

PUIDEN EKOFYSIOLOGIAA MUUTTUVASSA ILMASTOSSA

TEEMU HÖLTTÄ

**Puiden ekofysiologia käsittelee puiden elintoi-
mintoja, kuten yhteyttämistä ja kasvua, niiden
luontaisessa ympäristössä. Ympäristöolosuh-
teet muuttuvat paljon yhden puun eliniän aika-
na, mutta toisin kuin eläimet, puut eivät pysty
liikkumaan, vaan niiden on sopeuduttava muut-
tuviin ympäristöolosuhteisiin sillä paikalla,
mistä ne ovat siemenestä lähteneet kasvamaan.**

Globaalisti tärkeä ympäristönmuutos on ilman hiilidioksidipitoisuuden nousu, ja siitä seuraavat muutokset mm. lämpötiloissa ja sadannassa. Ilman kohoava hiilidioksidipitoisuus sinänsä on puille hyvä asia, koska hiilidioksidi on yhteyttämisen raaka-aine. Kohonneen ilman hiilidioksidipitoisuuden ansiosta puut voivat pitää lehdistään olevia ilmarakoja vähemmän auki, jolloin myös veden haihdunta lehdistä pienenee. On kuitenkin epäselvää, voiko puiden lisääntyvä hiilidioksidin saanti heijastua puiden kasvuun, jollei puiden ravinteiden saanti samalla lisääny (Van Der Sleen ym. 2013).

Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kasvusta johtuva lämpötilan nousu sekä lisääntyvät kuivuus- ja tulvajaksot tulevat asettamaan suuria haasteita puiden toiminnalle. Mitä muutoksia tapahtuu puiden toiminnassa ja kasvussa ilmaston muuttuessa? Mitä eroja tässä on lajien suhteen? Pystyvätkö puut ja metsät toimimaan lisääntyvinä hiilinieluinä ja imemään osan ihmiskunnan ilmakehään päästämästä hiilidioksidista puuaineeseen ja metsämaahan? Miten näihin asioihin voidaan vaikuttaa metsähoitollisilla toimenpiteillä?

Puiden perusprosessit ja niiden ympäristöriippuvuudet

Ennen kuin näihin kysymyksiin voidaan vastata, tulee tuntea puissa tapahtuvat perusprosessit, kuten yhteyttäminen, soluhengitys, pituus- ja

paksuuskasvu, veden- ja ravinteidenotto maasta, veden ja ravinteiden kuljetus puiden sisällä sekä näiden prosessien herkkyydet ympäristöolosuhteille. Monet kasveissa ja puuntaimissa tapahtuvat fysiologiset prosessit tunnetaan jo melko hyvin laboratorio-olosuhteissa, missä ympäristöolosuhteita voidaan säätää optimaalisiksi. Tietoa on kuitenkin paljon vähemmän täysikasvuisten puiden toiminnasta niiden luonnollisissa ja vaihtuvissa ympäristöolosuhteissa. On tärkeä ymmärtää, mitkä ovat reunaehdot esimerkiksi lämpötilan sekä veden- ja ravinteiden saatavuuden suhteen olosuhteille, missä eri lajit voivat kasvaa optimaalisesti ja menestyä. Tietomme puiden herkkyydestä ympäristöolosuhteille perustuu suurelta osin empiirisille havainnoille eikä mekanistiselle ymmärrykselle puiden eri prosesseista ja niiden vuorovaikutuksista. Tämä tekee vaikeaksi ennustaa esimerkiksi, miten eri lajit voivat sopeutua Suomessa tulevaisuuden ilmastoon.

Suomessa puiden kasvua rajoittavat eniten lämpötila ja typen saatavuus, mutta maailmanlaajuisesti vedenpuute on tärkein puiden kasvua ja selviytymistä rajoittava tekijä. Puiden kyky imeä vettä alipaineella maasta ja nostaa sitä kymmenien metrien korkeuteen lehtiin on hämmästyttänyt sekä luonnontutkijoita että fyysikkoja ja insinöörejä (Tyree 2003). Lisääntyneiden ja toistuvien pitkäaikaisten helleaaltojen ja kuivuusjaksojen seurauksena puiden ja metsien laaja-alaiset kuivuuskuolemat ovat lisääntyneet viime vuosikymmeninä huolestuttavan paljon ympäri maailmaa. Puiden kuivuuskuolemiin johtavia puun sisäisiä mekanismeja ei kuitenkaan osata vielä selittää tarkasti (Choat ym. 2018). Mitkä kriittiset prosessit tai tekijät puissa pettävät ensin kuivuuden jatkuessa; vedenotto maasta ja kuljetus lehtiin, puiden hiilihydraattivarastojen loppuminen, soluelinten ja -kalvojen hajoaminen vai tuholaisista johtuvat ongelmat, kun kuivuudesta kärsivillä puilla ei ole resursseja torjua niitä?

Maailmanlaajuisesti lämpötilanmuutoksen on arvioitu olevan erityisen suuri juuri pohjoisilla leveysasteilla ja talvisin. Onkin tärkeä ymmärtää, miten tämä tulee vaikuttamaan puiden fenologiaan ja talveutumiseen. Potentiaalinen vaara voi esimerkiksi olla, että lämpiminä talvina puut eivät siirry tarpeeksi syvään talvitilaan tai aloittavat

kasvunsa liian aikaisin keväällä, jolloin ne voivat vahingoittua pakkasten yllättäessä (Ma ym. 2019). Ymmärryksemme perusmekanismeista ja tekijöistä, jotka ohjaavat puiden fenologiaa, eivät ole vielä sillä tasolla, että pystyisimme ennustamaan, miten puut tulevat sopeutumaan muuttuviin talviolosuhteisiin.

Lämpenevät talvet voivat vaikuttaa puihin myös siten, että uudet hyönteis- ja sienituholaiset tulevat menestymään Suomen olosuhteissa, kun talvella ei ole tarpeeksi kovia pakkasia, mitkä tekisivät niistä selvää. Puiden fysiologisten prosessien ja tuholaiden interaktioita tulisi pyrkiä ymmärtämään paremmin. Miten puut puolustautuvat tuholaisia vastaan, ja miten eri tuholaiset onnistuvat ohittamaan puiden puolustusmekanismit?

Puiden ja metsien sopeutuminen ja takaisinkytkennät ilmastoon

On tärkeä oppia ymmärtämään, mitkä ”säännöt” muovaavat puiden ulkoisen ja sisäisen rakenteen muodostumista, ja miten plastisia, eli mukautuvia, nämä säännöt ovat ympäristöolosuhteiden muuttuessa. Esimerkiksi kuivassa ympäristössä puut lisäävät kasvua hienoituuriin sekä runkoon ja oksiiin lehtien kustannuksella, jolloin veden saanti maasta ja kuljetus lehtiin tehostuu haihdunnan samalla vähentyessä. Sopeutumista voi tapahtua sekä yhden puun eliniän aikana että sukupolvien yli geenien siirtymisen kautta. Myös puulajien ja puuyksilöiden alkuperien välisiä eroja tulee ymmärtää paremmin, jotta tiedetään, mitä lajeja ja alkupeiriä tulisi suosia ja istuttaa muuttuvassa ilmastossa. Onkin arveltu, että esimerkiksi etelämpää tulevat jalot lehtipuut voisivat menestyä Suomen tulevassa ilmastossa kasvukauden pidentyessä ja ravinteiden kierron nopeutuessa. Toisaalta, kuusi voi tulevaisuuden ilmastossa olla häviöjä, sillä se kärsii helposti kuivuudesta.

Ilmastonmuutoksen seurauksien ymmärtämiseksi on myös huomioitava, että puut vaikuttavat merkittävästi ympäristöönsä ja ilmastoon – puiden ja ilmaston välillä on takaisinkytkentöjä. Puiden vaikutuksen ilmastoon näkee selvästi esimerkiksi siinä, että ilman hiilidioksidipitoisuus laskee usean prosentin keväästä syksyyn puiden yhteyttämisen tuloksena, ja nousee talvella, kun puiden yhteyttäminen on minimissään. Puiden toiminnalla on suuri vaikutus myös vedenkiertoon; yksi suuri puu voi haihduttaa satoja litroja vettä päivässä, ja jopa 80 % maanpäällisestä vesivuosta maasta ilmakehään tapahtuu kasvien, pääasiassa puiden, läpi (Jasechko ym. 2013). Tämän lisäksi puiden päästämällä haihtuvilla yhdisteillä on havaittu olevan suuria vaikutuksia ilmakehän kemiaan; niillä on merkittävä rooli aerosolien muodostumisessa. Aerosolit heijastavat säteilyä takaisin avaruuteen ja osallistuvat pilvien muodostukseen sekä näin ollen viilentävät ilmastoa (Kulmala ym. 2013).

Kirjallisuus

- Choat, B., Brodribb, T. J., Brodersen, C. R., Duursma, R. A., Lopez, R. ja Medlyn, B. E. (2018). Triggers of tree mortality under drought. *Nature*, 558(7711), 531.
- Kulmala, M., Kontkanen, J., Junninen, H., Lehtipalo, K., Manninen, H. E., Nieminen, T., ... ja Franchin, A. (2013). Direct observations of atmospheric aerosol nucleation. *Science*, 339(6122), 943–946.
- Jasechko, S., Sharp, Z. D., Gibson, J. J., Birks, S. J., Yi, Y. ja Fawcett, P. J. (2013). Terrestrial water fluxes dominated by transpiration. *Nature*, 496(7445), 347.
- Ma, Q., Huang, J.G., Hänninen, H. ja Berninger, F. (2019). Divergent trends in the risk of spring frost damage to trees in Europe with recent warming. *Global Change Biology*, 25(1), 351–360.
- Tyree, M.T. (2003). Plant hydraulics: the ascent of water. *Nature*, 423(6943), 923.
- Van Der Slepen, P., Groenendijk, P., Vlam, M., Anten, N.P., Boom, A., Bongers, F., Pons, T.L., Terburg, G. ja Zuidema, P.A. (2015). No growth stimulation of tropical trees by 150 years of CO₂ fertilization but water-use efficiency increased. *Nature geoscience*, 8(1), 24.

Kirjoittaja on puiden ekofysiologian professori Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisessä tiedekunnassa ja ilmakehätieteiden keskuksessa INAR:ssa.