

# Kasvit muokkaavat itse omaa perimäänsä

(Käsikirjoitus *HS* Vieraskynään 22.10.2005)

On vaikeata ymmärtää, miksi geenin lisääminen kasvin perimään eroaisi perusteiltaan täysin siitä, mitä kasvikunnassa tapahtuu kaiken aikaa, toteaa **Alan Schulman**.

Tänä kesänä raportoidut hämmästyttävät tutkimustulokset muuttavat käsityksiä geneistä ja eliölajeista sekä vaikuttavat näkemyksiin geneettisesti muokatuista organismeista (GMO). Näyttää siltä, että kasvit kykenevät muokkaamaan perimäänsä eli genomiaan paljon enemmän kuin aiemmin on ymmärretty. Hyppivät geenit eli transposonit näyttelevät merkittävää roolia tässä perimän muokkauksessa.

Tutkija Barbara McClintock löysi transposonit jo 1940-luvulla, kun hän havaitsi ominaisuuksia, joiden geenit näyttivät liikkuvan maissin perimässä paikasta toiseen. McClintockin havaintoja ei aikanaan ymmärretty ja McClintock sai tutkimuksistaan Nobel-palkinnon vasta vuonna 1983. Samoihin aikoihin transposonien osoitettiin olevan DNA-pätkiä, jotka pystyivät irroittautumaan kromosomista ja liittämään itsensä uuteen paikkaan perimässä. Hyppiviä genejä pidettiin kuitenkin vain kuriositeettina, joka aiheutti erikoista leopardikuviointia siemeniin tai kukkiin. Tärkeämpiin ominaisuuksiin niillä ei ajateltu olevan vaikutusta.

Tilanne muuttui kun retrotransposonit löydettiin 80-luvulla. Tämä liikkuvien DNA-elementtien luokka muistuttaa enemmän 'hyppiviä viruksia' kuin hyppiviä genejä. Jo pitkään on tiedetty, että suurin osa kasvien ja eläinten perimässä olevasta DNA:sta ei koodaa genejä, jotka tarvitaan yksilön normaaliin kehitykseen ja elämään. Eri eliöillä tehty koko perimän kattava sekvensointi paljasti, että ylimääräinen DNA on pääosin retrotransposoneja. Tällä perimän 'pimeällä puolella' on oma elämänsä; retrotransposonit käyttävät hyväkseen solun koneistoa tuottaakseen uusia kopioita itsestään. Retrotransposoneilla voi olla merkittäviä, haitallisia tai hyödyllisiä, vaikutuksia kasvien ja eläinten ominaisuuksiin: ne voivat olla syynä ihmisen sairauksiin tai tuottaa uusia mutaatioita kasveissa. Tutkimusryhmäni Helsingin yliopistossa on yhdessä israelilaisten kollegojen kanssa osoittanut, että ympäristön aiheuttama stressi aktivoi retrotransposoneja ja siten lisää kasvien perinnöllisiä eroja. Tällä on vaikutuksia lajin monimuotoisuuteen ja evoluutioon.

Transposonien ja retrotransposonien vaikutusta eliön tärkeisiin geneihin on pidetty vähäisenä. Hyppivät elementit voivat toisinaan estää geenin toiminnan, toisinaan taas lisätä sen toimintaa. Vaikutukset eivät kuitenkaan rajoitu tähän. Hugo Doonerin ryhmä Rutgersin yliopistossa USA:ssa, Michele Morganten ryhmä Udinen yliopistossa Italiassa sekä yhteistyökumppanit DuPont-yhtiössä USA:ssa ovat osoittaneet, että erittäin suuri osa maissin perinnöllisestä muuntelusta on transposonien aktiivisuuden aiheuttamaa. Tutkimustulokset on julkaistu *Proceedings of the National Academy of Sciences* -lehden kesäkuun numerossa sekä heinäkuun lopussa ilmestyneessä *Nature Genetics* -lehdessä.

Maissin koko perimän sekvensointi toi tutkijoiden ratkaistavaksi melkoisen palapelin. Maissin eri lajikkeiden geneettiset erot olivat hämmästyttävän suuret. Suurin osa geenialueiden uudelleenjärjestelyistä osoittautui tapahtuvan *helitron*-transposonien avulla. Jopa 10 000 geeniä tai geeninosaa maissin kaikkiaan 40 000 geenistä eroaa toisistaan maissin eri lajikkeissa ja geenit voivat liikkua perimässä paikasta toiseen *helitron*-transposonien avulla. Lisäksi uusia genejä voi syntyä geenialueiden siirtyessä muualla sijaitsevan geenin osaksi. Havainnot on tehty toistaiseksi

vain maissilla, mutta *helitron*-transposonien rooli geenien siirtäjinä ja muokkaajina on todennäköisesti yleisempi, esiintyyhän kyseistä transposonia sekä kasvi- että eläinkunnassa.

Tulokset muuttavat käsityksiämme geenitekniikasta. Ihmisten näkemys lajista pohjautuu paljolti antiikin Kreikan filosofiaan sekä Raamatun luomiskertomukseen. Platonilta on peräisin käsitys täydellisistä ideoista, jotka toteutuvat vain osittain näkyvässä todellisuudessa. Lajikäsitteeseen soveltaen: laji vastaa ideaa, joka toteutuu luonnon monimuotoisuudessa epätäydellisinä idean kopioina. Raamatussa kerrotaan luomisen tapahtuneen siten, että kaikki eliöt luotiin omiksi lajeikseen, lisääntymään lajiensa mukaan Mendelin periytymissääntöjen ja DNA-molekyylin rakenteen paljastuessa nämä käsitykset eivät muuttuneet, pikemminkin löydettiin mekanismit lajien pysyvyydelle.

Osa geneettisen muokkauksen vastustajista perustelee kantansa argumenteilla, jotka pohjautuvat uskonnollisiin tai filosofisiin käsityksiin. Tutkijoiden nähdään leikkivän Jumalaa tai sekaantuvan luonnonjärjestykseen kun he lisäävät geenin lajin koskemattomaan ja pysyvään perimään. Jopa muokattu tomaatin geeni, joka on pantu takaisin tomaatin perimään, herättää vastustusta. Uudet tutkimustulokset kuitenkin osoittavat, että kasvilajit ja jopa niiden eri lajikkeet voivat olla hyvin vakiintumattomia ja muuttua lyhyelläkin aikavälillä.

On vaikeata ymmärtää, miksi yhden tai muutaman geenin lisääminen kasvin perimään ihmisen toimin olisi perusteiltaan täysin erilaista, kuin mitä kasvikunnassa tapahtuu kaiken aikaa isossa mittakaavassa. Tutkijat eivät leiki Jumalaa vaan pikemminkin hyödyntävät luonnon omia geneettisen muokkauksen mekanismeja. Tämä on luultavasti syy, minkä vuoksi geenien muokkaus ylipäättään toimii ja kasviin on mahdollista saada uusi ominaisuus siirtämällä siihen laboratoriossa osista koottu geeni. Kasveille tällainen geenien muokkaus ei ole mitään uutta. Evoluutio on prosessi, joka ei ainoastaan ajan myötä vaikuta geenifrekvensseihin, vaan myös muokkaa geenien rakenteita. Transposonit ovat merkittävä tekijä tässä luonnon omassa geenien muokkaustyössä.

© Alan Schulman

Kasvibioteekniikan professori, MTT

Ryhmänjohtaja, Bioteekniikan Instituutti, Helsingin yliopisto