

Tuija Aronen

Bioteekniikka ja metsänjalostus

Viime vuosina on metsägenetiikan ja metsänjalostuksenkin kysymyksiin alettu etsiä vastauksia myös biotekniikan keinoin, mistä Metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun tutkimusasemalla tehtävä työ on oivana esimerkkinä. Tuija Arosen väitöskirja käsittelee biotekniikan menetelmien, lähinnä geeninsiirtojen mahdollisuuksia männyn ominaisuuksien tutkimuksessa ja jalostuksessa.

Metsäpuidenbiotekniikkatutkimus

Metsäpuiden biotekniikkatutkimuksessa sovelletaan useita menetelmiä yhdessä ja erikseen. Biotekniikan menetelmien joukkoon kuuluviksi luetaan ta-

vallisesti geneettisen transformaation lisäksi geenikartoitus ja molekyyli­markkeritekniikat, sekä kasvullisen lisäyksen menetelmistä ainakin erilaiset solukkoviljelytekniikat. Moniin muihin hyötykasveihin verrattuna biotekniikan sovellutukset metsäntutkimuksessa ovat vielä vähäisiä, mikä johtuu yksinkertaisesti alan uutuudesta ja tutkimukseen toistaiseksi käytettyjen resurssien pienuudesta. Paljon merkittävää on kuitenkin saatu jo aikaan.

Metsäpuiden biotekniikan menetelmistä pisimpään on tutkittu solukkoviljelylisäystä, jonka avulla voidaan monistaa parhaita ja mielenkiintoisimpia puuyksilöitä sekä tutkimustarkoituksiin että viljeltäviksi. Nykyisin hyvin monien lehtipuulajien mikrolisäys onkin jo rutiinia. Omista metsäpuistamme hyvä esimerkki on koivu, jota ennen 1990-luvun lamavuosia tuotettiin solukkoviljelyllä aina metsänviljelytarkoituksiin asti. Lehtipuiden mikrolisäyksessä käytetään yleensä organogeneesiin perustuvaa menetelmää, ja lähtömateriaalina voidaan usein käyttää vanhastakin puusta peräisin olevaa

Tuija Aronen toimii tutkijana Metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun tutkimusasemalla. Kirjoitus perustuu hänen väitöstehtävönsä. Väitöskirja Genetic transformation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on julkaistu Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja-sarjassa numerolla 595. ISBN 951-40-1504-5.

solukkoa, esimerkiksi silmuja.

Havupuilla solukkoviljelymenetelmien kehittäminen on osoittautunut vaikeaksi. Lähtömateriaalina joudutaan yleensä käyttämään hyvin nuoresta taimesta tai alkiosta peräisin olevia solukoita, ja organogeneesiin perustuvissa menetelmissä monistuskertoimet ovat yleensä alhaisia. Tällä hetkellä metsäpuiden solukkoviljelytutkimuksessa panostetaan somaattisen embryogeneesin, eli kasvullisia alkiota tuottavan monistustekniikan kehittämiseen taloudellisesti tärkeille havupuille. Omista puistamme kuuselle on jo olemassa tällainen menetelmä, mutta mäntyä pystytään toistaiseksi mikrolisäämään vain organogeneettisesti.

Geenikartointi ja erilaiset DNA-markkeritekniikat ovat uusimpia tulokkaita biotekniikan menetelmäarsenaalissa. Näiden tekniikoiden kehitys, ja myös soveltaminen käytännön ongelmien ratkaisemiseen on kuitenkin edennyt nopeasti. Geenikarttojen laatiminen lisää tietojamme puiden perinnöllisestä rakenteesta ja evoluutiosta, ja markkereita voidaan hyödyntää mm. mielenkiintoisten geenien eristämiseksi, populaatioiden välisten suhteiden tutkimuksessa sekä puuyksilöiden tunnistamisessa.

Metsänjalostuksen kannalta merkittävimpiä sovellutuksia ovat siemenviljelysten toimivuuteen liittyvien kysymysten selvittäminen, risteytysten ja monistetun materiaalin oikeellisuuden varmistaminen, sekä markkeriavusteinen valinta. Markkeriavusteiselta valinnalta odotetaan paljon, onhan valintatyö perinteisessä metsänjalostuksessa ollut sangen hidasta johtuen juuri puiden pitkästä nuoruusvaiheesta ja monien ominaisuuksien huonosta nuoruus-aikuvaiheen korrelaatiosta. Pääpuulajeistamme geenikarttoja ollaan laatimassa sekä rauduskoivulle että männylle – männystä sellainen on jo julkaistukin – ja kuusen kohdalla työ on suunnitteilla. Lisäksi DNA-markkereihin perustuvaa sormenjälkitekniikkaa on käytetty Suomessa ainakin koivuristeytysten varmentamiseen.

Geeninsiirrollasiirtogeenisiä mallikasveja

Ehkä eniten julkisuutta viime aikoina saanut biotekniikan osa-alue on kuitenkin geneettinen transformaatio, kasvien muokkaaminen geenitekniikan keinoin. Ikävä kyllä, geeninsiirrot on käydyssä kes-

kustelussa monesti nähty yksipuolisesti ”pöydän kattamisena Frankensteinin hirviölle”, ja niiden tuottamat hyödyt tarkoituksellisesti unohdettu. Tekniikka itsessään, tai perintöaines, DNA – olipa se peräisin mistä eliöstä hyvänsä – voi tuskin olla hyvää taikka pahaa. Kasvien viljelyn ja jalostuksen historia on täynnä esimerkkejä perintöaineksen siirtämisestä: Kokonaisia lajeja on siirretty uuteen ympäristöön, ja risteytyksiä on tehty sekä toisistaan eristyneiden yksilöiden, mutta myös lajien välillä. Edes eliöryhmästä toiseen, kuten bakteerista aito-tumalliseen soluun tapahtuva geeninsiirto ei ole ilmiönä luonnon – kasvibioteknikassakin hyödynnettävillä yleisillä maabakteereilla, agrobakteereilla, on luonnostaan kyky siirtää omia geneejään osaksi isäntäkasviensa perimää.

Keskustelu geeninsiirtojen päämääristä ja sovellutuksista on kuitenkin paikallaan. Julkisuudessa usein unohdettu tosiseikka on, että transformaatiotekniikat tarjoavat ainutlaatuisia mahdollisuuksia tutkia kasvien perintötekijöitä ja niiden toimintaa. Geeninsiirtojen avulla voidaan seurata suoraan jonkin tietyn geenin tai sen säätelyalueen toimintaa kasvin eri solukoissa ja kehitysvaiheissa, sekä ympäristötekijöiden vaikutusta siihen. Samoin voidaan tutkia tietyn geenin toiminnan vajavaisuuksien tai puuttumisen merkitystä kasvin kasvulle ja hyvinvoinnille. Voidaan sanoa, että esimerkiksi kasvifysiologian tutkimuksessa on siirtogeenisten mallikasvien käyttö nykyään melkein enemmänkin sääntö kuin poikkeus.

Metsäpuiden geenitoiminnasta kertyvä tieto hyödyttää tietysti myös metsänjalostusta, mutta geeninsiirtojen mielenkiintoisimmat ja kiistellyimmät sovellutukset liittyvät hyötygeenien siirtoon. Omia metsäpuistamme ajatellen tekniset valmiudet tähän ovat tällä hetkellä olemassa vain muutamilla lehtipuilla, kuten haavalla ja koivulla, joiden tapauksessa myös siirtogeenisen materiaalin massamonistus viljelyyn onnistuisi. Havupuillamme menetelmät ovat edelleen kehitteillä. Puiden erityispiirteiden, kuten pitkäikäisyyden ja suurien luonnonpopulaatioiden vuoksi on silti tärkeää pohtia, min-kälaisia hyötygeenejä metsäpuihin yleensä kannattaisi siirtää.

Maatalouskasveihin on siirretty paljon tauti- ja tuholaiskestävyyttä sekä herbisidien sietokykyä parantavia genejä. Mielestäni kestävyysgeenien siir-

toon metsäpuihin tulisi kuitenkin suhtautua varauksella, ainakin nykytilanteessa, tuhojen ollessa suhteellisen vähäisiä. Onhan mahdollista, että puiden vuosikymmenien pituisen elinkaaren aikana tuholaiset ja taudinaiheuttajat ehtivät hyvinkin kehittää uusia mekanismeja geeninsiirroilla aikaansaadun kestävyuden murtamiseksi. Ongelmien ilmetessä ei metsäviljelmää myöskään voida seuraavana kasvukautena korvata toisella, paremmalla lajikkeella, mikä peltokasvien kohdalla on mahdollista. Myöskään herbisidien käytön suosiminen niitä kestäviä puita jalostamalla ei tunnu järkevältä. On myös muistettava, että jollei siirtogeenisistä puista tehdä steriilejä, on siirrettyjen geenien leviäminen ympäröiviin luonnonpopulaatioihin hyvin todennäköistä. Tätä taustaa vasten parhaimpia ehdokkaita metsäpuihimme siirrettäviksi geeneiksi ovat mielestäni puiden laatuominaisuuksiin vaikuttavat geenit. Kaukaisena tulevaisuuden visiona voisikin yleisen metsänviljelyaineiston parantamisen ohella nähdä erityisominaisuuksia omaavien laatu- puiden tuoton erikoistarkoituksia varten.

Onnistuuko siirtogeenisten mäntyjen tuottaminen?

Väitöskirjassani tarkastellaan geeninsiirtoa mäntyyn paitsi tekniikan kehittämisen kannalta, myös pohdittin sitä, millaisia geenejä mäntyyn voitaisiin siirtää. Eräänä mielenkiintoisena esimerkkinä olen ottanut esille kuusesta äskettäin kartoitetun *pendula*-geenin, joka aiheuttaa kapealatvaisuutta ja ohutoksisuutta yhdistyneenä nopeaan kasvuun. Tällaisesta geenistä voisi hyvinkin olla hyötyä haettaessa männyn ideotyyppiä vastaavaa jalostusaineistoa. En myöskään näe, että *pendula*-geenin kaltaisten tekijöiden leviämisestä luonnonpopulaatioihin olisi välttämättä mitään haittaa. Myös männyltä on löydetty kapealatvuksisia, ohutoksaisia luonnon mutanteja, joista kuuluisimpanan mainittakoon täällä Punkaharjulla kasvava kantapuu E1101, ”Kanervan mänty”. Lisäksi on todettu, että näiden latvuksen sijasta rungon kasvuun panostavien yksilöiden fitness, lisääntymiskyky, on heikompi kuin paksu- ja runsaksaisien lajikumppaniensa.

Väitöskirjassani vertaillaan kahden geeninsiirtomenetelmän, agrobakteerien ja biolistisen ase- soveltuvuutta geenien siirtämiseksi mäntyyn. Näistä



Kuva 1. Solukkoviljelyn avulla pystytään tuottamaan hyvin nuorena kukkivia männyn taimia. Kuvassa 4-vuotias solukkotaimi, jossa emikukkia.

ase osoittautui agrobakteereja tehokkaammaksi. Agrobakteerien huonoon infektiotehoon näyttäisivät osaltaan vaikuttavan männyn erittämät kemialliset puolustusaineet, kuten terpeenit ja fenolit. Huolimatta tästä agrobakteerikäsittelyllä havaittiin kuitenkin olevan mäntypistokkaiden juurtumista tehostava vaikutus, mikä tosin saattaa olla seurausta esimerkiksi bakteerien kasvualustaan erittämistä hormoneista eikä siirtyneistä bakteeriperäisistä, juurenmuodostusta aiheuttavista geeneistä.

Geeninsiirtomenetelmien vertailun lisäksi tutkimus tuotti runsaasti tietoa geeninsiirtoihin männyltä vaikuttavista tekijöistä ja erilaisten säätelyalueiden toiminnasta. Työssä ilmeni, että mäntysilmuihin siirrettyjen reportterigeenien toiminta oli lajin oman perinnöllisen vuodenaikaissäätelyn alaista, vaikka siirretyllä geenillä olikin ns. jatkuvatoimi-

nen säätelyalue. Tulos painottaa edelleen sitä, että siirrettäessä geenejä pitkäikäisiin kasveihin, kuten metsäpuihin, on ennen siirtogeenisen materiaalin käyttämistä jalostuksessa tai viljelyssä varmistuttava siitä, että siirretyt geenit toimivat halutulla tavalla myös pitkällä aikavälillä.

Vaikka geeninsiirto erilaisiin mäntymateriaaleihin onnistuikin, ei siirtogeenisiä taimia vielä toistaiseksi ole regeneroitu. Geenien siirtämisessä mäntyyn näyttääkin olevan totta se, minkä olen myös omakohtaisesti havainnut – suvullisella lisääntymisellä on sittenkin puolensa. Geeninsiirron kohteena testatuista mäntysolukoista siitepöly nimitäin vaikuttaa useastakin syystä lupaavimmalta materiaaalilta siirtogeenisten mäntyjen tuottamista silmällä pitäen. Ensinnäkin, korkeimmat transformaa-

tiofrekvenssit, parhaimmillaan jopa 55 %, saavutettiin ampumalla juuri siitepölynäytteitä. Toiseksi männyllä hankaliksi osoittautuneita solukkoviljelytekniikoita ei tarvittaisi lainkaan, jos siirtogeeniset taimet voitaisiin tuottaa käyttämällä transformoitua pölyä kontrolloiduissa risteytyksissä. Toimiiko tämä lähestymistapa käytännössä, nähdään ensi vuonna, kun viime keväänä tehdyistä risteytyksistä saatua siementä päästään idättämään ja taimien ominaisuuksia tutkimaan.

Uskon kuitenkin, että jo lähitulevaisuudessa siirtogeenisten mäntyjen tuottaminen onnistuu – jollei siitepölyä, niin sitten esimerkiksi embryogeenisiä solukoita transformoimalla – ja että näin voidaan jatkossa tuottaa mielenkiintoisia yksilöitä ja perheitä metsäntutkimuksen ja -jalostuksen käyttöön.