

Pekka Tamminen ja John Derome

## Kangasmaan ominaisuuksien ajalliset muutokset Etelä-Suomessa

Seloste artikkelista: Tamminen, P. & Derome, J. 2005. Temporal trends in chemical parameters of upland forest soils in southern Finland. *Silva Fennica* 39(3): 313–330.

Metsämaat happamoituvat hitaasti mm. maanosprosessien (podsolisaatio), metsiköiden puuston kehityksen, biomassan korjuun ja happaman laskeuman seurauksena. Suomessa maannostumisprosessit ovat muovanneet maaperää viimeiset 8 000–10 000 vuotta. Metsikön puusto kehittyy taimikosta uudistuskypsäksi metsäksi suhteellisen lyhyessä ajassa, 70–150 vuodessa, ja ihmistoiminnan aiheuttama laskeuma on vaikuttanut metsämaihin merkittävästi noin vuodesta 1950 lähtien. Biomassan korjuu on osaltaan vaikuttanut happamoittavasti metsiimme viime vuosisadan alusta lähtien, mikä kehitys näyttää vain kiihtyvän. Suomessa on havaittu vain heikkoja merkkejä metsämaiden happamoitumisesta, mutta joidenkin malliennusteiden mukaan metsämaan emäskationien määrät laskevat hälyttävästi tulevaisuudessa.

Tutkimuksessa pyrittiin arvioimaan, ovatko kangasmaiden ominaisuudet muuttuneet 12–28 vuoden aikana, ja jos ovat, niin mihin suuntaan. Samalla pyrittiin arvioimaan, riippuvatko muutokset kasvu-paikasta, puustosta tai laskeumasta.

Aineisto koostui Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimuksen lannoituskokeiden kontrollikoealoista (35 mänty-, 15 kuusi-, 3 siperianlehtikuusi- ja 1 koivu-koeala). Koealoilta oli otettu maanäytteet ensi ker-

ran vuosina 1965...1981 ja viimeisen kerran vuonna 1993. Maanäytteet otettiin orgaanisesta kerroksesta ja kivennäismaakerroksesta 0–10 tai 0–30 cm syvyydeltä. Myös vanhat, varastoidut maanäytteet analysoitiin uudestaan yhdessä vuoden 1993 näytteiden kanssa, sillä alkuperäisten ja uusinta-analyysien tulosten välillä oli eroja, joita ei pystytty selittämään näytteiden ominaisuuksilla tai alkuperäisen analyysin ajankohdalla. Maanäytetietojen lisäksi arvioitiin koalojen puuston biomassan ja sen sisältämien ravinne-  
määrien kehitys ja rikin ja typen vuotuiset ja kokonaislaskeumat tutkimusaikana.

Maaperämuuttujien muutosta tutkimusaikana mitattiin näytteenottovuoden suhteen lasketulla regressiokertoimella, joka jaettiin tutkimusjakson aikaisella muuttujan keskiarvolla.

$$b_r = \frac{100 \cdot b}{\bar{y}}$$

missä  $b$  on regressiokerroin ajan suhteen,

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

ja  $y_i$  on muuttujan arvo näytteenotokerralla  $i$ .

Kaikkien maaperämuuttujien muutoksen yksikkö oli siis % vuodessa tutkimusjakson aikana.

Orgaanisen aineen pitoisuus oli noussut tutkimusai-  
kana orgaanisessa kerroksessa ja kivennäismaakerroksessa 0–30 cm, mikä vaikutti useimpien tutkit-  
tujen maaperämuuttujien muutoksiin. Metsämaan happamoituminen ilmeni 12...28 vuoden tutkimus-  
jakson aikana lievänä  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ -arvon alenemisena kivennäismaakerroksessa 0–30 cm, vaihtuvan alu-  
miinin pitoisuuden nousuna molemmissa kivennäis-  
maakerroksissa, emäskationien pitoisuuksien alene-  
misena etenkin orgaanisessa kerroksessa ja emäs-  
kyllästysasteen laskuna kivennäismaassa. Toisaalta vesi-pH:n tai vaihtuvan happamuuden muutokset eivät viitanneet maan happamoitumiseen.

Orgaanisen kerroksen uuttuvan ja kokonaisrikin pitoisuuksien aleneminen korreloi 1980-luvulla alkaneeen rikkilaskeuman alenemisen kanssa. Maan typpipitoisuuksien muuttumattomuus tai aleneminen seurantajakson aikana viittasivat siihen, että Etelä-Suomen metsiä ei uhkaa typpellä kyllästyminen lähitulevaisuudessa.

Maaperämuuttujien, lukuun ottamatta rikkiä, muutoksia ei voitu selittää rikki- tai typpilaskeumalla. Puuston kasvu, kokonaistuotos tai tähän tuotokseen sitoutuneet ravinnemäärät eivät myöskään selittäneet maaperämuuttujien muutoksia, lukuun ottamatta orgaanisen kerroksen vaihtuvaa magnesiumipitoisuutta ja emäskyllästysastetta.

■ MMT Pekka Tamminen, Metla, Vantaan toimintayksikkö;  
MMT John Derome, Metla, Rovaniemen toimintayksikkö.  
Sähköposti: pekka.tamminen@metla.fi;  
john.derome@metla.fi

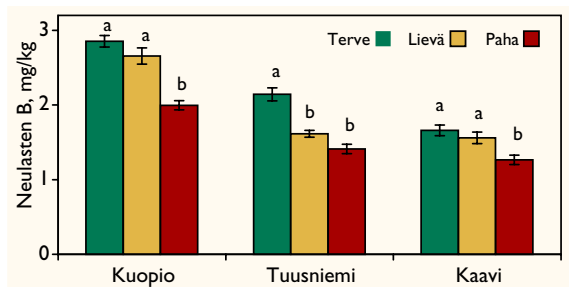
Anna Saarsalmi ja Pekka Tamminen

## Boori-, fosfori- ja typpi- lannoituksen vaikutus kasvu- häiriöistä kärsivien kuusikoi- den latvusten toipumiseen

Seloste artikkelista: Saarsalmi, A. & Tamminen, P. 2005. Boron, phosphorus and nitrogen fertilization in Norway spruce stands suffering from growth disturbances. *Silva Fennica* 39(3): 351–364.

Pohjois-Savossa on kiinnitetty kasvavaa huomiota viljavien kangasmaiden kuusikoissa ilmeneviin kasvuhäiriöihin. Latvakasvain kuolee jopa kerta toisensa jälkeen, puun pituuskasvu tyrehtyy ja puut pensastuvat. Kasvuhäiriöt ovat yleisimpiä viljavimmilla kasvupaikoilla, typpirikkailla hienojakoisilla kangasmailla, jotka ovat entisiä kaski- ja laidunmaita. Eräistä Pohjois-Savon kasvuhäiriökuusikoista tehdyt neulasanalyysit osoittavat boorin puutosta ( $B < 5 \text{ mg/kg}$ ). Ulkoasultaan samanlaisia häiriötiloja kuin kasvuhäiriökuusikoissa on saatu aikaan lannoituskäsittelyillä (typpi), jotka ovat aiheuttaneet boorin puutteen.

Tutkimuksessa selvitettiin nelivuotisessa seurannassa boorilannoituksen vaikutus kuusikoiden ravinnetilään ja eriateisesti häiriintyneiden kuusien latvusten toipumiseen. Koillis-Savoon (Kuopion Riistavedelle, Kaaville ja Tuusniemelle) perustettiin marraskuussa v. 1999 kokeet voimakkaasti kasvuhäiriöisiin, noin 30 vuoden ikäisiin istutuskuusikoihin. Puut luokiteltiin ulkonäön perusteella kolmeen luokkaan: 1) terve, 2) lievä kasvuhäiriö ja 3) paha kasvuhäiriö. Puut lannoitettiin toukokuussa v. 2000 puukohtaisesti boorilla (2 kg/ha), fosforilla (40 kg/ha) ja boorilla (2 kg/ha) tai typpellä (200 kg/ha). Vertailupuita ei lannoitettu. Käsittelyt toistettiin 10 puulle kussakin kokeessa eli kokeeseen kuului 120 puuta. Kaikista koepuista otettiin neulasnäytteet marraskuussa v. 1999 ja uudelleen joka toisesta koepuusta yhden (joulukuussa) ja kolmen (lokakuussa) kasvukauden kuluttua lannoituksesta. Maanäytteet otettiin ennen lannoitusta toukokuussa kokeittain humuskerroksesta ja kivennäismaakerroksesta



Neulasten booripitoisuus ennen lannoitusta kokeittain ja kasvuhäiriöluokittain. Kasvuhäiriöluokat: 1 = terve, 2 = lievä kasvuhäiriö ja 3 = paha kasvuhäiriö. Samalla kirjaimella merkityt neulasten booripitoisuudet eivät poikkea kokeen sisällä merkittävästi toisistaan.

0–10 cm syvyydeltä. Kaavin kokeella maanäytteet otettiin uudelleen kolmen kasvukauden kuluttua lannoituksesta. Koepuiden läpimitta ja pituus mitattiin keväällä ennen lannoitusta ja uudelleen neljän kasvukauden kuluttua lannoituksesta. Puuston kunto määritettiin ennen lannoitusta ja neljä kasvukautta lannoituksen jälkeen.

Vaikka kaikki kuuset kaikilla kokeilla kärsivät ankarasta boorin puutteesta ennen lannoitusta, oli neulasten booripitoisuus pahasti kasvuhäiriöisissä puissa merkittävästi matalampi kuin terveissä puissa (ks. kuva). Muilla ravinteilla ei näyttänyt olevan yhteyttä kasvuhäiriöön. Boorilannoitus (B ja B+P) vaikutti nopeasti neulasten booripitoisuuksiin kuusien kasvuhäiriöluokasta riippumatta. Boorilannoituksen jälkeisenä syksynä neulasten booripitoisuudet olivat nousseet kaikilla kokeilla 20-kertaisiksi lannoittamattomiin kuusiin verrattuna. Kun lannoituksesta oli kulunut kolme kasvukautta, neulasten booripitoisuudet olivat vielä 10-kertaiset lannoittamattomiin kuusiin verrattuna. Typpilannoituksella ei ollut vaikutusta neulasten booripitoisuuksiin. Kaavin kokeella boorilannoitus näkyi selvästi kolmen kasvukauden kuluttua lannoituksesta sekä humuskerroksessa että kivennäismaakerroksessa. Lannoitetuilla koaloilla booripitoisuus oli humuskerroksessa kaksinkertainen ja kivennäismaassa kolminkertainen lannoittamattomiin koaloihin verrattuna.

Neljän kasvukauden jälkeen kokeiden perustamisesta puiden kunto oli parantunut kaikilla kokeilla ja käsittelyillä. Boorilannoitus (B ja B+P) kuitenkin edisti puiden toipumista. Boorilannoitus oli parantanut puiden kuntoa tilastollisesti merkit-

sevästi Kuopion ja Tuusniemen, mutta ei Kaavin kokeella. Kuusikoiden luontainen toipuminen ilmeni erityisesti pahasti kasvuhäiriöisten kuusten osuuden vähenemisenä 33,3 %:sta keskimäärin 7 %:iin, kun samalla terveiden kuusten osuus keskimäärin kaksinkertaistui. Boorilannoitus varmisti puiden tervehdyksen, sillä booria saaneista puista keskimäärin vain 1 % oli v. 2003 pahasti kasvuhäiriöisiä, kun kontrolli- ja typpilannoitetuista puista niiden osuus oli keskimäärin 9 %.

Boorilannoitus lisäsi pahasti kasvuhäiriöisten kuusten pituuskasvua (18 cm/v). Lannoitusvaikutus oli sama riippumatta siitä, annettiin boori fosforin kanssa vai yksinään. Ilmeisesti boorinpuutos hidastaa puiden pituuskasvua jo ennen kuin ulkoisia oireita ilmenee, sillä myös terveennäköisten puiden pituuskasvu lisääntyi (5 cm/v) boorilannoituksella. Pahasti kasvuhäiriöisten puiden pituuskasvuun tyypellä oli lievä negatiivinen vaikutus, mutta terveiden tai lievästi kasvuhäiriöisten kuusten pituuskasvuun typpilannoituksella ei näillä viljavilla kasvupaikoilla ollut vaikutusta. Puiden paksuuskasvuun ei boori- eikä typpilannoituksella ollut vaikutusta.

Lannoituskokeet tukivat aiempia havaintoja siitä, että neulasten alhainen booripitoisuus on syynä kasvuhäiriöihin. Boorilannoitus kohotti nopeasti neulasten booripitoisuuksia, edisti puiden toipumista ja lisäsi puiden pituuskasvua. Kokeilla oli kuitenkin edelleen neljän vuoden kuluttua lannoituksesta joitakin kasvuhäiriöisiä puita. Toisaalta häiriöpuut saattoivat tervehtyä myös ilman lannoitusta. On kuitenkin tärkeää, että kasvuhäiriöriski tiedostetaan ajoissa, koska syntyneet runkoviat eivät häviä puista lannoittamalla.

■ FT Anna Saarsalmi & MMT Pekka Tamminen,  
Metla,Vantaan toimintayksikkö;  
Sähköposti: anna.saarsalmi@metla.fi;  
pekka.tamminen@metla.fi

Jyrki Hytönen ja Paula Jylhä

## Kilpailevan kasvillisuuden ja pintakasvillisuuden torjunnan vaikutus rauduskoivun taimien kuolleisuuteen, kasvuun ja myyrätuhoihin pellonmetsityksessä

Seloste artikkelista: Hytönen, J. & Jylhä, P. 2005. Effects of competing vegetation and post-planting weed control on the mortality, growth and vole damages to *Betula pendula* planted on former agricultural land. *Silva Fennica* 39(3): 365–380

**S**uomessa on metsitetty peltoa yhteensä 240 000 ha vuodesta 1969 lähtien. Mänty ja kuusi olivat yleisimmin pelloille viljeltyjä puulajeja 1970- ja 1980-luvuilla. Rauduskoivun viljely alkoi lisääntyä 1980-luvulla niin, että seuraavalla vuosikymmenellä sen osuus oli jo 45 % pellonmetsityspinta-alasta. Pellonmetsityksen onnistuessa rauduskoivikot parhailla kivennäismaapelloilla voivat kasvaa erittäin hyvin.

Peltomaassa voi olla jopa 50 000 itämiskykyistä rikkakasvien siementä neliömetrillä, joten pintakasvillisuuden kehitys maanmuokkauksen jälkeen on nopeaa. Yksivuotiset kasvit valtaavat pellon jo ensimmäisellä kasvukaudella. Myöhemmin niiden tilalle tulee heiniä ja monivuotisia ruohokasveja. Peltomaiden ravinteikkaus vaikuttanee osaltaan pintakasvillisuuden nopeaan kehitykseen, mutta nopeista muutoksista huolimatta metsitetyt pellot poikkeavat kasvillisuudeltaan metsämaista vielä pitkään.

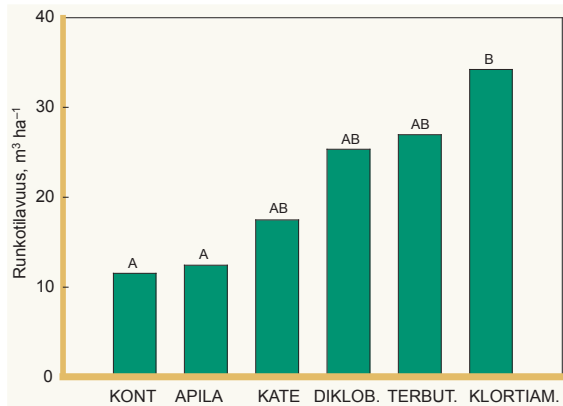
Pintakasvillisuus kilpailee puuntaimien kanssa erityisesti vedestä ja ravinteista, mutta myös valosta. Se lisää tuhoriskiä tarjoamalla suojaa ja ravintoa tuhonaiheuttajille, erityisesti myyrille. Myös hirvet ja sienitaudit voivat vaurioittaa taimia. Peltojen metsitystä pidetäänkin monin tavoin vaikeampana kuin avohakkuualueiden uudistamista. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pintakasvillisuuden peittävyden ja

erilaisten torjuntamenetelmien vaikutuksia rauduskoivun taimien kasvuun, kuolleisuuteen ja myyrätuhoihin 6–11 vuoden seurantajaksoilla.

Kivennäismaapellolle Vilppulaan perustettiin keväällä 1991 koe, jossa rauduskoivun taimet istutettiin muokattuun (kyntö ja äestys) maahan aidatulle alueelle. Torjuntakäsittelyt 100 m<sup>2</sup>:n kokoisille koeruu- duille tehtiin istutuksen jälkeen. Maavaikutteisista herbisideistä tutkittiin terbutylatsiinia, klortiamidia, diklobeniilia ja pendimetaliniia, lehtivaikutteisista glyfosaattia ja setoksidiimia. Vaihtoehtoisina menetelminä käytettiin peitekasvin (valkoapila) kylvämistä ja katelevyjä (50 cm×50 cm kuitulevy). Lisäksi jätettiin käsittelemättömiä vertailukoelohja. Taimien pituuden ja läpimitan mittauksen sekä terveydentila- ja tuhoarviointien lisäksi määritettiin pintakasvillisuuden peittävyys, varjostus ja lajikoostumus kolmena ensimmäisenä vuonna.

Parhaat torjuntatulokset pintakasvillisuuden torjunnassa saavutettiin terbutylatsiinilla, klortiamidilla ja diklobeniililla. Glyfosaatilla, pendimetaliniilla ja setoksidiimilla käsitellyt koelohjat eivät kolmivuotisen seurannan aikana poikenneet käsittelemättömistä kontrolliruuduista kuten eivät peitekasvi- ja katelevyruudutkaan. Onnistunut pintakasvillisuuden torjunta lisäsi taimien kasvua ja alkuvuosina syntyneet erot säilyivät seurannan loppuun saakka. Pisimmät taimet mitattiin klortiamidilla käsitellyillä ruuduilla, joilla taimet olivat kuuden vuoden iässä keskimäärin 410 cm pitkiä ja 11:n kasvukauden jälkeen 778 cm. Kontrolliruuduilla taimien keskipituudet vastaavan ikäisinä olivat 240 cm ja 556 cm. Puuston tilavuus klortiamidilla käsitellyillä ruuduilla oli 11 vuoden iässä lähes kolminkertainen kontrolliruutuihin verrattuna (34 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> vs. 12 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>, ks. kuva).

Pintakasvillisuuden peittävyden lisääntyessä taimien pituuskasvu hidastui. Alkuvuosien peittävyden ja taimien myöhemmän pituuden välillä oli merkitsevät negatiiviset korrelaatiot aina 11-vuotisen seurantajakson loppuun saakka. Kuolleisuus kääntyi jyrkkään nousuun kuitenkin vasta, kun pintakasvillisuuden peittävyys ylitti 60 %:n tason. Käsitely vaikutti kuolleisuuteen merkitsevästi, vaikka kontrolliruudut eivät poikenneetkaan muista käsittelyistä. Kuolleisuudet olivat suurimpia peitekasviruuduilla ja setoksidiimilla käsitellyillä ruuduilla. Kuudennen vuoden jälkeen 46 % ja 44 % taimista näillä koelohjoilla oli



Puuston tilavuus käsittelyittäin 11 vuotta seuratuilla koealoilla. Samalla kirjainyhdistelmällä merkityt käsittelyt eivät poikenneet toisistaan 5%:n merkitsevyystasolla.

kuollut. Katelevyruuduilla ainoastaan 2% taimista kuoli kuuden ensimmäisen kasvukauden aikana. Kuolleisuudet olivat erittäin pieniä myös klortiamidilla, diklobeniililla ja terbutylatsiinilla käsitellyillä koealoilla. Kuudennen vuoden jälkeen kuolleisuus ei enää juuri lisääntynyt millään käsittelyllä.

Myyrätuhoja havaittiin toisen, neljännen ja kuudennen kasvukauden jälkeen. Taimien koko vaikutti myyrätuhoalttiuteen toisena ja neljäntenä vuotena siten, että vioittuneita taimia oli eniten pienimmissä kokoluokissa. Myöhemmin taimien koolla ei ollut enää vaikutusta. Myös pintakasvillisuuden peittävyden kasvu lisäsi ensimmäisten vuosien myyrätuhoja.

Kemiallisten pintakasvillisuuden torjunta-aineiden käyttö metsänviljelyssä on vähentynyt voimakkaasti, ja markkinoilta on poistunut monia tuotteita. Tässä tutkimuksessa mukana olleista herbisideistä ainoastaan glyfosaattia ja diklobeniilia voidaan enää käyttää metsänviljelyssä. Apila peitekasvina osoittautui yhtä pahaksi kilpailijaksi kuin varsinaiset

rikkakasvit. Lisäksi se houkutteli myyriä. Katelevyjen käyttö ei lisännyt taimien kasvua, joskin kuolleisuus katelevyruuduilla oli pieni. Tulokset osoittavat, että tehokas pintakasvillisuuden kilpailun vähentäminen lisää taimikon kasvua sekä pienentää kuolleisuutta ja myyrätuhoja. On mahdollista, että kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä rajoitetaan ympäristösyistä entisestään. Sen vuoksi on tärkeää jatkaa vaihtoehtoisten menetelmien tutkimista.

■ MMT Jyrki Hytönen & MMM Paula Jylhä,  
Metla, Kannuksen toimintayksikkö;  
Sähköposti: jyrki.hytonen@metla.fi; paula.jylha@metla.fi