

Sanna Susiluoto ja Frank Berninger

Eucalyptus microthecan morfologiset ja fysiologiset vasteet kuivuuteen

Seloste artikkelista: Susiluoto, S. & Berninger, F. 2007. Interactions between morphological and physiological drought responses in *Eucalyptus microtheca*. *Silva Fennica* 41(2): 221–233.

Tutkimme *Eucalyptus microthecan* taimien sopeutumista kuivuuteen kasvihuonekokeessa. Tutkimus tehtiin 3,5–4,5 kuukautta vanhoilla taimilla. Tutkimuksessa oli mukana kaksi eri kuivuskäsittelyluokkaa sekä kontrolliryhmä. Vasteena kuivuuteen taimien kasvu hidastui ja resurssien allokaatio muuttui siten, että allokaatio juuriin lisääntyi. Hienoituksen osuus kasvoi kuivuskäsittelyn myötä. Kontrolliryhmään kuuluvien taimien haihdunta oli mittausjakson lopussa huomattavasti korkeampi kuin kuivuskäsittelyjen taimien haihdunta. Ksyleemin vedenläpäisykyvyssä ja ilmarakojen konduktanssissa ei ollut tilastollisia eroja käsittelyjen välillä. Fotosynteesin maksimitasossa normaaliolosuhteissa mitattuna ei tapahtunut muutoksia kuivuuden vaikutuksesta, mutta maksimitaso korkeassa CO₂-pitoisuudessa oli korkeampi stressatuissa ryhmissä kuin kontrolliryhmässä. Myös Fv/Fm suhde ja vapaiden PSII keskusten osuus (qP) olivat suurempia kuivuskäsittelyillä taimilla kuin kontrollitaimilla, samoin typen konsentraatio lehdissä. Samaan aikaan kuitenkin energiavuo fotosynteesin ulkopuolisiin prosesseihin (*non photochemical quenching*, NPQ) oli alhaisempi stressatuilla taimilla kuin kontrolliryhmällä.

Tulokset viittaavat siihen, ettei *E. microtheca* reagoi kuivuuteen laskemalla fotosynteesitasoa, vaan se lisää fotosynteesistä kapasiteettiaan samalla, kun solujenvälinen CO₂-konsentraatio laskee. Suoja fotoinhibitiota vastaan ylläpidetään korkeammalla Rubiscon aktiivisuudella ja ohjaamalla absorboitua energiaa tehokkaammin fotosynteesiin.

Tutkimus osoittaa, että kuivuuden sietämisen erilaiset mekanismit ovat *E. microthecan* taimilla voimakkaasti linkittyneet toisiinsa. Muutokset juuri/verso-suhteessa toimivat ensisijaisena reaktionä käynnistäen sarjan kompensatioreaktioita, jotka vähentävät kuivuuden aiheuttamia negatiivisia vaikutuksia *E. microthecalla*. Rubiscon aktiivisuuden lisääntymisen ansiosta taimien on mahdollista ylläpitää korkea fotosynteesitaso ja samalla tehokkaasti suojata fotosynteesikoneistoaan valon aiheuttamia vahinkoja vastaan, mutta hintana tästä on hidastunut maan yläpuolisen biomassan kasvu. Tämän kaltainen opportunistinen veden käytön strategia voi olla hyvin keskeinen strategia alueilla, joilla kuivat jaksot ovat yleisiä mutta säännöllisiä.

■ FM Sanna Susiluoto, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos; Prof. Frank Berninger, Département des Sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Canada
Sähköposti sannamaija.susiluoto@helsinki.fi

Pekka Kaitaniemi, Janne Riihimäki,
Julia Koricheva ja Harri Vehviläinen

Kokeellista näyttöä assosiatiivisen resistenssin vaikutuksesta ruskomäntypistiäiseen

Seloste artikkelista: Kaitaniemi, P., Riihimäki, J., Koricheva, J. & Vehviläinen, H. 2007. Experimental evidence for associational resistance against the European pine sawfly in mixed tree stands. *Silva Fennica* 41 (2): 259–268.

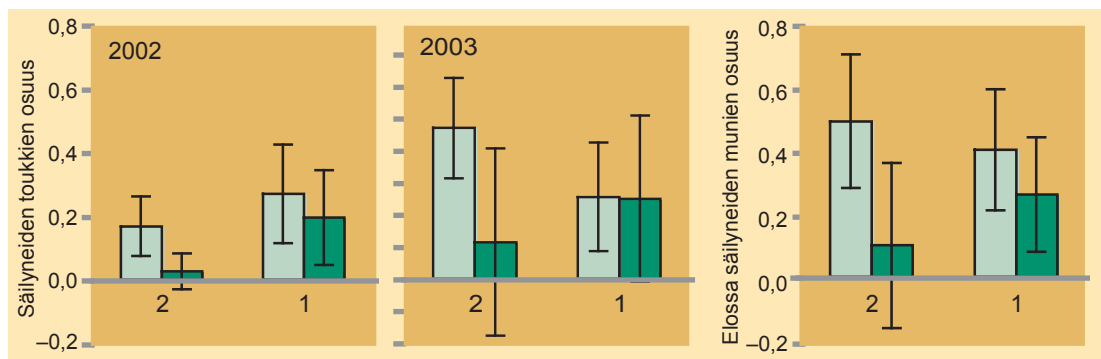
Puiden assosiatiivinen resistenssi tarkoittaa selälaista isäntäpuulajin vastustuskykyä haitallisia eliöitä vastaan, joka ei riipu suoraan isäntäpuulajin omista ominaisuuksista vaan välittyy epäsuorasti kasvuympäristön vaikutusten kautta. Assosiatiivisen resistenssin taustalla voi olla monenlaisia syntymekanismeja, ja sen ajatellaan ilmenevän erityisesti lajistoltaan monimuotoisissa kasvustoissa. Esimerkiksi tuohyönteisiä saalistavien petojen lajisto ja runsaus voi riippua metsän puulajikoostumuksesta, muut puulajit voivat vaikuttaa isäntäpuulajin kelpaavuuteen muuttamalla mikroilmastoa tai maaperän ravinnetaloutta, ja isäntäpuulajin runsaus metsikössä voi sinälläänkin selittää haitallisten eliöiden esiintymisen todennäköisyyttä. Usein lajistoltaan moni-

muotoisten metsien ajatellaankin olevan paremmin vastustuskykyisiä tuholaisille, mutta kokeellista todistusaineistoa väitteen tueksi ei juurikaan ole ollut.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin kokeellista asetelmaa sen selvittämiseksi, miten mahdollinen assosiatiivinen resistenssi vaikuttaa ruskomäntypistiäisen menestymiseen. Tutkimusmetsiköinä oli neljä pienialaista (20 m × 20 m) kokeellisesti perustettua mäntytaimikkoa ja neljä vastaavaa mänty-rauduskoivu-sekataimikkoa (50% kumpaakin lajia). Taimikot jakautuivat tasaisesti kahdelle erilliselle MT-tyyppin kasvupaikalle hieman Porista pohjoiseen. Kullakin taimikkoalalla altistettiin 7–10 mäntyä ruskomäntypistiäiselle lisäämällä sen toukkaryhmiä puihin kahtena peräkkäisenä vuonna. Lisäksi koteloituneet ja aikuiseksi selvinneet naaraat saivat munia puihin munakuolleisuuden mittaamiseksi.

Toukkien säilymistä puissa tarkkailtiin laskemalla toukat muutaman päivän välein. Samaan aikaan arvioitiin ruskomäntypistiäistä mahdollisesti saalistavien lajien runsautta laskemalla puissa esiintyneiden muurahaisten, hämähäkkien, lukkien ja luteiden määrät. Myös onnistuneesti talvehtineiden munien osuus mitattiin.

Tulosten mukaan ruskomäntypistiäinen menestyi säännönmukaisesti huomattavasti mänty-rauduskoivu-sekataimikoissa kuin puhtaissa mäntytaimikoissa. Vaikutus oli nähtävissä kummallakin kasvupaikalla ja molempina vuosina, ja se ilmeni sekä toukkien suurempana hävikkinä että kasvaneena munakuol-



Kuva 1. Toukkakauden loppuun selvinneiden ruskomäntypistiäistoukkien ja onnistuneesti talvehtineiden munien suhteelliset osuudet kahdella tutkimusalueella (1 ja 2) 95% luottamusväleineen. Vaaleat pylväät kuvaavat mäntytaimikoita ja tummennetut mänty-rauduskoivu-sekataimikoita. Toukkien selviäminen mitattiin kahtena vuonna.

leisuutena sekataimikoissa. Erot olivat enimmillään kymmenien prosenttien luokkaa (kuva 1). Saman suuntainen tulos havaittiin myös kolme vuotta kekeellisen tutkimuksen jälkeen laskettaessa taimikoissa luontaisesti esiintyneiden ruskomäntypistiäisten määriä.

Korrelatiivisten analyysien mukaan muurahaisten runsaus oli selvimmän yhteydessä ruskomäntypistiäisen menestymiseen, mutta ylipäättään taustalla näyttivät vaikuttavan monimutkaiset petolajien ja muiden kasvinsyöjälajien väliset vuorovaikutukset. Assosiatiivisen resistenssin aiheuttajaa ei siis tässä tapauksessa voitu yksiselitteisesti nimetä.

Assosiatiivisen resistenssin merkityksen arvioimista monimutkaistaa se, että kirvojen määrä männissä kasvoi samalla kun ruskomäntypistiäisen menestyminen heikkeni. Tämän vuoksi on vaikea arvioida ruskomäntypistiäiseen kohdistuneen resistenssin kokonaisvaikutusta männyn menestymiselle ilman pitkäaikaista kasvun seuranta. Ylipäättään kokeiden pienialaisuudesta johtuvan aineiston suppeuden vuoksi on ennen aikaista tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä, mutta ainakin tulokset antavat näyttöä assosiatiivisen resistenssin toiminnasta sekametsäissä ja kannustavat perusteellisempiin jatkotutkimuksiin aiheen parissa.

■ FT Pekka Kaitaniemi, Helsingin yliopisto, Hyytiälän metsäsema; FM Janne Riihimäki ja FT Harri Vehviläinen, Turun yliopisto, Biologian laitos, Ekologian osasto; FT Julia Koricheva, University of London, Royal Holloway, School of Biological Sciences
Sähköposti pekka.j.kaitaniemi@helsinki.fi

Antti Marjokorpi ja Jukka Salo

Kuinka hyvin kestävän viljelymetsätalouden standardit ja ohjeistot kattavat luonnon monimuotoisuuden kannalta keskeiset tekijät trooppisilla ja subtrooppisilla metsäviljelmillä?

Seloste artikkelista: Marjokorpi, A. & Salo, J. 2007. Operational standards and guidelines for biodiversity management in tropical and subtropical forest plantations – How widely do they cover an ecological framework? *Silva Fennica* 41(2): 281–297.

Kestävän metsätalouden standardit ja ohjeistot ovat kehittyneet suuresti viidentoista viime vuoden aikana. Suurin osa standardeista ja ohjeistoista on laadittu luonnonmetsille kun taas metsäviljelmille tehtyjä standardeja ja ohjeistoja on vielä suhteellisen vähän. Metsäviljelmien pinta-ala lisääntyy kuitenkin nopeasti etenkin trooppisissa ja subtrooppisissa, millä on sekä myönteisiä että kielteisiä vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen. Kestävän viljelymetsätalouden ohjeistot ja standardit ohjaavat nykyisin olennaisesti viljelmien perustamista ja hoitoa. Yksin metsäsertifioituja viljelmiä on jo yli kahdeksan miljoonaa hehtaaria.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää luonnon monimuotoisuuden suojelun ja hoidon kannalta keskeiset tekijät trooppisilla ja subtrooppisilla metsäviljelmillä sekä analysoida kuinka operatiiviset kestävän viljelymetsätalouden standardit ja ohjeistot kattavat nämä tekijät. Tutkimuksessa tarkasteltiin lisäksi standardien ja ohjeistojen soveltuvuutta ympäristöissä, joissa viljelmiä yleisesti perustetaan.

Standardeja ja ohjeistoja arvioitiin viitekehyyksessä, jossa luonnon monimuotoisuus oli jaettu kahteen pääluokkaan: monimuotoisuuden hierarkkisiin tasoihin (geeni, laji, ekosysteemi) sekä tekijöihin, jotka ovat nykykäsityksen mukaan keskeisiä monimuotoisuuden synnyn, ylläpidon ja häviämisen

kannalta. Lisäksi tutkimuksessa arvioitiin metsäviljelmän perustamisen ja hoidon vaikutuksia näihin tekijöihin. Tutkimukseen valittiin kahdeksan standardia ja ohjeistoa, jotka täyttivät ennalta määrätyt valintakriteerit. Näiden standardien ja ohjeistojen ekologinen kattavuus selvitettiin arvioimalla kuinka hyvin niiden yksittäiset elementit (esim. periaate, kriteeri tai indikaattori) kattoivat em. viitekehysten pääluokat ja niiden osa-alueet.

Tulokset osoittivat, että standardit ja ohjeistot kattavat vain osan luonnon monimuotoisuuden hoidon ja suojelun kannalta tärkeistä tekijöistä. Eräät tekijät, kuten arvokkaiden elinympäristöjen tai maaperän- ja vesiensuojelu, oli huomioitu vaihtelevasti kaikissa standardeissa ja ohjeistoissa. Elinympäristöjen ajallisen ja paikallisen vaihtelun ylläpitäminen tai avainlajien tai toiminnallisten ryhmien suojelu puuttui useimmista standardeista ja ohjeistoista. Standardit ja ohjeistot tarkastelevatkin luonnon monimuotoisuutta pääosin staattisena tilana. Luonnon monimuotoisuuden hierarkkiset tasot oli eroteltu vain kahdessa standardissa. Lisäksi kaikkien standardien ja ohjeistojen luonne (esim. prosesseihin vs. kynnyksarvoihin perustuva) sekä käsitteistön yhtenäisyys ja tarkkuus vaihtelivat huomattavasti. Pääasialliset syyt eroihin löytyvät standardien ja ohjeistojen historiasta, maantieteellisestä alkuperästä ja lainsäädännöllisestä ympäristöstä, jossa ne on kehitetty.

Käytännössä trooppisia ja subtrooppisia metsäviljelmiä perustetaan hyvin erilaisissa olosuhteissa. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös, kuinka standardit ja ohjeistot huomioivat ympäristön vaihtelusta johtuvia luonnon monimuotoisuuden erityistarpeita kolmessa skenaariossa: metsittäminen (engl. *afforestation*), metsän uudistaminen (*reforestation*) ja luonnonmetsän muuntaminen viljelmäksi (*conversion*). Standardien ja ohjeistojen sanamuodoista ja sisällöistä ilmeni, että useimmat niistä olivat laadittu tilanteisiin, joissa viljelmiä perustetaan rappeutuneen luonnonmetsän tilalle ja alkuperäisen luonnon elementtejä on vielä löydettävissä (metsän uudistaminen). Muiden skenaarioiden erityistarpeita standardeissa otetaan huomioon vain osittain.

Metsäviljelmien erityispiirteiden vuoksi on välttämätöntä erottaa toisistaan luonnonmetsille ja viljelmille laaditut standardit ja ohjeistot. Metsäviljelmille laadittuja standardeja tulisi kehittää niin, että ne ottaisivat paremmin huomioon viljelmätyypin ja toimintaympäristön sekä että ne kattaisivat kaikki luonnon monimuotoisuuden suojelun ja hoidon kannalta keskeiset tekijät. Nykyiset standardit käsittelevät luonnon monimuotoisuuden ekologiaa, sosiaalisia ja kulttuurisia ulottuvuuksia erillisinä osina. Nämä tekijät muodostavat kuitenkin moni-tyyppisen kokonaisuuden, mikä tulisi ottaa huomioon standardien ja ohjeistojen jatkokehityksessä.

■ FT Antti Marjokorpi, Stora Enso Wood Supply;
FT Jukka Salo, Turun yliopisto, Biologian laitos,
Biodiversiteetti- ja ympäristötieteen osasto
Sähköposti antti.marjokorpi@storaenso.com