmiten mänty, kuusi tai rauduskoivu. Hybridihaavan, hieskoivun, tervalepän tai visakoivun viljelymäärät ovat aina olleet hyvin pieniä. Viimeaikaiset metsänviljelyn, eli kylvön ja istutuksen, vuotuiset toteutuspinna-alat osoittavat, että olemme siirtymässä vahvasti kuusen valtakaudelle.

1970–1980-luvuilla valtaosa metsänviljelypinta-alasta uudistettiin männylle. Huippuvuosina 1978–1981 mäntyä viljeltiin 85 %:lla viljelyalasta (kuva 1). Istutetusta pinta-alasta männyn osuus oli 81 % (Metsätalastollinen vuosikirja 2014).

Siirryttäessä 1990-luvulle männyn osuus viljelyalasta pieneni, kuusen, koivun ja muiden puulajien osuuksien kasvaessa. Metsänviljelyn puulajikirjo olikin suurimmillaan 1990-luvulla. Mäntyä käytettiin 55 %:lla, kuusta 32 %:lla ja koivua ja muita puulajeja 13 %:lla viljely-

alasta (kuva 1). Pellonmetsitykset lisäsivät osaltaan koivun osuutta metsänviljelyssä.

Koivun osuus metsänviljelyssä pieni selvästi 2000-luvulla ja männyn osuus pieni edelleen. Nykyinen männyn istutus- ja kylvöpinta-ala (yhteensä 43 000 ha) onkin jo pienempi kuin kuusen viljelypinta-ala (53 000 ha).

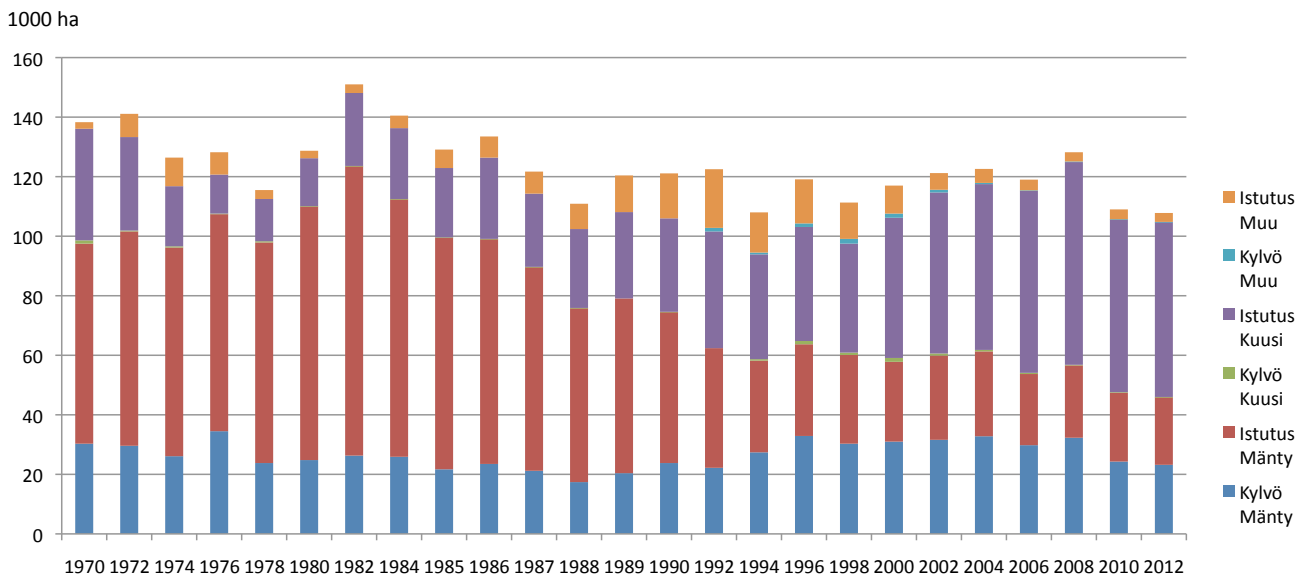
Valtakunnan metsien 11. inventoinnin tulokset osoittavat, että eri vuosikymmeninä metsänviljelyssä suosittujen puulajien osuudet näkyvät myös metsien kehitysluokittaisessa tarkastelussa (kuva 2). Mäntyvaltaisten metsien osuus on nuorissa kasvatusmetsissä 73 %, mutta varttuneissa taimikoissa enää 56 % ja pienissä taimikoissa 59 %. Lehtipuuston vallitsevuus on suurimmillaan nuorissa kasvatusmetsissä (15 %). Pienistä taimikoista vain 3 % on lehtipuuvaltaisia. Kuusen osuus vastaavasti kasvaa kehitysluokkien nuorentuessa. Nuorissa kasvatusmetsissä kuusi on pääpuulajina 12 %:ssa, varttuneissa taimikoissa 34 %:ssa

ja pienissä taimikoissa 39 %:ssa. Ikäluokittain tarkasteltuna erot puulajien välillä näkyvät samansuuntaisina. Kun 41–60-vuotiaista metsiköistä kuusivaltaisia on viides, 1–20-vuotiaista kuusivaltaisia on reilu kolmannes.

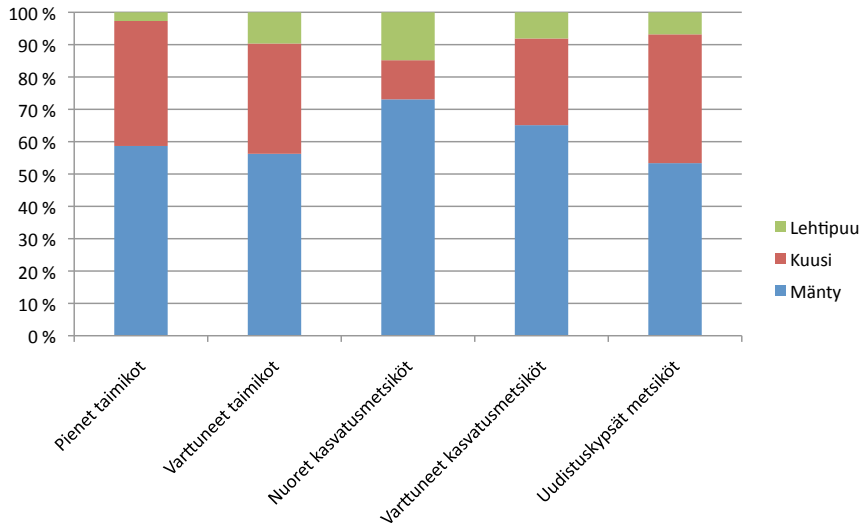
Suosion seuraukset

Vielä emme ole tilanteessa, jossa kuusen valta-asema olisi yhtä vahva kuin männyllä 1980-luvulla, mutta kuusen osuuden kasvu on kuitenkin ollut huomattava. Oikealla kasvupaikalla kasvaessaan kuusella on hyvä tuotos ja sitä voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin. Kuusen kysyntä on yleensä puumarkkinoilla hyvä. Mitä kuusen viljelyn lisääntynyt suosio merkitsee metsänkasvatuksen riskien kannalta?

Takavuosien laajamittainen männynviljely ulottui kaikille kasvupaikoille – myös hyvin reheville. Tuloksena rehevillä kasvupaikoilla nähdään nyt hyvin kasvavia nuoria männiköitä,



Kuva 1. Metsänviljelypinta-alat puulajeittain vuosina 1970–2012. Lähde: Metsätalastollinen vuosikirja 2014.



Kuva 2. Puuston vallitsevuus kehitysluokittain VMI11 (2009–2013) inventointitulososten perusteella. Lähde: VMI/Luonnonvarakeskus.

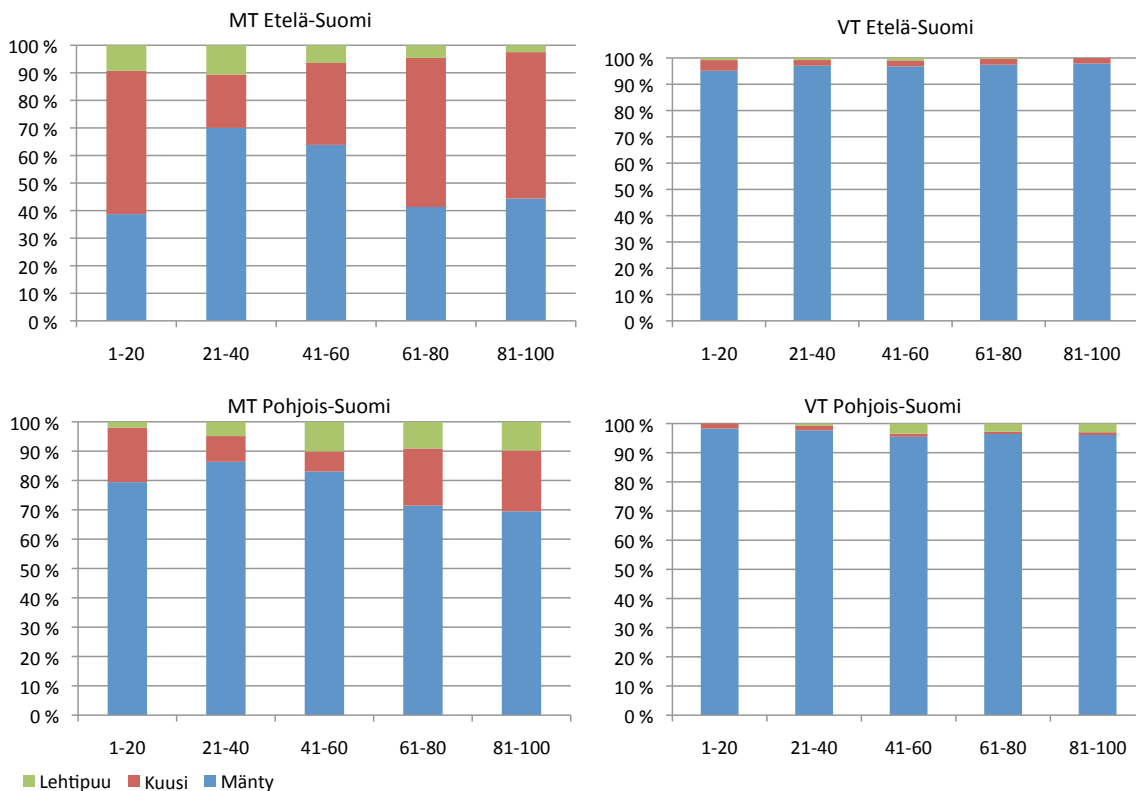
joissa myös oksien paksuuskasvu on nopeaa ja sen seurauksena metsiköiden laatu heikko. Kuuseen verrattuna männyn etu on, että se yleensä kasvaa hyvin kuutiometrejä niin karuilla kuin rehevilläkin kasvupaikoilla.

Kuusen suosion lisääntyessä on puolestaan mahdollista, että sitä päädytään istuttamaan myös kasvupaikoille, jotka ovat sille liian karuja. Karuilla kasvupaikoilla kuusen kasvuedellytykset eivät ole yhtä hyvät kuin männyl-

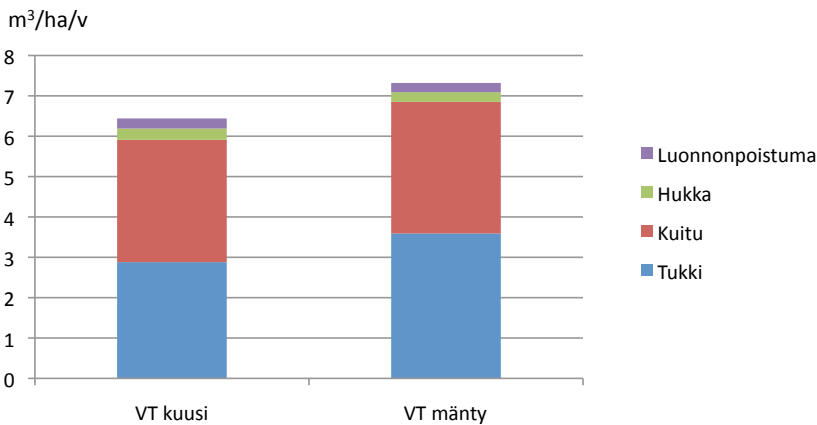
lä, minkä seurauksena kuusikon puuntuotos jää alhaisemmaksi kuin männikön.

Minkä tahansa yhden puulajin laaja-alainen vallitsevuus lisää tuhoriskejä. Kun kuusivaltaisia metsiä on paljon, kuusta suosivien tuholaisien, kuten kirjanpajajän, siirtyminen metsiköstä toiseen on vaivatonta. Etelä-Suomen vanhoja kuusikoita vaivaa juurikäpää. Mikäli jo juurikäävälle altistuneet metsiköt viljellään toistamiseen kuuselle, siirtyy juurikäpää myös uuden puusukupolven riesaksi.

Metsänkasvatuksen pitkistä kiertajoista johtuu, että kuukaan ei voi varmuudella tietää millaiselle puulle on kysyntää siinä vaiheessa, kun tänä päivänä uudistettu metsä saavuttaa päätehakkuuvaiheen. Pankkimailmasta tuttu hajautus toisi turvaa myös metsänomistajalle, kun metsiköitä uudistettaisiin useille eri puulajeille.



Kuva 3. Puulajien vallitsevuus tuoreella kankaalla (MT) ja kuivahkolla kankaalla (VT) ikäluokittain VMI11 (2009–2013) inventointitulososten mukaan. Lähde: VMI/Luonnonvarakeskus.



Kuva 4. Esimerkkilaskelma kuivahkon kankaan (VT) vuotuisesta keskituotoksesta istutusmännikössä ja -kuusikossa. Laskelmat on tehty Luonnonvarakeskuksen MOTTI-ohjelmistolla.

Liikaa kuusta?

Viime aikoina kuusta on viljelty hieman yli puolella metsänviljelypinta-alasta. Osuus vaihtelee maan eri osissa. Eniten kuusta viljellään Pohjois-Savon (78 % viljelyalasta), Keski-Suomen (75 %) ja Häme-Uudenmaan Metsäkeskusten alueilla (75 %) (Metsätilastollinen vuosikirja 2014).

Kuusen suuri osuus viljelyalasta herättää kysymyksen, istutetaanko kuusta myös sille heikosti soveltuville kasvupaikoille. Olettaen, että kuuselle sopivia ovat kaikki lehtomaiset kankaat ja sitä viljavammat kasvupaikat sekä kolme neljäsosaa tuoreista kankaista ja vastaavista turvemaista, olisi Valtakunnan metsien inventointitulosten mukaan esimerkiksi Pohjois-Savossa kuuselle sopivia kasvupaikkoja 67 % puuntuotannon metsämaan pinta-alasta. Jos mukaan kelpuutetaan kaikki tuoreen kankaan ravinteisuustasoa ja sitä paremmat kasvupaikat, luku olisi 78 %. Toisaalta rehevien kasvupaikkojen lyhyemmät kiertoajat lisäävät niiden suhteellista osuutta vuotuisissa uudistamis-pinta-aloissa.

Tuoreella kankaalla kuusen osuuden kasvu on selkeä niin Etelä- kuin Pohjois-Suomessakin. Etelä-Suomen tuoreen kankaan 21–40-vuotiaista metsistä vain 19 % on kuusivaltaisia (kuva 3), kun

taas nuoremmista, 1–20-vuotiaista metsistä niitä on jo hieman yli puolet. Pohjois-Suomessa tuoreen kankaan 21–40-vuotiaista metsistä kuusivaltaisia on 9 % ja 1–20-vuotiaista 19 %.

Kuusivaltaisten metsien osuus kuivahkolla kankaalla on hiukan lisääntynyt viimeisten 20 vuoden aikana. Etelä-Suomen kuivahkon kankaan varttuneemmista metsistä kuusivaltaisia on 2 % ja 1–20-vuotiaista metsistä 4 % (kuva 3). Pohjoisen kuivahkoilla kankailla kuusi on pääpuulajina 1 %:lla 21–40-vuotiaiden pinta-alasta ja 2 %:lla 1–20-vuotiaista metsistä.

Tuoreen kankaan uudistamiskohteen puulajivalinnassa onkin suurin haaste tunnistaa erilleen ne kasvupaikat, jotka ovat karkean maalajinsa perusteella paremmin männylle kuin kuuselle sopivia. Nykyinen melko kaavamainen käytäntö metsänuudistamisessa – kuusen istutus tuoreelle kankaalle – jättää yleensä maalajin huomiotta.

Lisääntyneet taimikoiden hirvieläntuhot ovat myös osaltaan suunnanneet kuusen istutusta karummille, tavanomaisesti männyin kohteille. Paremmilla kasvupaikoilla korkea hirviturhori on puolestaan suunnannut puulajivalintaa kuuselle rauduskoivun sijasta.

Kuusi kuivahkolla kankaalla

Kuusi on mäntyä vaateliaampi kasvualustansa suhteen kuin mänty ja tarvitsee hyvin kasvaakseen runsaasti vettä ja ravinteita. Tästä syystä kuusen kasvu hidastuu selvemmin kuin männyin, kun siirrytään ravinteisemmilta karummille kasvupaikoille. Kuivahkolla kankaalla nähdäänkin usein metsiköitä, joissa kuuset ovat jääneet kasvussa alisteiseen kasvuasemaan, eikä niiden pituus näytä saavuttavan valitsevan jakson mäntyjen pituutta.

MOTTI-ohjelmiston (Hynynen ym. 2002, Salminen ym. 2005, Hynynen ym. 2014) kehitysennusteiden mukaan kuivahkolla kankaalla kasvavassa eteläsuomalaisessa istutuskuusikossa jäädään kiertoajalla noin 12 % pienempään vuotuisen keskituotoksen kuin istutetussa männikössä (kuva 4). Ero vuotuisessa tukkipuun tuotoksessa on noin 20 %. Kuivahkolla kankaalla kuusi häviää männylle sekä pituus- kasvuun että läpimitan kasvussa.

Tuotostutkimuksen näkökulmasta kuivahkon kankaan kuusikon ja männikön kasvun vertailu ei kuitenkaan ole ongelmatonta. Metsätyyppien sisälläkin on eroja viljavuudessa ja siten myös puulajien runsaudessa. Esimerkiksi, kun männiköitä esiintyy tasaisesti koko kuivahkon kankaan viljavuusvaihtelun alueella, kuusikot sijaitsevat pääasiassa metsätyyppien viljavammassa päässä, siis keskimäärin paremmilla kasvupaikoilla kuin männiköt. MOTTI- ja MELA-ohjelmistojen kasvumallit perustuvat inventointityyppeihin aineistoihin. Kuvattaessaan aineistonsa ominaisuuksia kasvumallit ennustavat kuivahkon kankaan männiköiden kasvua metsätyyppillä keskimäärin, mutta kuusikoiden kasvua kuivahkon kankaan viljavamman osan mukaisena. Tämä johtaa tuotoseuron aliarvioon, eli kuusen kasvu suhteessa männyyn on kuivahkolla kankaalla vieläkin huonompi kuin mallien tuottama ero osoittaa.

Samaisesta kasvupaikka-ongelmasta keskusteltiin jo 1950-luvulla – vastaako kuusikon puolukkatyyppi männikön puolukkatyyppiä. Sarvaksen (1951) tutkimustulosten mukaan puolukkatyyppin kuusikot ovat puolukkatyyppin männikön kuusettumistuloksia, eli kasvupaikka olisi sama. Keltikangas (1959) toi esille näkemyksen, että puolukkatyyppin kuusikot edustavat seinäsammaltyyppin (PIVT) raja- tai laitavarianttia puolukkatyyppiin päin ja sen kasvupaikat edustavat karuimpien tuoreiden kankaiden sekä kuivanpuoleisten kankaiden raja-aluetta.

Luotettavin tieto todellisista kasvuerosta samalla kasvupaikalla edellyttäisi koesarjoja, jossa olisi kokeittain viljelty eri puulajeja omilla koealoillaan ja seurattu niiden kasvua vuosikymmenien ajan toistuvilla mittauksilla. Tällaisia pitkäaikaisia kestokokeita puulajien tuotoskyvyn vertailuun on Luonnonvarakeskuksessa vain muutamia, eikä

lainkaan kuivahkon kankaan kasvupaikalta.

Uusi ilmiö?

Keskustelu kasvavasta kuusen osuudesta ja kuusen viimeaikaisesta suosiosta metsänviljelyssä kuulostaa äkkiä ajatellen siltä, että olisimme uuden ilmiön parissa. Sarvaksen (1951) mukaan kuusettumisesta oli kuitenkin suuri huoli jo sata vuotta sitten, ja aihetta selvitettiin monin tutkimuksin (Blomqvist 1883, Pöntynen 1929, Aaltonen 1936). Silloin kuusettuminen johtui kaskeamisen loppumisesta. Myös harsintahakkuut osaltaan lisäsivät kuusettumista. Valtakunnan metsien arviointitulokset (Ilvessalo 1942) osoittivat, että Lounais-Suomessa, jossa kaskeamisesta oli luovuttu jo aikaa sitten, kuusivaltaisia metsiä oli 41 % kasvullisen metsämaan pinta-alasta. Saimaan alueen eteläosassa, jossa kaskeaminen oli yleistä vielä 1800-luvun lopulla, oli kuusivaltaisia metsiä 17 %.



Kirjallisuus

Aaltonen, V.T. 1936. Kuusi männyn kilpailijana kasvupaikasta. Acta Forestalia Fennica 42.

Blomqvist, A.G. 1883. Finlandsträdslagi-forstlighänseendebeskrifna. II Granen. Finska forstföreningens meddelanden.

Hynynen, J., Salminen, H., Ahtikoski, A., Huuskonen, S., Ojansuu, R., Siipilehto, J., Lehtonen, M., Rummukainen, A., Kojola, S. & Eerikäinen, K. 2014. Scenario analysis for the biomass supply potential and the future development of Finnish forest resources. Metla Workingpapers 302.

Hynynen, J., Ojansuu, R., Hökkä, H., Siipilehto, J., Salminen, H. & Haapala, P. 2002. Models for predicting stand development in MELA System. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 835.

Ilvessalo, Y. 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arvioinnin päätuloksia. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 30.1.

Keltikangas, V. 1959. Suomalaisista seinäsammaltyypeistä ja niiden asemasta Cajanderin luokitusjärjestelmässä. Acta Forestalia Fennica 69.2.

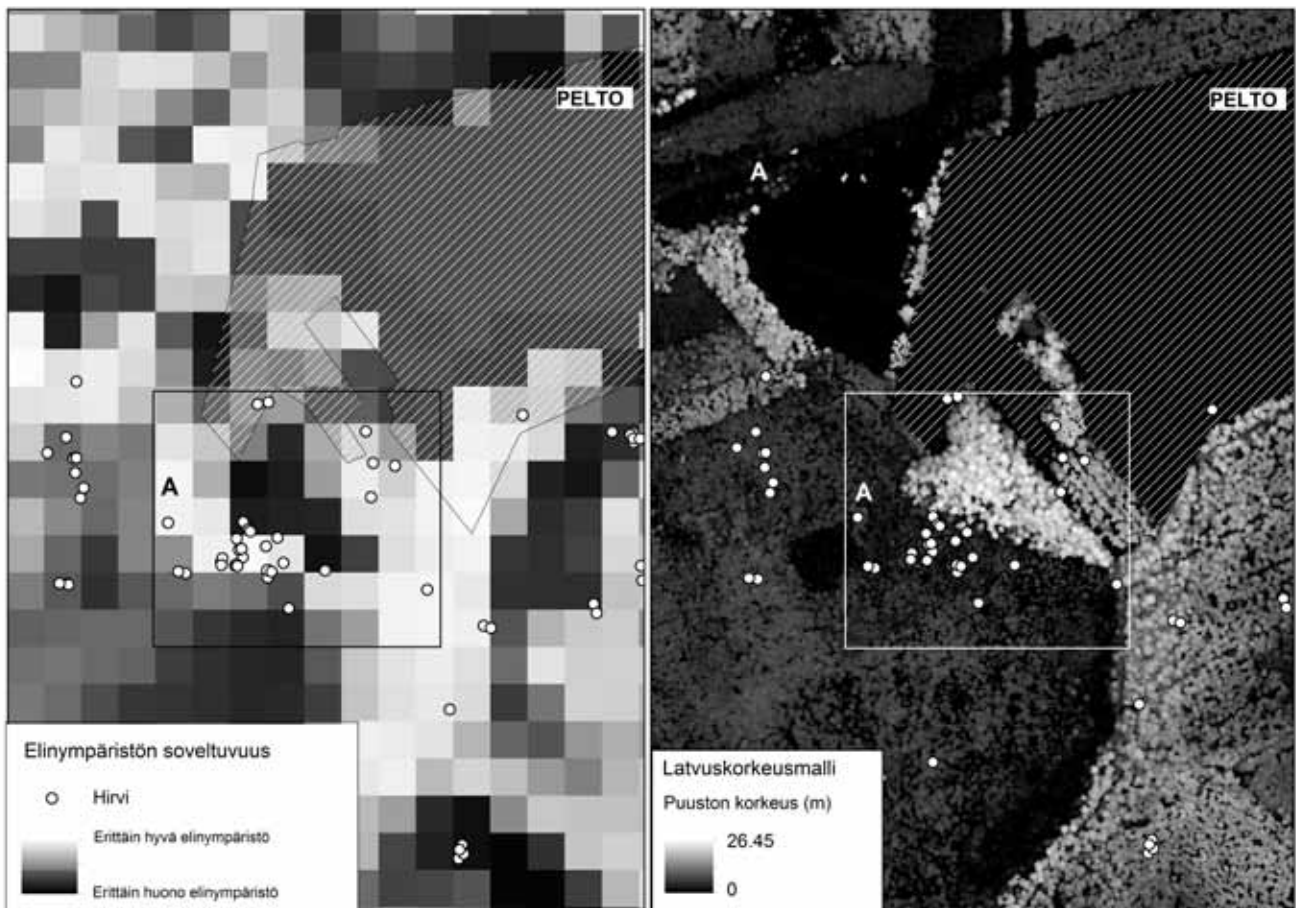
Metsätilastollinen vuosikirja 2014. SVT: Maa-, metsä ja kalatalous. Metsäntutkimuslaitos. 428 s.

Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksina Raja-Karjalan valtionmailla. Acta Forestalia Fennica 35.

Salminen, H., Lehtonen, M. & Hynynen, J. 2005. Reusing legacy FORTRAN in the MOTTI growth and yield simulator. Computers and Electronics in Agriculture 49(1): 103–113.

Sarvas, R. 1951. Tutkimuksia puolukkatyyppin kuusikoista. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 39.1.

Vuokila, Y. 1977. Puolukkatyyppi kuusen kasvupaikkana. Folia Forestalia 324.



Kuva 1. Elinympäristön soveltuvuus hirvelle talviaikaan. Vasemman puoleisessa kuvassa on laserkeilausaineiston perusteella laatimamme mallin kuvaama elinympäristön soveltuvuus hirvelle ja oikealla saman alueen puuston korkeusmalli laserkeilausaineistolta. Valkeat pisteet ovat seurantapannalla varustetun hirven sijainteja.

Voiko laserkeilauksella löytää hirvituhoalueita?

JUHO MATALA, PETTERI PACKALEN JA MARKUS MELIN

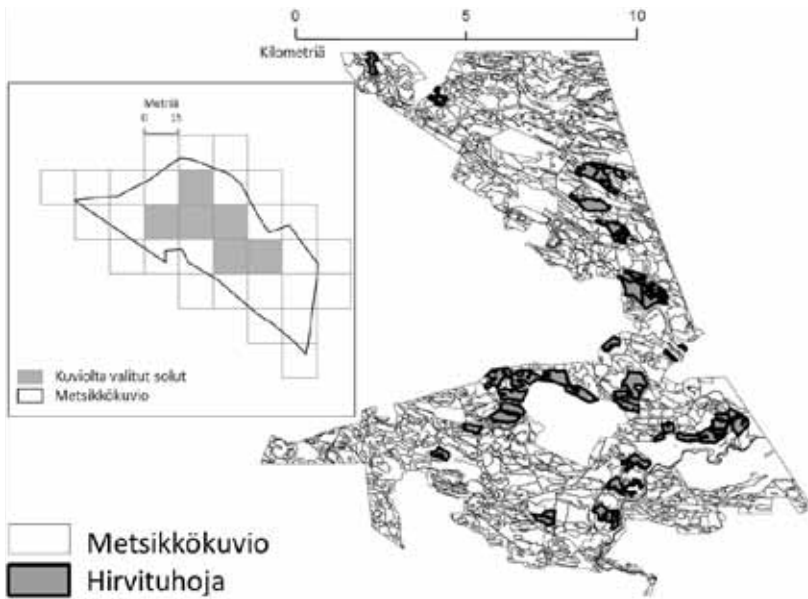
Laserkeilausta käytetään Suomessa maanpinnan muotojen mittaamiseen ja metsävaratietojen keräämiseen. Kyseessä on aktiivinen kaukokartoitusmenetelmä, jossa lentokoneeseen asennetun laitteiston avulla saadaan tarkkaa kolmiulotteista tietoa puuston rakenteesta ja maaston muodoista kattavasti koko mitatulta alueelta.

Näitä ominaisuuksia on jo voitu hyödyntää hirven elinympäristöjen tutkimuksessa. Yhdistämällä la-

serkeilauksen tarkkaa ja kattavaa elinympäristön rakenteen kuvausta hirvien pantaseurannan tuottamiin sijaintitietoihin olemme esimerkiksi tutkineet, millaisia elinpiirejä hirvet käyttävät eri vuodenaikoina (kuva 1; Melin ym. 2013, Melin ym. 2016a), miten hirvet reagoivat lämpöstressiin kesäaikana (Melin ym. 2014) ja millaisia ovat hirven vasomisympäristöt (Melin ym. 2016a).

Metsänomistajien tietoisuus metsiensä tilasta on vähentynyt,

koska he asuvat aiempaa useammin kaupungeissa kaukana metsistään. Tuoreen kyselytutkimuksen perusteella lähes viidesosa metsänomistajista ei esimerkiksi osannut arvioida oman metsätilansa hirvivaikutilannetta (Petäjäistö & Matala 2015). Jotta metsien tilasta myös tuhojen näkökulmasta pysyttäisiin kärryillä jatkossa, tarvitaan uusia tehokkaampia menetelmiä tuottamaan tietoa metsistä kaukokartoituksella. Metsävarojen kuvioittaisessa



Kuva 2. Tutkimusalueen kuviokartta, jossa tummennettuna näkyy metsäkeskuksen arvioimien hirvituhoakuvioiden rajat. Suurennoksena esimerkki aineiston jakamisesta 225 m² soluihin analyysjä varten.



Kuva 3. Tyypillinen Kuusamon tutkimusalueen hirvituhotaimikko. (valokuva Juho Matala)

arvioinnissa laserkeilausaineisto jo onkin Suomen metsäkeskuksella aktiivikäytössä. Tuoreimmassa tutkimuksessamme tavoitteenamme oli laajentaa laserkeilausaineiston hyödyntämismahdollisuuksia myös hirvituhoalueiden löytämiseen (Melin ym. 2016b).

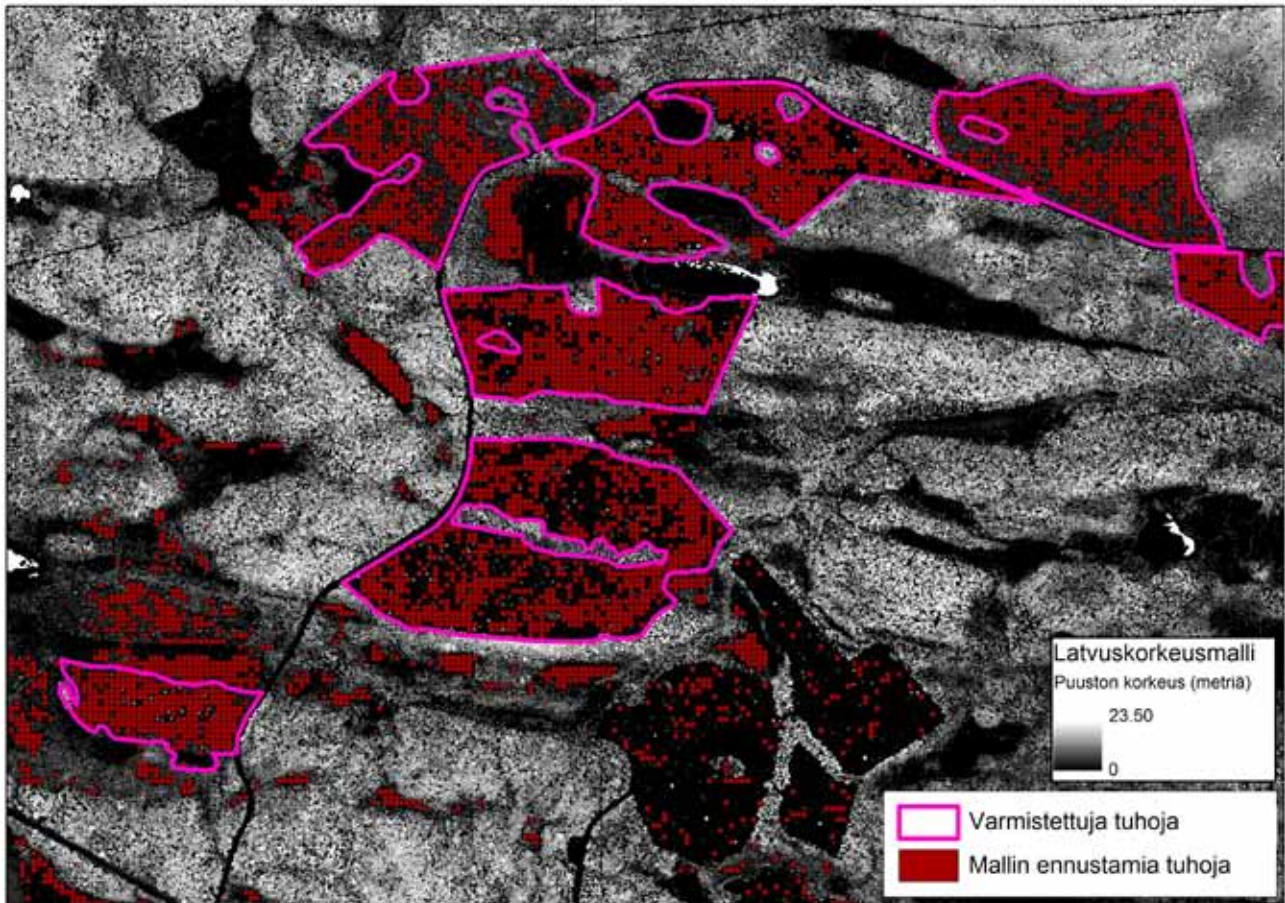
Teimme tutkimuksen Kuusamon yhteismetsän Oulangan paltalta, josta oli samalta ajalta saatavissa hirvituhoinventointitiedot ja laserkeilausaineisto (kuva 2). Tutkimusalueen laajuus oli 8288 hehtaaria, joista 565 hehtaarilla oli metsäkeskuksen vuosina 2007

ja 2009 arvioimia hirvituhoja. Alueen laserkeilausaineisto oli kerätty 2009. Analyysissä verrattiin tuhoarviokuvioiden keilausaineiston kuvaamia rakennepiirteitä vastaavien voittamattomien taimikkokuvioiden ominaisuuksiin. Laserkeilausaineiston puuston rakennetta kuvaavat tunnuksat laskettiin 15 metriä kantiinsa oleville neliön muotoisille soluille, joista reunavaikutuksen eliminoinemiseksi analysoitaviksi otettiin vain kokonaan kuvioiden rajojen sisäpuolella olleet neliöt (kuva 2). Hirvituho esiintymistä näissä keilausaineiston soluissa mallinnettiin logistisella regressiolla.

Keilaustunnuksista eroja hirvituho- ja ehjien taimikoiden välillä löytyi muuttujista, jotka kuvaavat taimikon avoimuutta ja kasvillisuuden määrää 1-5 metrin korkeudella maasta. Tyypilliset hirvituhotaimikot olivat avoimempia ja yli metrin korkeudella kasvillisuutta oli selkeästi vähemmän kuin ehjemmissä taimikoissa. Maastossa nämä keilaustunnuksien kertomat erot näkyvät myös erittäin selvästi (kuva 3).


Mallilla mahdollista seuloa maastotarkastuskohteita?

Muodostamamme malli onnistui laserkeilausaineistolta erottelemaan yksittäiset hirvituhosolut ei-tuhoosoluista 76 %:n tarkkuudella. Kuvioittain tarkasteluna selkeimmät hirvituhoeskiittymät löytyvät varsin hyvin (kuva 4). Mallin ennuste meni useimmin vikaan ennustamalla tuhoja myös muista syistä harvapuustoisiin kohtiin. Mallin heikkous olikin suurehko todennäköisyys ennustaa tuhoja alueille, joilla niitä ei ollut. Käytännön sovelluksia ajatellen tämä on kuitenkin pienempi paha kuin tilanne, jossa hirvituhoja ei havaittaisi siellä, missä niitä todellisuudessa on. Malli olisi hyvinkin toimiva tarkempia maastotarkastuksia vaativien kohteiden esiseu-



Kuva 4. Esimerkki mallin antamista ennusteista. Punaisella on merkitty solut, joissa mallin mukaan on hirvituhoa. Vaaleanpunaisella on rajattuna metsäkeskuksen arvioimat hirvituhoalueet.

lontaan, jolloin hirvituhojen varalta ei tarvitsisi maastossa tarkastaa kaikkia taimikoita.

Tutkimus osoitti, että varsinkin pahimmat hirvituhoalueet on mahdollista tunnistaa laserkeilausaineistolta. Mallin luotettavuutta ja ennustekykyä olisi mahdollista parantaa aineistolla, jossa olisi mitattu myös lievempiä tuhoasteita kuin nyt käytetyt metsäkeskuksen tuho- korvausrajan ylittävät erittäin vakavat tuhot. Laserkeilausaineistoa on jo saatavilla laajoilta alueilta, ja jatkossakin metsävaratietoaineistojen tuottamiseksi keilausaineistot on suunniteltu uusittavaksi kymmenen vuoden kierrolla koko maahan. Tämä tarjoaa hyvän mahdollisuuden laajentaa niiden käyttöä myös metsä-


Lähteet

Melin, M., Packalen, P., Matala, J., Mehtätalo, L. & Pusenius, J. 2013. Assessing and modeling moose (*Alces alces*) habitats with airborne laser scanning data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 23, 389–396, DOI: 10.1016/j.jag.2012.11.004.

Melin, M., Matala, J., Mehtätalo, L., Tiilikainen, R., Tikkanen, O.-P., Maltamo, M., Pusenius, J. & Packalen, P. 2014. Moose (*Alces alces*) reacts to high summer temperatures by utilizing thermal shelters in boreal forests – An analysis based on airborne laser scanning of the canopy structure at moose locations. *Global Change Biology* 20(4), 1115–1125, DOI: 10.1111/gcb.12405.

Melin, M., Matala, J., Mehtätalo, L., Pusenius, J. & Packalen, P. 2016a. Ecological dimensions of airborne laser scanning – Analyzing the role of forest structure in moose habitat use within a year. *Remote Sensing of Environment*, DOI: 10.1016/j.rse.2015.07.025.

Melin, M., Matala, J., Mehtätalo, L., Suvanto, A. & Packalen, P. 2016b. Detecting moose

(*Alces alces* L.) browsing damage in young boreal forests from airborne laser scanning data. *Canadian Journal of Forest Research*, DOI: 10.1139/cjfr-2015-0326.

Petäjäistö, L. & Matala, J. 2015. Hirvi, metsästys ja metsätalous metsänomistajan näkökulmasta. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus*. 64/2015. 35s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-133-4>

Kuusen solukkolisäyksen tutkimus jatkuu Lukessa

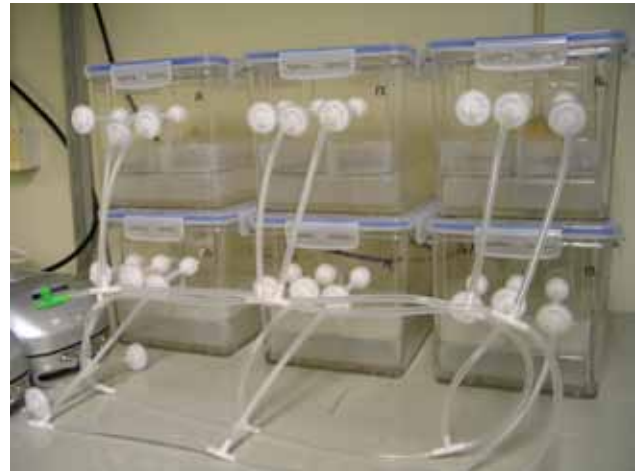
SAILA VARIS, FRIDA LAPPALAINEN, MIKKO TIKKINEN
JA TUIJA ARONEN

Kasvullisella lisäyksellä voidaan tuottaa ominaisuuksiltaan tunnettua ja tasalaatuista taimiainestoa erilaisiin metsäbiomassan käyttötarkoituksiin. Tehokkain kasvullisen lisäyksen menetelmä on solukkoviljely.

Kuusen solukkolisäyksen tutkimus jatkuu Lukessa meneillään olevassa, Etelä-Savon Maakunnan rahoittamassa EAKR-hankkeessa ”Kuusen kasvullinen lisäys – kohti tulevaisuuden taimituotantoa”. Hankkeen tavoitteena on parantaa alkiomonistukseen (somaattinen embryogeneesi, SE) perustuvan lisäysteknologian (Varis ym. 2014, Högberg ja Varis 2016) kustannustehokkuutta vähentämällä käsityötä. Hankkeessa myös pilotoidaan solukkotaimien kasvatusta yhdessä alan yritysten kanssa. Hanke alkoi vuonna 2016, ja se on suunniteltu kolmivuotiseksi.

Kuusen solukkolinjosta tuottavan tutkimuslaboratorion tehokkuutta parannetaan solukkoviljelmien seurantaan kehitettävän tieto- ja tunnistajärjestelmän avulla, sekä testaamalla LED-valaisun ja bioreaktorien soveltuvuutta solukkoviljelmien kasvatukseen ja taimien idätykseen. Tavoitteena on saada paljon laboratoriotestattuja linjoja kenttätestaukseen, mikä on tärkeää korkealaatuisen ja perinnöllisesti monimuotoisen metsänviljelyaineiston saamiseksi. Kenttätestausta puolestaan nopeutetaan integroimalla solukkotaimituotanto- ja pistokasteknologioita. Samalla valmistellaan solukkotaimien rekisteröintiä metsänviljelyaineistoksi.

Solukkotaimien tuotantoketjut voitaisiin rakentaa eri toimijoiden älykkään erikoistumisen ja kumppanuuden mallilla. Hankkeessa testataan Ruotsissa kehitetyn bioreaktoreissa liuoskasvatuksessa tapahtuvan massamonistuksen ja automatisoidun alkioiden valinnan toimivuutta, sekä tuotettujen solukkotaimien kasvatusta tavanomaiseen taimituotantoon tarkoitettulla, modernilla taimitarhalla. Luken yhteistyökumppaneita hankkeessa ovat Mikkelin ammattikorkeakoulu (MAMK), UPM Metsä Joroisten taimitarha, SweTree Technologies Ab ja Valoya Oy.



Kuva 1. Bioreaktorit kuusen solukkoviljelyssä. Ylhäällä reaktoreita käytössä sekä alhaalla niissä tuotettuja alkiota massana reaktorin pohjalla. (valokuvat Frida Lappalainen)

Kohti alkiomonistettujen kuusentaimien massatuotantoa

Tällä hetkellä käytössä oleva kuusen solukkolisäysmenetelmä on työläs ja kallis: solukkojen kasvatusta ja alkioiden tuotanto tapahtuu petrimaljoilla, jolloin jokainen solukon siirto ja alkioiden poiminta tehdään käsityönä. Menetelmän kehittäminen massatuotantoon soveltuvaksi parantaisi kustannustehokkuutta sekä laskisi yksittäisen taimen hintaa huomattavasti. Bioreaktorit solukkomassan ja alkioiden kasvatukseen, automatisoitu alkioiden laskenta- ja erotelujärjestelmä sekä valo-olosuhteiden optimointi solukkoviljelyn eri vaiheisiin ovat keinoja, joilla kustannustehokkuutta voitaisiin lisätä.

Bioreaktorikasvatuksella pyritään suurempiin tuotantomääriin. Maljakasvatuksessa solukon määrä alkioiden kypsytysvaiheessa on vain 200 mg, mistä voidaan saada parhaimmillaan 100-150 alkiota. Bioreaktorissa solukkoa kasvaa mallista riippuen monikymmenkertainen määrä maljaan verrattuna, jolloin yhdestä bioreaktorista voidaan optimaalisissa oloissa saada useita tuhansia alkiota.

Hankkeen alussa testattiin eri bioreaktoreita, jotta löydettäisiin solukkolisäyksen parhaiten soveltuvin



Kuva 2. Kuusen solukkotaimien monistus pistokkaina: vasemmalla solukkotaimista leikattuja pistokkaita juurtumassa. Oikealla juurtunut pistokas. (valokuva Mikko Tikkinen)

malli. Tällä hetkellä Luken Punkaharjun toimipaikassa on käytössä 74 PlantForm-mallista bioreaktoria (kuva 1), joihin menetelmän optimointi on parhaillaan menossa. Ensimmäiset bioreaktoreissa tuotetut alkioit sekä idätetyt SE-taimet ovat jo nähneet päivänvalon, mutta paljon optimointia on vielä jäljellä, jotta menetelmät saadaan toimimaan tehokkaasti.

Hankkeessa testataan myös SweTree Technologies -yhtiön kehittämää teknologiaa. SweTree on ruotsalainen metsäbiotekniikkaan erikoistunut yritys, joka on kehittänyt massatuotannon mahdollistavia menetelmiä kuusen solukkolisäyksen, kuten bioreaktorikasvatusta ja automatisoitua alkioiden valintaa. Suomalaisten solukkolinjosten testaus SweTreen bioreaktoreissa aloitettiin jo viime vuoden puolella.

Ensimmäinen yritys ei kuitenkaan onnistunut, vaan Luken solukkolinjat kuolivat oltuaan jonkin aikaa Ruotsissa viljelyssä. Uudet solukkolinjat toimitettiin tämän vuoden maaliskuussa ja nyt pilotointi on lähtenyt hyvin käyntiin: linjat ovat tottuneet bioreaktoreihin ja kasvavat hyvin. Tuloksia alkiontuotannosta ruotsalaisten laitteistolla on odotettavissa syksyyn mennessä.

LED-valaistuksen testaaminen kuusen solukkoviljelyssä on myös alkamassa. Yhteistyökumppanien kanssa suunnitellun, MAMK:n Elektroniikan 3K-tehtaan rakentaman säädettävän LED-valaisinjärjestelmän ensimmäiset valaisimet ovat testauskäytössä Punkaharjulla. Valaisimien säädettävyys mahdollistaa erilaisten valospektrien testaamisen solukkoviljelyn eri vaiheissa sekä taimien idätyksen aikana.

Hankkeessa myös pilotoidaan kuusen solukkotaimien jatkokasvatusta modernilla taimitarhalla. Luken laboratorion tuottamia pikkutaimia toimitettiin pieni erä kesällä 2015 UPM:n Joroisten tarhalle. Kasvatuskokeilua jatketaan tänä keväänä, pyrkien selvittämään solukkotaimien laboratorion tarhalle siirtämiseen parhaiten soveltuvaa menetelmää ja ajankohtaa, sekä seuraamalla eri solukkolinjosten menestymistä taimikasvatuksessa.

Solukkotaimien rekisteröinti metsänviljelyaineistoksi

Solukkotaimien käyttö metsänviljelyaineistona mahdollistaisi jalostuksen tuloksien tehokkaan hyödyntämisen käytännössä

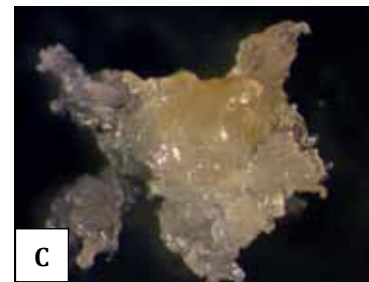
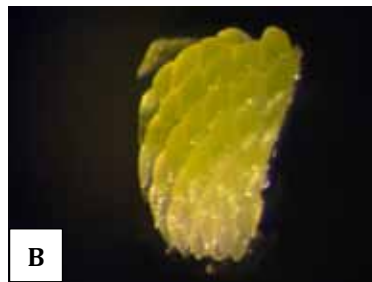
(Haapanen & Mikola 2008). Solukkotaimien saattaminen metsänviljelykäyttöön edellyttää perusaineiston hyväksymistä Eviran toimesta, jonka jälkeen taimierälle on mahdollista myöntää kantatodistus, joka markkinoitavalta metsänviljelymateriaalilta vaaditaan (Laki metsänviljelyaineiston kaupasta 9 ja 10§). Ensimmäisen solukkotaimiyhdistelmän rekisteröintiä perusaineiston luokkaan *perheen vanhemmat* (Maa- ja metsätalousministeriön asetus metsänviljelyaineiston kaupasta (1055/2002) 2§) valmistellaan parhaillaan. Rekisteröitävistä solukkolinjoista tuotetaan tässä vaiheessa riittävä määrä taimia pistokasemoiksi kenttätestausta varten. Kaikkien rekisteröitävien linjojen solukkoa säilytetään kryopreservoituna Luken Punkaharjun toimipaikassa.

Kenttätestauksesta saatavien tulosten perusteella parhaiten menestyneistä solukkolinjoista on mahdollista rekisteröidä klooniyhdistelmiä metsänviljelyaineiston luokkaan *alustavasti testattu* tai *testattu* Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa metsänviljelyaineiston kaupasta säädetyn kriteerein. Asetuksen 4§ kasvullisesti lisätyn metsänviljelymateriaalin tuotannolle on asetettu enimmäismäärät, jotka vaihtelevat riippuen siitä, mihin metsänviljelyaineiston luokkaan materiaali kuuluu.

Solukkotaimien soveltuminen pistokastuotantoon

Solukkotaimien jatkomonistus pistokaina pienentäisi sitä taimimäärää, joka kustakin solukkolinjasta täytyy lisätä kenttätestausta varten. Tällöin lisäys voidaan toteuttaa pienemmällä laboratorion kapasiteetilla ja yhtäaikaaisesti pystytään tuottamaan testausmateriaalia paljon suuremmasta määrästä solukkolinjoja. Solukkotaimien monistaminen pistokkaista voisi soveltua hyvin myös koristetai joulupuiden tuotantoon.

Mikäli SE-menetelmällä tuotetut taimet soveltuvat hyvin pistokasemoiksi, menetelmä on mahdollista integroida metsänjalostusohjelman kandiditestaukseen. Tällöin testattavaa taimimateriaalia on pystyttävä tuottamaan huomattavan suuresta määrästä solukkolinjoja. Integ-



Kuva 3. Silmulähtöinen kuusen solukkolisäys: a) 4-vuotiaasta solukkotaimesta kerättyjä silmuja, b) kasvatusalustalle preparoitu silmun osa, c) silmusta kasvamaan lähtenyt embryogeenisestä solukkoa, d) silmulähtöisestä solukosta kypsyneitä alkioita ja e) kasvatusalustalla itäneitä silmulähtöisiä alkioita. (valokuvat Saira Varis)

roidussa menetelmässä pistokasemot ovat solukkotaimia, jolloin pystytään kasvattamaan useita saman genotyypin omaavia pistokasemoja ja pistokastaimien tuotantoaika lyhenee merkittävästi.

Pistokastaimien tuottamista SE-taimista testattiin Punkaharjulla ensimmäisen kerran vuonna 2015, ja alustavien tulosten mukaan SE-taimet vaikuttavat soveltuvan hyvin pistokasemoiksi (kuva 2), pistokkaiden juurtumisprosentin ollessa jopa yli 90. Testi uusitaan kevään 2016 aikana ja tulokset raportoidaan laajemmin vuoden 2016 lopulla.

Solukkoviljelmistä aikuisista puista?

Aikuisten havupuiden kasvulinen lisääminen mahdollistaisi haluttujen ominaisuuksien tehokkaamman kopioimisen. Tähän asti kuusen solukkoviljelmistä on osattu aloittaa vain siemenalkioista. Lähtöaineistoksi on valittu parhaiden puiden siemeniä, mutta niistä tuotetut solukkotaimet on kuitenkin kenttätestattava toivottujen ominaisuuksien varmistamiseksi.

Tutkimus solukkoviljelmien aloittamiseksi kuusen silmuista siemenalkioiden sijaan on nyt tuottanut ensimmäiset tulokset (kuva 3): huhtikuussa 2015 kerättiin Punkaharjulle istutetuista SE-taimista silmuja, jotka silmusuomujen poiston ja

pintasteriloinnin jälkeen preproiitiin kasvatusalustalle. Yhdestä silmusta havaittiin kasvaneen embryogeenistä solukkoa. Tätä solukkoa on onnistuneesti lisätty, ja siitä on tuotettu alkioita ja taimia. Silmulähtöinen menetelmä on kehitetty Kanadassa, jossa valkokuusta on solukkolisätty näin jo useana vuonna (Klimaszewska ym. 2011, 2016). Silmujen kyky tuottaa embryogeenistä solukkoa riippuu kanadalaisten tutkimusten mukaan puuyksilöstä, ja jatkossa tutkitaan, mitkä biologiset ja muut tekijät siihen vaikuttavat.

Kuusen solukkolisäystutkimuksen tulevaisuus

Meneillään oleva tutkimushanke on käynnistynyt hyvin ja tulee tuottamaan tuloksia, jotka edistävät kuusen solukkolisäyksen käyttöönottoa: toimintamalli solukkolinjosten rekisteröimiseksi metsänviljelyaineistoksi ja sen edellyttämä tietokantaseuranta saadaan rakennettua, ja alustavien tulosten perusteella myös linjojen kenttätestaus helpottuu pistokasmonistukseen integroimisen myötä. Massatuotantoa lähestytään pienin askelin – bioreaktorien ja automatisoitujen tuotantovaiheiden kehittämisessä ja optimoinnissa on vielä paljon työtä.

Lukessa genetiikka sovellukseen nähdään tärkeänä tulevai-

suuden alana: sekä perinteisen metsänjalostuksen että kehittyvän genomisen valinnan tulosten täysimääräinen hyödyntäminen solukkolisäyksen kautta on metsäbiotalouden mahdollisuuksien kannalta keskeistä.



Lähteet:

Asetus metsänviljelyaineiston kaupasta (MMM 1055/2002) 2§

Haapanen M. ja Mikola J. Metsänjalostus 2050 — pitkän aikavälin metsänjalostusohjelma. Metlan työraportteja 71. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp071.pdf>

Högberg K.-A. ja Varis S. 2016. Vegetative propagation of Norway spruce: Experiences and present situation in Sweden and Finland. Kirjassa: Park, Bonga, Moon (toim.) Vegetative Propagation of Forest Trees. Korea Forest Research Institute. Seoul, Korea. s. 538-550. <http://www.iufro20902.org/Vegetative%20Propagation%20of.pdf>

Klimaszewska K. ja Rutledge R.G. 2016. Is there potential for propagation of adult spruce trees through somatic embryogenesis? Kirjassa: Park, Bonga, Moon (toim.) Vegetative Propagation of Forest Trees. Korea Forest Research Institute. Seoul, Korea. s. 195-210. <http://www.iufro20902.org/Vegetative%20Propagation%20of.pdf>

Klimaszewska K., Overton C., Stewart D. & Rutledge R.G. 2011. Initiation of somatic embryos and regeneration of plants from primordial shoots of 10-year-old somatic white spruce and expression profiles of 11 genes followed during tissue culture process. *Planta* 233:635-647.

Laki metsänviljelyaineiston kaupasta (241/2002)

Varis S., Heiska S. ja Aronen T. 2014. Kuusen solukkolisäys. Metlan työraportteja 310. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp310.pdf>



Kuva 1. Lasikasvihuoneessa järjestetyn kokeen (koe 2) koeasetelma. Eri valokäsittelyt oli eristetty toisistaan muoviseinämillä. Valokäsittelyt annettiin LED-tangoilla, joita asetettiin 5 kpl vierekkäin taimien yläpuolelle. (valokuva Johanna Riikonen)

Kuusen ja männyn taimien kasvua ja rakennetta voi ohjata erilaisilla valon spektreillä

JOHANNA RIIKONEN

Taustaa

Kasvit saavat valon välityksellä tietoa ympäristöstään, jolloin niiden kasvu mukautuu vallitseviin olosuhteisiin sopivaksi. Fotosynteesin kannalta tehokkaimmat aallonpituusalueet ovat punainen (600-700 nm) ja sininen (400-500 nm). Signaalit ympäristön olosuhteista välittyvät erityisesti punaisen ja kaukopunaisen (700-800 nm) säteilyn suhteessa. Myös sinisen säteilyn määrä vaikuttaa voimakkaasti kasvun ohjautumiseen. Luonnossa valitseva lehvästö käyttää auringon valon sisältämän punaisen ja sini-

sen säteilyn tehokkaasti fotosynteesiin, joten heikommin absorboituva kaukopunainen säteily läpäisee latvuston, ja toimii siten kasville merkinä varjoon jäämisestä. Kirkas auringon valo taas sisältää runsaasti sinistä valoa, jonka korkea määrä ohjaa kasvin kehitystä siten, että se kestää voimakasta säteilyä ja haihduntapainetta.

Valon manipulointia on käytetty taimitarhoilla hyväksi jo vuosia. Eniten käytetty sovellus lienee luontaisen päivänpituuden lyhentäminen lyhytpäiväkäsittelyn avulla. Keinovaloja taimitarhoilla voidaan käyttää fotosynteesin

ylläpitämiseksi tai valojakson pidentämiseksi. Fotosynteesin ylläpitoa varten vaadittava valotasoa on päivänpituuden pidentämiseen vaadittavaa valotasoa huomattavasti korkeampi. Tästä syystä metsäpuita kasvattavilla taimitarhoilla keinovaloja onkin käytetty lähinnä häirintävalotukseen aikaisin keväällä kylvettyjen taimien ennaikaisen silmuuntumisen estämiseksi. LED-tekniikan kehittyessä ja hintojen alentuessa uudet käyttösovellukset saattavat kuitenkin tulla kysymykseen myös metsäpuita kasvattavilla taimitarhoilla.

LED-tekniikan käyttöä metsäpuuiden taimien kasvatuksessa on viime vuosina tutkittu ainakin Ruotsissa, USA:ssa ja Suomessa, ja ensimmäisiä tuloksia on jo saatavilla. Luken Suonenjoen toimipaikassa on muutaman viime vuoden aikana testattu LED-tekniikan käyttöä kuusen ja männyn taimien kasvatuksen eri vaiheissa. LED-valaisimien käyttöä on testattu kasvatusvaloina ainoana valonlähteenä ja lisävalona auringonvalon lisäksi, häirintävaloina keväällä ja syksyllä, sekä valonlähteenä koulintataimien kasvatuksessa. Häirintävalotusta ja koulintataimien kasvatusta LED-valaisimien avulla on käsitelty aiemmissa Taimiuutisten numeroissa (2/2013, 2/2014, 2/2015), joten tässä artikkelissa keskitytään kahden eri kasvatusvalokokeen tärkeimpiin tuloksiin.

Koeasetelmat

Koe 1: Kuusen ja männyn taimia (siemenalkuperä 62 N°) kasvatettiin lasikasvihuoneen pöydillä, jotka oli eristetty toisistaan ja auringon valolta valkoisella muovilla. Taimet kylvettiin 21.10.2013 ja niitä kasvatettiin PL121F-kennos-toissa noin 4 kuukautta neljässä erilaisessa valokäsittelyssä: 1) suurpainenaatriumlamppu, HPS (6 % sininen + 44 % vihreä + 41 % punainen + 9 % kaukopunainen); 2) LED sin>pun (55 % sininen + 45 % punainen); 3) LED pun>sin

(25 % sininen + 75 % punainen); ja 4) LED pun>sin+kaukopuna (25 % sininen + 70 % punainen + 5 % kaukopunainen). Valokäsittelyt annettiin tankomaisilla LED-valaisimilla (Kasvu Oy, 60 W). Kasvuolosuhteet olivat seuraavanlaiset: Päivänpituus 20 h, lämpötila 20/18 °C päivä/yö, valotaso 250 µmol PAR m-2s-1 (Riikonen ym. 2016).

Koe 2: Kuusen ja männyn taimia kylvettiin 22.1.2015 PL121F-kennostoihin ja niitä kasvatettiin lasikasvihuoneen pöydillä, jotka oli eristetty muovilla toisistaan, mutta joille pääsi myös auringonvaloa (kuva 1). Tässäkin kokeessa päivän pituutena käytettiin 20 h, mutta koska tarkoituksena oli selvittää kaukopunaisen valon merkitystä taimien kasvuun ja rakenteeseen, taimia altistettiin vain edellä mainitun kokeen 1 käsittelyille 3 ja 4 (valotaso molemmissa käsittelyissä 200 µmol PAR m-2s-1). Taimet istutettiin tarhapellolle 25.5.2015.

Molemmissa kokeissa mitattiin käsittelyjen vaikutusta taimien kasvuun ja rakenteeseen, kaasunvaihtoon ja juurten kasvupotentiaaliin kokeen lopussa. Toisessa kokeessa seurattiin myös taimien kasvua ja kuntoa kentällä.

Valon laadulla voi vaikuttaa etenkin männyn taimien kasvuun ja rakenteeseen

Männyn taimet reagoivat valokäsittelyihin voimakkaammin kuin kuusen taimet. Tämä johtuu eroista

näiden lajien kasvatavassa: mänty on varjoa karttava laji, kun taas kuusi sietää varjostusta paremmin. Kaukopunainen säteily toimii männyn taimille merkinä varjoisista kasvuolosuhteista, jolloin taimien pituuskasvu ja neulasten pituus ja kuivamassa yleensä lisääntyvät (kuvat 2 ja 3). Taimet siis pyrkivät kasvamaan kohti valoa ja lisäämään neulaspinta-alaa pystyäkseen hyödyntämään vähentyneen valon määrän. Sininen valo puolestaan vähentää pituuskasvua ja tästä syystä taimista tulee tanakampia.

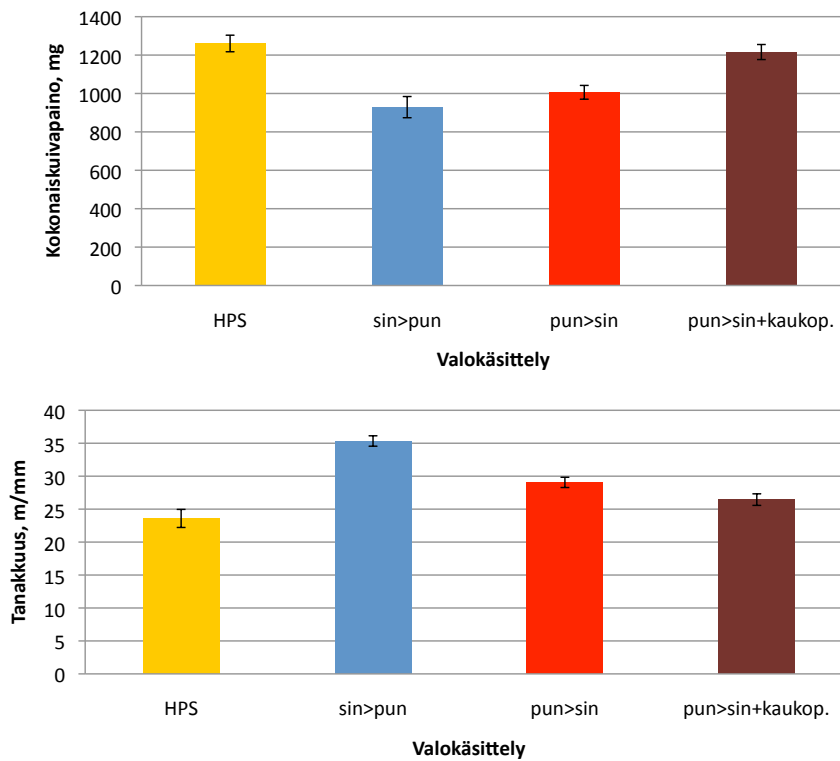
Mikään käsittely ei vaikuttanut taimien läpimittakasvuun tai juurten kuivapainoon. Kasvatusvalojen sinisen säteilyn osuutta lisäämällä olisi siis ainakin teoriassa mahdollista kontrolloida männyn taimien pituuskasvua taimitarhalla vaikuttamatta niiden läpimitan ja juuriston kasvuun. Tässä kokeessa käytetty sinisen valon osuus kasvatusvalosta oli tosin huomattavan suuri (55 %), ja kasvun ohjaamiseen riittänee pienempikin määrä. Kokeellisia tuloksia tästä ei kuitenkaan tietyvästi ole saatavilla.

Punaisen ja kaukopunaisen säteilyn suhteella suuri merkitys männyn neulastyppiin

Männyllä kasvatusvalon sisältämä punaisen ja kaukopunaisen säteilyn suhde vaikutti taimien rakenteeseen ja neulastyppiin



Kuva 2. Erilaisissa kasvatusvaloissa kasvatettuja männyn taimia (koe 1). Käsittelyt vasemmalta: 1) HPS; 2) LED sin>pun; 3) LED pun>sin; ja 4) LED pun>sin+kaukopuna. Kuvassa näkyy pituuserojen lisäksi erot neulasmassan määrässä, joka on suurin HPS- ja LED pun>sin+kaukopuna-käsittelyissä (molemmat sisälsivät kaukopunaista säteilyä). (valokuva Johanna Riikonen)



Kuva 3. Erilaisissa valokäsittelyissä kasvatettujen männyn taimien kokonaiskuivapainot ja tanakkuudet (\pm keskivirhe) kokeen (koe 1) lopussa.

siten, että niissä käsittelyissä, jotka eivät sisältäneet kaukopunaista säteilyä, taimien vallitseva neulas-tyyppi oli varhaisneulanen (”primäärineulanen” eli ”ykkösneula-

nen”) ja kaukopunaista säteilyä sisältävissä käsittelyissä kaksoisneulanen (”sekundäärineulanen”). Taimiin muodostui näkyvä päätesilmu joko samoihin aikoi-

hin eri käsittelyissä (ensimmäinen koe) tai kaukopunaista valoa sisältävässä käsittelyssä hieman aikaisemmin (toinen koe). Varhaisneulasmäntytjen päätesilmun alapuolella olevan neulasruusukkeen nivelvälit kuitenkin jatkoivat venymistä silmunmuodostuksen jälkeen, ja venyneeseen osaan alkoi kehittyä kaksoisneulasia kokeen loppupuolella (kuva 4). Tästä johtuen taimityypit olivat jokseenkin samanpituisia kokeen päättyessä huolimatta kokeiden alussa havaitusta kaksoisneulasmäntytjen hieman nopeammasta pituuskasvusta.

Valon laatu vaikutti männyn taimien kuivuuden kestävyteen liittyviin ominaisuuksiin

Punaisen ja kaukopunaisen säteilyn suhde eri valokäsittelyissä vaikutti joihinkin taimien ominaisuuksiin, jotka yleisesti liitetään kuivuuden kestävyteen: kun lisävalo ei sisältänyt kaukopunaista säteilyä, männyn taimille kehittyi korkeampi juuriversosuhde ja juurten kasvupotentiaali



Kuva 4. Männyn taimia (koe 2), jotka saivat auringonvalon lisäksi lisävaloa, joka joko sisälsi kaukopunaista säteilyä (pun>sin+kaukopunainen, vas.) tai joka ei sisältänyt kaukopunaista säteilyä (pun>sin, oik.). (valokuva Johanna Riikonen)

kuin muissa käsittelyissä. Tosin muutokset juuriverso-suhteessa johtuivat näissä kokeissa verson kasvuerosta, ei niinkään muutoksista juuristossa. Myös näiden taimien neulasten vedenkäytön tehokkuus oli korkeampi. Erot juurten kasvupotentiaalissa ja vedenkäytön tehokkuudessa ovat luultavasti yhteydessä eri käsitteilyissä kasvaneiden taimien erilaiseen neulastyypijakaumaan.

Toisessa kokeessa kasvatettuja taimia istutettiin myös tarhapel- lölle niiden maastomenestymisen arvioimiseksi. Istutuksen jälkeiset kuukaudet (kesä- ja heinäkuu 2015) olivat viileitä ja sateisia, joten edellä mainittujen ominai- suuksien merkitystä kuivuuden keston käytännössä on tämän kokeen perusteella vaikea arvioi- da. Taimien kunnossa tai pituus- ja läpimittakasvussa ei kuitenkaan havaittu eroja istutuksen jälkeisen kasvukauden aikana. Eroista var- hais- ja kaksoisneulasmäntyjen kuivuuden- ja hallansietokyvyssä

on esitetty erilaisia arvioita (Climent ym. 2009), yleensä kak- soisneulastaimien eduksi, mutta harvalukuisissa viljelykokeissa ei ole havaittu mainittavia eroja eri neulastyypien välillä (Mustard ym. 1998).

LED-tekniikka vs. suurpainenatriumlamput

Kokeiden perusteella LED- tekniikka soveltuu metsäpuiden taimien tuotannon eri vaiheisiin. Suonenjoella tehdyissä tutkimuk- sissa ei kuitenkaan ole vertailtu erilaisia LED-valaisinmalleja, joten tutkimus on keskittynyt pelkästään erilaisten valon aal- lonpituusjakaumien vaikutusten vertailuun.

HPS-lamppujen käyttäminen aiheutti ilman ja kasvualustan lämpötilan nousua, joka osal- taan johti siihen, että niiden alla kasvatetut taimet kasvoivat LED-valaisimien alla kasvaneita taimia pidemmiksi ja hontelom-

miksi, ja niillä oli myös pisimmät neulaset (kuva 2). Toisaalta LED- valaisimien alla turpeen pinta py- syi viileämpänä ja kosteampana, jonka seurauksena kennostojen pinnalle kehittyi huomattava määrä sammalkasvustoa. Käytössä oleva valaisin siis vaikuttaa taimien kas- telun tarpeeseen.



Kirjallisuus

Climent, J., Costa e Silva, F., Chambel, M.R., Pardos, M. & Almeida, M.H. 2009. Freezing injury in primary and secondary needles of Mediterranean pine species of contrasting ecological niches. *Annals of Forest Science* 66: 407.

Mustard, J., Hawkins, C. & Kooistra, C. 1998. Secondary needle lodgepole pine: What do we get? In: Kooistra, C.M. (Ed.), *Proceedings of the 1995, 1996, and 1997 annual meetings of the Forest Nursery Association of British Columbia*. Vernon, B.C. Ministry of Forest pp. 163–167.

Riikonen, J., Kettunen, N., Gritsevich, M., Hakala, T. & Tahvonen, R. 2016. Growth and development of Norway spruce and Scots pine seedlings under different light spectra. *Environmental & Experimental Botany* 121:112–120.



Taimien talveentumiskehitys tulevaisuuden ilmasto-olosuhteissa: Erilaisia reaktioita eri puulajeilla ja alkuperillä

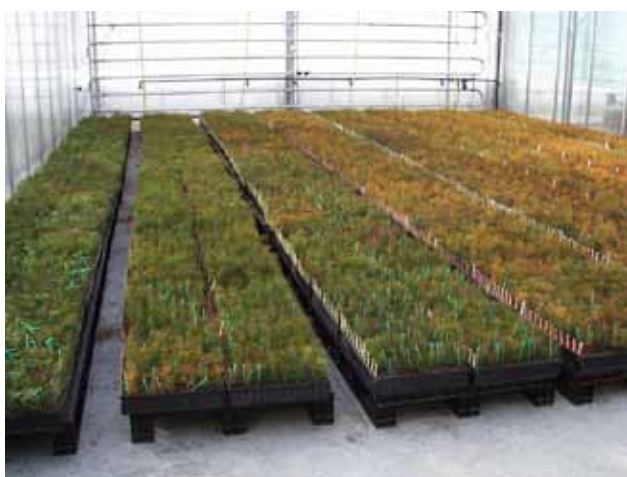
PERTTI PULKKINEN

Ilmastonlämpenemisen on yleisesti ottaen todettu lisäävän puiden kasvua Suomen olosuhteissa, mutta niiden taimivaiheen selviytymisen kannalta on kuitenkin keskeistä, että puiden vuosirytmikka on sopeutunut lämpeneviin olosuhteisiin. Puiden vuosirytmia ohjaa päivänpituus tai lähinnä yönpituus, joka lienee muuttumaton, sekä lämpötila. Erot eri puulajien talveentumiskehityksen reaktiossa muuttuvissa olosuhteissa johtuvat ainakin osittain lajien välisistä eroista päivän/yönpituuden talveentumiskehitystä ohjaavan vaikutuksen voimakkuudessa suhteessa lämpötilan ohjaavaan vaikutukseen.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty lähinnä talveentumiskehityksen, mutta myös jossain määrin talvilevon purkautumisen ja suveentumiskehityksen ja lämpötilojen välistä suhdetta eri puulajeilla sekä alkuperillä. Tutkittuja puulajeja ovat olleet mänty, kuusi, koivu, haapa, tammi sekä lehmus. Tutkimuksessa nuoria taimia on kasvatettu Luonnonvarakeskuksen Haapastensyrjän kasvihuoneessa tulevaisuuden mah-

dollisia lämpötiloja sekä hiilidioksidipitoisuuksia vastaavissa olosuhteissa. Taimien talveentumiskehitystä, talvilevon syvyyttä sekä suveentumiskehitystä on testattu altistamalla ne eri vaiheissa -10 °C lämpötilaan (kuvat 1 ja 2).

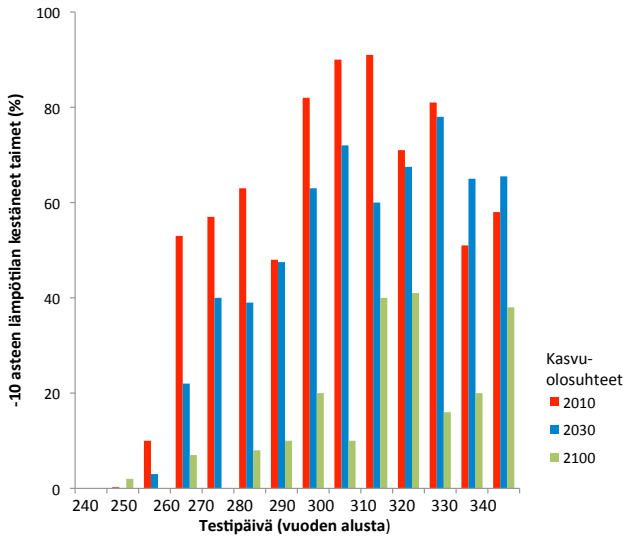
Yleisesti ottaen kasvihuonekokeiden tulokset kertovat, että havupuiden (mänty, kuusi) talveentumiskehitys viivästyy parista viikosta neljään viikkoon, jos lämpötilat ovat noin neljä astetta nykyistä korkeammat kasvukauden aikana. Alkuperällä on huomattava merkitys. Eteläiset mäntyalkuperät, kuten puolalaiset ja tanskalaiset, eivät ole tulevaisuuden Suomen ilmasto-olosuhteissa sopeutuneita, vaan niiden talveentuminen on liian hidasta. Pitää kuitenkin myös muistaa, että talveentuminen on tietenkin vain yksi puiden vuosirytmien komponenteista - varsinaisen lepotilan ajoittuminen, sen kesto sekä erityisesti sen lepotilan syvyys sekä kasvunlähtö keväällä ovat myös keskeisiä puiden selviytymisen kannalta. Myös näissä näyttää olevan pieniä eroja eri lajien ja alkuperien välillä.



Kuva 1. Pakastustestin satoa Haapastensyrjässä. Oikealla olevat männyn taimet on pakastettu syyskuun alussa ja pakastusta on jatkettu viikoittain. Viimeiseksi pakastetut taimet on kuvassa vasemmalla. Vaurioiden vähenemien eli vihreän värin lisääntyminen kuvaa talveentumisen edistystä. (valokuva Aulis Leppänen)



Kuva 2. Haavan taimet jatkoivat kasvuaan liian myöhään ja vahingoittuivat vakavasti vielä viimeisissäkin pakastustesteissä joulukuussa. (valokuva Aulis Leppänen)



Kuva 3. Kesän ja syksyn lämpötilojen vaikutus 1-vuotiaiden haavantaimien talveentumiseen paikallisissa (vuoden 2010) Etelä-Suomen olosuhteissa sekä noin +1 (vuosi 2030 skenaario A1B) ja +4 °C (vuosi 2100 A1B skenaario) lämpimämmissä olosuhteissa. Valorytmi on kaikille paikallinen Etelä-Suomi.

Lehtipuiden talveentumiskehitys riippuu havupuista enemmän lämpötilasta

Tutkituilla lehtipuilla (koivu, haapa, tammi sekä metsä- ja puistolehmus) talveentumiskehitys on enemmän lämpötilariippuvaista kuin kotimaisilla havupuilla. Varsinkin haapa saattaa jatkaa kasvuaan hyvin myöhään loppusyksyyn, jos edeltävä kesä ja syksy ovat olleet lämpimiä (+4 °C verrattuna nykyiseen A1B-skenaarion mukaan vuonna 2100). Tähän liittyy myös myöhään loppuvuonna alkanut jälkikasvu. Lähes joulun asti jatkuneen kasvun seurauksena

versot ovat tuhoutuneet. Puut saattavat kuitenkin säilyä hengissä haavan vesomiskyvyn ansiosta (kuva 3). Joillakin lehtipuulajeilla, kuten tammella, talveentuminen ei välttämättä johda edes täydelliseen talvilepoon, jos kasvit ovat kehittyneet nykyistä lämpimämmissä olosuhteissa. Tällöin on mahdollista, että jo lyhytkin lämpöjakso talvella vaurioittaa ja myös mahdollisesti tappaa puut.

Tämänhetkisen tutkimustiedon valossa näyttääkin selvältä, että metsänviljelymateriaalin alkuperävalintaan on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota. Samoin on laajemmaltikin tutkittava uusia puulajeja, alkuperiä sekä uusia lajien sisäisiä provenienssihybridejä että lajien välisiä hybridejä. Uusilla alkuperillä, saattaisi olla mahdollista yhdistää Suomen valo-olosuhteet ja ilmaston lämpeneminen kasvuja sopeutumista hyödyttävällä tavalla. Myös jalostusmenetelmien ja erityisesti valintamenetelmien kehittämiseen pitäisi panostaa. Pohjoisemmassa Suomessa olisi myös käytännön metsänviljelyn kannalta tärkeää, että käytössä olisi menetelmiä, joilla voitaisiin varmistaa siemenviljelysatojen soveltuvuus aiotuille viljelyalueille niin nyt kuin tulevaisuudessakin.



Kirjoitus perustuu pääosin esitelmiin:

Pulkinen, P. & Varis, S. 2012. Between and within species differences of adaptive traits - how to select the best trees for future. In: Genetic aspects of adaptation and mitigation: forest health, wood quality and biomass production. Latvian Forest Research Institute Silava, AdapCar. 3-5 October 2012, Riga, Latvia.

Pulkinen, P. 2015. Taimien talveentumiskehitys nykyisessä ja tulevaisuuden ilmastossa; ja erilaisia reaktioita eri puulajeilla ja alkuperillä. Tulevaisuuden metsät ja metsänhoito (MHO) Tutkimusohjelman retkeily ja seminaari 2. - 3.6.2015 Luke, Suonenjoki.

Peittoaineiden vaikutus kasvualustan vesipitoisuuteen ja kuusen taimien kasvuun

MARJA POTERI JA JUKKA REINI HARJU

Luonnonvarakeskuksen Suonenjoen taimitarhalla on tehty peittoainekoikeita kuusen paakkutaimilla useana vuonna sekä rikkakasvien että maksasammalen torjuntaan liittyen. Kokeissa on tutkittu peittoaineiden vaikutusta sekä torjuttaviin rikkakasveihin ja –sammaleeseen että kasvualustan päällä olevan katekerroksen vaikutuksia taimien kasvuun ja juuriston rakenteeseen.

Peittoaineilla pyritään saamaan kasvualustan pintaan nopeasti kuivuva ja ilmava kerros, mikä estäisi tuulilevintäisten kasvien siemenien itämistä. Samoin on oletettavaa, että myös maksasammalen itiöiden tai sammalen muiden leviämien kasvuun lähtö on heikkoa nopeasti kuivuvassa ympäristössä.

Kokeissa on käytetty säkitettyä havupuiden kuorikatetta, jota on jauhettu pienikokoisemmaksi rouheeksi, säkitettyä puuhaketta seulottuna eri kokoluokkiin, sahanpurua ja kierrätyslasista valmistettua rakeistettua vaahtolasia. Lisäksi kokeissa on ollut 2-4 mm kokoista pikkukiveä.

Peittoaineita on testattu kuusen taimilla sekä levitettyä heti kylvön jälkeen että myöhemmin lisättyä 6-8 viikon ikäisten taimien kasvualustan pinnalle. Rikkakasveja ja maksasammalta pidetään suurimpana ongelmana myöhään kylvettävillä kuusen taimilla, jotka jäävät talvehtimaan ulos ja kasvavat vielä toisen kasvukauden tarhalla (ns. 1,5-vuoden ikäisillä kuusilla).

Tutkittaessa peittoaineiden vaikutusta taimien kasvuun on vaikeutena se, että eri katteiden alta

Taulukko 1. Peittoaineet korkeissa PL64FD-kennostoissa, joissa kasvoi 10 viikon ikäiset kuusen taimet.

Peittoaine	määrä/PL64FD-kennosto, g
Kontrolli (kylvöhiekkakerros)	-
Lisähiekka	740
Sahanpuru	145
Hake (3,8-10 mm)	280
Vaahtolasi (1,5-2 mm)	210

kasvualustasta haihtuvan veden määrä todennäköisesti vaihtelee. Kasvualustan vesipitoisuus ja kosteuden jakautuminen turvepaakun sisässä säätelee osaltaan taimen ja ennen kaikkea juuriston kasvua ja sijoittumista juuripaakussa. Tavoitteena on, että taimen juuristo kasvaa tasaisesti koko paakkuontelon tilassa ja sitoo turvepaakun pohjaa myöten. Eri peittoaineilla käsitellyt kennostot tulisikin kastella tarpeen mukaan, mikä on koeasetelmässikin työlästä ja vaikeasti järjestettävissä.

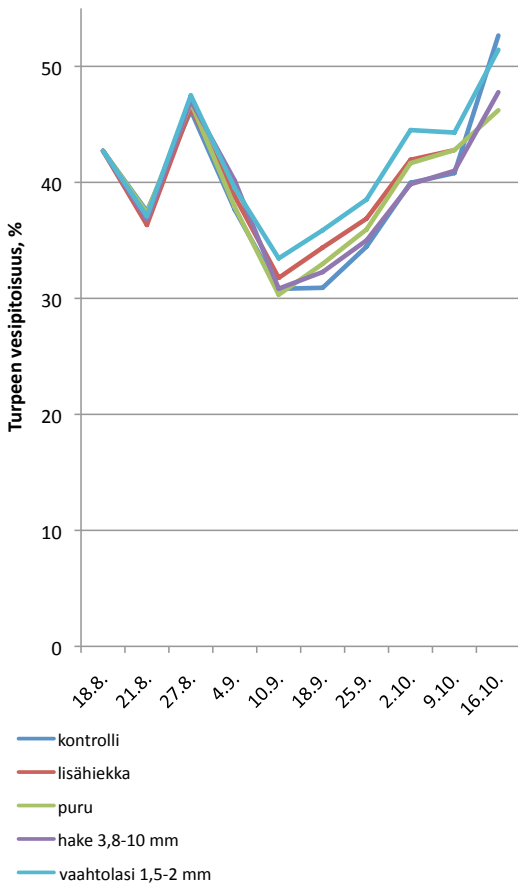
Haihdunta kennostoista eri peittoaineilla muovihuoneessa

Veden haihtumista eri peittoaineilla käsitellyistä korkeista PL64FD-kennostoista seurattiin muovihuoneessa loppukesällä 2014. Kennostot oli täytetty samalla määrällä turvetta (1,6 kg) ennen kuusen kylvöä toukokuussa. Kylvön jälkeen kasvualusta peitettiin ohuella pikkukivikerroksella ja taimet idätettiin ja kasvatettiin muovihuoneessa elokuun alkuun. Elokuun alussa kennostot säädettiin samaan tavoitekosteuteen ja 10 viikon ikäisten kuusen

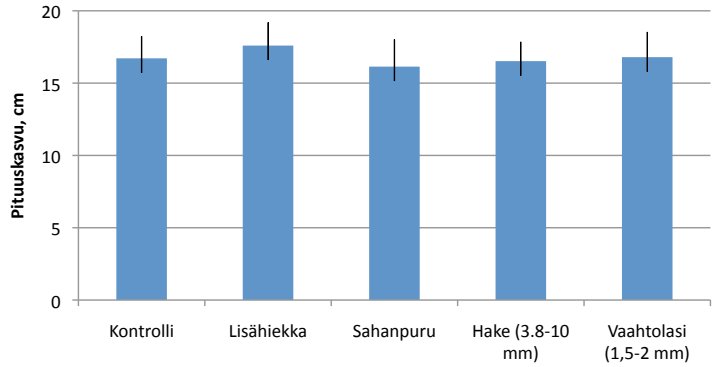
taimipaakkujen pinnalle ohuen peittohiekkan päälle lisättiin viisi eri peittoainetta (10 kennostoa/peittoaine) (taulukko 1). Kaikissa käsittelyissä tasaisesti levitetyn peittoainekerroksen paksuus oli 1,0 cm ja kullekin kennostolle tuleva sama peittoainemäärä varmistettiin käyttämällä punnitusta ja mittakannua.

Suuralustalle satunnaisesti järjestetyt kennostot olivat kastelurampin alla ja kennostoista haihtuvaa vesimäärää seurattiin punnitsemalla kennostot 1-2 kertaa viikossa aamulla kahden kuu-kauden ajan. Punnitus ajoitettiin ennen mahdollista kastelua.

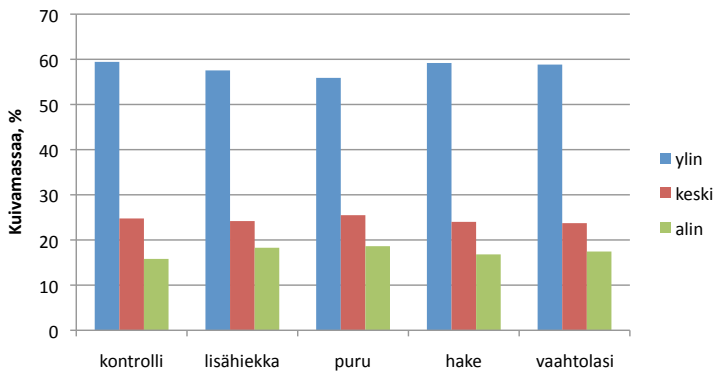
Kennostojen painoerot kahden ensimmäisen viikon aikana olivat pieniä ja erot alkoivat näkyä vasta syyskuun ensimmäisen viikon jälkeen. Kaikkiaan kennostojen väliset painoerot olivat kuitenkin pieniä. Turpeen kosteus pysyi suurimpana vaahtolasin ja lisähiekkan alla, mikä oli oletettavaakin. Eniten haihtui kontrolliarkeista (ohut kylvössä laitettu peittohiekka) ja hakkeesta (3,8-10 mm). Sahanpurulla peitettujen kennostojen paino pysyi edellä mainittujen välissä (kuva 1).



Kuva 1. Eri peittoaineilla peitettyjen kuusen PL64FD-kennostojen turpeen vesipitoisuuden (%) vaihtelu eri punituskerroilla 18.8.-16.10.2014 muovi-huoneessa. 10 kennostoa/käsittely



Kuva 2. Kuusen paakkutaimien pituuskasvu vuonna 2015 PL64FD-kennostoissa. Taimet oli kylvetty 28.5.2014 ja kennostoihin kasvu-alustan pinnalle oli levitetty eri peittoaineet 18.8.2014 (10 kennostoa/peittoaine).



Kuva 3. Kuusen juuriston kuivamassan jakautuminen (%) PL64FD-kennostoissa paakkuontelon ylä-, keski- ja alaosiin eri peittoaineilla.

Peittoaineilla peitetyt kuusikennostot jäivät talvehtimaan tarhan ulkokentälle ja seuraavana vuonna taimia kasvatettiin tarhan tavanomaisten kastelu-, lannoitus- ja lyhytpäiväkäsittelyjen mukaan. Kasvukauden kuluessa ei seurattu taimien ravinteiden käyttöä eikä kennostojen painoja seurattu.

Syksyllä 2015 mitattiin taimien toisen vuoden pituuskasvu ja samalla otettiin taimien juuripaakuista näytteet pakkaseen juuriston mittauksia varten. Taimien pituuskasvussa ei ollut eroja eri peittoaineiden välillä. Hieman enemmän kasvoivat lisähiekkakerroksen saaneet taimet (17,6 cm) ja vähiten kasvoivat sahanpurulla peitetyt taimet (16,1 cm) (kuva 2).

Näytteeksi otetut juuripaakut leikattiin kolmeen osaan, juuret

pestiin ja niiden kuivamassat punnittiin. Näin haluttiin tutkia, miten eri peittoaineiden alla juuristo oli kehittynyt ja käyttänyt paakkuontelon tilan.

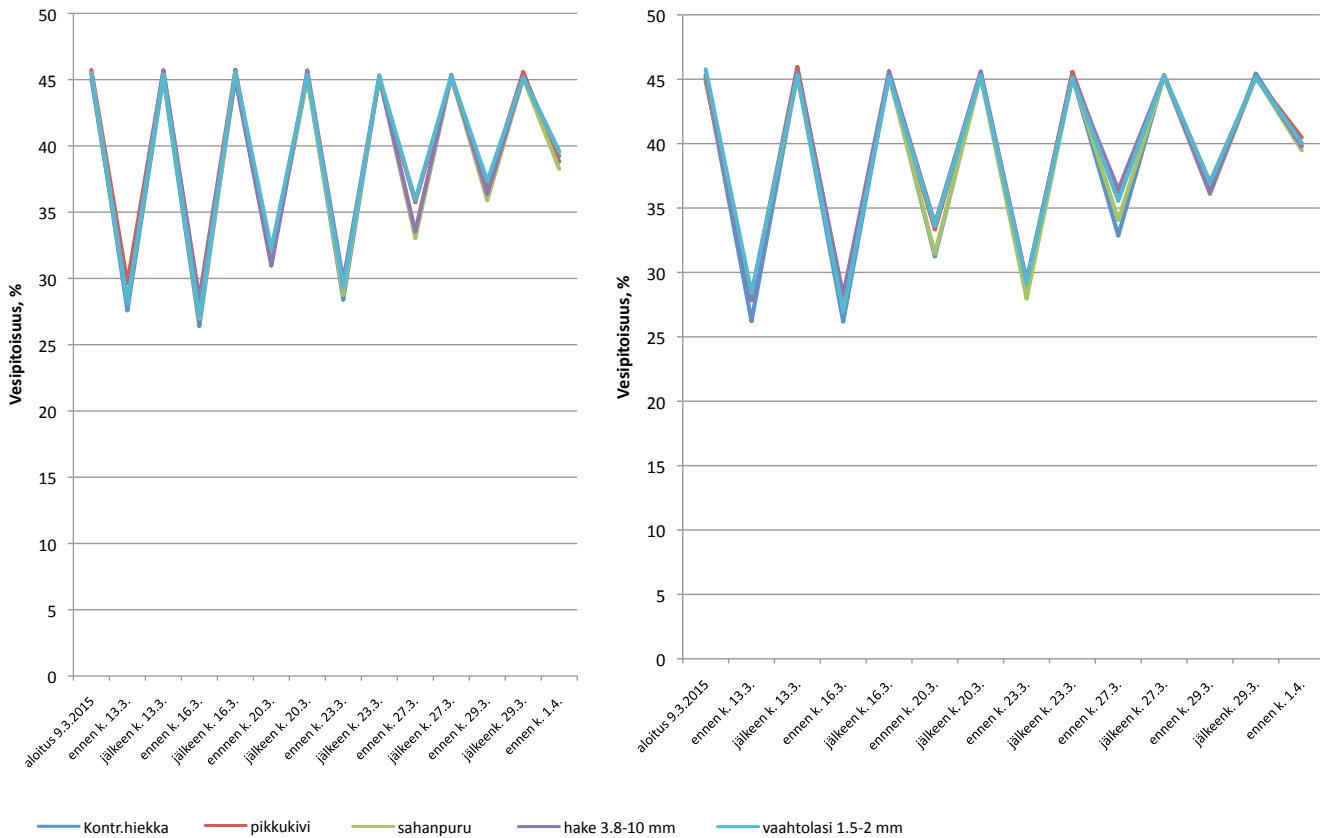
Juurimassasta oli vajaa 60 % ylimmässä kolmanneksessa, reilu 20 % keskiosassa ja paakun pohjalla juuriston määrä oli 15 %. Erot eri peittoaineiden välillä olivat pieniä. Eniten juurimassaa paakun alaosassa oli sahanpurulla peitetyillä taimilla (kuva 3).

Haihduntakoe minikennostoilla kasvihuoneessa

Veden haihtumista eri peittoaineilla tutkittiin tarkemmin ilman taimikasvatusta maaliskuussa

tehdystä kasvihuonekokeesta, jossa käytettiin 4x4-minikennostoja (PL64). Samalla selvitettiin myös, vaikuttaako peittoainekerroksen paksuus, 0,5 cm tai 1,0 cm, haihtuvan veden määrään. Kokeessa oli edelleen neljä peittoainetta kontrollin lisäksi (lisähiekka, sahanpuru, 3,8-10 mm hake ja 1,5-2 mm vaahtolasi). Samalla turvemäärällä (1,0 cm peittoaineella 290 g/minikennosto ja 0,5 cm peittoaineella 330 g/minikennosto) täytetyt ja tavoitekos-teuteen kastellut kennostot pidettiin kastelukokeessa kolmen viikon ajan. Kokeen aikana kennostot punnittiin kaksi kertaa viikossa ja samassa yhteydessä kennostot kasteltiin takaisin tavoitekos-teuteen.

Eri peittoaineiden alta vettä haihtui lähes saman verran eikä



Kuva 4. Kasvualustan turpeen vesipitoisuus PL64F-minikennostoissa, joissa oli 0,5 (vasen) ja 1,0 cm:n (oikea) paksuinen kerros eri peittoaineita. Koe tehtiin maaliskuussa 2015 kasvihuoneen pöydällä ilman keinovaloa.

peittoainekerroksen paksuus, 0,5 tai 1,0 cm, vaikuttanut kasvualustan vesipitoisuuteen (kuva 4). Esikoe antaa viitteitä siitä, että kasteluohjeistusta ei tarvitsisi muuttaa voimakkaasti peittoaineen koostumuksen tai kerroksen paksuuden mukaan. Toisaalta kolmen viikon kokeessa ei vielä ehtinyt näkyä orgaanisten peittoaineiden maatumisen ja siitä mahdollisesti aiheutuva muutos kosteuden pidätyskykyyn. Etenkin sahanpurun ja hakkeen voi odottaa ajanoloon maatuvan, millä voi olla vaikutusta kasvualustan vesipitoisuuteen. Vaahtolasi pidättää ehkä hieman paremmin vettä suhteessa muihin, vaikka tämä ei ole ollut merkitsevää lyhyessä kolmen viikon kokeessa.

Ratkaisematon levitystekniikka: milloin ja miten?

Kasvualustan vesipitoisuuden muutoksia eri peittoaineiden alla on seurattu toistaiseksi rajoitetuissa olosuhteissa, kuten muovihuoneessa kasvukauden loppupuolella ja kasvihuoneessa kevättalvella. Toistaiseksi ei ole myöskään selvitetty, vaihtelee kasvuturpeen pintakosteus peittoaineen alla. Tähän viittaisi se, että eri peittoaineilla tehdyissä rikkakasvien idätyskokeissa ja maksasammalen kasvatuskokeissa tietyt peittoaineet, kuten vaahtolasi, ovat vähentäneet rikkakasvustoa.

Taimien kasvussa ja juuriston kehityksessä ei ole havaittu poikkeamia, silloin kun peittoaineet on levitetty elokuussa 6-10 viikon

ikäisille kuusen taimille. Tällöin on torjuttu loppukesällä leviäviä ja osin itäviä koivuja, horsmia ja tiettyjä mykerökukkaisia, jotka jäävät talvehtimaan kennostoihin. Sen sijaan kuusen kylvön yhteydessä käytettyjen peittoaineiden vaikutuksia ei ole seurattu taimien valmistumiseen asti. Osalla peittoaineita saatiin viitteitä siitä, että peittoaineet voivat lisätä orastumisen epätasaisuutta. Tällä hetkellä käytettävissä olevilla tekniikoilla peittoaineiden levitys on kuitenkin käytännössä mahdollista vain kylvön yhteydessä.



Hallakastelun käyttö pakkasvaurioiden estämiseen

JAANA LUORANEN JA RISTO RIKALA

Tuoreessa amerikkalaisessa Forest Nursery Notes – julkaisussa on tarkasteltu hallakastelun perusteita ja esitetty joitakin uusia käytännöllisiä näkökohtia, joista tässä koosteemme. Asiasta kiinnostuneen kannattaa lukea myös Kyösti Konttisen (2002) perusteellinen artikkeli hallantorjunnasta.

Hallakastelun periaate

Sprinklerikastelulla voidaan suojata taimia nollan alapuolelle laskevilta lämpötiloilta. Suojaava vaikutus perustuu veden jäätymisessä vapautuvaan suureen lämpömäärään. Kun 1 litraa vettä jäätyy, vapautuu noin 40 kilojoulea (kJ) lämpöä. Tämä vapautuva lämpö suojaa taimia. Vastaavasti lämpöä sitoutuu muodostuneen jään sulamiseen sekä edelleen veden höyrystymiseen (haihtumiseen) (270 kJ/vesilitra). Tämä höyrystymisen vaatima lämpö puolestaan jäädyttää taimia ja voi aiheuttaa pakkasvaurioita, jos hallakastelu ei ole tasaista tai se lopetetaan ennen kuin ilman lämpötila nousee jäätympisteen yläpuolelle.

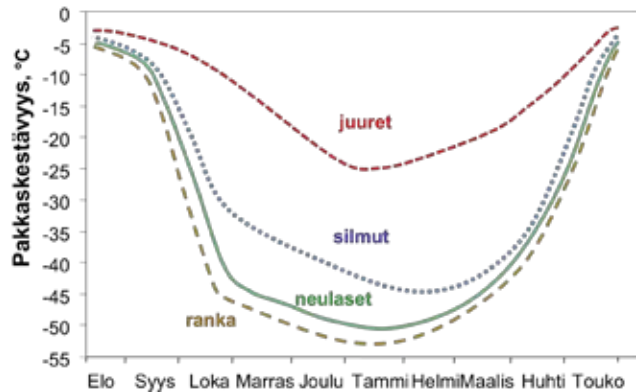
Hallatyyppit

Kylmä ilma voi vaurioittaa taimia taimitarhalla, välivarastoissa sekä istutettuina uudistusosalalla. Hallat luokitellaan kahteen päätyyppiin: tuulihallaan ja ulossäteilyhallaan. Tuulihallaa esiintyy, kun kylmä rintama liikuttaa nollan alapuolella olevaa ilmamassaa, joka vaikuttaa laajalla alueella riippumatta pinnanmuodoista. Ulossäteilyhallassa puolestaan suuri määrä lämpöä säteilee maasta ja taimista avaruuteen tyytinä, kirkkaina ja kylminä öinä. Säteilyhallaa esiintyy tyypillisesti suhteellisen pienialaisesti erityisesti alavilla mailla ('hallataskut').

Kylmän ilman aiheuttamiin vaurioihin vaikuttaa neljä säatekijää: lämpötila, ilmankosteus, tuuli ja pilvisuus.

Lämpötila

Suomen Ilmatieteen laitoksen käyttämien määritelmien mukaan halla syntyy, kun ilman lämpötila maanpinnan tasalla laskee pakkasen puolelle termisen kasvukauden aikana. Ankaraa hallaa esiintyy silloin, kun lämpötila maanpinnan tasalla laskee alle -4 °C. Yöpakkasta puolestaan on silloin, kun kasvukauden aikana lämpötila laskee 2 metrin korkeudellakin alle 0 °C.



Kuva 1. Periaatekuva taimen eri osien pakkaskestävyyden kehityksestä. Kuva on aiemmin esitetty Rikalan 2012 kirjassa.

Kasvien lämpötila seuraa ympäröivän ilman lämpötilaa. Pakkaskestävyydellä tarkoitetaan taimien solukon kykyä sietää nollaa alempia lämpötiloja. Vaurio tapahtuu, kun kasvisolukon lämpötila laskee ja jäätä alkaa kertyä kasvin solukoihin. Pakkaskestävyys vaihtelee puulajeittain, alkuperittäin ja kasvinsittain sekä vuodenaikojen mukaan.

Ilmankosteus

Vesimäärä ilmassa vaikuttaa kasveihin syntyviin pakkasvaurioihin. Kastepiste on tässä tärkeä tunnus. Se on lämpötila, jossa ilmassa oleva vesi alkaa tiivistyä kasvien ja rakenteiden pinnoille. Suhteellinen kosteus on silloin 100 %. Kastepiste voidaan mitata märkälämpötilana, joka Landiksen ym. mukaan on hyvin lähellä todellista kastepistettä. Kastepiste on tärkeä tunnus hallasuojauksessa, koska korkea ilmankosteus vähentää ulossäteilyn aiheuttamaa lämmön menetystä. Alhainen kosteus taas lisää haihduntaa kasvin pinnalta, mikä laskee sen lämpötilaa entisestään. Landiksen ym. mukaan taimitarhoilla olisikin hyvä seurata myös ilmankosteutta joko kastepisteenä tai märkälämpötilana ennen hallaa ja sen aikana. Tämä tieto on helposti mitattavissa taimitarhoille saatavilla olevilla sääasemilla.

Tuuli

Tuulihallalle on tyypillistä laajojen alle nolla-asteisten ilmassojen liike (kylmä rintama), jota liikuttaa yli 8 km/h

(2,2 m/s) oleva tuuli. Tuuli voimistaa haihdunnan aiheuttamaa viilenemistä, kun kastepisteet ovat alhaisia ja siksi hallavauriot lisääntyvät. On hyvä muistaa myös, että hallakastelulla ei ole todettu olevan suurta merkitystä, kun tuulen nopeus ylittää 3,5 m/s.

Pilvisyys

Säteilyhallaa esiintyy kirkkaina, tyyninä tai heikko-tuulisina öinä. Koska kasvit ja muut pinnat (maa) säteilevät lämpöä kylmempään ilmaan sitä voimakkaammin, mitä suurempi on niiden lämpötilaero, taimet menettävät lämpöä nopeammin kirkkaan yötaivaan alla kuin pilvisenä yönä.

Erilaiset pakkasvauriotyypit

Kylmän ilman aiheuttamia vaurioita metsässä ja taimitarhoilla on kahdenlaisia. Taimitarhoilla hallakastelulla voidaan Landiksen ym. mukaan vaikuttaa molempiin.

Pakkasvaurio on tyypillisin vauriotyyppi. Sen aiheuttaa äkillinen halla tai pakkanen. Se voi tapahtua kaikkina vuodenaikoina poikkeuksellisen kylmän sään aikana. Pakkanen voi vaurioittaa mitä tahansa sukkulentteja, vesipitoisia tai kasvavia kasvosia, kuten silmuja, verson kärkiä tai jälsikerrosta. Paakkutaimilla myös ilman suojausta oleva juuristo voi vaurioitua myöhään syksyllä ja talvella. Juuret eivät karaistu yhtä paljon kuin versot (kuva 1), joten loppusyksyn pitkään jatkuvat, hyvin alhaiset lämpötilat voivat vaurioittaa suojaamattomia, ulkona kasvatuskennoissa olevia taimia. Erityisen herkkiä pakkasvaurioille ovat taimet, jotka ovat alkuperältään tai puulajiltaan kasvatuspaikkaa eteläisempiä.

Pakkasvaurio on suoraan yhteydessä taimen pakkaskestävyyteen. Taimitarhakäsittelyt, jotka pysäyttävät verson kasvun ja lisäävät solukoiden pakkaskestävyyttä, vähentävät pakkasvaurioita. Esimerkiksi lyhytpäiväkäsittely on tällainen menetelmä. Pakkasvaurion oireet kehittyvät tyypillisesti muutaman päivän kuluessa altistumisesta ja vaurioitunut solukko voidaan todeta halkaistun kasvosan rusehtavana värinä.

Taulukko 1. Taimien karaistumisen ja sen purkautumisen vaiheet muokattuna Landiksen ym. 2015 artikkelin taulukosta. Kuusen taimien verson pakkaskestävyydet eri vaiheissa perustuvat Rikalan 2012 kirjaan. Taulukon LT₅₀ -arvot ovat lämpötiloja, joissa puolet taimista vaurioituu. Kaikki taimet eivät siis tuossa lämpötilassa selviydy vaurioitumatta. Juuret eivät ole yhtä kestäviä missään vaiheessa.

Karaistumisvaihe	Vuodenaika	Vaikuttavat ympäristötekijät	Kuusen taimien verson pakkaskestävyys, LT ₅₀
Karaistuminen alkaa hitaasti	Loppukesä ja alkusyksy	Pitenevät yöt	-2 ... -5 °C
Karaistuminen lisääntyy nopeasti	Loppusyksy	Alenevat lämpötilat, erityisesti yöllä	-10 ... -30 °C
Paras kestävyys	Keskitalvi	Hyvin alhaiset lämpötilat	-40...-50 °C
Pakkaskestävyys heikkenee nopeasti	Loppupalvi, alkukevät	Kohoavat lämpötilat ja pitenevät päivät	Heikkenee nopeasti -2 °C silmujen puhjetessa

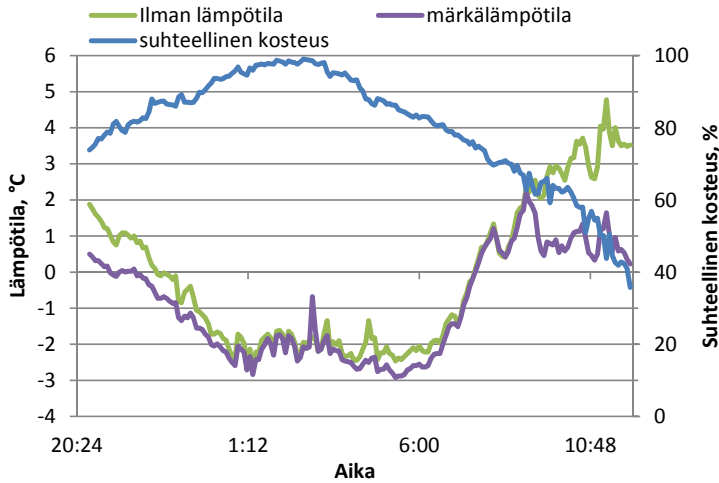
Pakkaskuivuminen (ahava) tapahtuu, kun maa tai kasvualusta on jäässä, ja taimet altistuvat pitkään kirkkaille, aurinkoisille säille. Ilmiötä esiintyy kevättalvella ja keväällä, kun lumi on kokonaan tai osittain sulanut verson päältä ja ilma on lämmin ja tuulinen. Paakkutaimet ovat erityisen herkkiä ahavalle, koska niillä on suhteellisen pieni juuriston tilavuus ja paakulta, toisin kuin paljasjuuritaimelta, puuttuu suora kontakti alla olevaan maahan. Taimien pakkaskestävyys tai lepotila ei estä ahavatuhhoa. Ainoa keino ahavaa vastaan on suojaaminen. Ahavan aiheuttamat vauriot kehittyvät hitaammin kuin pakkasvaurion. Oireiden ilmenemiseen saattaa mennä viikkoja.

Pakkaskestävyys

Pakkaskestävyys kuvaa kasvisolukon kykyä kestää vauriota jäätymlämpötilaa alhaisemmissa lämpötiloissa. Se voi vaihdella puulajien, alkuperien ja kasvosien välillä. Versojen pakkaskestävyys kehittyy syksyn ja alkutalven aikana pitenevien ja viilenevien öiden vaikutuksesta (taulukko 1). Kuusen ja männyn versot voivat kestää äärimmäistä kylmyyttä (-80 °C) maksimaalisen kestävyuden aikana keskitalvella. Kuusen taimilla tehtyjen tutkimusten mukaan ranka ja neulaset karaistuvat paljon nopeammin ja saavuttavat suuremman pakkaskestävyyden kuin silmut (kuva 1).

Hallakastelusta

Hallakastelun vaikutus perustuu siis lämmön vapautumiseen kasteluveden jäätyessä. Landis ym. suosittelevat, että kastelu aloitetaan heti, kun lämpötila saavuttaa taimien pakkaskestävyytason. Suomessa suosituksena on ollut aloittaa kastelu silloin, kun lämpötila on 1–2 °C pakkaskestävyytason yläpuolella (Konttinen 2002). Näin siksi, että aluksi kasteluvettä haihtuu, mikä alentaa taimien lämpötilaa ennen kuin veden jäätyminen alkaa vapauttaa sitä. Kastelu tulee tehdä sprinklereillä tai kiinteällä suutinverkostolla. Liikkuvalla kastelurampilla ei saada vettä riittävästi ja riittäväällä nopeudella taimien päälle. Kastelua on jatkettava niin kauan, että



Kuva 2. Luken Suonenjoen toimipaikan sääasemalta mitatut ilman lämpötilä, märkälämpötilä ja suhteellinen kosteus. Kuvasta näkyy ilman kosteuden vaikutus ilman lämpötilan ja märkälämpötilan eroon: mitä kuivempaa ilma on, sitä suurempi näiden lämpötilojen ero on ja sitä korkeammassa ilman lämpötilassa hallakastelu on aloitettava. Esimerkkinä hallakastelu olisi pitänyt aloittaa, kun ilman lämpötilä oli noin 1 °C, jos taimien pakkaskestävyys olisi ollut -1...-2 °C.

lämpötilä nousee taas nollan yläpuolelle, vesi on sulanut taimien päältä ja taimet ovat sulia. Myöhemmin syksyllä kylminä ja pitkinä öinä on riski, että kastelujärjestelmiin muodostuu jäätä. Landis ym. (2015) muistuttavatkin, että taimitarhoilla on varmistettava, että koko linjasto on varmasti kuiva käytön jälkeen.

Landis ym. suosittelevat, että hallakastelun aloituslämpötilä on mukautettava paitsi ympäröivään lämpötilaan myös ns. märkälämpötilaan (kuva 2). Jos taimierän pakkaskestävyys on testattu ja tiedossa, voidaan hallakastelun aloituslämpötilä sovittaa sen mukaiseksi. Konttisen (2002) ohjeissa kastelu suositellaan lopetettavaksi vasta kun lämpötilä on noussut pysyvästi 0 °C yläpuolelle ja jää on sulanut taimista.

Talvivaurioiden estäminen

Suomessa talviaikaisia pakkasvaurioita (juuristo) ja kevään ahavavaurioita (verso) vastaan hyväksi havaittu keino ulkona varastoiduille taimille on lumetus. Syksyllä ilman lämpötilan laskiessa pakkasen puolelle taimien päälle tehdään lunta lumitykeillä. Talvella tykkilumipeite suojaa taimia hyvin alhaisilta lämpötiloilta. Keväällä tykkilumi ei sula taimien päältä yhtä nopeasti kuin luonnonlumi ympäröiviltä alueilta, joten taimet ovat pidempään suojassa ahavalta. Tykkilumen sulaessa ja versojen vapautuessa lumen alta juuripaakkujen pysyessä jäässä, voi aurinkoisina, lämpiminä ja tuulisina päivinä ahavatuhojen riski lisääntyä.

Suosituksia

Hallakastelun käyttö on tehokas keino suojata taimia, jos sitä käytetään oikein. Seuraavassa joitakin Lan-

diksen ym. (2015) antamia suosituksia suomalaisiin olosuhteisiin mukailtuna.

1. Varmista, että sprinklereistä tuleva vesi kattaa koko suojeltavan taimikentän.
2. Varmista, että käytössä on riittävästi vettä niin kauan kuin on tarvis.
3. Mieti, tarvitaanko sprinklereihin muoviosia, jotta välttyt jäätyneiden osien vaihtamiselta. Muoviosat eivät hallakastelussa mahdollisesti ilmenevien häiriöiden aikana jäädy yhtä herkästi kuin metalliset.
4. Määritä taimiesi pakkaskestävyys, jotta saat selville lämpötilan, jossa kastelu on aloitettava.
5. Ota kastelun aloitusohjeistuksessa huomioon kastepiste ja tuuliolosuhteet. Kastelu on aloitettava, kun ilman lämpötilä on 1-2 °C taimien pakkaskestävyyttä korkeampi.
6. MUISTA: hallasuojauksen päävaikutus tulee latentista lämmön vapautumisesta, kun vesi jäätyy eli kastelua on jatkettava niin kauan, että taimet ovat sulaneet.
7. Tee tarkkoja muistiinpanoja, jotta voit oppia kokemuksistasi ja hienosäätää hallantorjuntatyötäsi.



Lähteet:

Konttinen, K. 2002. Hallantorjunta taimitarhalla. Taimitarhatutkimuksen vuosikirja 2002. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 873:18-30. (<https://jukuri.luke.fi/handle/10024/521507>)

Landis, T. D., Khadduri, N. ja Haase D. L. 2015. Frost protection with irrigation: taking another look. Forest Nursery Notes, Summer 2015. USDA Forest Service 35 (1 & 2): 4-11.

Rikala, R. 2012. Metsäpuiden paakkutaimien kasvatusopas. Metsäntutkimuslaitos. 247 s.

Suomen ilmatieteenlaitos. Teematietao. <http://ilmatieteenlaitos.fi/lampotila>. Luettu 18.4.2016

Siemenlevintäinen *Diplodia pinea* -sieni havaittu ensi kertaa Suomessa

KATRI HIMANEN JA MICHAEL MÜLLER

Maailmalla useilla havupuilla tuhoja aiheuttavan *D. pinea*-sienen (synonyymi *Sphaeropsis sapinea*) esiintyminen varmennettiin viime vuonna kolmesta kohteesta Etelä-Suomessa. Sienen tiedetään voivan levitä myös siementen mukana, joten sen esiintymistä on syytä tarkkailla siemenviljelyksillä ja ylipäänsä kävyissä.

Etelänversosurma oireilee monin tavoin

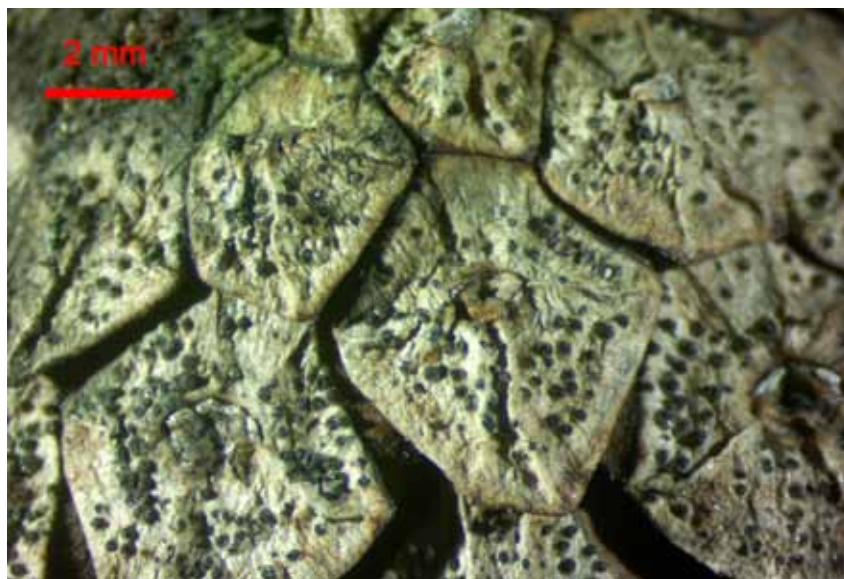
D. pinea -sieni esiintyy puiden solu-koissa ns. piilevänä taudinaiheuttajana. Se on eristetty useilla puulajeilla oireettomista versoista, juurista ja siemenistä, eli sienen läsnäolo ei välttämättä johda taudin ilmenemiseen. Esimerkiksi kuivuusstressi tai hallavauriot voivat laukaista taudin.

Sientä on tavattu useilla mäntylajeilla (*Pinus*-suvun lajit), mukaan lukien kotimainen metsämäntymme (*P. sylvestris*). Lisäksi se voi esiintyä mm. kuusissa (*Picea* spp.), katajissa (*Juniperus* spp.) sekä lehtikuusissa (*Larix* spp.). Sienen kyky aiheuttaa tautia vaihtelee puulajeittain: Erityisen vakava ongelma on radiatamäntylviljelmillä (*P. radiata*). Samoin mustamänty (*P. nigra*) on herkkä sairastumaan sienen vaikutuksesta, kun taas metsämänty vaikuttaa tämänhetkisten tietojen mukaan kohtuullisen kestävältä luontaisella levinneisyysalueellaan.

D. pinea-sienen aiheuttamaa tautia nimitetään etelänversosurmaksi, vaikka sieni ei olekaan läheistä sukua varsinaiselle versosurman aiheuttajalle (*Gremmeniella abietina*). Varttuneissa puissa tai isommissa taimissa etelänversosurma näkyy kasvussa olevien versojen kuolemisena, ja usein versot käyristyvät tuhon seurauksena (kuva 1).



Kuva 1. Etelänversosurma aiheutti metsämännillä vakavia vaurioita vuonna 2008 Liettuassa. (valokuva Kestutis Grigaliunas)



Kuva 2. *Diplodia pinea* -sienen itiöpesäkkeitä Helsingistä löydettyssä metsämännyn ylivuotisessa kävyssä. Vanhojen käpyjen pinnalla esiintyy hyvin usein erilaisten sienten itiöpesäkkeitä. *D. pinea* on varmuudella mahdollista tunnistaa vain mikroskoipimalla itiöitä tai DNA-analyyseillä. (valokuva Michael Müller)

Versojen sairastumisen seurauksena puuainne voi sinistyä laajemminkin sairastuneen kohdan ympärillä.

Taimitarhalla yhtenä oireena on sirkkataimien kuoleminen taimipolteen tapaan. Kaksivuotiaissa taimissa kasvussa oleviin versoihin

ilmestyy koroja, versot vääntyvät ja kuolevat. Tauti voi näkyä myös lievempänä oireena, jolloin tuoreet neulaset jäävät lyhyiksi ja kellastuvat. On myös todettu, että sienen itiöiden runsas määrä siemenerässä heikentää siementen itävyyttä.

Kosteaa edesauttaa tartuntoja

Itiöiden pääasiallinen leviämisaika on kevät. Ne vapautuvat tuolloin pyknidioista (itiöpesäkkeistä). Itiöt leviävät tuulen mukana puiden kukintoihin, tuoreisiin käpyihin ja kasvussa oleviin versoihin. Ranskassa tehdyn tutkimuksen mukaan pyknidioiden määrä kävyissä lisääntyy sateisina kesinä leutojen talvien jälkeen. Jos emikukinnot ovat saaneet tartunnan, sieni jää elämään kehittyvän kävyn sisään ja sen uskotaan päätyvän siementen sisään tässä vaiheessa. Tauti puhkeaa versoissa puun altistuttua jollekin stressille, kuten kuivuusjaksolle tai rankalle raekuurolle. Tällöin muodostuu pyknidioita myös neulasiin ja oksiin.

Tämän lajin pyknidiat ovat mustia, halkaisijaltaan joitakin millin kymmenyksiä olevia epätasaisia palleroita (kuva 2). Vaikka kevät on itiöiden leviämisen huippukausi, niitä voi vapautua josamana kesänä tartunnan jälkeen. Käpyjen pintaan pyknidiot kehittyvät siementen varisemisen jälkeen, eli ns. ylivuotisiin käpyihin. Sieni voi näin ollen päätyä siemeniin joko ns. endofyytiksi kävyn kehityksen aikana, tai niiden pinnalle käpyjen keruun jälkeen, mikäli käpysäkkeihin tai karistamolalle päätyy itiöiviä käpyjä. Itiöt säilyvät tartuttamiskykyisinä kuukausia tai vuosia olosuhteista riippuen. Niinpä esimerkiksi siementen pinnassa olevat itiöt voivat kylvön jälkeen aiheuttaa taudin sirkkataimessa.

Havaintoja Helsingissä ja Nummi-Pusulassa

Syyskesällä 2015 Helsingistä löytyi kahdesta kohteesta männyn ylivuotisia käpyjä, joiden pinnoilla näkyi tälle sienelle tyypillisiä pyknidioita ja itiöitä. Myös Nummi-Pusulassa (nyk. Lohja) tehtiin vastaava havainto. Pelkän itiöpesäkkeen ja itiöiden rakenteen perusteella sienen lajia ei voi kuitenkaan varmuudella tunnistaa. Maahan pudonneiden käpyjen

suomuissa esiintyy monia muitakin sienilajeja. Lajitunnistus voidaan varmistaa DNA-sekvenssien perusteella. Yksittäisistä itiöistä kasvatetaan puhtasviljelmät, joista DNA eristetään ja sekvensoidaan. Saatuja sekvenssejä verrattiin tunnettuihin *D. pinea*-perimänäytteisiin ja kahden eri DNA-jakson perusteella todettiin viljelmät etelänversosurmiksi.

Varmistettuja tapauksia Virossa ja Ruotsissa viime vuosilta

Myös Suomen lähialueilla sienen esiintyminen on varmistunut vasta viime vuosina. Virossa *D. pinea* on tavattu mm. Pärnussa ja Muhun saarella mustamännyn kävyissä vuosina 2007–2009. Ruotsissa sieni on tavattu vuonna 2013 mustamännyn kävyissä Alnarpissa Etelä-Ruotsissa ja lisäksi metsämännynllä Fjällnorassa Uppsalan lähellä. Keski-Euroopassa etelänversosurmatuhot ovat lisääntyneet 1990-luvun jälkeen ja syyksi arvellaan ilmastomuutosta.

Vaikka laajamittaisia selvityksiä sienen yleisyydestä ja levinneisyydestä naapurimaissamme tai Suomessa ei ole vielä tehty, havaintojen pohjalta voi olettaa sen leviävän pohjoista kohti ilmaston lämmetessä ja äärisääolojen yleistyessä.

Siemenviljelyksiä kannattaa pitää silmällä

Jotta sienen leviäminen metsänviljelymateriaalin välityksellä voidaan estää, tulee huolehtia, ettei se asetu siemenviljelyksen vartteisiin tai ympäröiviin puihin ja näin pääse saastuttamaan siemeniä. Pääosa viime vuosikymmeninä perustetuista siemenviljelyksistä sijaitsee entisellä maatalousmaalla ja vartteet pyritään leikkauksin pitämään matalina. Rungas pintakasvillisuus ja matalat vartteet tekevät pienilmastosta kostean, mikä suosii sienen leviämistä ja tartuntoja. Samoin tulee huolehtia, ettei karistamoilla käsitellä esimerkiksi ulkomailta tulevia käpyeriä,

joissa sientä voi esiintyä, sillä itiöt voivat jäädä karistamon laitteisiin ja siirtyä useisiin siemeneriin.

Oleellista on siis huolehtia hyvistä toimintatavoista koko metsänviljelyketjussa. Ylivuotisia käpyjä ei pidä kerätä tuoreiden käpyjen joukkoon, ja toisaalta taimien stressaamisen välttäminen taimitarhalla tai ennen istutusta vähentää taudin puhkeamisen riskiä. Käyttämällä oikeaa puulajia ja alkuperää vähennetään puolestaan tautiriskiä metsässä. Ulkomaisilla mäntylajeilla on todettu, että taimitarhalla sienen itiöitä voi levitä taimiin merkittäviä määriä kasvatuskenttiä ympäröivästä, saastuneista puista. Mikäli tautioireita aletaan Suomessa havaita yleisemmin, tulee myös taimitarhoilla seurata lähimetsien vointia tämänkin sienen varalta.

Luonnonvarakeskuksessa jatketaan työtä sienen yleisyyden kartoittamiseksi ja tautiriskin selvittämiseksi. Mikäli esimerkiksi siemenviljelyksellä tapaa epäilyttäviä tautioireita versoissa tai käpyerän puhtaus mietityttää, voi olla yhteydessä tämän jutun kirjoittajiin.



Kirjallisuus

- Bihon, W., Slippers, B., Burgess, T., Wingfield, J. & Wingfield B.D. 2010. Sources of *Diplodia pinea* endophytic infections in *Pinus patula* and *P. radiata* seedlings in South Africa. *Forest Pathology* 41(5): 370–375.
- Fabre, B., Piou, D., Desprez-Loustau, M.-L. & Marçais, B. 2011. Can the emergence of pine *Diplodia* shoot blight in France be explained by changes in pathogen pressure linked to climate change? *Global Change Biology* 17: 3218–3227.
- Hanso, M. & Drenkhan, R. 2008. *Diplodia pinea* is a new pathogen on Austrian pine (*Pinus nigra*) in Estonia. *New Disease Reports* 58: 797.
- Lilja, A., Himanen, K., Poimala, A. & Poteri, M. 2013. Metsäpuiden taimituotantoa ja jou-lupuiden kasvatusta uhkaavat taudit. *Metsätieteenaikakauskirja* 2013(4): 647–674.
- Oliva, J., Boberg, J. & Stenlid, J. 2013. First report of *Sphaeropsis sapinea* on Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Austrian pine (*P. nigra*) in Sweden. *New Disease Reports* 27: 23.
- Poteri, M. & Lilja, A. 2013. Paakkutaimien tautien integroitu torjunta metsätaimitarhoilla. *Metsäntutkimuslaitos*. 36 s.

Erinomainen kirja kasvihuoneviljelystä

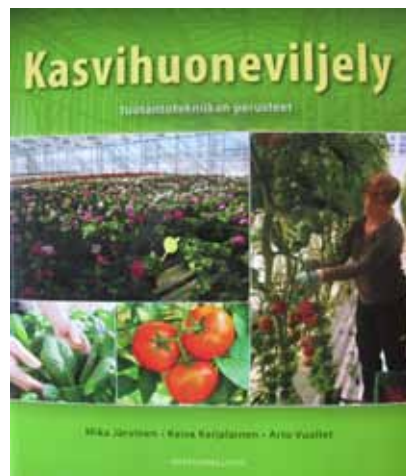
KATRI HIMANEN

Viime vuoden lopulla ilmestynyt Opetushallituksen kustantama Kasvihuoneviljely – tuotantotekniikan perusteet on värikäs ja helposti lähestyttävä kirja. Teos käsittelee lähinnä puutarhakasvien ja vihanneiden kasvihuonetuotantoa, mutta suuri osa tekniikasta on yhteistä metsätaimituotannon kanssa. Kirjasta on epäilemättä poimittavissa vinkkejä ja tuotantotapakikkoja metsätaimitarhoille, ja ainakin sitä voi käyttää oppaana ja hakemistona erilaisissa ongelmatilanteissa tai uutta suunnitellessa.

Kirjassa käsitellään kasvi- ja muovihuoneiden rakennetta sekä erilaisten kasvihuonetyyppien ominaisuuksia. Piirroksat rakenteista avaavat asiaa. Suuren pai-

noarvon saavat kasvihuoneiden varusteet ja laitteet. Lämmityksen, valaistuksen ja lannoituksen fysiikkaa ja kemiaa käsitellään poikkeuksellisen selkein esimerkein. Kirjassa opastetaan muun muassa lannoitusliuosten valmistamista ja erilaisten mittalaitteiden oikeaoppista käyttöä.

Kasvunohjausluvussa paneudutaan kasvien fysiologiaan. Havaintopiirroksat ja runsas kuvitus avaavat esimerkiksi valon laadun merkitystä kasveille. Lisäksi kirjassa opastetaan muun muassa viljelyohjelmien laadintaa ja kerrotaan kasvinsuojelutekniikoista. Viimeinen luku käsittelee työturvallisuuskysymyksiä, laadunvalvontaa sekä ympäristönsuojelukysymyksiä.



Kirja on ostettavissa Opetushallituksen verkkosivuilta: <http://verkkokauppa.oph.fi/> 9789521353444

Laatua ja monimuotoisuutta metsänuudistamiseen

NordGen teemapäivä 29.9.2016, Kyyhkylän kartano, Mikkeli

Teemapäivän aiheina ovat siemenhuolto, taimien ja metsänviljelyn laatu, omavalvonta sekä metsänviljelyn hyväksyttävyyden.

Tarkempi ohjelma ja ilmoittautumisohjeet ilmestyvät NordGenin ja Luken nettisivuille alkukesästä. Teemapäivä on suomenkielinen ja maksuton.

Lisätiedot: katri.himanen@luke.fi, kari.leinonen@evira.fi.

Mixed forests - NordGen-konferenssi 20.-21.9.2016, Växjö, Ruotsi

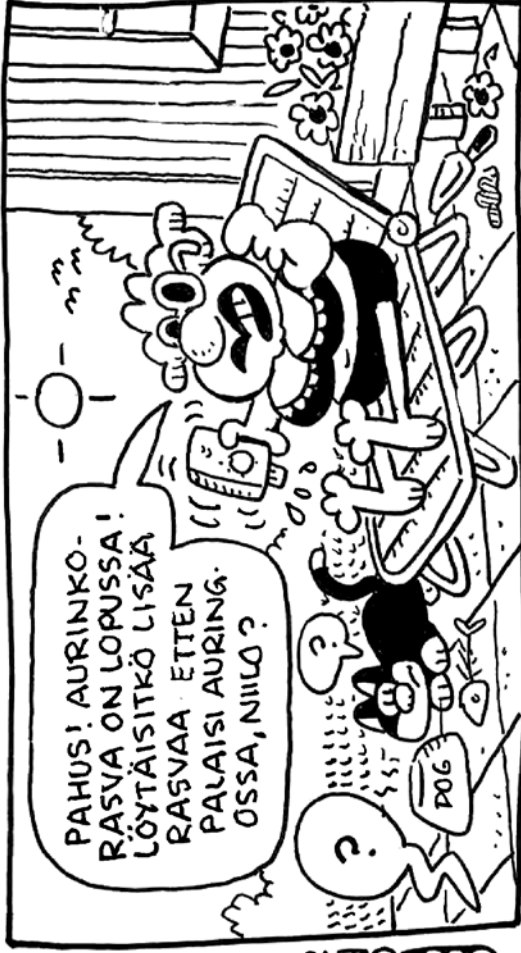
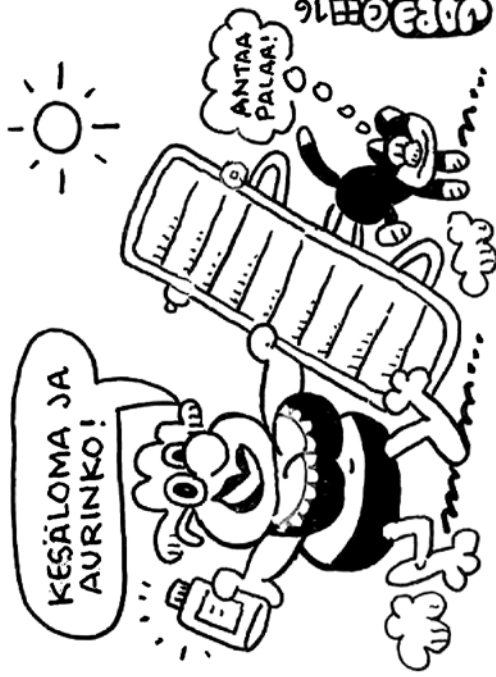
Tämänvuotinen NordGen-konferenssi järjestetään Växjössä Etelä-Ruotsissa. Tapahtuman toinen päivä vietetään maastoretikellä. Aiheena on sekapuustojen ja lehtipuiden kasvattaminen.

Ohjelma ja ilmoittautumisohjeet sekä hintatiedot julkistetaan NordGenin nettisivuilla (www.nordgen.org) alkukesästä. Lisätiedot: kristina.wallertz@slu.se.



PUUPUUTTA

PUPELLON KYLÄSSÄ VILDELEVÄT HUUMORIA SUSIPARI NIILO NÄRE JA TAIMI PAAKKUNAINEN



PS. TAIMIN PINNA PALOI!