

Kasvien molekyyligenetiikka B laboratorion

ruokapöytä

Tapio Palva

Ensimmäinen geeninsiirto kasveihin tehtiin 1983, jolloin Agrobakteerin avulla onnistuttiin siirtämään tupakan genomiin erään antibiootin tuotosta vastaava geeni. Tästä vaatimattomasta alusta tuli se läpimurto, joka on toisaalta johtanut erityisesti kasvien molekyyligenetiikan nopeaan kehitykseen ja toisaalta siirtogeenejä kasveja työkaluina käyttävän täsmälajostuksen sekä molekyylimääräalouden esiinmarssiin.

Suurimman hyödyn molekyyligenetiikan ja geeninsiirtomenetelmien nopeasta kehityksestä on tähän mennessä saanut kasvibiologinen perustutkimus. Olemme oppineet ymmärtämään monien kasveilla tapahtuvien prosessien molekulaarisen taustan, joka puolestaan on johtanut tämän tiedon hyödyntämiseen ja uusien sovellusten kehittämiseen mm kasvinjalostuksessa. Eräs modernin biologian keskeisistä kysymyksistä on miten eliöt sopeutuvat muuttuviin ympäristöolosuhteisiin ja miten ne kommunikoivat ympäristönsä kanssa. Kasvit tarjoavat erinomaisen mallin tällaisten kysymysten selvittämiseen, koska erityisesti niille, niiden liikkumattomuuden vuoksi sopeutuminen muuttuvaan ympäristöön on ehto. Ne eivät voi, päinvastoin kuin useimmat eläimet, siirtyä suotuisampiin oloihin ympäristön muuttuessa, vaan niillä on oltava strategiat selviytyä hyvinkin epäedullisissa olosuhteissa.

Pakkasen ja kuivuuden kestävyden molekyyligenetiikkaa

Kuivuus ja alhaiset lämpötilat ovat kaksi lähisukuista ympäristöstressiä, joille monet kasvit joutuvat alttiiksi kasvunsa aikana.

Pakkasenkestävyys on ominaisuus, joka on kehittynyt useille ilmasto-olosuhteisiimme sopeutuneille kasveille. Viljelemme kuitenkin useita kasvilajeja, joilla tällaista kestävyttä ei ole, esimerkiksi peruna on tällainen hallanarka kasvi. Pakkasta kestävälläkään lajeilla tai lajikkeilla ei kestävyys ole staattinen ominaisuus, vaan se vaatii induktion, jonka aikana kasvi muuttuu hallanarasta kestäväksi. Pakkasenkestävyys voidaan indusoida kuiva- tai kylmäkasittelyllä, muutama päivä vaikka +4°C:ssa voi ruohovartisilla kasveilla kasvukauden aikana johtaa jopa 10B15 pakkasasteen kestävyteen.

Tämän induktion, kylmäakklimaation, aikana kasvin fysiologia muuttuu ja kasviin mm muodostuu suoja-aineita, jotka auttavat kasvia selviytymään niistä soluvaurioista, joita kudosten jäätyminen ja tämän solunulkopuolisen jään aikaansaama kuivastressi soluille muuten aiheuttaisi.

Kyky kylmäakklimaatioon on geneettisesti määräytyvä polygeeninen (usean geenin aiheuttama) ominaisuus, josta vastaavien geenien on osoitettu indusoidun akklimaation aikana. Monissa laboratorioissa ympäri maailmaa ovat viimeisen vuosikymmenen aikana eristetty suuri joukko tällaisia kylmäindusoituvia geenejä useista kasvilajeista, erityisesti kasvimolekyylibiologian mallilajista, lituruohosta eli Arabidopsisista.

Näitten Akylmägeenien löytäminen, jotka usein ovat hyvinkin samankaltaisia lajien välillä on toisaalta mahdollistanut yksittäisten geenien hyödyntämisen kehitettäessä siirtogeenejä paremmin pakkasta (ja mahdollisesti kuivuutta) kestäviä lajikkeita. Toisaalta geenejä on voitu käyttää työkaluina pyrittäessä selvittämään, miten kasvi tunnistaa lämpötilan muutokset (eli minkälainen on kasvin lämpömittari) ja miten se välittää tämän tiedon tumaan, jossa kestävydestä vastaavat geenit aktivoituvat lämpötilan laskiessa. Näitten signaaliprosessien

ymmärtäminen on oleellista, kun halutaan kontrolloida saman säätelyn alaisia geeniryhmiä, kuten juuri pakkasenkestävyydestä vastaavia geenejä.

Edellä kuvatun kaltaisten signaaliprosessien mekanismien selvittäminen molekyyalitasolla onkin yksi geneettisen perustutkimuksen keskeisiä tutkimuskohteita. Tämä ei rajoitu pelkästään kylmän tai kuivan kestävyyteen, vaan lähes kaikki kasvin ja ympäristön vuorovaikutukset tapahtuvat vastaavalla tavalla. Esimerkiksi halutaan ymmärtää, miten kasvi tunnistaa taudinaiheuttajan läsnäolon ja reagoi tähän aktivoimalla suuren joukon puolustusgeenejä, joiden toiminta johtaa kasvin tulemiseen vastustuskykyiseksi uusille infektioille. Tätä koko kasvissa indusoituvaa vastustuskykyä voidaan tavallaan verrata eläinten immunovasteeseen.

Eräänä tärkeänä signaalina kasvien puolustusgeenien aktivoitumiselle on salisyylihappo (aspiriini), jolla käsitellyt kasvit kykenevät torjumaan useita tauteja. Tällaisten signaalimekanismien ymmärtäminen ei ole ainoastaan oleellista perustutkimukselle, vaan niillä on monia sovellusmahdollisuuksia mm. maa- ja metsätaloudessa.

Siirtogeeniset kasvit olennainen osa modernia kasvinjalostusta

Geeninsiirtotekniikoiden kehittäminen kasveilla on johtanut niiden soveltamiseen yhä enenevässä määrin biotekniikkaan sekä kasvinjalostukseen. Suurena lähitulevaisuuden haasteena sekä kasvinjalostajalle että molekyylibiologille on maailman ravintotuotannon riittämättömyys. On esitetty että meidän pitäisi vähintään kaksinkertaistaa kasvituotantomme lähimpien vuosikymmenten aikana, jotta pystyisimme ruokkimaan maapallon kasvavan väestön. Samalla tämä tuotanto pitäisi voida toteuttaa entistä ympäristöystävällisemmin vähentämällä mm torjunta-aineiden käyttöä maataloudessa. Traditionaalinen kasvinjalostus on aivan liian hidaskas prosessi vastaamaan yksin tähän haasteeseen.

Edellä kuvattu nopea kehitys kasvien molekyyli-genetiikassa on kuitenkin antanut aivan uusia mahdollisuuksia tällaisten ongelmien ratkaisemiseen. Esimerkiksi kehittämällä siirtogeenisiä paremmin erilaisia ympäristöstressejä, kuten tuholaisia, tauteja, kuivuutta tai kylmyyttä, kestäviä lajikkeita voisimme hyvinkin dramaattisesti lisätä satoisuutta ja toisaalta käyttää viljelyyn marginaalisia maita, joita ei tällä hetkellä ole mahdollista hyödyntää. Nythän suuri osa kasvien satopotentialista ei koskaan toteudu em stressitekijöiden vuoksi. Vaikkakin ympäristöstressien sietokyky on yleensä useamman geenin yhteisvaikutuksen tulos, kuten edellä kuvattiin kylmäakklimaation kohdalla, voidaan siihen usein vaikuttaa jo muutamaa avaingeeniä hyväksikäyttäen.

Moderni kasvigenetiikka mahdollistaa tällaisten avaingeenien tunnistamisen ja siirtogeenisten kasvien tuottamisen helppous niiden tehokkaan hyväksikäytön. Geenitekniikoiden avulla voidaan tarvittavat geenit eristää mistä tahansa lähteestä, jolloin hyödynnettävä geenivaranto oleellisesti suurenee. Täsmäjalostus geeninsiirtojen avulla onkin tulossa oleelliseksi osaksi nykyaikaista kasvinjalostusta. Esimerkkinä tällaisesta prosessista voisi olla vaikka kuivuuden- tai pakkasenkestävyyden lisääminen trehaloosin avulla siirtogeenisissä kasveissa.

Trehaloosin avulla kuivuuden ja pakkasen kestäviä kasveja

Trehaloosi on sokerilaji, joka toimii tehokkaana osmolyytinä eli pitää yllä solujen vesitasapainoa. Tällaisia osmolyyttejä tunnetaan muitakin kuten glysiinibetaini ja proliini. Näiden suoja-aineiden määrä solussa kasvaa voimakkaasti solun valmistautuessa kohtaamaan stressin. Esim kylmäakklimaation aikana on voitu havaita proliinin määrän lisääntyminen. Osmolyyteistä nimenomaan trehaloosilla on hämmästyttävän tehokas kyky suojata biologisia

rakenteita ja toimintoja tilanteissa, jossa veden puute johtaa soluvaurioihin kuten kuiva- ja pakkasstressin aikana. Monet kuivastressille alttiit eliöt, kuten bakteerit, tavallinen leivontahiiva tai jotkut aavikkokasvit kykenevät itse tuottamaan trehaloosia ja siten sietämään lähes täydellistä kuivumista (esim kaupassa myytävä kuivahiiva). Useimmat kasvit eivät kuitenkaan normaalisti pysty trehaloosia tuottamaan. Trehaloosin biosynteesireitti on tunnettu mm hiivassa ja siihen tarvittavat geenit eristetty. Siirtämällä geenit toimivina kasveihin (esim tupakkaan tai lituruohoon) voidaan nämä kasvit saada tuottamaan trehaloosia. Solujen sisältämä trehaloosi puolestaan on johtanut tällaisten siirtogeenisten kasvien kuivuuden ja pakkasen siedon dramaattiseen parantumiseen. Tämä tekniikka on suoraan sovellettavissa tärkeimpiin viljelyskasveihimme ja se saattaa johtaa kuivuuden ja pakkasen (hallan) aiheuttamien ongelmien ainakin osittaiseen voittamiseen. Tekniikalla saattaisi olla mielenkiintoa myös kodin koristekasvien kasvattajille, voisi olla helpompaa lähteä lomalle, jos kukat virkkoisivat muutaman viikon kuivuuden jälkeen vain vettä lisäämällä. Edelleen tekniikan hyväksikäyttö voisi johtaa mm vihannesten parempaan säilyvyyteen, kun kasvien sisältämä trehaloosi estäisi nahistumisen.

Kuivuuden ja pakkasen kestävät kasvit ovat vain eräs esimerkki molekyyli- ja geeniteknologian monista sovellusmahdollisuuksista kasvinjalostukseen. Vastaavia esimerkkejä on lukemattomia lähtien tauteja tai tuholaisia sietävistä kasveista kasvien laatuominaisuuksien parantamiseen. Kasveja voitaisiin käyttää myös tuotantovälineinä uusille yhdisteille esimerkiksi öljytuotteille, lääkeaineille tai rokotteille uudessa molekyyli- ja geeniteknologian avulla. Esimerkkinä tämän kehityksen nopeudesta on ensimmäisten siirtogeenisten kasvien avulla tuotettujen elintarvikkeiden äskettäinen tulo markkinoille ja ruokapöytäämme. Suurena lähitulevaisuuden haasteena näkisin myös molekyyli- ja geeniteknologian ja biotekniikan soveltamisen puuntuotantoon ja metsätalouteen. Geeninsiirtotekniikat lehtipuihin ovat jo olemassa ja on täysin mahdollista suhteellisen lyhyellä aikavälillä lähteä vaikuttamaan sekä tuotannollisiin ominaisuuksiin (kuten stressinsieto) että laatuominaisuuksiin.

Tapio Palva on perinnöllisyystieteen professori Helsingin yliopistossa. Hänet kutsuttiin syyskuussa Suomalaisen Tiedeakatemiaan jäseneksi. Kirjoitus perustuu hänen esitykseensä Tiedeakatemiaan kokouksessa 8. syyskuuta 1997.