

Tapani Repo, Janne Laukkanen ja
Raimo Silvennoinen

Impedanssispektroskopian soveltaminen juurten kasvun mittaamiseen

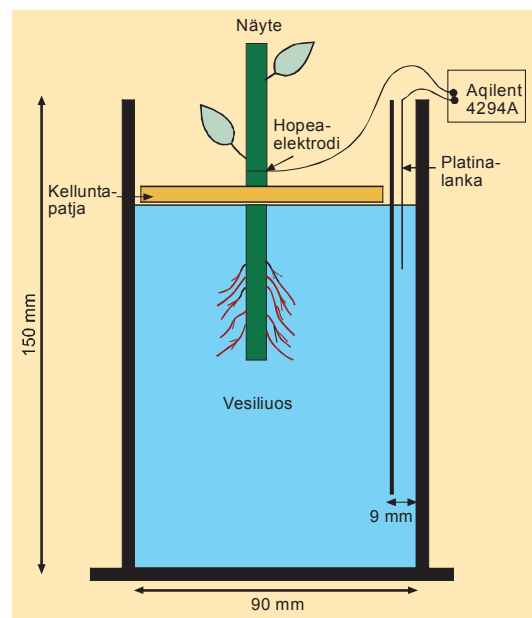
Seloste artikkelista: Repo, T., Laukkanen, J. & Silvennoinen, R. 2005. Measurement of the tree root growth using electrical impedance spectroscopy. *Silva Fennica* 39(2): 159–166.

Puiden juurten kasvun jatkuva-aikainen ja juuria rikkomaton mittaaminen on haasteellinen tehtävä. Yleisimmin on käytössä menetelmä, jolla juuria valokuvataan maan sisään laitettavalla kameralla. Menetelmä on työläs ja sillä on rajoituksensa. Juurilla on suuri ekologialoudellinen merkitys. Siksi tarvitaan uusia menetelmiä puiden juurten kasvun mittaamiseen. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan impedanssispektroskopian soveltuvuutta tähän tarkoitukseen.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että juuriston sähkövirran läpäisevyys muuttuu juurten kasvaessa. Tällaiset kapasitanssin mittaukseen perustuvat mittaukset on tyypillisesti tehty yhdellä vaihtovirran taajuudella (1 kHz). Kasvisolujen fysiologisissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että solukkosysteemin toiminnasta saa kattavamman kuvan, kun yhden taajuuden sijaan käytetään useita mittaustaajuuksia ja kun mitataan kapasitanssin sijaan monipuolisemmin kohteen sähköisiä ominaisuuksia. Menetelmää kutsutaan impedanssispektroskopiaksi. Siinä tutkittavaan kohteeseen ohjataan eri taajuisia sähkövirtaa, mitataan signaalissa tapahtuvat muutokset ja lasketaan impedanssi eri taajuuksilla. Sen jälkeen mittaustaajalle muodostetaan sähköinen vastinpiiri, jonka komponenttien arvot

määritetään laskennallisesti. Tätä lähestymistapaa ei ole aikaisemmin käytetty juurten kasvun mittaamiseen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää uuden menetelmän avulla, kuinka juurten sähköiset ominaisuudet muuttuvat juurten kasvaessa.

Kokeessa käytettiin vesiliuoksessa kasvukammio-oloissa kasvatettuja pajupistokkaita (*Salix myrsinifolia* Salisb.). Mittaukset aloitettiin, kun pistokkaisu ei ollut juuria. Sen jälkeen mittaukset toistettiin kaksi kertaa viikossa kuukauden ajan, jona aikana juuret kasvoivat. Pistokkaiden sähköiset ominaisuudet mitattiin tarkoitusta varten rakennetussa mittausta-astiassa (kuva 1). Tulosten analysoinnissa käytettiin



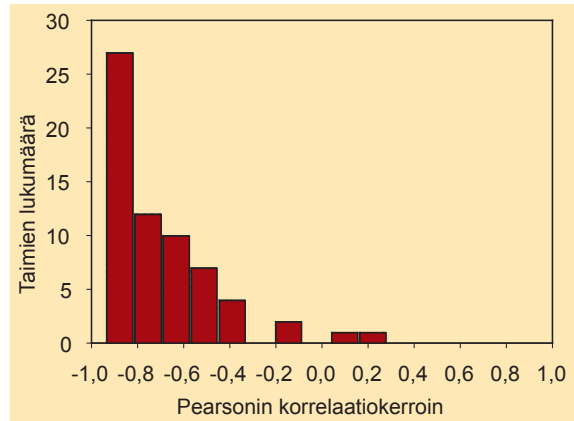
Kuva 1. Juurten sähköisten ominaisuuksien mittauksissa käytetty mittausrjestely. Mittauksen ajaksi pajupistokas laitettiin vesiliuokseen. Hopeaelektrodi työnnettiin varren läpi ja platinaelektrodi oli liuoksessa. Hopeaelektrodin ja platinalangan välille ohjattiin virtapiirianalysaattorin (Agilent 4294A) avulla pienitehoista sähkövirtaa eri taajuuksilla ja mitattiin signaalissa tapahtuvat muutokset sen kulkiessa näytteen läpi.

vastinpiiriä, jossa oli kaikkiaan yhdeksän laskettavaa parametria. Vertailumenetelmänä juurten kasvua seurattiin ns. upotusmenetelmän avulla. Siinä juurten tilavuus saadaan sen perusteella, kuinka paljon juuret syrjäyttävät vettä, kun ne upotetaan vesiastiaan vakiosyvyydelle. Koska juurten vesipitoisuus on yleensä suuri, tilavuuden perusteella voidaan laskea juurten massa.

Tutkimuksessa verrattiin taimikohtaisesti juurten massaa ja juurten sähköisiä ominaisuuksia. Havaittiin, että eräs vastinpiirin tunnus eli kahden sähkövastuksen summa riippui juurten massasta. Riippuvuuden tilastollista hyvyttä kuvaava Pearsonin korrelaatiokerroin oli koko aineistossa keskimäärin -0.7 . Huomattavalla osalla taimista korrelaatio oli -0.8 ja -0.9 välillä (kuva 2).

Tulokset antavat selviä viitteitä siitä, että juurten kasvaessa niiden sähköisissä ominaisuuksissa tapahtuu muutoksia. Tämän perusteella menetelmää kannattaa kehittää edelleen. Jatkotutkimuksissa on selvitettävä, kuinka maa ja sen ominaisuudet sekä mittauselektrodien asettelu vaikuttavat tuloksiin.

■ FT Tapani Repo, Metla, Joensuun tutkimuskeskus; FM Janne Laukkanen ja FT Raimo Silvennoinen, Joensuun yliopisto, Fysiikan laitos. Sähköposti: tapani.repo@metla.fi



Kuva 2. Juurten sähkövastuksen ja kasvun mittauksista saatu tulos. Kuvan vaaka-akselilla on sähkövastuksen ja juurten massan välinen Pearsonin korrelaatiokerroin taimikohtaisesti määritettynä. Pystyakselilla on taimien lukumäärä eri korrelaatiokerroinluokissa.