

Fossiilitaloudesta uusiutuviin raaka-aineisiin kasvibiologian eväillä

Käsikirjoitus tiedeartikkeliin, joka julkaistiin Biologian ja maantieteen opettajien liiton lehdessä: *Natura* 2010; 47 (3), 30–34. http://www.geenit.fi/Natura3_2010.pdf

[Jussi Tammisola](#), MMT, FL, kasvinjalostuksen dosentti. Kirjoittaja on opettanut kasvinjalostusta Helsingin yliopistossa vuodesta 1971 alkaen.

Lyhenne: 'gm' = geenimuunneltu, muuntogeeninen (Kielitoimiston suosittelema muoto)

Johdanto

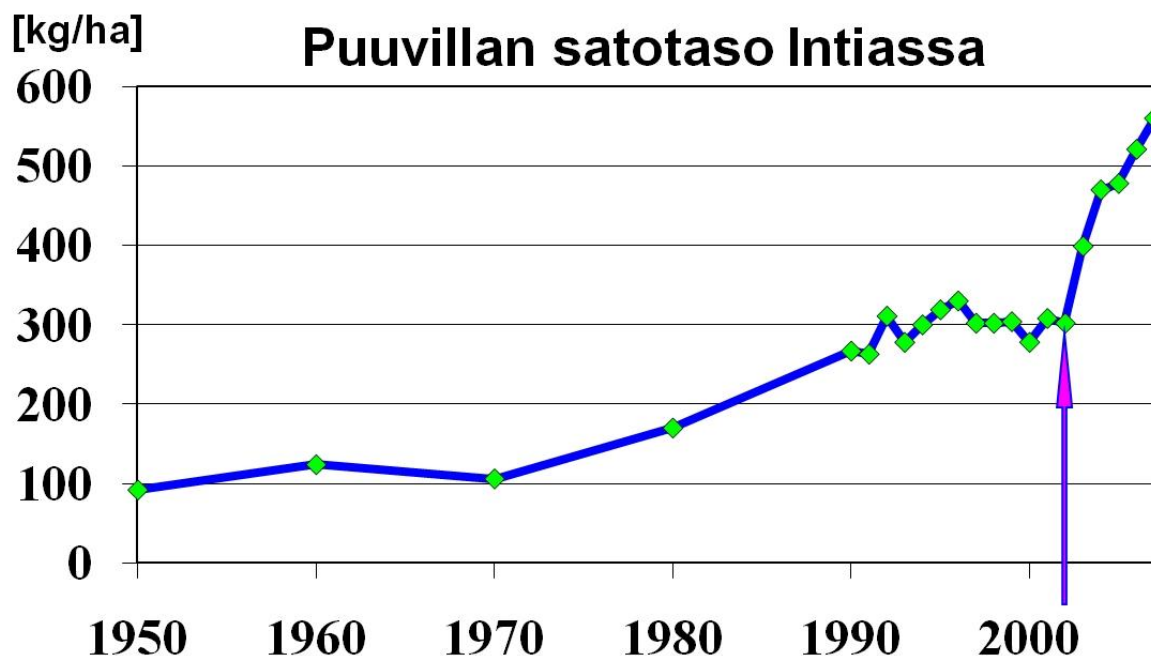
Maailman kasvintuotantoa koetellee lähivuosikymmeninä kolme kovaa haastetta: väestönkasvu, viljelyolojen muuttuminen tärkeillä tuotantoalueilla, sekä siirtyminen fossiilisista uusiutuviin raaka-aineisiin ja energiaan. Haasteista ei selvitä ilman parasta uutta biologiaa, kuten geenimuuntelua ([Royal Society, 2009](#)). Nopean muutoksen oloissa kasvinjalostukselle lankeaa entistä suurempi vastuu ruoan, rehujen, kuitujen ja polttoaineiden saannistamme ([Tammisola, 2008a](#); [Typpi, 2010](#)). Onnistumisen mahdollisuudet ovat toisaalta paremmat kuin koskaan ennen, sillä ymmärrys ja osaaminen on versonut elontieteissä reippaasti jo pari vuosikymmentä.

Uudet jalostusesimerkit osoittavat, että kasvintuotannon satotasoa, tuotelaatua, energia- ja ekotehokkuutta sekä ekologista kestävyttä voidaan paljon parantaa. Apuna ovat muun muassa maailman 10 000 heinälajin geneettinen aarreaitta sekä Nobel-palkittu rna-häirintä, joita tulisi hyödyntää viljelykasveissa puhtaimmalla mahdollisella jalostuksella: kohdenne-tulla mutageneesillä ([Townsend ym., 2009](#)) ja muilla uusimman täsmämuuntelun menetel-millä. Tärkeät raaka-aine- ja energiatarpeemme voidaan tyydyttää vaarantamatta maailman ruokaturvaa tai luonnon jäljellä olevaa biologista monimuotoisuutta – jos niin halutaan ([Tammisola, 2010b](#)).

Yökköskestävät lajikkeet pelastivat puuvillan tuotannon Intiassa

Puuvillayökkönen on puuvillan pahin tuholainen. Kuoriuduttuaan munasta yökkösen toukka kaivautuu siemenkotaan ja syö sen pilalle, jolloin sato romahtaa. Yökköstuhojen torjunta vaa-tii ruiskutuksia kovilla hyönteismyrkyillä muutaman päivän välein – perinteinen puuvilla onkin maailman myrkytetyin viljelykasvi. Yökköskestävä gm-puuvilla on laadukkaampaa ja selviää vähemmän ruiskutuksin, mikä parantaa ekotehokkuutta ja viljelijän terveyttä, vähentää kuluja sekä säästää ympäristöä ([Carpenter, 2010](#); [NRC, 2010](#)).

Intia tunnettiin puuvillateollisuuden mahtimaana, mutta 1900-luvun lopulla se vajosi jo nel-jännelle sijalle, kun kasvin satotaso hyytyi paikoilleen. Yökköskestävä gm-puuvilla sai vilje-lyluvan vuonna 2002 ja levisi nopeasti yleiseen käyttöön Intiassa, vastustajien polttopullo-partioista huolimatta. Kuudessa vuodessa gm-lajikkeet lähes kaksinkertaistivat satotason Intian puuvillapelloilla (Kuva 1), mikä pelasti viljelijöiden elinkeinon, tulotason ja maan puu-villateollisuuden. Intia on noussut jo toiselle sijalle puuvillan tuotannossa, ja Pakistan yrittää toistaa sen menestystarinan käynnistämällä oman gm-ohjelmansa yökköskestävän puuvillan jalostamiseksi.



Kuva 1. Yökköskestävät gm-lajikkeet pelastivat Intian puuvillaelinkeinon. Niiden viljely alkoi v. 2002, ja puuvillapelloilla hehtaarisato miltei kaksinkertaistui kuudessa vuodessa. Aineisto: Intian viralliset puuvillatilastot.

Netin väärennöskeskuksesta kierrätetään mediaan kampanjaväitettä, että kasvinjalostus ajaa viljelijät itsemurhiin Intiassa, ”sillä lajikkeet pettävät”. Tarina on perätön, kuten laajat tutkimukset osoittavat ([IFPRI, 2008](#); [Tammisola, 2008b](#)). Kestävyys päinvastoin lisää lajikkeiden viljelyvarmuutta. Intian ensimmäiset gm-puuvillat oli johdettu keinokasteluun soveltuvista lajikkeista, joten niitä ei ole järkevää viljellä maan huonoimmilla, sateenvaraisilla alueilla, joissa kastelujärjestelmiä ei ole. Näitä vähätuottoisia seutuja varten on jalostettu kuivuutta sietävämpiä yökköskestäviä gm-lajikkeita. Ne on johdettu huonoihin oloihin sopeutuneista paikallislajeista Intian yliopistoissa, ja niiden kylvösiementä myydään paljon halvemmalla kuin teholaajikkeiden.

Biopolttonesteitä tehokkaimmin öljypalmusta ja sokeriruo’osta

Maataloutta on harjoitettu ainakin 11 000 vuotta, ja tänä aikana viljelykasvien satotasot ovat usein 10–30-kertaistuneet. Puolet edistyksestä on saavutettu kehittämällä parempia viljelymenetelmiä, puolet taas jalostamalla niihin soveltuvia, tuottoisampia kasvilajikkeita. Satotaso on väistämättä yhä keskeinen jalostusominaisuus varsinkin, kun kasveja viljellään massamittassa teollisuuden raaka-aineiksi tai biopolttonesteiden tuotantoon ([Tammisola, 2006, 2010b](#); [Typpi, 2010](#)).

Nykyisistä biodieselin tuotantokasveista öljypalmu (*Elaeis guineensis*) on aivan ylivoimainen satoisuudeltaan sekä energia- ja ekotehokkuudeltaan, ja bioetanolin tuotannossa trooppinen sokeriruoko (*Saccharum officinarum*) on ominaisuuksiltaan yhtä lyömätön. Malesia, islamilainen maa, panostaa geenimuunteluun parantaakseen palmuöljyn hehtaarituohtoa ja laatua, myös ravintokäyttöä ajatellen ([Izawati ym., 2009](#); [Parveez ym., 2009](#)). Sokeriruo’olla on Brasiliassa ja Australiassa saavutettu useita kasvinjalostuksen läpimurtoja, joiden odotetaan kaksinkertaistavan etanolin saannin hehtaarilta käytännön sokeriruokoviljelmillä 15 vuoden kuluessa ([Tammisola, 2010b](#)).

Sokeriruo'on sokeripitoisuus, joka ei 40 vuodessa parantunut perinnejalostuksella juuri ollenkaan, saatiin kaksinkertaistetuksi yhdellä jalostusaskelilla soveltamalla geenimuuntelua. Lisäsokeri on terveysvaikutteista isomaltuloosia: ruokosokerin isomeeristä muotoa, jota kasvi ei itse osaa hyödyntää, mutta josta saadaan alkoholikäymisellä etanolia kuten ruokosokerista. Toinen läpimurto on sokeriruoko, joka pilkkoo itse solunseiniensä selluloosan sokereiksi, joista sitten saadaan alkoholikäymisellä etanolia. Pilkkoutuminen käynnistetään vasta pari päivää ennen sadonkorjuuta, joten se ei haittaa kasvin kasvua. Lopputuloksena gm-sokeriruosta saadaan kaksin verroin etanolia tavalliseen sokeriruokoon verrattuna. Selluetanolin tuotanto on tähän asti ollut taloudellisesti täysin kestävä, sillä solunseinien pilkkominen on vaatinut ankaria ja kalliita esikäsittelyjä sekä suuria määriä gm-mikrobiviljelmissä valmistettuja entsyymejä, joiden ostaminen valmistajilta tulee aivan liian kalliiksi. Nyt kasvi tuottaa tarvittavat entsyymit itse, lähes ilmaiseksi, ja solun sisältä saatuina ne pilkkovat solunseiniä tehokkaammin, joten esikäsittelyjen tarve vähenee ([Tammissola, 2010b](#)).

Viljelykasvien ekologista sietokykyä parannetaan

Bioraaka-aineiden ja biopolttonesteiden tuotantoa on laajennettava nykyisiä huonommille maille, jotta jäljellä olevia biologisen monimuotoisuuden keskittymiä voidaan säästää. Tällöin viljelykasveihin on jalostettava varsinkin suolan-, kuivan-, ja kylmänkestävyyttä, mikä onnistuu miltei aina parhaiten geenimuuntelulla (Kuva 2). Esimerkiksi viljelykasvien huono hallansieto voidaan korvata Etelämantereen lauhaheinän (*Deschampsia antarctica*) ylivertaisella pakkaskestävyydellä ([Tammissola, 2010b](#)).



Kuva 2. Merikilokki (*Suaeda salsa*) viihtyy suolamailla. Muinoin kaikki kasvit kestivät suolaa, mutta nykyisistä maakasveista sitä sietävät vain harvat, viljelykasveista ei juuri mikään ([Rozema & Flowers, 2008](#)). Merikilokista suolankestävyys voidaan noutaa viljelykasveihin ([Tammissola, 2010b](#)). Kuva: J.Tammissola, Golden Sands, Bulgaria 2006.

Taloudellisen kestävyuden ja energiatehokkuuden kohentamiseksi viljelykasveihin tarvitaan myös paljon nykyistä parempaa tautien ja tuholaisien vastustuskykyä, jotta luonnonvaroja ei haaskaannu, vaan satotuhot pysyvät pieninä ilman kohtuutonta rahan ja työn panostusta viljelmien hoivatoimiin. Esimerkiksi rna-häirinnästä näyttää tutkimusten myötä tulevan tehokas yleisratkaisu kasvien moninaiisiin virustauteihin, ja siitä voi kehittyä myös ennennäkemättömän spesifinen ja vaaraton keino kohdentaa kasvin puolustus tuhoeläimiä vastaan jopa yhden tuholaislajin tarkkuudella.

Puhtainta mahdollista kasvinjalostusta

Geenimuuntelu on yleensä tuhansia kertoja puhtaampaa ja kohdistetumpaa kuin ”perinteiset” jalostusmenetelmät. Esimerkiksi risteytys on ”luovan” geneettisen sotkun synnyttämistä, jolloin edellisten jalostajapolvien kehittämän huippulajikkeen ainoalaatuinen ominaisuusyhdistelmä menetetään, ristisiittoisilla kloonilajikkeilla ikuisesti (peruna, omena, mansikka, rypäleet, banaani jne). Suositun lajikkeen kiusana oleva huono geenimuoto voidaan sitä vastoin korjata kasvin perimässä kohdennetusti – ilman meioosia ja huippugenotyypin hajoamista – korvaamalla se paremmalla geenimuodolla uusimman täsmämuuntelun avulla ([Tammissola, 2009b](#)). Kun viljelykasvi risteytetään primitiivisen lajikkeen tai villikasvin kanssa (esimerkiksi kestävyysgeenien noutamiseksi), sen perimään saapuu jopa tuhansia ei-toivottuja, haitallisia geenejä, joita sitten yritetään jälkikäteen siivota (”laimentaa”) pois kymmenien kasvisukupolvien ajan takaisinristeytyksillä. Usein heikoin tuloksin, sillä tämän urakan jälkeenkin perimään voi jäädä piilemään jopa satoja ei-toivottuja tulokasgeenejä. Tällaiset kaukoristeytykset myös laukaisevat kasvissa hallitsemattomia kaoottisia ilmiöitä, kuten hyppivien geenien aktivoitumista sekä sammutettujen geenien syttymistä ja toimivien sammumista ([Tammissola, 2004a, 2006, 2010b](#)). Risteytykset aiheuttavat myös tuhansia kertoja lukuisampia tuntemattomia yhdysvaikutuksia geenien välillä kuin geenimuuntelu, jossa kasvin perimään tuodaan vain yksi, hyvin tunnettu geeni tai geenimuoto ([Tammissola, 2006, 2010a](#)).

Perinteinen mutaatiojalostus on hakuammuntaa, jossa yhtä lähes toivottua muutosta kohti kasvin perimään syntyy satojatuhansia tuntemattomia, epäsuotavia muutoksia. Tätä kaoottista yrityksen ja erehdyksen menetelmää saa vapaasti käyttää kuka tahansa – sitä eivät lakipykälät sääntele millään tavalla. Sitä vastoin uudella täsmämuuntelulla (esim. kohdennettu mutageneesi) voidaan tietty dna-emäs tietyssä paikassa kasvin miljardien dna-emästen ketjussa vaihtaa hallitusti toiseksi ilman mitään muita muutoksia kasvin perimässä ([Tammissola, 2009b, 2010a, b; Townsend ym., 2009](#)). Tämä dna-emäksen kohdennettu vaihtaminen on raskeasti säänneltyä toimintaa, joka on tehty kestävämmän kalliiksi määräyksillä, joiden rikkomisesta joutuu rikosoikeudelliseen vastuuseen. Vastoin biologista järkeä jalostajia siis vaaditaan käytännössä tekemään työnsä ”törkyisillä” vanhoilla välineillä, vaikka tiede on tuonut tuhansia kertoja turvallisempia, hallitumpia ja puhtaampia keinoja kasvien jalostamiseksi. Kafkamaista? (Kuva 3; [Tammissola, 2004a, 2006, 2010a, b](#)).

Mesimarjan makugeenin:

– ennestään tuttu geenimuoto: ...AATGCGTCCAGTCAAG...

– havaittu uusi geenimuoto: ...AATGCGT**C**GAGTCAAG...

Kuva 3. Muuntogeeninen vai ei? Pisan lukion mesimarjalinjasta löytyi suotuisampi uusi geenimuoto. a) Vaihtoiko emäksen dna-jaksossa luonto vai ihminen – ja millä tekniikalla? Emme voi tietää (paitsi ”värähtely”uskoiset luonnontieteen vastustajat). Luontokaan ei tiedä – eikä piittaa. b) Geenifobian kurssin koekysymys: Edellinen geenijakso löytyy myös rutto-bakteerilta, jälkimmäinen allosaurukselta – kumpaa mesimarjaa pitää pelätä?

Parempaa tärkkelystä luontoa säästäen

Tärkkelys on laajasti käytetty raaka-aine teollisuudessa. Perunan tärkkelyksestä 80% on amylopektiiniä ja 20% amyloosia. Monissa sovelluksissa amyloosi on haitaksi, joten raaka-tärkkelystä joudutaan puhdistamaan ja modifioimaan kemiallisilla käsittelyillä. Ruotsalaisessa gm-perunassa on amyloosin syntymisestä vastaava geeni sammutettu geenitekniikalla, joten sen tärkkelys on käytännössä puhdasta amylopektiiniä ([Vamling, 2010](#)).

Suomalaisessa gm-perunassa taas nostettiin mukuloiden tärkkelyspitoisuutta huikeat 44% ([Tuomisto, 2010](#)). Molemmat ovat muita tärkkelysperunoita ekotehokkaampia ja säästävät luonnonvaroja. Maailman paras tärkkelysperuna saataisiin yhdistämällä molemmat ominaisuudet samaan perunalajikkeeseen – joko vanhaan tapaan risteyttämällä tai puhtaammin geenitekniikalla.

Valtio luonnollisesti tukee tätä Suomen biologian huippuinnovaatiota, jotta se läpäisisi raskaan lupabyrokratian ja saataisiin maailman markkinoille? Ei toki, vaan erät puolueet jopa hautovat Suomen biologian lainsäädännöllistä sabotaasia aikomalla kieltää Suomessa kaiken gm-viljelyn heti, kun EU vain antaa moiseen luvan ([GMO Compass, 2010](#)), kuten pääministeri Vanhanen ehti monesti mainostaa julkisuudessa, maatalousministeri Anttilan myötäilemänä. Elontieteen saavutukset lahjoitetaan näin suurpääoman monopoliksi, ja humautetaan firmojen kiusaksi kirveellä omaan nilkkaan takametsissä ([Tammissola, 2008a](#)).

Valtaako tärkkelysperuna Pohjolan luonnon?

Kieltokampanjassa jokamies kertoo, että gm-tärkkelysperunat ”sekoittuisivat normaaliin kasvikuntaan”, joten on ”odotettava 20 vuotta” ennen kuin niitä voidaan edes harkita (Aamulehti 2.8.). Ekologia todistaa toisin. Peruna on myrkkukasvien suku (yli 200 lajia), josta *Solanum tuberosum* tuotiin Andeilta Eurooppaan – ja tämän vieraslajin myötä Pohjolaan saapui tuhansia ekosysteemeillemme vieraita geenejä. Puoli vuosituhatta odottelua on mennyt harakoille: viljelyperuna ei Pohjolan luontoa valtaa eikä risteydy minkään luonnonkasvimme kanssa (puna- ja mustakoiso).

Muuntogeeniset lajikkeet noudattavat tavallisia ekologisen genetiikan lainalaisuuksia. Biologian tiedeyhteisön laajan yhteisymmärryksen mukaan kasvin hyödyt ja haitat ihmiselle ja ympäristölle riippuvat siihen jalostetuista ominaisuuksista, eivät käytetystä jalostusmenetelmästä ([EUCARPIA, 1989](#); [Tammissola, 2006](#)), vaikkakin likainen vanha jalostus aiheuttaa paljon tuntemattomia sivuvaikutuksia. Kasvintuotannossa suurin ekologinen vaikutus on kasvilajin ja sen tuotantomenetelmien valinnalla: viljelläänkö esim. viljoja vai hyönteispölytteisiä

kasveja, ja siirrytäänkö kyntämättömään viljelyyn kuten usein gm-lajikkeilla. Luonnon kasvit ottavat käyttöönsä – jos jostain saavat – ainoastaan sellaisia ominaisuuksia, joista on niille itselleen hyötyä ”olemassaolon taistelussa” ([Tammissola, 2004b](#), 12–13, [2009a](#)). Muunto-geeniset lajikkeet eivät kehity rikkakasveiksi yhtään todennäköisemmin kuin perinteiset kasvilajikkeet menneisyydessä ([Conner ym., 2003](#)). Näihin tärkkelysperunoihin jalostetut ominaisuudet (kapeampi tärkkelyksen koostumus tai ”epäfysiologisen” korkea tärkkelyspitoisuus) ovat hyödyksi ihmiselle mutta eivät kasville itselleen. Ne eivät auta kasvia menestymään luonnon oloissa, päinvastoin: tällaiset erikoisperunat selviävät Pohjolan luonnossa vielä heikommin ja katoavat sieltä nopeammin kuin tavalliset viljelyperunat ([Crawley ym., 2001](#)).

Yhteyttävät mikrobit energian lähteenä

Mikrolevien ja sinibakteerien massa voi kaksinkertaistua vuorokaudessa, joten ne tuottavat biomassaa paljon nopeammin kuin korkeammat kasvit. Toisin kuin nykyiset viljelykasvimme, monet niistä lisäksi kasvavat merivedessä, eikä siitä ole pulaa. Erällä mikrolevillä solujen rasvapitoisuus on hyvin korkea, jopa 40% tai enemmän, joten jotkut niistä voisivat soveltua nykyistä tehokkaampaan biodieselin tuotantoon – mikäli vain kyseisten lajien satotasokin saadaan korkeaksi ([Aro, 2007](#)).

Tehokkainta olisi kuitenkin käyttää näitä eliöitä vetytehtaina. Yhteytyksen valoreaktioissa vesi hajotetaan aurinkoenergian avulla vedyksi ja hapeksi. Näin syntyvä vety kannattaisi ohjata suoraan talteen biopolttoaineeksi eikä antaa sen sitoutua hiilidioksidin kanssa hiiliyhdisteiksi, kuten tapahtuu yhteyttämisen myöhemmissä vaiheissa. Jokaisessa jatkoreaktiossa näet suuri osa sitoutuneesta auringon energiasta joutuu hukkaan. Eräät Itämeren sinibakteerit tuottavat aika paljon vapaata vetyä, ja sen määrää voidaan merkittävästi lisätä geenimuuntelun avulla ([Aro, 2007](#), 15; [Allahverdiyeva ym., 2010](#)).

Kuten viljelykasvit yleensäkin, tällaiset tarkoituksiimme muunnetut vetylevät ja -sinibakteerit on sopeutettu toimimaan ihmisen eikä eliön omien tavoitteiden mukaisesti, joten ne eivät luonnon ekosysteemeitä pysty valtaamaan. Ongelmista suurimmaksi voikin muodostua, osaammeko kasvattaa niitä riittävän massiivisessa mitassa ilman kohtuutonta hoivan määrää. Kasvatus- ja keruujärjestelmien, alaiden, putkistojen ja puhdistustoimien on oltava tarpeeksi halpoja ja yksinkertaisia, etteivät kustannukset lyö yli äyräiden.

Näissä ideoissa vaaditaan kuitenkin vielä paljon kehitystyötä, ”viisi läpimurtoa”, jotta lupauksista päästäisiin todelliseen, ekotehokkaaseen ja taloudellisesti kestäväan tuotantoon. Ajatus levävedystä innostaa... keskipitkällä tähtäyksellä. Aika näyttää, ratkeavatko sen tekniset ongelmat ja kuinka nopeasti – toistaiseksi on viisasta panostaa vahvasti korkeampiin kasveihin biomassan ja biopoltonesteiden tuotannossa.

Miten biotekniikka pelasti valaat?

Insuliinia valmistettiin v. 1923 lähtien sian ja sittemmin valaiden haimoista, joiden hankkimiseksi lääketehaat varustivat omia valaanpyyntilavastoja. Eläinperäisissä tuotteissa on kuitenkin eläintautien ja allergioiden riski. Pyyntilavastot voitiin romuttaa, kun ihmisinsuliinia alettiin valmistaa gm-mikrobeilla: amerikkalainen Eli Lilly vuonna 1982 ja tanskalainen Novo 1987 ([Tammissola, 2007](#)).

Yhä suurempi osa tehokkaimmista ja turvallisimmista uusista lääkkeistä on muuntogeenisiä hoitoproteiineja, ns. biolääkkeitä (Typpi, 2010, 37:20). Niitä on pian järkevintä valmistaa kasveissa. Esimerkiksi insuliinia voidaan jo kasvattaa tehokkaimmin saflorissa. Kasvi tuottaa siemenöljyysä insuliinin esiastetta, joka viimeistellään tehtaassa valmiiksi lääkkeeksi (Leino, 2007; Typpi, 2010; 38:49). Näin insuliinia saadaan riittävästi ja niin edullisesti, että siihen on varaa köyhimmilläänkin kehitysmailla.

Lähteet

Allahverdiyeva, Y., Leino, H., Saari, L., Fewer, D.P., Shunmugam, S., Sivonen, K. & Aro, E.-M. (2010). Screening for biohydrogen production by cyanobacteria isolated from the Baltic Sea and Finnish lakes. *Int. J. Hydrogen Energy*, 35, 1117–1127.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.12.030>

Aro, E.M. (2007). Yhteyttävät mikrobit energian lähteenä. *Tieteen Päivät 2007*, 38 s.

<http://www.smts.fi/tieteenpaivat/aro.pdf>

Carpenter, J.E. (2010). Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nat. Biotechnol.* 28, 319–321. <http://dx.doi.org/10.1038/nbt0410-319>

Conner, A.J., Glare, T.R. & Nap, J.-P. (2003). The release of genetically modified crops into the environment. II. Overview of ecological risk assessment. *The Plant J.* 33, 19–46.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.0960-7412.2002.001607.x/pdf>. Condensed version by the authors, 8 p. <http://www.geenit.fi/ConnCond03.pdf>

Crawley, M.J., Brown, S.L., Hails, R.S., Kohn, D.D. & Rees, M. (2001). Biotechnology: Transgenic crops in natural habitats. *Nature* 409, 682–683.

<http://dx.doi.org/10.1038/35055621>

EUCARPIA (1989). Statement of EUCARPIA on Risk Assessment Regarding the Release of Transgenic Plants. *Eur. Assoc. Plant Breeding Res.*, EUCARPIA Bulletin 18, 16.

<http://www.geenit.fi/Euc1989.pdf>

GMO Compass (2010). EU Commission: Countries to decide independently on GM crops. Saatavilla: www.gmo-compass.org/eng/news/523.docu.html Luettu 15.8.2010

IFPRI (2008). Bt Cotton and farmer suicides in India. *Int. Food Pol. Res. Inst.*, 808, 1–64.

<http://www.ifpri.org/publication/bt-cotton-and-farmer-suicides-india>

Izawati, A.M.D., Parveez, G.K.A. & Masani, A.M.Y. (2009). Transformation of Oil Palm Using *Agrobacterium tumefaciens*. *J. Oil Palm Res.* 21, 643–652.

<http://palmoilis.mpob.gov.my/publications/jopr21dec09-dayang.pdf>

Leino, R. (2007). Kasvit alkavat tuottaa insuliinia. *Tekniikka & Talous* 6.9.2007.

<http://www.tekniikkatalous.fi/kemia/article28031.ece>

NRC (2010). Impact of Genetically Engineered Crops on Farm Sustainability in the United States. *Nat. Res. Council USA*, 240 p. www.nap.edu/catalog.php?record_id=12804

Parveez, A.G.K., Masura, S.S. & Low, L.E.T. (2009). A Constitutive Promoter for Expressing Foreign Genes in Plants – Ubiquitin Extension Protein. Malaysian Palm Oil Board Inf. Ser. TT 414, 4 p. <http://palmoilis.mpob.gov.my/publications/TOT/TT-414.pdf>

Royal Society (2009). Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. The Royal Society, London UK, 86 p. <http://royalsociety.org/Reapingthebenefits>

Rozema, J. & Flowers, T. (2008). Crops for a salinized World. *Science* 322, 478–480. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1168572>

Tammisola, J. (2004a). Kasvinjalostus on arpapeliä. *HS Tiede* 17.8.2004, 7 s. <http://www.geenit.fi/HSTKas110804.pdf>

Tammisola, J. (2004b). Parempia kasvilajikkeita kehitysmaille – miksi ja miten? *Futura* 23(4), 38–57. http://www.geenit.fi/Futura4_04.pdf

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

Tammisola, J. (2007). Ihmisen insuliinia muuntogeenisillä mikrobeilla. Saatavilla: www.geenit.fi/Insuliini.htm Luettu: 18.8.2010.

Tammisola, J. (2008a). Biologia avuksi kehitysmaille? Köyhätkin tarvitsevat kasvinjalostusta. Teemanumero: Más que gallo pinto, Nicaraguan köyhät tuottajat ja rikas ruokaperinne. *Katsaus Nicaraguahan* 9, 8–15, 18–19. Saatavissa: <http://www.geenit.fi/Nic08Laht.pdf>

Tammisola, J. (2008b). Geenipuuville vähentää itsemurhia Intiassa. Saatavissa: www.geenit.fi/VahItsem.htm Luettu: 14.8.2010

Tammisola, J. (2009a). Bt Rice Is A Good Neighbor. *AgBioView* 6.1.2009, 3 p. <http://www.geenit.fi/AgBioV060109.pdf>

Tammisola, J. (2009b). Kasvigeenitekniikan Top Ten Futures. *Futura* 28(4), 28–44. http://www.geenit.fi/Futura2_09.pdf

Tammisola, J. (2010a). Kasvibiotekniikan uusia menetelmiä. Puheenvuoro eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan arviointiraportin julkistamistilaisuudessa, Helsinki 10.2.2010, 51 s. <http://www.geenit.fi/TuV100210.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>

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>

Tuomisto, J. (2010). GMO – hyödyt ja kustannukset. Biotekniikan neuvottelukunta 13.4.2010, 20 s. www.btnk.fi/seminaarit.html

Typpi, M. (2010). Hyvä paha tekniikka. Biotekniikkaa ja maanviljelyä. YLE Radio 1 14.6.2010, 39:35 min. <http://www.geenit.fi/Typpi140610.mp3>

Vamling, K. (2010). Amylopektiini-tärkkelysperunat. Biotekniikan neuvottelukunta 13.4.2010, 7 s. www.btnk.fi/seminaarit.html

Lisätietoa:

Monsanto – outoa agribisnestä. Geenivastustajien ”klassillisia” perättömyyksiä kahden vuosikymmenen ajalta on koottu Monsanto-”dokumentiksi”, jota YLE lähettää kanavillaan ahkerasti. Suuri osa suomalaisista muodostaa käsityksensä kasvinjalostuksesta tämän ujutusteknisesti taitavan sepitteen perusteella. <http://video.google.com/videoplay?docid=-1750418193593784524#>

Kuusi, O., Kurppa, S. & Pakkasvirta, J. (2010). Löytöretkiä biopolitiikkaan, Suomen biopolitiikan haasteita ja näkökulmia globaaleissa puitteissa 2010–2050. Teknologian arviointeja 27, Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 1/2010, 309 s. [http://www.eduskunta.fi/triphome/bin/thw.cgi/trip?\\${APPL}=erekj&\\${BASE}=erekj&\\${THWIDS}=0.5/1282031525_55264&\\${TRIPPIFE}=PDF.pdf](http://www.eduskunta.fi/triphome/bin/thw.cgi/trip?${APPL}=erekj&${BASE}=erekj&${THWIDS}=0.5/1282031525_55264&${TRIPPIFE}=PDF.pdf)

Kasvibiologian tietosivusto: www.geenit.fi (mm. luentoja pdf-muodossa).

Helsingin yliopiston koulutus- ja kehittämiskeskus Palmenia järjestää yksipäiväisen Bioteknologian seminaarin Helsingissä 29.11.2010. Sen osallistujat saavat käyttöönsä PowerPoint-muodossa yli 300 kirjoittajan opetuskalvoa, joita he voivat muokata omaan luokkaopetukseensa. Biotekniikasta järjestetään myös kuusipäiväinen koulutus, joka pidetään Turussa syksyllä 2010 sekä Oulussa ja Kuopiossa/Joensuussa keväällä 2011. Lisätietoja näistä kaikista <http://blogs.helsinki.fi/biologiantk> .