



HELSINGIN YLIOPISTO

HELSINGFORS UNIVERSITET

UNIVERSITY OF HELSINKI

Genoteknologian vaikutus luomuspäivään

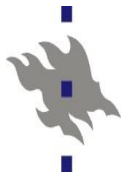
Eiran aikuislukio 10.11.2010

II. Jalostus muuttaa kasveja – osaaminen ja puhtaus? – turvallisuus ihmiselle ja ympäristölle?

<http://www.geenit.fi/Eira10puht.pdf>

Jussi Tammisola,
kasvinjalostuksen dosentti
jussi.tammisola@helsinki.fi
www.geenit.fi





Ruvetaan röhkimään...?



Ihminen ei ole mitä hän syö



- syömme vieraita proteiineja
ja perimäainesta
(ihmistä syövät vain vauvat)

Lajikohtaisia ravinto- vaatimuksia



- hylkeen lapset vaativat rasvaa
- karhu syö lohesta vatsan

Salaatin geenit



- ◆ Nauttikaamme 500 g annos sekasalaattia
 - siinä on 4 miljardia solua
 - joka solussa 25 000 geeniä
- ◆ Söimme siis 100 000 miljardia eli
100 000 000 000 000
”vierasta” geeniä
 - tässä tapauksessa kasvigeenejä
 - joista ”yllättävän” suuri joukko on melko lähellä omiamme



Kasvinjalostus on viljelykasvien perimän muuttamista

- ...ihmisen toivomaan suuntaan (JT, OECD 2000)
- Kasveja on jalostettu ainakin 11 000 v.
 - Ruoasta on tullut ravitsevampaa ja myrkyttömämpää
 - Satotasot ovat usein 10–30-kertaistuneet
 - -> nykyaikaiset, työnjakoon ja vaihdantaan perustuvat kulttuurit
- Vanha jalostus oli
 - 11 000 v. valmiiden luonnonoikkujen keräilyä:
 - Lauri-poika metsäss' häärii, katselevi puita väärii
 - 300 v. niiden yhdistelyä keinotekoisin risteytyksin
 - ...kun kasvien seksuaalisuutta alettiin ymmärtää
 - 60 v. satunnaismuutosten aiheuttamista perimään säteilyllä ja perimää vaurioittavilla kemikaaleilla
 - ...kun niiden kyky lisätä mutaatiotaajuutta selvisi
- Molekyylibiologia syntyi 2. maailmansodan jälkeen
 - Suomeen se tuotiin 1960-luvulla (Turku, Helsinki)
- Geenimuuntelu alkoi vuonna 1973 (kasveilla 1983)



Genetiikan merkkipaaluja

- Suden jalostus koiraksi 130 000 v. (?)
- Maanviljelys ja kasvien valintajalostus 11 000 v.
- Risteytysjalostus 300 v.
- Evoluutioteoria (Darwin 1859)
- Perinnöllisyyslait (Mendel 1866)
 - de Vries, Correns & Tschermak (1900)
- Bakteerin geeni koostuu dna:sta (Avery ym. 1944)
- Mutaatiojalostus 60 v.
- Viruksen perimä koostuu dna:sta (Hershey & Chase 1952)
- Dna:n rakenne selvisi (Watson & Crick 1953)
- Geenit ja Mendelin lait ovat porvariston keksintöä.
 - Hankitut ominaisuudet periytyvät, kun ”koulutetaan” kyllin ankarasti (Stalin & Lysenko 1948)
- Geenitoiminnan säätely (Jacob & Monod 1961)
- Geneettinen koodi ja proteiinisynteesi (60-luku)
- Geenitekniikka mikrobeilla 1973, kasveilla 1983
- EU:n geenitekniikkadirektiivi (1990)
- Lituruohon geenistö luettiin läpi (v. 2000)



Saako olla porkkana ”sellaisena kuin luonto sen tarkoitti” ...?



Kuva: ©J.Tammisola, Mallorca 2010

Vasemmalla: villiporkkanan kookkain alalaji, isoporkkana (*Daucus carota* ssp. *maximus*).

Oikealla: jalostettu porkkana (150 g).



...vai sellaisina kuin ihminen ne halusi



- Tämä valikoima löytyi Berliinin maalaismarkkinoilta syksyllä 2009. ©Jussi Tammisola



"Luonto antaa meille kaiken mitä tarvitsemme"...?



Kantamuoto teosintti

- Valitsetko huipputeknologian tuotetta vai luonnon mukaista?



Teosintti – maissin esiäiti





Maissi (7000 v.) – viisinkertainen mutanttihirviö



- Perinteinen viljelykasvi, jota luonto ei voisi tehdä
- Kehitetty villistä teosintistä
- Emikukinnon rakenne muuttui voimakkaasti
 - Sitä säätelee 4 kromosomialuetta
- Jyvät lakkasivat varisemasta
 - Viljoilla 1 tai 2 geenin määräämä ominaisuus
- Kertynyt vähintään 5 radikaalia mutaatiota
 - ...ja lukemattomia pienempiä
- Kasvi muuttui sopivammaksi ihmisen tarpeisiin
 - ...mutta uudet ominaisuudet heikensivät sen kykyä selviytyä luonnossa
- Edes pellolla maissi ei ole vuosituhansiin enää tullut toimeen ilman ihmisen hoivaa
 - Tähkästä itävät taimet kuolevat tungokseen
 - Nuori maissin taimi jää rikkakasvien jalkoihin



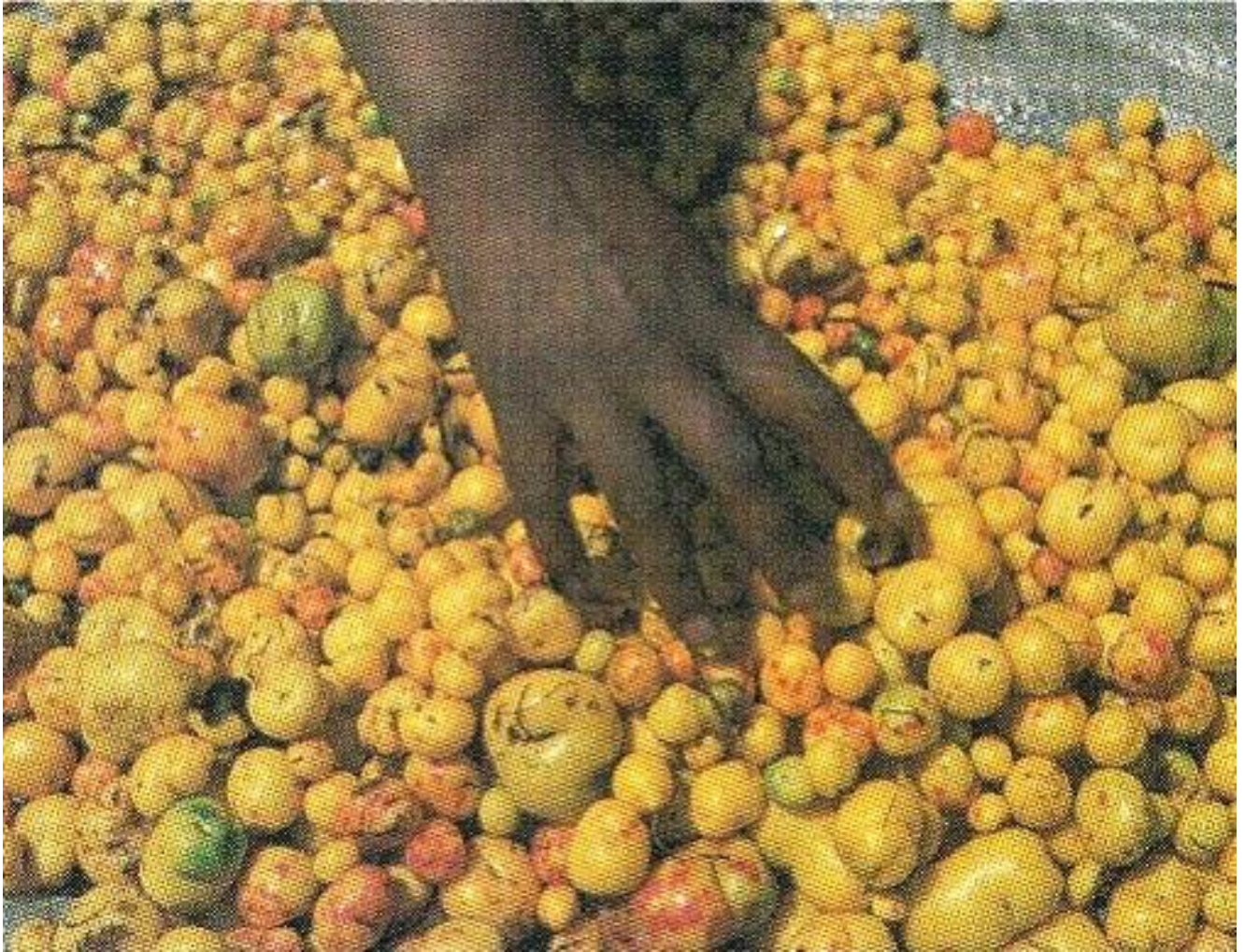
Maissin tähkä 1000 v. sitten (Peru)



■ ...oli vielä pieni



Andien maatiaisperunat ovat terveydelle haitallisia



- Mukuloissa on myrkyllisiä glykoalkaloideja (solaniini, chakoniini) aivan ”liian” paljon
 - Peruna ei ole ”tarkoittanut” mukuloitaan ihmisille
- Pohjolan perunoissakin usein yli 100 mg/kg
 - Lajikkeet, pitkä päivä, viileä ja sateinen kasvukausi
- Vähennetty 40–60 % muuntamalla perunan omia geenejä (AgBiotech Rep.12/99)



Kuluttaja nauttii torjunta-aineita

- Ravinnosta saamme kasvien omia, luontaisia torjunta-aineita 10 000 kertaa enemmän kuin kasvinsuojeluaineiden jäämiä
- Puolet luontaisista torjunta-aineista aiheuttaa syöpää, mutaatioita ja epämuodostumia
- Yhdessä kahvikupillisessa on syöpää aiheuttavia yhdisteitä yhtä paljon kuin amerikkalainen saa synteettisten torjunta-aineiden jäämiä vuodessa
- Ames BN, Gold LS (2000): Paracelsus to parascience: the environmental cancer distraction. Mut. Res. 447: 3–13
<http://www.geenit.fi/amesgold.pdf>.



Kiusatun kasvin kosto

- ◆ Kasvit käyvät kemiallista sotaa kasvinsyöjiä vastaan.
 - ◆ Vaarattomatkin kasvit voivat tuottaa myrkyllisiä aineita, kun laidunpaine kasvaa liian suureksi.
 - ◆ Keväällä alkaa uusi kasvukausi eikä jyrsijöilläkään ole puutetta ravinnosta. Silti sopulikanta romahtaa usein juuri keväällä ja rinteillä lojuu satamäärin kuolleita sopuleita.
 - ◆ Tutkimus paljasti, että kuolleiden sopulien haima oli jopa kolme kertaa tavallista suurempi
- ☞ Sundsvallin luontofestivaaleilla 1999 palkittu ohjelma. TV1 29.5.2000. Suom. Tuija Kankus

Huonosti suojattu kesäkurpitsa



- Kurkkukasvit suojautuvat hyönteistuhoilta cucurbitasiinilla
 - kasvin oma, luontainen torjunta-aine
 - aiheuttaa kurkkuihin kitkeryyttä
- Luomuviljelty kesäkurpitsa vei 16 ihmistä sairaalahoitoon Uudessa Seelannissa v. 2002
 - paha kirjavuosi ⇒ kesäkurpitsat kärsivät ja tuottivat ”liikaa” torjunta-ainetta
 - cucurbitasiinia on enemmän vanhoissa, vapaapölytteisissä lajikkeissa
 - joita luomussa vielä käytetään (ja jopa lisätään omasta siemenestä)



Haittageenin sammutus perinteisesti vs. geenimuuntelulla

1.

■ Esimerkki 1. Koivu (diploidi kasvilaji)

- Koivun proteiini Bet v 1 on synä koivun siitepölyallergiaan Pohjolassa (www.geenit.fi/AAspa204.pdf)
- Siitepöly ei aiheuta allergisille oireita, jos ko. proteiinin tuotanto siitepölyhiukkasiin estetään
- A. Perinteinen mutaatiojalostus. Geeni rikotaan sattumanvaraisesti säteilyllä tai kemikaaleilla
 - Päävaikutus: Ko. proteiinin tuotanto lakkaa koko kasvissa... mikä saattaa heikentää kasvin menestymistä (vrt. rapsin öljykirjo ja kylmänkesto, syötävä puuvilla)
 - Sivuvaikutukset: täysin arvaamattomia, sillä yhtä toivottua mutaatiota kohti kasvissa syntyy satojatuhansia, pääosin ei-toivottuja mutaatioita
 - Onnistumistaajuus: äärimmäisen matala, joten jalostuksessa on käytettävä satojentuhansien kasvien aineistoja – ja onnistuneen yksilön löytämiseen niiden joukosta tarvitaan avuksi analyysirobotteja.



Haittageenin sammutus perinteisesti vs. geenimuuntelulla

2.

■ **Esimerkki 1. Koivu (diploidi kasvilaji)**

- **B. Geenimuuntelu .** Sammutetaan haittageeni *koko kasvissa* rikkomalla se kohdennetusti (sinkkisorminukleaasit, rna-dna-hybridit)

- Ko. proteiinin tuotanto lakkaa kaikissa kasvinosissa
 - ...mikä saattaa heikentää kasvin menestymistä
- Onnistumistaajuus korkea (jopa 10 %), joten pienet kasviaineistot riittävät

- **C. Geenimuuntelu .** Sammutetaan ko. proteiinin tuotanto *vain hedekukissa* (esim. rna-häirinnällä)

- Hellävaraisinta kasvin kannalta
- Geenitoiminnan säätely solukkotasoisesti ei ole mahdollista perinteisillä jalostusmenetelmillä (ne ovat siihen aivan liian karkeita)
- Onnistumistaajuus voi olla korkea



Haittageenin sammutus perinteisesti vs. geenimuuntelulla

3.

■ Esimerkki 1. Koivu (diploidi kasvilaji)

■ D. Haittageenin sammuttamisen turvallisuus.

Valloittaako muunnettu geeni luonnon ekosysteemit?

- Ei, sillä luonto itse on testannut tämänkin (meille haitallisen mutta koivulle hyödyllisen) geenin sammutusta

- ...jopa miljardien koivujen populaatioissa joka vuosi
- ...miljoonien vuosisatojen ajan

■ ...ilman ”ekokatastrofia”

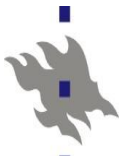
- ...sillä luontoa nämä aseista riisutut ”ekopasifistit” eivät pysty valtaamaan.

- Yksin Suomessa leijaillee maahan joka vuosi 80 miljoonaa koivunsiementä, joissa allergiaproteiinin tuotanto on äskettäin sammunut

- ...mutta jalostajan kannalta näiden onnenkantamoisten löytäminen luonnosta ”yrityksellä ja erehdyksellä” on toivotonta
- ...muiden 200 000 miljardin koivunsiemenen seasta.

Monet jalostusominaisuudet ovat ekologisesti ”kesyjä”

- ◆ Laatuominaisuudet, jotka parantavat kasvin käyttökelpoisuutta ihmisen tarpeisiin
 - eivät yleensä auta kasvia leviämään tai selviämään paremmin luonnon ekosysteemeissä...
 - ...jalostusmenetelmästä riippumatta (olipa käytössä uusi tai vanha kasvinjalostus)
 - vaan ne joutuvat säännön mukaan karsituiksi pois luonnon valinnassa
- ◆ Sopeutuneisuutta merkittävästi lisäävät uudet jalostusominaisuudet ansaitsevat sitä vastoin enemmän tarkkailua
 - sillä tuollaiset ominaisuudet voivat tiettyyn mittaan yleistyä myös luonnon populaatioissa
 - ...jalostusmenetelmästä riippumatta (olipa käytössä uusi tai vanha kasvinjalostus)



Geneettisesti muunnettuja hienohelmoja?



- Kymmenen vuoden ekologiset tutkimukset
Yhdistyneissä Kuningaskunnissa osoittivat, että
- ...kaikki tutkitut gm-kasvit (rapsi, peruna, maissi, sokerijuurikas)
 - olivat heikompia luonnossa, ja
 - hävisivät sieltä nopeammin kuin perinteisesti jalostetut vastineensa

👉 [Crawley ym.](#) (2001). *Nature* 409: 682-683.



Biologisen monimuotoisuuden pääuhkia maailmassa

- 1. Elintilan (kasvupaikkojen) katoaminen
 - Luonnon elintila vallataan ihmiskunnan käyttöön:
 - maatalous, asuminen, liikenne, energia
- 2. Myytit
 - Uskomuslääkintä (IUCN 2007), kulttiruoka, näennäistuotanto
- 3. Nopeat ympäristöolojen muutokset
- 4. Invasiiviset lajit
 - Muita paremmin sopeutuneita muuttuviin nykyoloihin
 - ...tehokkaita leviäjiä (Silva & Smith 2004), ja
 - ...kilpailukykyisempiä kuin moni alueen aiempi laji.
- Uusia kasveja ei tarvitse kovin pelätä
 - Vain pari prosenttia tuoduista kasvilajeista pystyy asettumaan alueelle pysyvästi (Britannian oloissa)
 - ...ja niistä vain pari prosenttia ilmenee invasiivisiksi
- Jalostetut kasvilajikkeet eivät juuri ole uusia lajeja
 - Poikkeuksena laajat ”kansatieteelliset” villipuiden kesytysohjelmat tropiikissa (esim. WAC 2007)
- ...ja niiden uhat luonnolle jäävätkin paljon pienemmiksi.

Luonto itse testaa kasvin geenien vaijentamista

- ◆ Luonto on kokeillut minkä tahansa kasvigeenin vaijentamista miljoonia kertoja vuosituhansien aikana
 - ilman ekologisia ongelmia
- ◆ Kasvin riisuminen aseista ei anna sille valintaetua luonnossa
 - ...vaan hienohelma jälkeläisineen häviää luonnollisista ekosysteemeistä tavallistakin nopeammin
- Siispä vaiennettu geeni
- ◆ ei valtaa ekosysteemejä
- ◆ eikä aiheuta pysyviä muutoksia vaan
 - korkeintaan tilapäisiä vaikutuksia, jotka ovat pienempiä tai verrattavissa niihin muutoksiin, joita aiheutuu viljelmillä joka vuosi kasvilajin tai sen viljelymenetelmien valinnasta



Haittageenin sammutus. Esimerkki 2.

Syötävät puuvillansiemenet

- proteiinia miljoonille kehitysmaissa

- Proteiinin puute vahingoittaa kehitysmaissa
 - haittaa muun muassa aivojen kehitystä
 - monesti 'nälkä' on siellä juuri proteiinin puutetta
- Puuvillakasvi on myrkyllinen
 - puuvillan siemenissä olisi runsaasti (22 %) hyvin korkealaatuista proteiinia...
 - ...joka gossypol-myrkyn takia kuitenkin menee hukkaan
 - siementen proteiini (10 miljardia kg/v) riittäisi kohentamaan 500 miljoonan ihmisen terveyttä
- Puuvillan siemenet on nyt geenimuuntelun avulla jalostettu syötäväiksi
 - myrkyn muodostuminen estettiin **ainoastaan syötäväksi aiotussa kasvinosassa**
 - ...sammuttamalla gossypol-geenin toiminta kohdistetusti vain siemenissä
- ...mutta muut kasvinosat säilyttivät tärkeän puolustuskykynsä
 - mikä ei olisi mahdollista "perinteisillä" jalostusmenetelmillä
 - vanhalla jalostuksella myrkky katosi koko kasvista, ja hyönteiset söivät viljelmät suihin kiitokseksi
- Geenitekneninen menetelmä (rna-häirintä) palkittiin lääketieteen nobelilla vuonna 2006
 - ideaa käytetty kasvinjalostuksessa jo 20 vuotta, varsinkin viruskestävien lajikkeiden jalostamiseksi
- <http://agnewsarchive.tamu.edu/dailynews/stories/SOIL/Nov2006a.htm>
- <http://agnews.tamu.edu/showstory.php?id=1399>
- [Sunilkumar ym. \(2006\)](#). PNAS 103: 18054-18059



Haittageenin sammutus perinteisesti vs. geenimuuntelulla

6.

- **Esimerkki 3. Vehnä (heksaploidi kasvilaji)**
- Jalostetaan aromivehnä sammuttamalla heinien tuoksuttomuusgeeni (www.geenit.fi/PohSa130306.pdf)
- Kehitysmaan tutkijat löysivät ja patentoivat geenin
- Vehnällä tuoksuttomuusgeenejä on 6 kpl, joten niitä **kaikkia ei voida sammuttaa perinnemutaatioilla**
- **A. Geenimuuntelu** . Sammutetaan ko. geenit rikkomalla ne kohdennetusti vuorollaan tai yhtäikaa (sinkkisorminukleaasit, rna-dna-hybridit)
 - Ko. geenien toiminta lakkaa koko kasvissa
 - Onnistumistaajuus on kussakin vaiheessa varsin korkea, ja useita tuoksuttomuusgeenejä voi sammuttaa samassa kasviyksilössä yhdellä kertaa.
- **B. Geenimuuntelu** . Sammutetaan kaikki tuoksuttomuusgeenit samalla kertaa ja vain siemenissä (rna-häirintä, siemenspesifinen säätely)
 - Hellävaraisinta kasvin kannalta
 - Ei mahdollista perinnekonstein



Hyötygeenin tuonti kasviin perinteisesti vs. geenimuuntelulla 1.

■ Esimerkki 1. Maissi (diploidi kasvilaji)

- Typenottoa tehostavan geenin voidaan tuoda maissiin puhveliheinästä (*Tripsacum*)
- A. Geenimuuntelu. Tehokkaampi geeni etsitään puhveliheinästä, puhdistetaan ja tuodaan maissiin sen oman, huonomman geenimuodon päälle
 - Maissin geeni sammuu, puhveliheinän geeni toimii, maissin typenotto tehostuu
 - Muita geenejä ei siirry mukana puhveliheinästä
- B. ”Perinteinen” risteytysketju. Tehokkaampi geeni tuodaan puhveliheinästä risteytysmanipulaatiolla
 - Puhveliheinä ei risteydy maissin kanssa, mutta geeni voidaan tuoda maissiin kiertotietä, teosintin kautta:
 - ...risteyttämällä ensin väkisin puhveliheinä ja teosintti, ja sitten niiden risteytymä ja maissi
 - Mukana siirtyy aluksi kymmeniätuhansia muita (vaikutuksiltaan tuntemattomia) geenejä,
 - joista satoja voi jäädä jäljelle maissiin pysyvästi, jälkikäteisistä puhdistusyrityksistä huolimatta

Viljelykasvien typpitaloutta tehostetaan kasvinjalostuksella

- ❖ Sokeriruoko vaatii aika paljon typpilannoitetta, mikä heikentää sen tuotannon taloudellisuutta ja hiilitehokkuutta
 - ...ja myös saastuttaa ympäristöä, sillä perinteisesti viljakasvit pystyvät käyttämään alle puolet annetusta lannoitetyypistä (loppu joutuu ilmaan, pohjaveteen ja vesistöihin)
- ❖ Geenimuuntelulla jalostetaan eri maissa typenkäytöltään tehokkaampaa vehnää, riisiä, ohraa, maissia ja rapsia
- ❖ Rapsi ja maissi tehokkaita kenttäkokeissa
 - Rapsi tuottaa saman sadon kuin perinteinen, mutta tarvitsee typpilannoitetta vain kolmasosan
 - Uusi maissi vaatii puolet vähemmän typpilannoitetta

www.seedquest.com/News/releases/2008/april/22304.htm rapsi

www.topcropmanager.com/content/view/1422/67/ maissi

www.medicalnewstoday.com/articles/105254.php riisi (Afrikka)

http://beta.irri.org/news/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=4306 riisi (Kiina)

<http://www.news-medical.net/news/20091120/Arcadia-Biosciences-and-Vilmorin-collaborate-to-develop-and-market-NUE-wheat.aspx> vehnä

<http://www.csiro.au/news/NueBarley.html> ohra

”Maissin” typpitalous paremmaksi kasvisukujen välisillä risteytyksillä?



- ❖ ”Geenimuuntelun väistämiseksi” yritetään typenkäyttöä tehostaa maissilla myös lajiristeytysten avulla
- ❖ Puhveliheinillä (kasvisuku *Tripsacum*) juuristo käyttää tyypeä tehokkaammin hyväkseen kuin maissin juuristo
 - ...mutta puhveliheinien tähkät ovat vain pieniä, muutaman sentin ”luiruja”
- ❖ Erilaisten manipulaatioiden avulla (käyttäen ”siltana” risteytyksiä villien teosinttien kanssa) voidaan maissi ja puhveliheinä risteyttää
 - mutta hybrideissä on tuhansia viljelymaissille haitallisia, ”primitiivisiä” geenejä
 - ...joten hybridit ovat yhtä alkeellisia kuin alkumaissi oli tuhansia vuosia sitten
- ❖ Siksi hybrideille on tehtävä kymmenien sukupolvien ajan perinteisiä takaisinristeytyksiä maissiin päin
 - valvoen kaiken aikaa, että siirrettävät geenit pysyvät kelkassa mukana
- ❖ ...mutta lopputulokseen jää silti väistämättä ”**viitisensataa**” *Tripsacum*-suvun ”turhaa”, tuntematonta geeniä, joita ei maissiin olisi haluttu
 - maissin perimän luenta on jo pitkällä; kasvilla on 50 000–60 000 geeniä:
www.eurekalert.org/pub_releases/2008-02/wuis-wuu022508.php
- ❖ ...eikä kukaan kysy, mitä nämä arvaamattomat kylkiäisgeenit oikein maissille tekevät
 - jospa ne sopivat härälle mutta eivät Jupiterille tai ihmiselle...?
- ❖ Perinnejalostus ”nyt vain on” sellaista:
 - ❖ Likaista arpapeliä (www.geenit.fi/HSTKas110804.pdf)
 - ...johon menneen ajan kaiho meitä kutsuu?



Mikä sopii härälle tai Jupiterille, ei välttämättä sovi ihmiselle 4.



Puhveli, Korkeasaari 15.7.2009. © J.Tammisola

- Miksi ihmeessä ihmiskunnan pitäisi ottaa täysin tarpeettomia riskejä?
 - ...likaamalla ”peruuttamattomasti” ihmiskunnan vuosituhantinen luomus, maissi,
 - ...sadoilla puhveliheinän tuntemattomilla, ”primitiivisillä” ja usein vahingollisilla geeneillä
 - ...hakuammuntana, menneisyyden arpakonsteilla
 - ...pelkästään ”aatteen”, hämärän okkultismin vuoksi?
- Hyötygeenithän voidaan jalostaa maissiin jo täysin puhtaasti, uusilla geenimuuntelun menetelmillä



Hyötygeenin tuonti kasviin perinteisesti vs. geenimuuntelulla 5.

■ Esimerkki 1. Maissi (diploidi kasvilaji)

■ C. Tuntemattomat yhdysvaikutukset

■ Jos maissiin tuodaan k uutta geeniä (ja siinä on ennestään m eri geenimuotoa), niin

■ ...uusia pareittaisia, maississa ennestään tuntemattomia kahden geenin välisiä

yhdysvaikutuksia syntyy $km + k(k-1)/2$ kpl

■ ...geenimuuntelussa ($k=1$) siis yleensä m kpl

■ ... kun taas risteytysketjussa yli k kertaa enemmän

■ Kun maissilla $m \approx 50\,000$ ja puhveliheinällä voisi ajatella olevan $10\,000$ maissista poikkeavaa geenimuotoa, niin jalostuksessa

- ...risteytysketju aiheuttaisi aluksi $11\,000$ kertaa ja lopuksikin vielä **100 kertaa enemmän** uusia (tuntemattomia) geenien pareittaisia yhdysvaikutuksia kuin geenimuuntelu

■ Tosiasiassa likaisen vanhan jalostuksen ongelma on vielä paljon tätä suurempi, sillä uusia *usean* eri geenin välisiä yhdysvaikutuksia syntyy tietysti vielä ”tähtitieteellisesti” enemmän.

Kasveilla lajirajojen ylittyminen on arkipäivää

- ◆ ...toisin kuin eläimillä
- ◆ Vehnä on kolmen eri heinälajin risteytymä
- ◆ ...ja ruisvehnässä yhdistyvät neljän kasvilajin (kolmen eri kasvisuvun) geenistöt
- ◆ Puutarhamansikka on eurooppalaisen ja amerikkalaisen mansikkalajin risteytymä
 - oktoploidi: kromosomiluku on kahdeksankertainen
- ◆ Rapsi puolestaan on kahden eri kaalikasvilajin risteytymä
 - josta saatiin terveellinen vasta 60-luvulla rikkomalla yksi luonnon geeni

Kelta- ja paimenmatara risteytyvät helposti

Risteytymä *G. verum* *Galium mollugo*



Kuva: J.Tammisola, Itä-Pakila 2010

- | | |
|------------------------|----------------------|
| • <u>Keltamatarra:</u> | <u>Paimenmatara:</u> |
| • Pysty, tuoksuva | Rento, tuoksuton |
| • Keltakukkainen | Valkokukkainen |
| • Kuivilla kedoilla | Rehevillä niityillä |
| • ”Alkuperäinen” | Tulokas (1900-luku) |

❖ Ihmistoiminta saattoi lajit lähekkäin

Kesyttääkö uusia villikasveja viljelyyn...?



J. Tammisola©

- Mesimarja (*Rubus arcticus*)
 - ”maukkein Euroopan marjoista” (Linné 1762)
- Harvinaistuva laji – marjojen saanti luonnosta vähenee
- Jo Linné teki viljelykokeita
- Jalostusyriä 1920-luvulta lähtien
 - niukoin tuloksin

☞ Tammisola (1988) *J.Agric.Sci.Finl.* 60: 327–446

☞ www.geenit.fi/MesimSTTKasik080405.pdf

...vai kehittää kehnoja kompromisseja klassillisilla risteytyksillä?

- Mesimarja on epäluotettava ja työläs viljeltävä ”primitiivisten” piirteidensä takia
 - viihtyy vain pohjoisessa (huonosti jo Etelä-Suomessa)
 - ei kestä rikkakasveja (on heikko kilpailija)
 - on taudinarka (virus- ja sienitauteja)
 - on itsesteriili (joten marjojen saamiseksi täytyy kasvattaa useita lajikkeita sekaisin)
 - marjat ovat pehmeitä eivätkä sovellu mekaaniseen korjuuseen
- Rotevampaa kasvutapaa, etelänsietoa ja taudinkestävyyttä voitaisiin saada amerikkalais–aasialaisesta ”sisar” alalajista (ssp. *stellatus*)

Aromi tärvääntyi, kun yhdisteltiin tuntemattomia geenejä sattuman kauppaa

- Näitä kahta mesimarjan ”sisarus”-alalajia risteytettiin perinteisesti keskenään ja takaisin aitoon mesimarjaan päin vuosikausien ajan
 - ensin Ruotsissa ja sitten myös Suomessa
 - tuloksena eteläisempi, rotevampi ja vähemmän taudinarka ”jalomaarain” (”allåkerbär”)
 - Mutta! Ainutlaatuinen mesimarjan aromi menetettiin
 - Jalomaaraimet maistuvat kyllä hyviltä, mutta aitoa mesimarjalikööriä niistä ei voi valmistaa
 - Opetus: ”pelastus”ominaisuudet täytyy, varovaisuuden vuoksi, tuoda kasviin puhdistettuina (geenitekniikan avulla).
- 👉 Pirinen ym (1998) *Agric. Food Sci. Finl.* 7:455-468



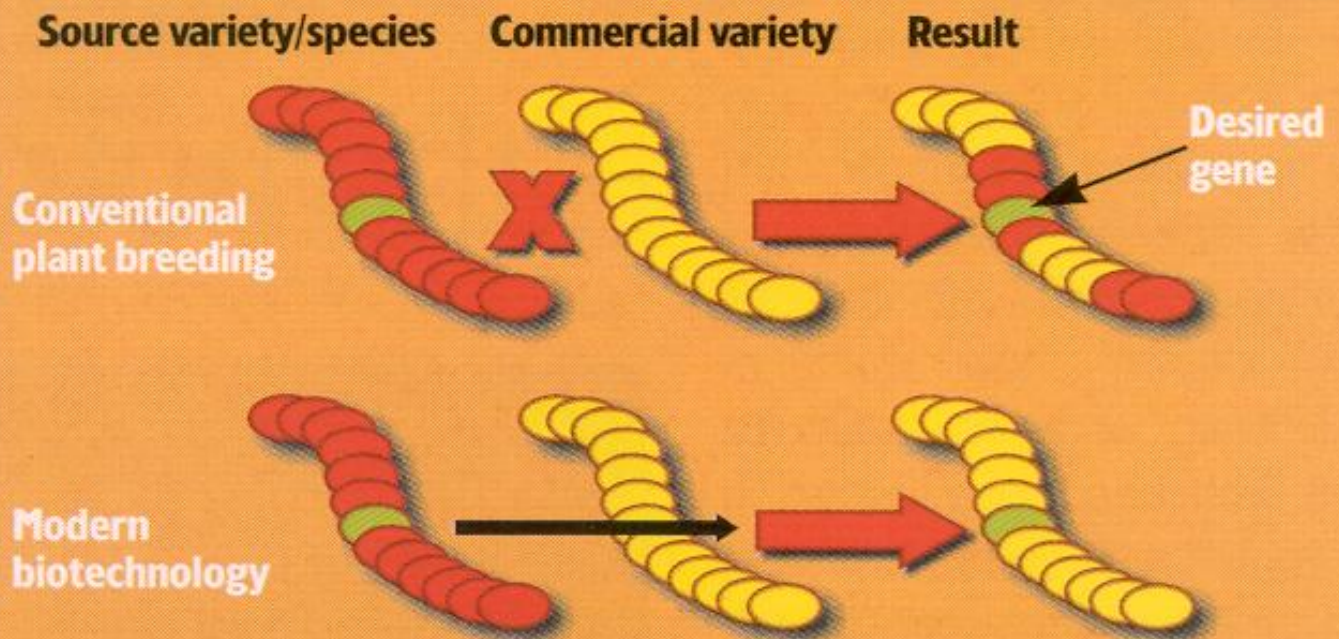
Sotkeminen kiellettävä?

- Miksi ihmeessä pitäisi tehdä turhaa sotkua...
 - ...vain, jotta pääsisimme sitä taas heti siivoamaan?
- Hyötygeeni kannattaa tuoda mesimarjaan puhtaana
 - ...ilman haitallisia ”vapaamatkustajia”
- Nyt sen osaisimme, eikä enää
 - ...pikku aromipommiin pääsisi huonon maun geenejä
- Uudessa täsmäjalostuksessa kasviin tuodaan
 - miljoona kertaa vähemmän vierasta perimäainesta, ja
 - 10 000 kertaa vähemmän turhia geenejä
 - ...joista valtaosa on tavalla tai toisella haitallisia
- Onnistunut yksilö löydetään seulomalla
 - ...tuhat kertaa vähemmän jälkeläislinjoja kuin vanhassa, likaisessa jalostuksessa
- Nykyaikainen geenitieto ja -muuntelu parantaa näin jalostuksen hallittavuutta muutamalla kertaluokalla (eli 1000–100 000 -kertaisesti)
- Saako mesimarjan pelastaa?

www.geenit.fi/MesimSTTKasik080405.pdf

Geeni siirtyy puhtaana uudessa jalostuksessa

DIFFERENCE BETWEEN **CONVENTIONAL BREEDING** AND **GENETIC ENGINEERING**



Karukka on karviaisen ja mustaherukan risteytymä 1.



Karukka on karviaisen ja mustaherukan risteytymä 2.



Karukka, Helsinki 2006. © J.Tammisola

- ◆ Perinteisesti jalostuksessa saadaan vapaasti yhdistää lajikkeeseen kahden eri kasvilajin kaikki tuhannet geenit
- ◆ Jos taas kasviin tuodaan tuosta geenipuurosta puhdistettuna vain yksi, tarkasti tunnettu geeni
 - nykyaikaisten, hallitumpien menetelmien avulla
- ◆ ...laukeavat lainsäädännön raskaat ja kalliit vaatimukset

Jalostuksen vaikutukset ihmiseen ja ympäristöön...

- ...riippuvat aina siitä,
millaisen kasvin jalostimme...
- ...eli kasviin jalostetuista ominaisuuksista...
- ...eivätkä jalostuksessa käytetyistä menetelmistä

☞ Euroopan kasvinjalostustutkijoiden liitto
EUCARPIA (1989), ks. luento
www.geenit.fi/Euc1989.pdf

☞ USA:n kansallinen tiedeneuvosto 27.7.2004
www.geenit.fi/USATiedeNeuv270704.pdf

– joskin perinteisessä jalostuksessa on usein aika vaikea tietää, millainen kasvi oikein saatiin aikaan

– ...ja vaikka geneettiseen tietotaitoon perustuvat uudet jalostustekniikat (geenimuuntelu) ovat monesti jopa ”tähtitieteellisesti” hallitumpia

☞ www.geenit.fi/EP101006LiiteIK.pdf

LOPPUTULOS RATKAISEE...

1989 Statement of Eucarpia* on Risk Assessment Regarding the Release of Transgenic Plants

1. It is the prime competence and responsibility of every research worker to evaluate potential risks of his research and to find ways to control these.
2. The plant is a relatively easy organism to control. Many crop plants are fully dependent on man for their existence.
3. In assessing risks the potential gene flow is crucial. This is determined in amount by the mating type and by the degree of taxonomic relationship. Much knowledge on these phenomena is already available in the literature.
4. Secondly, the effect of the gene is relevant and not the way it was introduced into the genome.
5. It should be kept in mind that well-defined genes, such as those transferred to plants by molecular techniques, can precisely be identified and controlled at the molecular level. However, their phenotypic expression must always be monitored most carefully.
6. There are genes which a priori are known to be harmful. These are not to be transferred into crop plants.
7. Presently, case studies with the release of transgenic plants are underway in several countries. All results should be fully published.
8. Eucarpia has established a working group of competent scientists on the subject of risk assessment for the release of transgenic plants.

*European Association for Plant Breeding Research



Genetiikan peruspäätelmiä 1.

Biologian tiedeyhteisö on jo pari vuosikymmentä korostanut yhteisymmärryksessä, että:

- Muunnetut geenit käyttäytyvät samojen geneettisten ja ekologisten lainalaisuuksien mukaisesti kuin muut geenit
- Ne eivät leviä sen voimakkaammin luonnossa, eivät siirry tehokkaammin eliöstä toiseen eivätkä säily ympäristössä sen pidempään kuin muut geenit (von Wright 2009).
- Ovatko geneettisen muutoksen vaikutukset **haitallisia vai hyödyllisiä** kasville itselleen, kasvin tuhoojille tai ympäristölle
- ...riippuvat siitä, mikä on jalostuksen **lopputuloks** eli millaisen kasvin saimme aikaan:
 - Mitä muutoksia kasviin jalostettiin, siis
 - ...mitä muuttuneet geenit kasvissa tekevät ja millaisen säätelyn alaisena
- ...eivätkä siitä, millä menetelmillä nuo perinnölliset muutokset jalostettiin (Eucarpia 1989, NRC 2004)



Genetiikan peruspäätelmiä 2.

Ruoan ravitsevuutta parantavat muutokset

viljelykasveissa tulisi välittömästi **vapauttaa**

geenisäädösten ympäristövaatimuksista ([JT 2006](#))

- ...sillä niistä ei aiheudu minkäänlaista ekologista uhkaa luonnolle
- ...aivan riippumatta ominaisuuden jalostuksessa käytetyistä menetelmistä.
- Samoin tulisi ihmiselle haitallisten geenien sammuttaminen viljelykasveissa vapauttaa elämän tieteen vastaisista rasitteista
 - Tuollaisia haittageenejä ovat monet kasvien geenit, jotka vastaavat luontaisten myrkkujen tai allergiaa aiheuttavien proteiinien tuotannosta
 - ...ravinnoksi käytettävissä kasvinosissa.
- Hyötygeenien nouto primitiivistä kasvisukulaisista ja villikasveista risteytysten avulla tulisi jo **kieltää**
 - ...ja sallia niiden nouto vain puhdistettuina, uusilla geenimuuntelun menetelmillä ([JT 2005](#))
 - ...jottei jalostuspopulaatioita enää suotta liattaisi

DVMO

– tuntematon tappaja – on kiellettävä!

Kemiallinen aine **divetymonoksidi**

- aiheuttaa vahingossa hengitettäessä tuhansien amerikkalaisten kuoleman joka vuosi
 - on löydetty kuolevien syöpäpotilaiden leikatuista kasvaimista
 - voi aiheuttaa kaasumaisena pahoja palovammoja
 - yliannoksen oireina ovat voimakas hikoilu ja virtsaamisen tarve, ja epäpuhtaana aine voi aiheuttaa pahoinvointia ja ripulia
 - DVMO aiheuttaa niin vahvan riippuvuuden, että ilman jäävä potilas on kuoleman oma
 - on myös happosateen pääkomponentti
 - nopeuttaa monien metallien korroosiota ja ruostumista sekä lisää maan eroosiota
 - DVMO-molekyylejä on voitu osoittaa kaikista Amerikan joista ja järvistä otetuista näytteistä
- ➔ 86% haastatelluista vaati aineen kieltämistä välittömästi. . .
- 14-vuotias koululainen Nathan Zohner voitti gallup-tutkimuksellaan Idahon lukioiden tiedekilpailun v.1997

Divetymonoksidi = H_2O

Luonnonmukainen kuolema – vai tulevaisuus lehmänä?



- ◆ Jenner keksi rokotuksen v.1796
– lehmärokko esti isorokon
- ◆ ”Tohtori Jenner on kauhistuttava hirviö...
kaikki Pandoran lippaan vitsaukset
mahassaan... Hän riistää ihmiskuntaa ja
etenkin pieniä avuttomia lapsia”
☞ Smyth Stuart (1807)
- ◆ Media muisti sekoittaa lajeja...

Maailma muuttuu nopeammin kuin koskaan

- mistä narusta EU nykäisee?



EU julisti suuren visionsa
vuosituhannen vaihtuessa:

- ”Johtava tiede- ja talousmahti
vuonna 2010” (...)



”...ja kuinkas
sitten
kävikään”:

kiihkeä
keskustelu
viljaympyröistä
jatkuu,
jatkuu,
jatkuu...

...etenkin
syrjäisen
Suomen
mediassa ja
parlamentissa

(East Field 1996)