

Terveyttä, laatua ja ruokaturvaa kasvinjalostuksella

Käsikirjoitus tiedeartikkeliin, joka julkaistiin Biologian ja maantieteen opettajien liiton lehdessä: *Natura* 2010; 47 (4), 38–42. http://www.geenit.fi/Natura4_2010.pdf

[Jussi Tammissola](#), MMT, FL, kasvinjalostuksen dosentti (HY)

Lyhenne: 'gm' = geenimuunneltu, muuntogeeninen

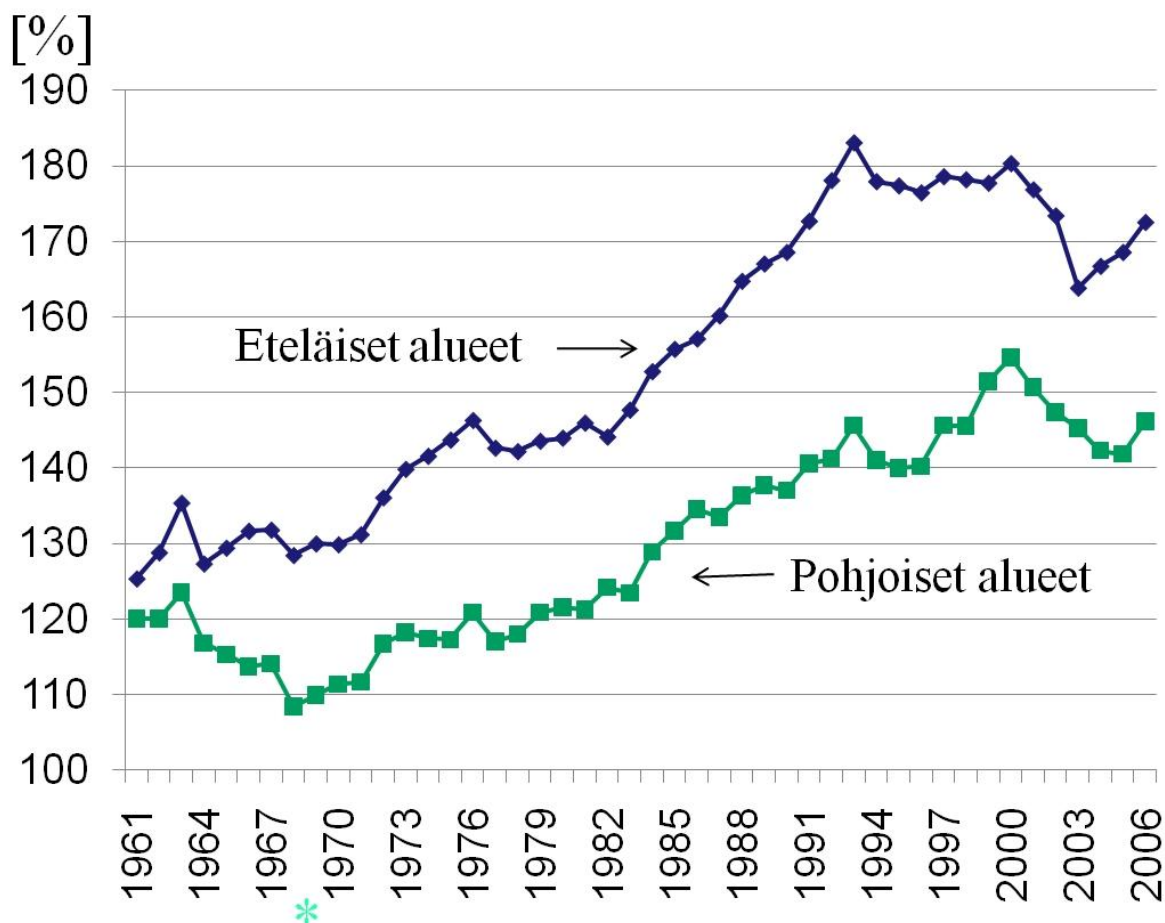
Johdanto

Kasvinjalostus on ihmisen ohjaamaa evoluutiota: viljelykasvien perinnöllisten ominaisuuksien muuttamista ihmisen toivomaan suuntaan (OECD, 2000, 8). Hyötykasvien käyttökelpoisuutta onkin onnistuttu parantamaan aika lailla (kuva 1).



Kuva 1. Villiporkkanan kookkain alalaji (*Daucus carota* ssp. *maximus* (Desf.) Ball eli isoporkkana) ja jalostettu porkkana (150 g). Kuva: J.Tammissola, Mallorca 2010.

Evoluution edellytyksenä on kuitenkin, että soveltuvaa perinnöllistä vaihtelua esiintyy kasvin jalostuspopulaatioissa. Tärkeiden ruokakasvien perinteisissä jalostusominaisuuksissa vaihtelu on jalostuksen vuosituhansina ehditty jo usein kalastaa vähiin. Esimerkiksi vehnän satotaso on juronut 1980-luvun lopulta lähtien (kuva 2). Tyhjästä on paha nyhjästä, joten jalostajan klassillisena perustehtävänä on hyödyllisen geneettisen vaihtelun lisääminen viljelykasvien jalostusaineistoihin – menneiden jalostajapolvien saavutuksia vaarantamatta.



Kuva 2. Vehnän satoisuuden geneettinen nousu taittui 1980-luvun lopulla: perinnejalostus ei enää tehoa. Viiden kulloinkin satoisimman vehnälajikkeen keskisato prosentteina verranlajikkeen sadosta virallisissa lajikekokeissa USA:ssa. Kaavion pisteet ovat viiden vuoden liukuvia keskiarvoja (Graybosch & Peterson, 2010).

*Viljelyn vihreän kumouksen (Peltonen-Sainio, 2005) taudinkestävät ja lyhytkortiset lajikkeet nostivat vehnän satotason pitkään nousuun 1960-luvun lopulta lähtien.

Mesimarjasta vihdoin viljelykasvi?

Mesimarja on maukkaain Euroopan marjoista – mutta kunnollista viljelykasvia siitä ei vain ole saatu, vaikka Linnaeus (1762) ja minäkin yritimme (Tammisola, 1988, 2005). Kasvi on muun muassa hentokasvuinen, hankala poimittava, itsesteriili, altis taudeille ja arka kilpailulle, eikä se viihdy etelän pelloilla Suomessakaan (kuva 3).

a)



b)



Kuva 3. Mesimarja

a) Mesimarjalla saman vuoden versot jo kukkivat, toisin kuin vadelmalla. Ominaisuutta on yritetty siirtää vadelmaan risteytysjalostuksella muun muassa Britanniassa. Kuva: J.Tammisola, Jyväskylä 21.8.2010.

b) Mesimarjasta kukkapohjus ei irtoa kuten vadelmasta. Kuva: J.Tammisola, Maaninka 1967.

Rotevampi ja etelää sietävämpi korvike on kehitetty: 'jalomaarain' syntyi risteyttämällä mesimarja amerikkalaiseen, mauttomaan serkkuunsa (*Rubus arcticus* ssp. *stellatus*). Fysiologisia risteytymis-esteitä niiden välillä ei ole – itse tein ensimmäiset hybridit vuonna 1967. Hyötygeenien kylkiäisinä kasvi sai tässä menetelmässä tuhansia tuntemattomia, tarpeettomia ja kenties haitallisiakin genejä, joista kaikista ei voida päästä koskaan eroon.

Mesimarjan arvokkain ominaisuus on sen ainutlaatuinen aromi, joka koostuu yli sadasta aromi-aineesta. Tosin yksi niistä (mesifuraani) on muita voimakkaampi, joten siihen perustuen voidaan valmistaa mesimarjaesanssia ja ”halpoja jäljitelmiä” (jalomaarain).

Aito mesimarja-aromi menetetään väistämättä lajiristeytyksissä. Vastuullisempaa olisi välttää sotkemista ja noutaa mesimarjaan puhtaina, yksi kerrallaan, vadelmakasveista ainoastaan ne geenit, joita todella tarvitaan sen viljeltävyyden parantamiseksi. Tämä onnistuu uudella täsmämuuntelulla ([Tammissola, 2010c](#)).

Samantapainen ongelma on kotimaisilla pensasmustikoilla: ne jalostettiin Suomen oloihin riittävän talvenkestäviksi risteyttämällä villin juolukan kanssa ([Teeri, 2007](#), 9–10). Juolukan syötävyys on epävarmaa: kirjallisuudessa sen marjoja on usein pidetty lievästi myrkyllisinä. Juolukan ”vetistä” makua-kaan en kiittelisi, joskin tuntuilta poimimani marjat ovat vaikuttaneet hieman kiinteämmiltä ja maukkaammilta.

Euroopassa saadaan vapaasti kasvattaa myös 'karukkaa', jossa kaikki karviaisen ja mustaherukan geenit on yhdistetty samaan eliöön ([Tammissola, 2006b](#), 4, [2009a](#), 85) – kukaan ei kysele mitään tuhansien geenien tuntemattomista yhdysvaikutuksista?

Hymyilevän banaanin ylösousemus

Puoli vuosisataa sitten kaupoista katosivat suuret ja maukkaat ”hymyilevät banaanit” ('Gros Michel'), sillä tuhoisa sienitauti hävitti niiden kaupalliset viljelmät maailmasta. Kiireellisen tutkimustyön tuloksena tilalle saatiin nykyiset, melko yhdentekevät 'Cavendish'-lajikkeet, jotka kestivät taudin silloista rotua.

'Cavendish'-banaaneja uhkaa nyt sama kohtalo, sillä lakastumistaudin (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*) uusi rotu leviää ja tappaa nykyiset kauppalajikkeet; hoitokeinoa ei ole. Lehti-laikkutaudista (Black Sigatoka), jonka aiheuttaa kotelosieni *Mycosphaerella fijiensis*, leviää myös uusi rotu. Se on tuhoisa ja vaatii huolellista torjuntaa: 'Cavendish'-viljelmät on ruiskutettava kalliilla fungisideillä jopa 70 kertaa vuodessa. Perinnöllisesti monimuotoisena sieni myös muuntuu nopeasti ja kehittää sietokykyä torjunta-aineille ([Tammissola, 2003a](#)).

”Mitään” ei ole tarjona tilalle. 'Cavendish'-banaaneille on kehitetty taudinkestävää seuraajaa 40 vuoden ajan, laihoihin tuloksin. Kaupan banaanit ovat siemenettömiä triploideja, joten niiden jatkojalostus perinteisillä menetelmillä on ”äärimmäisen” tehotonta (kuva 4).



Kuva 4. Banaani on kehitysmaiden neljänneksi tärkein ruokakasvi.

Kuva: J.Tammissola, Rodos 2009

Kestävyyseenejä olisi villeissä banaanilajeissa. Kymmenen hehtaaria banaaniviljelmää pölytettiin kestävien aasialaisten villibanaanien siitepölyllä käsipelillä. Saadut 400 000 kiloa banaaneja survottiin ja suodatettiin. Siemeniä löytyi 15, ja niistä neljä iti. Saadut kasvit risteytettiin sitten takaisin villibanaaneihin. Näin syntyi lopulta siemenetön lajike, joka oli vastustuskykyinen kummallekin taudille. Se vain on hapan, ja maku muistuttaa pikemminkin omenaa...

Kehitysmaa Uganda pelastaa takaisin viljelyyn mennyttä suosikkilajiketta. Hymyilevän banaanin perimään vietiin geenimuuntelulla kaksi sienitaudeilta suojaavaa kitinaasigeeniä

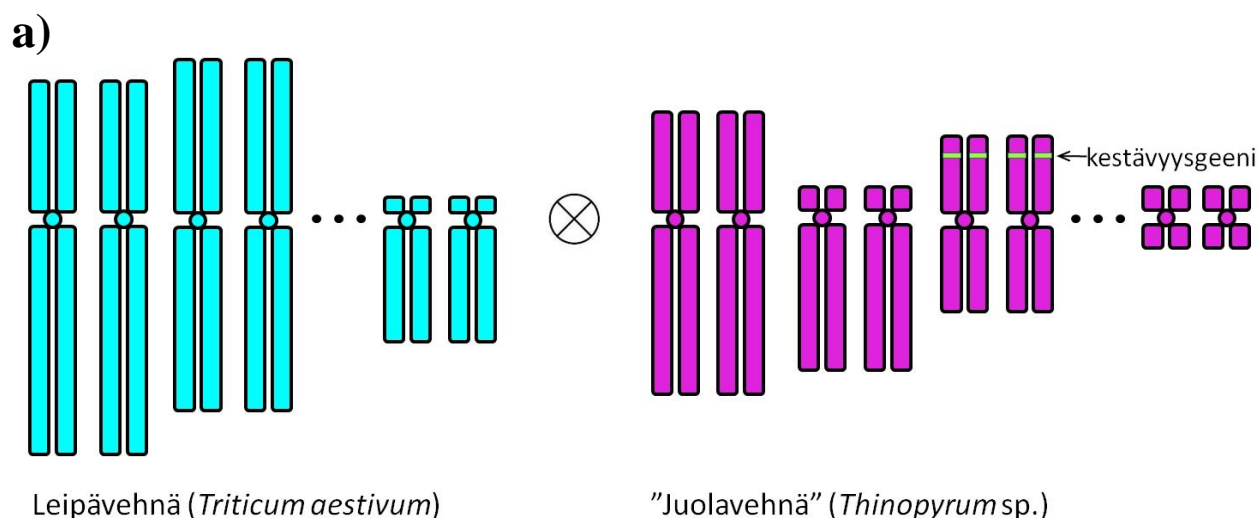
riisistä. Kun banaanien geenikartoitus etenee, kestävyysgeenejä noudetaan puhtaina myös villibanaaneista. Laboratoriokokeissa muuntogeeniset 'Gros Michel' -banaanit ovat osoittaneet erittäin kestäviksi lehtilaikkutautia vastaan, ja niiden kenttäkokeet ovat jo käynnissä ([Kiggundu ym., 2008](#), 11–14). Myös keitettäviä jauhobanaaneja aletaan jalostaa geenimuuntelulla, sillä taloustutkimukset osoittavat, että muuntogeeniset banaanit voivat tuoda merkittäviä talousetuja Victoria-järven alueella Ugandassa ja Tansaniassa ([Smale & Tushe-mereirwe, 2007](#)).

Sinitomaatti suojaa syövältä

Tomaatista on tullut maailman kenties tärkein marja, ja sen punaisen väriaineen, lykopeenin, tiedetään ehkäisevän syöpää ja sydäntauteja. Vielä paljon tehokkaampi on kuitenkin sininen antosyaanitomaatti. Lääketieteellisissä kokeissa se pidensi syöpähiirten elämää neljänneksellä ([Butelli ym., 2008](#)). Terveellisiä sinisiä väriaineita kertyi tomaatteihin yhtä paljon kuin mustikoihin ([Tammissola, 2009a](#), 16). Ne saatiin aikaan jalostamalla tomaattiin leijonankidasta kaksi säätelytekijää (transkriptiofaktoria, vrt. [Tammissola, 2010b](#), 6).

Ruostesieni uhkaa – kuinka vehnää pelastetaan?

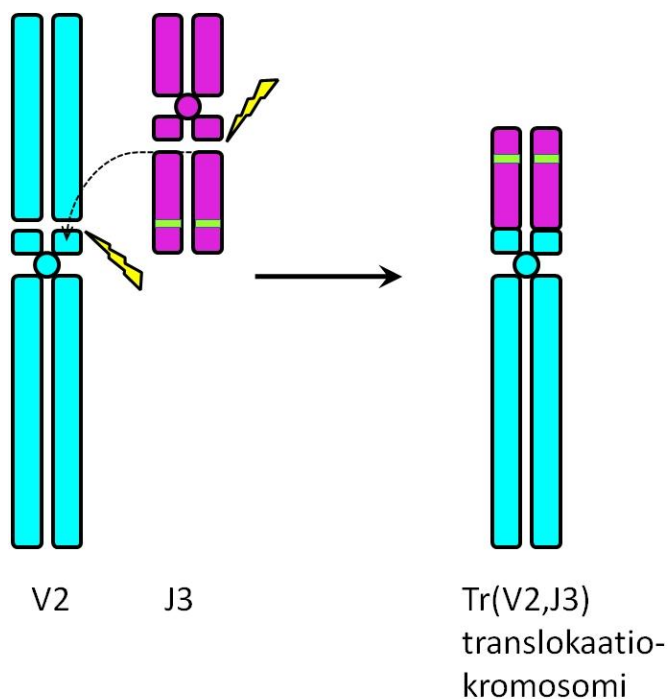
Puoli vuosisataa sitten nälänhätä odotti satoja miljoonia ihmisiä Aasiassa. Mustaruoste (*Puccinia graminis*) uhkasi romahduttaa vehnän satotason, mutta kasvinjalostaja (sittemmin nobelisti) Norman Borlaug onnistui jalostamaan taudille vastustuskykyisiä vehnälaajikkeita ([Peltonen-Sainio, 2005](#)). Nyt sienestä on kehittynyt uusi, hyökkäävä rotu (Ug99), jota vastaan ei kunnollista kestävyttä löydy vehnän jalostusaineistoista ([Tiede, 2007](#)). Villiheinistä kestävyysgeenejä on kuitenkin löydetty, ja niitä ollaan siirtämässä leipävehnään ”perinteisillä” kromosomimutaatioilla, kuten translokaatioilla (kuva 5).



Kuva 5. Kuinka vehnää pelastetaan tuhoisalta ruostesienirodulta (Ug99) perinteisellä jalostuksella? ([Xu, 2010](#))

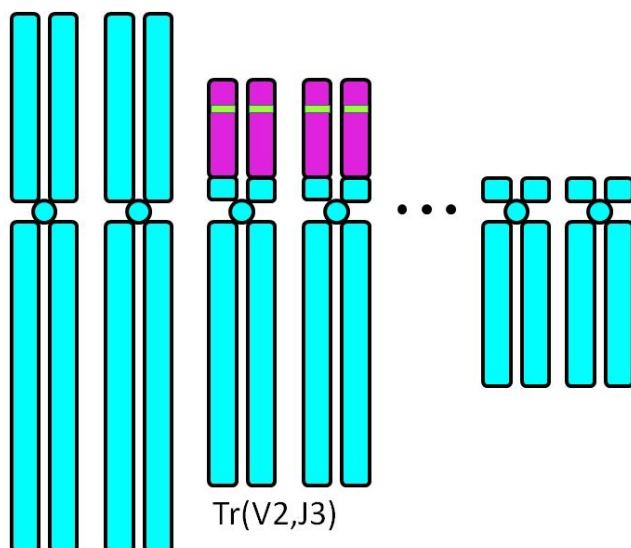
a) Leipävehnä ja juolavehnan sukulainen pakkoristeytetään keskenään – hybridisiemen pidetään tarvittaessa hengissä ”keskoshoidolla” (alkionpelastus; [Sharma ym., 1996](#)).

b)



b) Lajiristeytymää pommitetaan säteilyllä kromosomien katkomiseksi – vehnän jonkin kromosomin (kuvassa V2) osa häviää ja tilalle tarttuu ”juolavehnän” jostain kromosomista (kuvassa J3) osa, jossa tarvittava kestävyysgeeni sijaitsee.

c)



Tuloksena vehnä, johon on ympätty ”juolavehnän” kromosomin osa

c) Lajihybridia risteytetään takaisin vehnään 5–10 sukupolven ajan tarpeettomien villi-kromosomien karsimiseksi – dna-määritysten tukemana, sillä 5 sukupolven päästä yli puolet jälkeläisistä sisältää vielä ”juolavehnän” kromosomeja. Lopuksi tuotetaan homotsygotinen vehnälinja itsepölytyksillä tai kaksoishaploiditeknikalla.

d) Sama prosessi (a–c) toistetaan viidestä eri heinälajista lähtien, jotta vehnään kertyisi tarpeeksi ruosteenkestävyyden geneejä.

Tällaisiin nyt muodikkaisiin, puolen vuosisadan takaisin ”retro”keinoihin liittyy kuitenkin merkittäviä ongelmia:

- Irronneessa kromosomin osassa vehnästä katoaa pysyvästi satoja tai tuhansia vehnän geneejä. Jotkin niistä voivat olla korvaamattomia vehnän laadulle, satoisuudelle ja viljeltävyydelle.
- Tilalle tarttuvassa kromosomin osassa vehnän perimään tulee – tarpeettomasti ja pysyvästi – satoja tai tuhansia (tuntemattomia) villiheinän geneejä. Monet näistä ”primitiivisistä” geneeistä voivat olla vahingoksi vehnän vuosituhansia parannetuille ominaisuuksille.
- Vehnän jalostuspopulaatio jakautuu näillä konsteilla erilaisiin translokaatio”rotuihin”, joiden väliset risteytykset kärsivät heikentyneestä hedelmällisyydestä (translokaatioheterotsygootin meioosi on näet häiriintynyt). Tämä vaikeuttaa lajikkeiden jalostamista perinteisillä risteytyksillä.
- Perinnöllinen monimuotoisuus jalostusaineistossa kapenee, sillä kaikkiin lajikkeisiin välitetään sama, alun perin tarttunut kromosominpala, jonka geneeissä ei siksi esiinny lainkaan geneettistä vaihtelua. Vaihtelua niihin syntyy vasta ”evoluution aikaskaalassa”, uusien mutaatioiden tuloksena.
- Käsivarren palojen tarttumakohtaan voi muodostua toimiva fuusiogeeni: ennestään tuntematon kooste vehnän ja ”juolavehnän” kahdesta eri geenistä. Sellaisen toiminta saattaa olla haitaksi kasville tai kasvin käyttäjälle.

Joten kuka tahansa saa vapaasti jalostaa ja laskea markkinoille kasvilajikkeita näillä vanhoilla keinoilla ilman turvallisuusselvityksiä...

Uudella geenimuuntelulla voidaan villistä kasvilajista löydetty kestävyysgeeni sitä vastoin noutaa puhtaana vehnän perimään – se voidaan lisätä mihin tahansa haluttuun kohtaan vehnän 17 miljardin dna-emäksen ketjussa, yhden dna-emäksen tarkkuudella ([Townsend ym, 2009](#)). Olemassa oleva vehnälajike voidaan parantaa taudinkestäväksi yhdellä jalostusaskellella (lisätään geeni molempiin vastinkromosomeihin samalla kertaa) ja lajikkeen suotuisaa genotyyppiä sotkematta. Tämä on tuhansia kertoja puhtaampaa, satoja kertoja turvallisempaa ja kymmeniä kertoja tuloksekkaampaa kuin perinteinen jalostus.

Joten maatalousministeri lypsää Suomeen biologian tiedekieltoa, kilpailuvaltiksi... ([Leivoniemi, 2010](#)).

Allergiat

Ruokakasvien perinteiset lajikkeet ovat ”täynnään” allergiaa aiheuttavia proteiineja, säädösten rajoittamatta. Esimerkiksi perunan mukuloista tunnetaan jo viisi eri allergiaproteiinia, ja nii-

den pitoisuudet ovat korkeimmillaan luomuperunoissa, kuten myrkyllisten alkaloidienkin; luonnollisesti ([Tammisola, 2002, 2003b](#)). Keltaisessa kiivissä on 7 uutta allergiaproteiinia vihreään verrattuna – joka sekin on todellinen allergiapommi, allergioihin taipuvaiselle henkilölle. Mitään merkintöjä ei vaadita, joten itsekin ehdin hankkia ruokarajoitteiselle allergialapselleni myös kiiviallergian.

Muuntogeenisissä kasvilajikkeissa allergiavaara on pienempi ([Tammisola, 2003c, 2004](#)). Kasviin tuodaan vain yksi tai muutama, hyvin tunnettu geeni, ja niiden vaikutukset myös allergioiden kannalta tutkitaan WHO:n ja FAO:n yhteisten, Codex Alimentarius -normien mukaisesti. Uuselintarvikelautakunnassa on jäsenenä allergiaprofessori.

Jos muunnettu geeni voisi aiheuttaa allergiaa joillekin kasvituotteen käyttäjille, siitä tulee olla merkintä tuotteessa. Kehittämisvaiheen tutkimuksissa pari tällaista tapausta on esiintynyt: yksi soijalla – kasviin oli tuotu parapähkinästä allergiaproteiinin geeni – ja kenties toinen herneellä – chilipavusta (*Phaseolus vulgaris*) siirretyn glykoproteiinin herneessä muodostunutta sokeriosaa epäiltiin immunologisesti erilaiseksi ([AR, 2010](#)). Yhtään tällaista tuotetta ei kuitenkaan ole otettu käyttöön – vaikka se olisi luvallista – vaan tutkijat ovat omatoimisesti vetäneet ne pois kehitystyötä.

Perinteisessä jalostuksessa siirtyy kasveista toisiin tuhansia tuntemattomia geenejä, joista varsin monet aiheuttavat allergioita. Niiden kaikkien tutkiminen olisi mahdotonta, joten min-käänlaisia vaatimuksia ei vanhoille jalostusmenetelmille ole säädetty.

Soijan pavuissa esiintyy 1400 proteiinia, joista yli 20 on allergisoivia. Voimakkaimpia oireita amerikkalaisille näistä aiheuttaa seitsemän proteiinia, joten tutkimuksilla selvitetään, voitaisiinko ne kaikki poistaa kasvinjalostuksella soijapavuista allergiaoireiden lieventämiseksi. Tahatonta soijan saantia on näet vaikea kokonaan ehkäistä, sillä soijaa käytetään tuhansissa elintarvikkeissa.

Pahin soija-allergeeni on jo onnistuttu sammuttamaan geenimuuntelulla, ja toiseksi vakavin puuttui luonnonmutaation tuloksena eräästä geenipankin soijalinjasta ([Herman ym., 2003](#)). Muiden poistettavien siemenproteiinien osalta on vielä tutkittava, ovatko ne soijalle itselleen välttämättömiä vai selviääkö kasvi ihmisen hoivissa kohtuullisesti ilman niitä ([Tammisola, 2006a](#), 20–22).

Samanlaista työtä allergioiden ehkäisemiseksi tehdään jo monilla muillakin allergiakasveilla, esimerkiksi maapähkinällä ([Dodo ym., 2008](#)). Allergiaa aiheuttavien geenien tarkasti kohdennettu sammuttaminen kasvissa on sinänsä jo varsin mutkatonta nykyisillä täsmämuuntelun keinoilla (esim. rna-häirintä, kohdennettu mutageneesi), kuten uusi tutkimus porkkanalla osoittaa ([Peters ym., 2010](#)).

Astmaa ja allergiaa voidaan pian myös parantaa syömällä muuntogeenisiä kasveja ([Tammisola, 2004](#)). Japanissa allergia japaninsetrin siitepölylle on yhtä yleistä kuin meillä koivu-

allergia – oireet vain ovat paljon vakavammat (kuva 6). Tämä allergia parannetaan pian syötävällä rokotteella: gm-riisiinjyvillä. Hoitava riisi on nimittäin muunneltu tuottamaan jyviinsä tarkasti valittuja peptidijaksoja (epitoopeja), joiden syöminen synnyttää suojaavan immuni-teen setripölyä vastaan tehokkaasti ja turvallisesti – toisin kuin jo vuosisadan ajan harrastetut siitepölyuutteen siedätyspiikitykset, joissa uhkina aina ovat hengenvaarallinen shokki ja uusien allergioiden kehittyminen ([Tammisola, 2006a](#), 18–19). Setrirokotteen kliininen turvallisuus on jo varmistettu apinakokeissa ([Tammisola, 2010a](#), 24–25).



Kuva 6. Japaninsetrin (*Cryptomeria japonica*) siitepöly on Japanissa pahin hengitystieallergian aiheuttaja. Kuva: ©Gaspar Avila, Azorit 3.12.2006

Jalostuksen kirjoja

Kiintoisia esimerkkejä uusista elämänlaatua parantavista kasvisovelluksista olisivat myös: Syötävät puuvillansiemenet, Rutokestävä peruna, Proteiiniperuna, Homeesta puhtaampi maissi, ja Tuoksuva vehnä kehitysmaasta ([Tammisola, 2006a](#), [2009a](#), [b](#), [2010a](#)). Vuonna 2012 alkavat soijapavut Amerikassa tuottaa sydänterveydelle tärkeitä, pitkäketjuisia omega3-öljyjä, joita nyt saamme ylikalastetuista merikaloista tai niiden ravinnosta (krillit). Samaan aikaan kultainen riisi tulee viljelyyn ja alkaa ehkäistä A-vitamiinin puutostauteja Aasiassa. Kansanterveyttä kohentavia ravintoparannuksia (mm. terveellisempi öljykoostumus, parempi proteiinin laatu ja määrä sekä korkeampi vitamiini- ja mineraalipitoisuus) jalostetaan kehitysmaiden tärkeisiin ruokakasveihin laajoissa humanitäärisissä tutkimusohjelmissa, kuten Golden Rice, Harvest Plus, ja BioCassava Plus – niistä löytyy yksityiskohtaista tietoa ohjelmien nettisivuilta.

Viitteitä

- AR (2010). Stacking Jeffrey Smith's Genetic Roulette against peer-reviewed science. Section 1 – Top 20 Urban Myths about GM crops. 1.18 – GM peas are discontinued. Academic Res. 2010. Saatavana: <http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/section-1/1-18-gm-peas-are-safe/> Luettu 26.10.2010
- Butelli, E., Titta, L., Giorgio, M., Mock, H.-P., Matros, A., Peterrek, S., Schijlen, E.G.W.M., Hall, R.D., Bovy, A.G., Luo, J. & Martin, C. (2008). Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors. *Nat. Biotechnol.* 26, 1301–1308. <http://dx.doi.org/10.1038/nbt.1506>
- Dodo, H.W., Konan, K.N., Chen, F.C., Egnin, M. & Viquez, O.M. (2008). Alleviating peanut allergy using genetic engineering: the silencing of the immunodominant allergen Ara h 2 leads to its significant reduction and a decrease in peanut allergenicity. *Plant Biotechnol. J.* 6, 135–145. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7652.2007.00292.x>
- Graybosch, R.A. & Peterson, C.J. (2010). Genetic Improvement in Winter Wheat Yields in the Great Plains of North America, 1959–2008. *Crop Sci.* 50, 1882–1890. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2009.11.0685>
- Herman, E.M., Helm, R.M., Jung R. & Kinney, A.J. (2003). Genetic Modification Removes an Immunodominant Allergen from Soybean. *Plant Physiol.* 132, 36–43. <http://www.plantphysiol.org/cgi/reprint/132/1/36>
- Kiggundu, A., Tushemereirwe, W., Arinaitwe, G., Talengera, D., Namukwaya, B., Changa, C.M., Lamwaka, P., Fungo, R. & Mukiibi, J. (2008). Novel biotechnological approaches for the improvement of EAHB productivity and utilisation. NARO 2008, 20 p. <http://www.banana2008.com/cms/posters/kiggundu.pdf>
- Leivonniemi, H. (2010). Geenimuuntelu: Ministeri Sirkka-Liisa Anttila kieltäisi gmo-viljelyn, mitä mieltä sinä olet? Suomen Kuvalehti 1.10.2010. Saatavilla: <http://suomenkuvalehti.fi/jutut/kotimaa/sirkka-liisa-anttila-ja-gmo> Luettu 25.10.2010.
- Linnaeus, C. (1762). Åkerbärs plantering. *Kungl. Vetensk. Acad. Handl.* 23, 192–197.
- OECD (2000). Report of the Task Force for Safety of Novel Foods and Feeds, C(2000)86/ADD1. OECD, 17.5.2000, 72 p. [http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=C\(2000\)86/ADD1&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=C(2000)86/ADD1&doclanguage=en)
- Peltonen-Sainio, P. (2005). Vihreä vallankumous. *Tiede* 22.8.2005. http://www.tiede.fi/artikkeli/485/vihrea_vallankumous
- Peters, S., Imani, J., Mahler, V., Foetisch, K., Kaul, S., Paulus, K.E., Scheurer, S., Vieths, S. & Kogel, K.-H. (2010). Dau c 1.01 and Dau c 1.02-silenced transgenic carrot plants show

reduced allergenicity to patients with carrot allergy. *Transgenic Res.*, 10 p. Advance online publ. 27.8.2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11248-010-9435-0>

Sharma, D.R., Kaur, R & Kumar, K. (1996). Embryo rescue in plants – a review. *Euphytica* 89, 325–337. <http://www.springerlink.com/content/p36808r7k2584j26/fulltext.pdf>

Smale, M. & Tushemereirwe, W.K. (toim.) (2007). An Economic Assessment of Banana Genetic Improvement and Innovation in the Lake Victoria Region of Uganda and Tanzania. IFPRI, 204 p. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/rr155.pdf>

Tammisola, J. (1988). Incompatibility classes and fruit set in natural populations of arctic bramble (*Rubus arcticus* L) in Finland. Väitöskirja. *J. Agric. Sci. Finl.* 60, 327–446.

Tammisola, J. (2002). Kärsinyt ruoka ei ole terveellistä. *Hyvä Terveys* 9/2002, Suomalainen Lääkärisseura Duodecim r.y., 1 s. <http://www.geenit.fi/HTkar902s.pdf>

Tammisola, J. (2003a). Kuka pelastaisi banaanin? *Aamulehti* 9.2.2003, 2 s. <http://www.geenit.fi/ALba9203.pdf>

Tammisola, J. (2003b). Tavalliset viljelykasvit ovat terveellistä ravintoa, *Turun Sanomat* 11.6.2003, 2 s. <http://www.geenit.fi/TS110603.pdf>

Tammisola, J. (2003c). Kasvinjalostus ja ruoka-allergiat. *Allergia & Astma* 3/2003, Allergia- ja Astmaliitto ry, 2 s. <http://www.geenit.fi/AArua303.pdf>

Tammisola, J. (2004). Syödäänkö rokote allergiaan? *Allergia & Astma* 2/2004, Allergia- ja Astmaliitto ry, 3 s. <http://www.geenit.fi/AAspa204.pdf>

Tammisola, J. (2005). Saako mesimarjan pelastaa? STT:n kiertoartikkeli 8.4.2005, 4 s. <http://www.geenit.fi/MesimSTTKasik080405.pdf>

Tammisola, J. (2006a). Biotekniikan uusia ja kehittyviä sovelluksia – Haasteet, mahdollisuudet ja taloudelliset vaikutukset Euroopan maataloudessa. Esitelmä Euroopan parlamentissa 10.10.2006 (suomennos), 57 s. <http://www.geenit.fi/EP101006suom.pdf>

Tammisola, J. (2006b). Viljelykasvit ja kasvinjalostus – edistyksen eturivissä kivikaudelta vihreälle aikakaudelle. Euroopan parlamentissa 10.10.2006 pidetyn esitelmän liite (suomennos), 7 s. <http://www.geenit.fi/EP101006LiiteIK.pdf>

Tammisola, J. (2009a). Geenimuuntelu – Pellolta globaaliin maatalouspolitiikkaan. Päivän Paini, *Tieteen Päivät* 9.1.2009, 92 s. <http://www.geenit.fi/TP090109.pdf>

Tammisola, J. (2009b). Kasvigeenitekniikan Top Ten Futures. *Futura* 28 (2), 28–44, Tulevaisuuden tutkimuksen seura ry. http://www.geenit.fi/Futura2_09.pdf

Tammisola, J. (2010a). Ethical Applications of Plant Breeding and Biotechnology. *Bioethics*, Univ. of Helsinki, April 2010, 52 p. <http://www.geenit.fi/EthApplBiot.pdf>

Tammisola, J. (2010b). Review: Towards much more efficient biofuel crops – can sugarcane pave the way? *GM Crops* 1(4): 181-198.

<http://www.landesbioscience.com/journals/gmcrops/02TammisolaGMC1-4.pdf>

Tammisola, J. (2010c). Fossiilitaloudesta uusiutuviin raaka-aineisiin kasvibiologian eväillä.

Natura 47 (3), 30–34. http://www.geenit.fi/Natura3_2010.pdf

Teeri, T. (2007). Geenitekniikka kasvinjalostuksessa. *HY, Kasvinjalostus*, 20.4.2007, 10 s.

http://www.geenit.fi/gm_200407_teeri.pdf

Tiede (2007). Maapallon vehnäsato vaarassa. *Tiede* 27.1.2007.

http://www.tiede.fi/uutiset/2797/maapallon_vehnasato_vaarassa

Townsend, J.A., Wright, D.A., Winfrey, R.J., Fu, F., Maeder, M.L., Joung, K. & Voytas, D.F. (2009). High frequency modification of plant genes using engineered zinc-finger nucleases.

Nature advance online publ. 2009, 5. <http://dx.doi.org/10.1038/nature07845>

Xu, S. (2010). Research Project: Identification and Utilization of Ug99 Resistance Genes from Wild Relatives of Wheat. *Cereal Crops Res., USDA ARS*. Saatavilla:

http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=419602 Luettu: 25.9.2010.