

Matti Huotari, Mareena Jaskari, Erkki Annila ja Vilho Lantto

Tukkimiehentäin olfaktoristen reseptorineuronien sähköfysiologisia vasteita hajuainealtiste-pulsseille

Seloste artikkelista: Huotari, M., Jaskari, M., Annila, E. & Lantto, V. 2003. Responses of olfactory receptor neurons of the large pine weevil to a possible deterrent Neuroil® and two other chemicals. *Silva Fennica* 37(1): 149–156.

Havupuiden taimet ja erityisesti istutustaimet ovat herkkiä monille tuhohyönteisille. Tukkimiehentäi (*Hylobius abietis*) kuuluu havupuiden pahimpiin taimituholaisiin maassamme. Tämä tuhohyönteinen on nuorten männyntaimien tuholainen, joka ei kuitenkaan pysty vahingoittamaan tukkipuita. Sekä metsän- että puutarhanhoidossa tuhohyönteiset pyritään pitämään poissa kasveista käyttämättä myrkkijä. Kun tunnetaan, mille molekyylille kukin hyönteinen reagoi, ne voidaan eliminoida joko karkottamalla alueelta tai houkuttelemalla loukkuun sopivalla aineella. Metsänhoitoa varten on tärkeä tietä esimerkiksi se, millaisia hajuja tukkimiehentäi pitää ällöttävinä. Niitä aineita käyttämällä männyntaimia voitaisiin suojata tuhohyönteistä vastaan.

Tukkimiehentäin antennoissa eli hajuaistinelimissä on kolmea eri hajusensillalajia, joissa on yksi tai useampi haju- eli olfaktorinen reseptorineurooni (ORN). Puun taimista erittyvä hajuaineita, kuten α -pineeniä, etanolia sekä muita terpinoleja, joiden perusteella tukkimiehentäi löytää ruoka- ja munintapaikkansa. Hyönteisen hajuaistinsolut ovat herkkiä edellä mainituille kemikaaleille siten, että ne lähettävät sitä enemmän aktiopotentiaaleja eli hermoimpulsseja mitä enemmän ilmassa kemikaale-

ja on. Tyypillisesti ne lisäävät aktiopotentiaalien tuottoa spontaanista 10 pps:n (pulsia per sekunti) tasosta lähes 100:aan, jopa 150 pps:iin. Lähes kaikki aktiopotentiaaleja lähettävät hajuaistinsolut voidaan mitata antennoiden pinnalta mikroelektrodien avulla.

Käytännössä tukkimiehentäin tuhoja voidaan estää joko kemiallisesti tai mekaanisesti. Monet karkotainaineet eli repellentit ovat olleet tutkimuksen kohteena. Nykyisin käytössä olevat karkotainaineet ovat EU:n alueella käyttökielossa. On tultu tilanteeseen, jossa täytyisi löytää uusia keinoja tuhohyönteisten torjuntaan. Tässä tutkimuksessa kokeiltiin Neuroil-ainetta, joka on puunjalostusteollisuuden jäteliemi. Kokeellista tutkimusta varten tukkimiehentäit kerättiin Etelä- (Tuusula) ja Pohjois- (Haukipudas) Suomesta. Tämän työn tarkoituksena oli osoittaa hyönteisillä suoritetuissa mittauksissa Neuroilin, α -pineenin ja etanolin sekä α -pineeni/etanoliseoksen hajupulssialtisteiden sekä puhdasilmapulssin aiheuttamat vasteet hajuaistinsolulta ja määrittää tukkimiehentäin hajuaistinsolujen tuottamien aktiopotentiaalien määrä eksitatorisessa eli kiihottavan soluvasteen tapauksessa ja hiljainen periodi inhibitorisessa eli estävän soluvasteen tapauksessa. Vastaavat elektroantennogrammit eli koko aistinelimen yli mitattu vaste tallennettiin samanaikaisesti myöhempää tarkastelua varten digitaalissa muodossa.

Useat kemikaalit (mm. limoneeni) aiheuttavat inhibition tukkimiehentäin hajuaistinsolujen aktiopotentiaali-vasteessa, kun solut altistetaan vastaavalle hajulle. Nämä aineet ovat mahdollisia karkotteita. Neuroil laimennettuna heksaaniin (1:100) aiheutti inhibition hajuaistinsolujen toiminnassa, kun vastaavasti α -pineeni aiheutti kiihtyvän aktiopotentiaalien tuoton. Heksaanilla ei ollut vaikutusta solun toimintaan. Neuroililla ja vastaavilla inhibitorisilla aineilla tehdyt käyttämyskokeet voisivat antaa viitteitä niistä aineista, joita kannattaa käyttää tukkimiehentäin karkotukseen ja torjuntaan luonnon-

mukaisesti. Torjunnasta huolimatta tukkimiehentäi aiheuttaa maassamme vuosittain satojen tuhansien eurojen vahingot metsänistutuksissa.

■ FT Matti Huotari, FM Mareena Jaskari ja prof. Vilho Lantto, Oulun yliopisto, sähkö- ja tietotekniikan osasto; prof. Erkki Annala, Metla, Vantaan tutkimuskeskus. Sähköposti matti.huotari@oulu.fi

Juha-Pekka Hotanen

Kasvupaikkojen moniulotteinen kuvaus metsäojitetuilla turvemilla

Seloste artikkelista: Hotanen, J.-P. 2003. Multidimensional site description of peatlands drained for forestry. *Silva Fennica* 37(1): 55–93.

Ojitusalueiden ekologiset olosuhteet vaihtelevat suuresti mm. lukuisten eri suotyyppien, eri kuitustilanteiden ja metsien käsittelyn seurauksena. Tietämys ojitetujen turvemaiden nykykasvillisuudesta, sen suhteesta eri tekijöihin sekä luokiteltavuudesta on puutteellista – erityisesti aapasuoalueella. Tutkimuksen tavoitteena oli 1) analysoida kasvillisuuden päävaihteluun, 2) selvittää kasvillisuuden ja ympäristömuuttujien välisiä suhteita, 3) luokitella kasvupaikat eri tavoin, 4) tarkastella luokkien välistä (ja sisäistä) kasvillisuus- ja ympäristömuuttujavaihtelua sekä 5) koota lisätietoa ojitetujen turvemaiden pintaturpeen ravinnevaroista Itä-Suomessa. Tutkimus on tarkoitettu myös tausta-analyysiksi seurantatutkimuksia varten.

Systemaattisen ryväсотannan (7. VMI) pysyvät näytealat (n = 119) sijaitsivat aapasuoalueen kaakkoisosissa, tavanomaisesti hoidetuissa ojitusmetsäkoissa Metsähallituksen mailla. Kaikki näytealat edustivat joko muuttumia tai turvekankaita. Näytealoilta kuvattiin aluskasvillisuus ja mitattiin puusto-, turve- ja ravinnetunnukset. Näytealat ordinoitiin moniulotteisella hybridiskaalauksella (HMDS), johon sovitettiin ympäristömuuttujavektorit. Alat

ryhmiteltiin maastoluokittelujen lisäksi jakavalla (TWINSPAN) ja kokoavalla (FUPGMA) numeerisella luokittelumenetelmällä. Muuttujien arvoja eri luokituksissa testattiin varianssianalyysin.

Maastossa suoritettujen luokitusten, numeeristen yhteisöanalyysien, turpeen fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien sekä puustoboniteetin rinnakkaisen tarkastelun perusteella voitiin päätellä, että aluskasvillisuus kuvastaa monipuolisesti ja vahvasti ekologisia olosuhteita myös ojitusalueiden arkimetsien labiileissa oloissa, joissa kasvupaikkatekijöiden ja kasvillisuuden välinen yhteys käsitysten mukaan heikkenee verrattuna pysyviin (\pm) kliimaks-metsiköihin.

Ojitetujen turvemaiden otoksissa voivat kasvillisuusgradientit ja ekologiset gradientit kuitenkin kytkeytyä monimutkaisesti toisiinsa vaihtelevan suotyyppialkuperän, eri sukkessiovaiheiden ja muiden vaikutusten (mm. hakkuut, lannoitukset) seurauksena. Varsinkin trofia- eli ravinteisuusgradientti on kompleksinen koostuen eri muuttujista, jotka eivät vaihtelee samansuuntaisesti. Ordinaatioissa yksittäiset ravinnevektorit sijoittuvat sekä toisiinsa että kasvillisuusgradientteihin nähden kulmittain. Yksiselitteistä ravinteisuusgradienttia ei siten muodostu.

Totaaliravinnepitoisuuksista (mg g^{-1}) fosfori ja typpi korreloivat voimakkaimmin aluskasvillisuuden kanssa. Monissa turve- ja boniteetitunnuksissa oli selviä eroja etenkin ombro- ja oligotrofisten kasvupaikkojen eli ravinteisuusluokkien V (isovarpuisuus-tupasvillaisuus) ja IV (piensaraisuus-puolukaisuus) välillä. Totaalityppimäärä oli selvästi pienin ombrotrofisilla kasvupaikoilla vaihdellen keskimäärin n. 1 950–2 550 kg ha^{-1} (0–20 cm). Tutkimuksen ravinteisimmilla eli tässä tapauksessa ruohoisilla (II) kasvupaikoilla typpimäärä vaihteli 5 050–6 450 kg ha^{-1} . Eri ravinteiden (N, P, K, Ca, Mg, S) määrät olivat yleensä samaa tasoa kuin muissa tutkimuksissa vastaavilla kasvupaikoilla. Viljavimpien kasvupaikkojen fosforimäärä oli jonkin verran korkeampi kuin on raportoitu aiemmin, ja se vaihteli n. 95 kg :sta yli 400 kg :aan ha^{-1} eri ravinteisuusluokissa.

Kasvillisuuden diversiteetti oli odotetusti korkein ruohoisilla kasvupaikoilla; muiden ravinteisuusluokkien välillä ei ollut eroja. Ravinteisuusluokkien lisäksi sukkessiovaiheiden (mu vs tkg) erottelemiseen kytkeytyi runsaasti informaatiota puusto-, turve- ja ravinnetunnuksista sekä kasvillisuuden

monimuotoisuudesta. Puustoboniteetin (keskimääräinen vuotuinen tilavuuskasvu, ojituksenjälkeinen valtapituusboniteetti) arvot olivat korkeammat turvekankailla kuin muuttumilla. Sitä vastoin esim. fosfori- ja kaliumpitoisuudet sekä diversiteetti-indeksien arvot olivat turvekankailla muuttumia alemmat. Ojitusikä ei kuvaa hyvin kasvillisuuden rakennetta, koska kuivatustehokkuus eri kohteiden välillä vaihtelee suuresti (esim. regressiivinen kehitys) ja koska sukkessio on vahvasti riippuvainen kasvupaikan ravinteisuudesta ja myös puuston kehityksestä.

Kasvillisuuden indikoimat lisämääreet (mm. luhaisuus, rahkamättäisyys) sekä turpeen maatumisaste (varsinkin 10–20 cm:n turvekerroksesta) tarkentavat kuvaa kasvupaikan ekologiasta, ja niiden käyttö myös ojitetuilla soilla on hyödyllistä.

Ojitusalueiden sukkessioyhteisöissä esiintyy yleisesti tyyppien laita- tai välimuotoja. Luokittelu on siten hienovaraista ja vaativaakin, perustuen usein yleisten lajien runsaussuhde-eroihin. Myös turvekangasluokkien väliset rajat ovat monesti diffuusia. Konstanttien lajien, esim. tupasvillan, pallosaran, mustikan, metsäkortteen, metsäkerrossammalen ja isokynsisammalen käyttökelpoisuutta luokituksessa on tarkasteltu työssä lähemmin.

Numeeristen ja maastossa suoritettujen yksityiskohtaisten luokittelujen perusteella näyttää siltä, että alkuperäisestä suotyypinimestä voidaan luopua muuttuma-vaiheessa. Tarvitaan joko turvemaiden metsätyypit (turvekangastyypit) (Laine ja Vasander) ojitussuknessiovaiheineen ja mahdollisine lisämääreineen tai ravinteisuusluokat (Huikari ym.) samoin määrittein ja päämuotoerotteluin (korpi, räme).

Alkuperäisen suotyypin merkitys metsäojitettujen turvemaiden luokituksessa tulee vähenemään ja nykykasvillisuuden merkitys kasvamaan riippumatta siitä miten yksityiskohtaista luokitusta käytetään. Joudutaan hallitsemaan yhä kauemmin ojituksenalaisena ollutta kasvillisuutta, johon metsänhoidolliset toimenpiteet tuovat osin tuntematonta lisävaihtelua. Lisätietoa tarvitaan myös turpeen painumisen, tiivistymisen ja mineralisoitumisen vaikutuksista eri kasvupaikoilta ja eri ilmastoalueilta pitkäkestoisen kuivatusvaikutuksen seurauksena.

■ FL Juha-Pekka Hotanen, Metla, Joensuun tutkimuskeskus.
Sähköposti juha-pekka.hotanen@metla.fi

Jukka Malinen

Paikallisesti mukautuvat ei-parametriset menetelmät leimikon puustotunnusten ennustamisessa puunhankinnan suunnittelun tarpeisiin

Seloste artikkelista: Malinen, J. 2003. Locally adaptable non-parametric methods for estimating stand characteristics for wood procurement planning. *Silva Fennica* 37(1): 109–120.

Asiakaslähtöinen puunhankinta tarvitsee entistä tarkempaa ennakkotietoa hakkuuseen tulevien leimikoiden mahdollisista puutavaralajikertymistä. Ennakkotiedon tulee sisältää puutavaralajikohtaisten määräennusteiden lisäksi ennuste tukkien läpimitta-pituusluokittaisista pituusjakaumista.

Ennakkotiedon tietotarpeen täyttämiseksi on kehitetty useita kevyeen ennakkomittaukseen perustuvia suunnittelumittausmenetelmiä, mutta menetelmät ovat osoittautuneet käytännössä liian työläiksi ja kalliiksi tai tietosisällöltään riittämättömiksi katkonnan simulointiin. Ennakkomittauksen vaihtoehdoksi on esitetty ei-parametrisia menetelmiä, joilla tuotetaan ennakkotietoa jo olemassa olevien tai helposti kerättävien tietovarastojen perusteella. Tietosisällöltään riittävän tarkkoja tietovarastoja voidaan kerätä mm. sahojen tukkimittareilla tai normaalin korjuun yhteydessä hakkuukoneen mittalaitteilla.

Ei-parametrinen k-lähimmän naapurin MSN-menetelmä on osoittautunut joustavaksi menetelmäksi leimikon puustotunnusten ennustamisessa hakkuukoneella kerätyn tietovaraston, runkopankin, pohjalta. Menetelmän etuna on erityisesti naapureiden, eli vastinhavaintojen, etsimisessä käytettävän painotusmatriisin automaattinen tuottaminen kanoniseen korrelaation pohjautuen.

Ei-parametriset menetelmät perustuvat usein ajatukseen, jossa naapureiden valinta sekä naapureiden valinnassa käytettävien muuttujien painotukset ovat samanlaisia ennustuksen kohteesta riippumatta. Kuitenkin valittujen naapureiden optimaalinen määrä poikkeaa tapauskohtaisesti; aineiston äärirajoilla on parempi käyttää pienempää määrää naa-

pureita kuin keskivertokohteelle ennustetta laskettaessa. Lisäksi naapureiden valinnassa käytettävien muuttujien optimaaliset painotukset voivat poiketa aineiston sisällä.

Tässä tutkimuksessa kehitettiin ja testattiin kahden paikallisesti mukautuvaa ei-parametrista menetelmää: paikallista k-nn MSN -menetelmää (local k-nn MSN) ja paikallisesti mukautuvaa MSN-menetelmää (LAN MSN). Menetelmiä verrattiin aiemman runkopankin yhteydessä käytettyyn k-nn MSN-menetelmään.

Tutkimusaineistona käytettiin hakkuukoneella kerättyä runkopankkiaineistoa, joka oli talletettu normaalin hakkuutyön yhteydessä 209 leimikolta Keski-Suomesta. Koska suurin osa leimikoista oli kuusivaltaisia päätehakkuuleimikoita, tutkimustuloksia tarkasteltiin ainoastaan kuusen osalta.

Paikallisessa k-nn MSN -menetelmässä valittiin yleisen painotusmatriisin perusteella osajoukko, jota käytettiin laskettaessa kullekin ennustettavalle kohteelle oma paikallinen painotusmatriisi. K-nn MSN -estimaatit laskettiin paikallisen painotusmatriisin avulla valituista naapureista. LAN MSN -menetelmässä käytiin läpi kaikki mahdolliset naapurustovaihtoehdot 15 lähimmän naapurin joukosta ja valittiin se naapureiden kokoonpano, joka hakumuuttujien keskiarvon perusteella muistutti eniten ennustuksen kohdehavaintoa.

Paikallinen k-nn MSN -menetelmä ei yleisesti parantanut ennusteiden tarkkuutta verrattuna yleiseen k-nn MSN -menetelmään. Käytetty tutkimusaineisto oli kuitenkin varsin homogeeninen, eikä paikallisten riippuvuuksien välille saatu eroja. Menetelmä soveltunee paremmin tilanteisiin, joissa aineiston sisäinen vaihtelu aiheuttaa enemmän ongelmia kuin nyt käytetty aineisto.

LAN MSN -menetelmä osoittautui käytetyllä runkopankkiaineistolla k-nn MSN -menetelmiä tarkemmaksi menetelmäksi. Menetelmän etuna olivat erityisesti tarkemmat ennusteet aineiston äärirajoilla, jolloin keskivertohavaintoja pienemmällä naapureiden määrällä päästiin vähemmän harhaisiin ennusteisiin.

■ Tutkija Jukka Malinen, Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Sähköposti jukka.malinen@joensuu.fi