

Kasvin fotosynteesi ja siihen vaikuttaminen

Olavi Junttila, Tromssan yliopisto, Tromssa, Norja

Fotosynteesi, yhteyttäminen, on biosfäärin perusprosessi, jossa ilman hiilidioksidi pelkistetään valosta saadun energian avulla ja sidotaan hiilihydraateiksi, joita kasvi käyttää energianlähteenä ja aineenvaihdunnan rakennuspalikoina. Yhteyttämisen tuloksena syntyy lisäksi happea. Yhteyttämisen ensimmäinen vaihe on valoenergian vangitseminen ja muuntaminen kemialliseen muotoon. Nämä prosessit, niin kutsut valoreaktiot, tapahtuvat viherhiukkasten kalvorakenteissa ja riippuvat toisaalta itse säteilyn määrästä ja laadusta, toisaalta rakenteiden määrästä ja tehokkuudesta. Valoreaktioissa sidottu energia käytetään sitten itse hiilidioksidin pelkistämiseen ja assimilointiin ja nämä reaktiot riippuvat ennen kaikkea hiilidioksidipitoisuudesta ja lämpötilasta, mutta hiilidioksidin saannin edellytyksenä on se, että kasvin vesitalous on kunnossa ja ilmaraot ovat auki. C3-kasveilla, joihin kuuluvat useimmat meillä kasvatetut kasvit, eskeinen hiilidioksidia sitova entsyymi, Rubisco, voi sitoa myös happea aiheuttaen valohengitystä. Valohengitys vähentää hiilidioksidin sitomisen tehokkuutta ja sen voimakkuus riippuu ennen kaikkea hiilidioksidin ja hapen pitoisuuksista lehdissä. Myös korkea lämpötila saattaa edistää valohengitystä. On laskettu, että valohengitys saattaa joissakin tapauksissa heikentää yhteyttämiskapasiteettia jopa 30-40%. On myös kasveja (mm C4-kasvit, esimerkiksi maissi), joissa hiilidioksidin assimilointi vastaa entsyymi, joka ei sido happea. C4-kasvit rikastavat hiilidioksidin lehden sisällä oleviin soluihin, joissa se assimiloidaan uudestaan hiilihydraateiksi Rubiscon toimesta, mutta näissä soluissa hiilidioksidipitoisuus pysyy niin korkeana, että valohengitystä ei ole..

Edellyttäen, että kasvin ravinnetalous on kunnossa, yhteyttämisen tehokkuuteen (sidotun hiilen määrä lehtipinta-alaa ja aikayksikköä kohden) vaikuttaa ennen kaikkea yllämainitut ympäristötekijät: säteilyn määrä ja laatu, hiilidioksidipitoisuus, lämpötila ja veden saatavuus. Tehokas kasvintuotanto perustuu juuri näiden tekijöiden hallintaan. Sen lisäksi yhteyttämistuotteiden käyttö kasvuun ja sadonmuodostukseen vaikuttaa yhteyttämisen tehokkuuteen. Tällainen välillinen vaikutus liittyy ennen kaikkea itse kasvu- ja kehitystapahtumien säätelyyn. Kasvinjalostuksella ei toistaiseksi ole suurestikaan pystytty lisäämään yhteyttämisen perusprosessien tehokkuutta, mutta jalostuksella on voitu voimakkaastikin muunnella yhteyttämistuotteiden ohjautumista kasvissa. Kasvinjalostuksella ei myöskään ole pystytty vaikuttamaan valohengitykseen niin, että yhteyttämistehokkuus olisi parantunut. Yhteyttämiseen liittyvät geenit ja proteiinit tunnetaan jo suhteellisen perusteellisesti. Tulevaisuudessa on varsin mahdollista, että keskeisten molekyylien muokkaaminen tarjoaa uusia mahdollisuuksia myös yhteyttämisen tehostamiseksi. Mekanismin monimuotoisuus tekee kuitenkin tällaisen kehittelyn varsin vaativaksi.

Kasvu- ja kehitystapahtumien säätely kemiallisilla aineilla, kasvihormoneilla ja synteettisillä säätelyaineilla, on varsin yleistä. Joillakin näistä aineista saattaa olla myös välillinen vaikutus yhteyttämiseen, mutta valoreaktioiden ja yhteyttämistapahtumien kemiallisesta vaikuttamisesta tiedetään varsin vähän. Viime vuosina tällaiset tutkimukset ovat kohdistuneet lähinnä yksinkertaisiin alkoholeihin (metanoli, etanoli) ja triakontanoliin.

Vuonna 1992 Nonomura ja Benson julkaisivat tutkimuksen, jossa he osoittivat, että kasvien käsittely metanolilla (30%) saattoi lisätä satoa useilla C3-kasveilla jopa 20-50%. Sekä metanolin että etanolin vaikutuksia kasvuun ja sadonmuodostukseen on sittemmin tutkittu suhteellisen runsaasti, mutta varsin vaihtelevin tuloksin. Metanolin vaikutusmekanismia ei tunneta tarkasti, mutta kasvin aineenvaihdunnassa metanoli hapettuu formaldehydiksi, muurahaishapoksi ja viimein

hiilidioksidiksi. Siten yksi metanolikäsittelyn vaikutus on hiilidioksidipitoisuuden lisääntyminen lehdessä ja tätä kautta yhteyttämisen lisääntyminen. Metanolikäsittelyn on myös esitetty vähentävän valohengitystä. Sen lisäksi kasvi voi käyttää sekä formaldehydiä että muurahaishappoa aineenvaihdunnassa mm aminohappojen seriinin ja metioniinin sekä puriinien synteesissä, joten metanolissa oleva hiili saattaa tulla kasvin aineenvaihduntaan ilman, että se kulkee yhteyttämisen kautta.

Triakontanoli on joidenkin kasvien pintavahassa oleva pitkäketjuinen alkoholi (siinä on 30 hiiliatomia), jonka vaikutuksista yhteyttämisen kautta biomassan tuottoon on raportoitu ja 70-luvulta lähtien. Triakontanoli saattaa vaikuttaa varsin alhaisissa pitoisuuksissa, jopa alle 0,00000001 mg/l. Triakontanolin vaikutus, aivan kuten metanolinkin vaikutus, on vaihdellut kokeesta toiseen, mikä viittaa siihen, että vaikutus riippuu kasvista, käsittelytavasta ja kasvatusolosuhteista. Myöskään triakontanolin vaikutusmekanismia ei tunneta, tosin on esitetty, että se saattaisi estää valohengitystä. Triakontanolin on osoitettu vaikuttavan spesifisesti tiettyjen geenien säätelyyn, mutta näiden vaikutusten yhteyttä yhteyttämisen tai kasvun säätelyyn ei vielä tiedetä tarkemmin.