

Geenimuuntelu – Pelloilta globaaliin maatalouspolitiikkaan

Tieteen Päivät 9.1.2009

Jussi Tammisola

kasvinjalostuksen dosentti

www.geenit.fi



Kasvinjalostus

– ihmisen ohjaamaa evoluutiota

- ❖ Kasvi ei aio tulla syödyksi
 - torjuu tuholaisia myrkyin ja piikein
- ❖ Jyvä on tainta varten, ei ihmistä
- Koostumus meille väärä
 - maissi ei ole sian ruokaa
 - ...eikä ihmisen
- ❖ Viljelykasvit vallattiin
 - muutettiin meille paremmiksi
 - 11 000 vuoden työllä
- ❖ Valmis urakka?
 - ”lajikkeita on jo ihan tarpeeksi”...?

Salaatin geenit

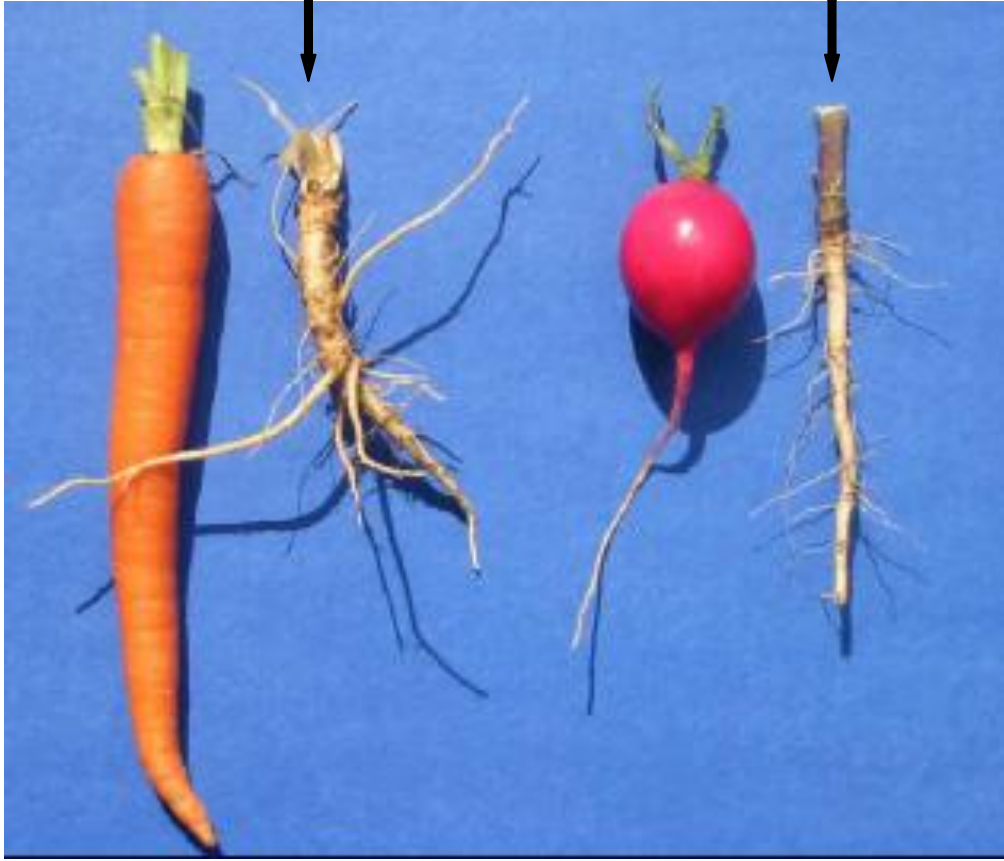


- ◆ Kun nautimme 500 g annoksen sekasalaattia
- ◆ ...aterioimme 100 000 miljardia (eli 100 000 000 000 000)
”vierasta” geeniä*
 - tässä tapauksessa kasvigeenejä
 - Brennecke (2001) *EMBO*
- * Emme tavallisesti syö ihmistä, paitsi imeväisinä...

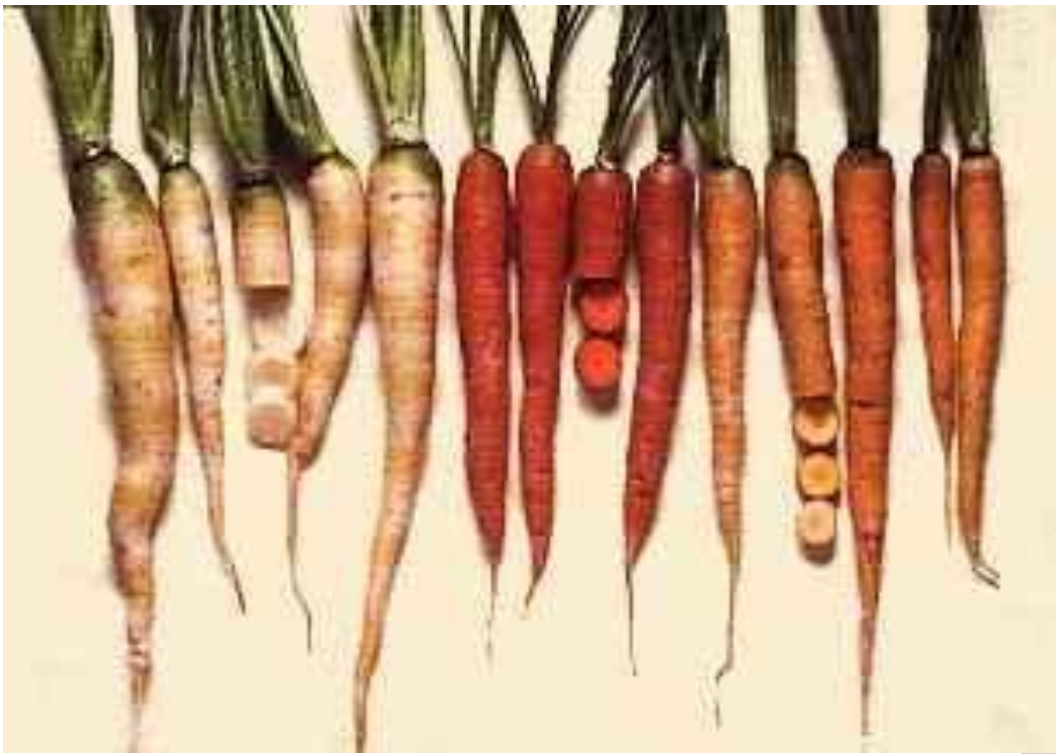
Sellaisena kuin luonto sen tarkoitti...?

porkkana

retiisi



Tällaisena sen halusimme:



Huipputeknologian tuotetta vai luonnon mukaista?



Kantamuoto teosintti



Teosintti – maissin esiäiti

Sienitautien evoluutio vie Chiquitan historian tunkiolle?



...vai pelastaako
kaupan banaanit
"eläimen kikkare"

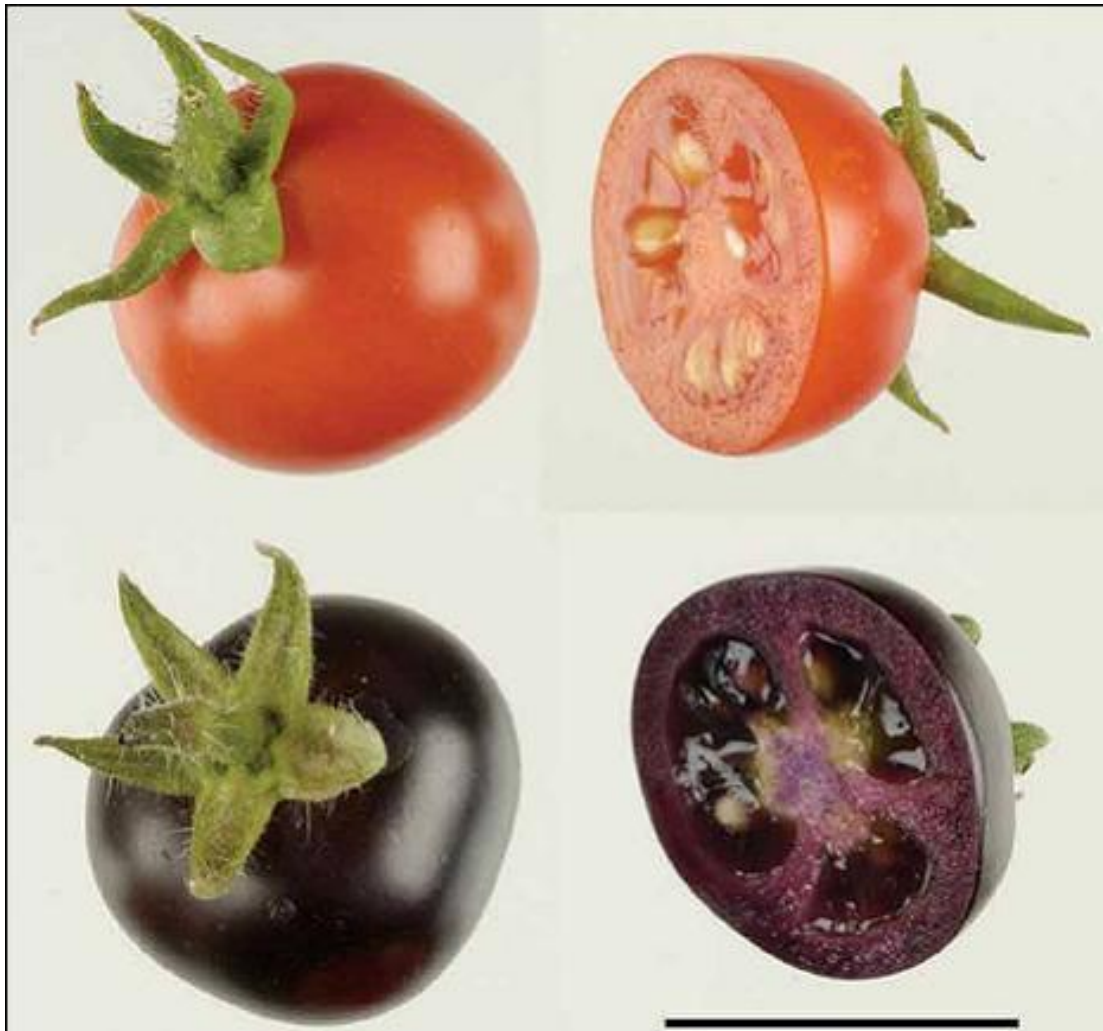


- ◆ ...eli villi luonnon banaani?
- ◆ Ei sitä syö erkkikään, mutta
- ◆ ...taudinkestävyyden geenejä siitä saisi
 - toki vain geenitekniikalla...

Miljardien ravintoon tarpeeksi A-vitamiinia?



200–300 g
kultaista riisiä päivässä
riittää



2 cm

Antosyaanitomaatti torjuu syöpää
– entä maku?

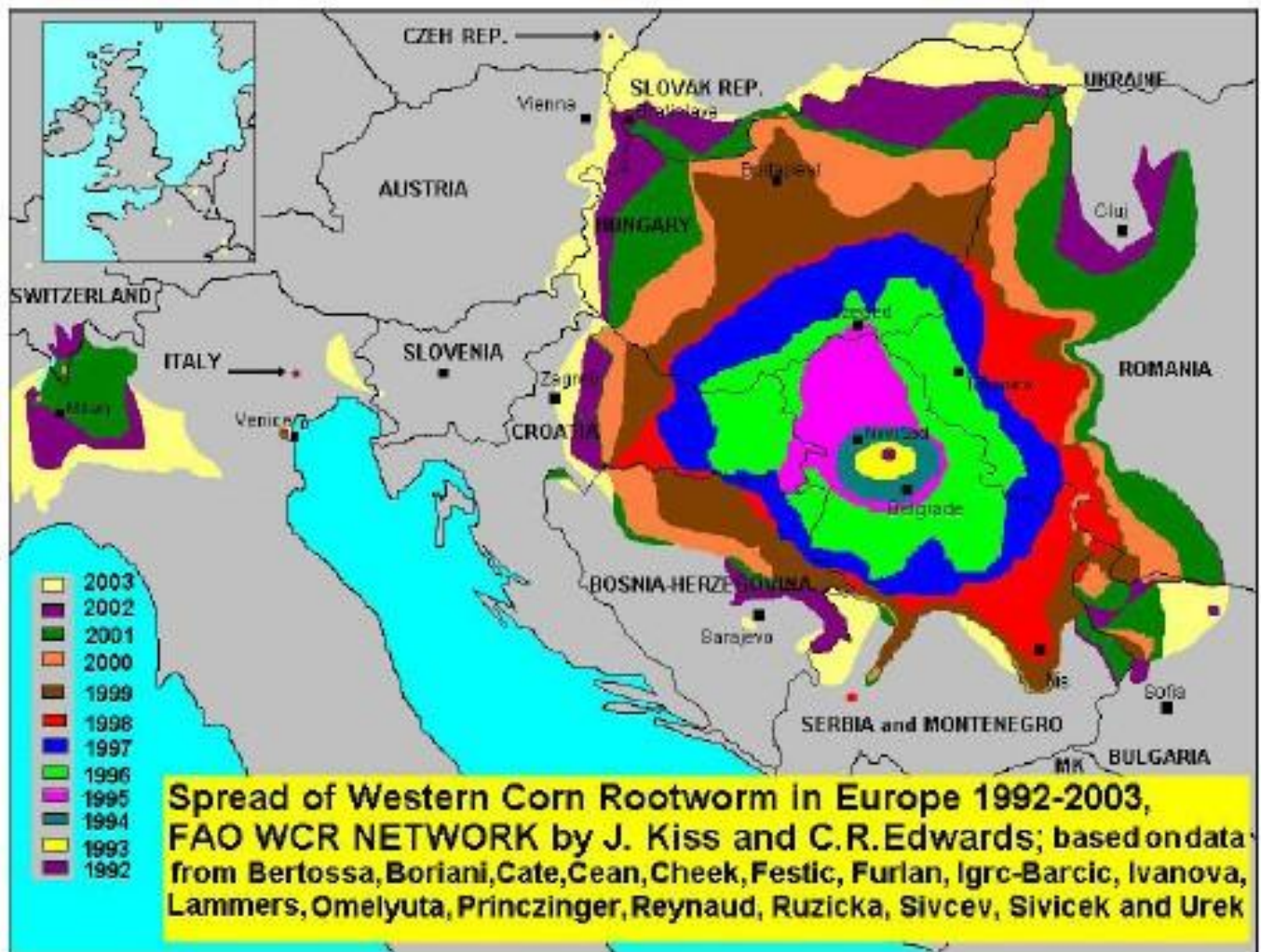
Pitkäketjuisia omega3-öljyjä viljelykasveihin – terveyttä riskiryhmille

- ❖ Ehkäisevät sydäntauteja
- ❖ Saadaan vain kalasta
- ❖ Geeni tuotiin levästä soiiaan
- ❖ Sydänsoija markkinoille 2011
 - köyhät
 - vegaanit
 - kala-allergikot

Juurikuoriainen kaataa maissipellot



Tuhoisa vieraslaji leviää Euroopassa



– kestävä maissi ainoa apu



Koisa vioittaa maissit ja
tuo tähkiin homeita



tavallista maissia

koisankestävää bt-maissia

Italia 2005: www.tekniikkatalous.fi/tk/article49372.ece

Results of field release in Italy, left conventional, right transgenic insect-resistant maize
<http://www.agbioworld.org> Data produced by the University of Milan, Italy



**home nauttii
myös
gerberasta...**

Kuvat: Teemu Teeri ©



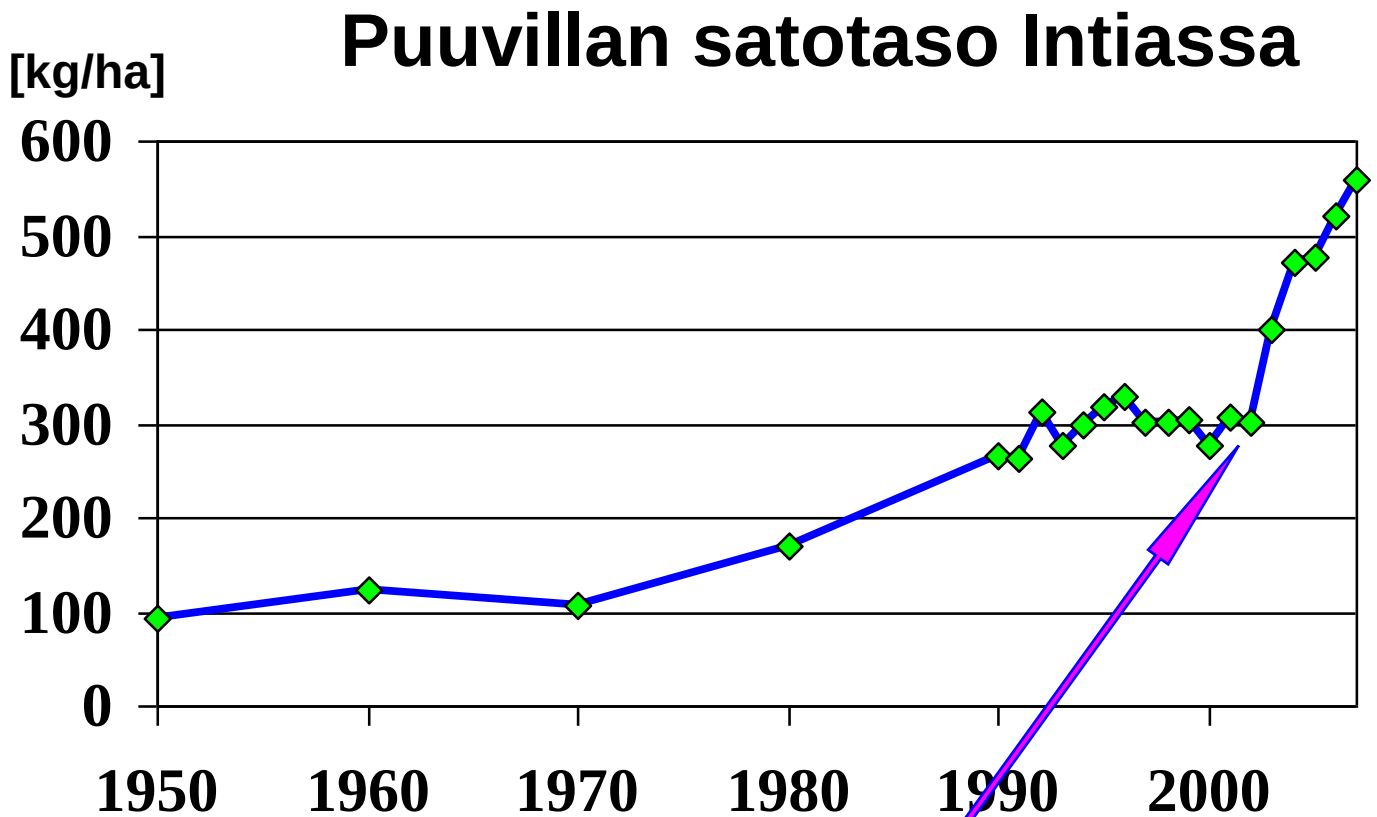


puuvillaa

...vai tuholaisen toukkia?



Yökköskestävä puuvilla pelasti Intian puuvillateollisuuden



- viljely alkoi vuonna 2002
- parantaa satoa, tuloja ja työsuojelua
- vähentää viljelijöiden itsemurhia

Ruostesieni syö vehnät (taas)



– viljelläkö
ruttoa vai perunoita?



–rutonkestävyyttä villiperunasta
geenitekniikalla

Prioneille kytytiä

Jo jalostettu:

- hulluton lehmä
- kutkaton lammas



Insuliinia kasveilla kaikille edullisesti



- ◆ Esiaste tuotetaan safflor-
kasvissa
- ◆ Lääkehyväksyntä 2010

Evoluutionsa alussa kasvit sietivät suolaa



J. Tammisola©

- viljelykasveihin suolankestävyyttä
merikilokista

Hallankestävyyttä viljoihin



...etelämanteren lauhasta

Kuivankestävä vehnä



...jaksaa odottaa sadetta
ohran geenin ansiosta

Syötävät puuvillansiemenet – proteiinia miljoonille kolmannessa maailmassa



- Myrkylliset siemenet muunnettiin syötäväksi
 - proteiinia 500 miljoonalle kehitysmaissa
- ...muut kasvinosat säilyttivät puolustuskykynsä
 - mahdotonta perinnejalostuksella
- Menetelmänä rna-häirintä
 - lääketieteen nobel 2006

Huonosti suojeltu kesäkurpitsa



- Kurkkukasvit torjuvat hyönteistuoja cucurbitasiinilla
- Luomuviljelty kesäkurpitsa vei 16 ihmistä sairaalahoitoon Uudessa Seelannissa v. 2002

Ihminen ”manipuloi” kassavan ravinnokseen...



...poistamalla kasvin suojakseen
tuottamia myrkkyjä (syaanivetyä
synnyttävät glukosidit)

– raastamalla, käymisen avulla, keittämällä
ja kuivaamalla, sekä kasvinjalostuksella

Perinteinen kassava on kehnoa ruokaa

- 800 miljoonan perusruokaa
- Huonoa ravintoa:
 - miltei vain tärkkelystä
 - tappavan myrkyllistä
 - vähän proteiinia, vitamiineja ja mineraaleja
- Prosessoitava monta päivää
- Pilaantuu parissa päivässä
- Virustauti vie lähes puolet sadosta

Annos biokassavaa turvaa
päivän ravitsemuksen...

- ❖ Ensiksi: proteiini, A-vitamiini, mineraalit, viruskestävyys

Kasvinalostuksen suuri linja

- ◆ 11 000 vuotta keräilytaloutta
 - etsittiin valmiita luonnon oikkuja
- ◆ 300 vuotta sekoituksen aikaa
 - sotkettiin eri kasvien tuhansia tuntemattomia perintötekijöitä
 - ...ja lotottiin parempaa jälkeläistä
- ◆ 70 vuotta perimän särkemistä
 - onnellista muutosta uumoillen rikottiin perimää summassa
- ◆ 25 vuotta hyötygeenin lisäämistä kasviin
 - tunnettu geeni viedään kasviin puhtaana, ilman haitallisia kylkiäisgeenejä

Valintajalostus (11 000 vuotta)

*”Lauri poika metsässä häärii, etsiskelee puita
väärii” (A. Kivi)*

- ◆ ...oli luonteeltaan keräilytaloutta
 - etsittiin valmiita ”luonnon oikkuja”
 - lisättiin sopivimpia yksilöitä muita enemmän
 - sukupolvi sukupolvelta kasviaineisto muuttui hiljalleen toivottuun suuntaan
- ◆ Tehokasta uudella viljelykasvilla alkuvaiheessa
 - niin kauan kuin kasviaineistossa on vielä runsaasti ominaisuuden perinnöllistä vaihtelua
 - valinnan myötä vaihtelu kapenee
 - ...joten menetelmän teho heikkenee ja etenemisen mahdollisuudet hupenevat
- ◆ Tehotonta useimmilla tärkeillä viljelykasveilla nykyisin
 - myös puilla, joiden elinkierto vie vuosikymmeniä (vrt. eukalyptus)

Risteytysjalostus (300 vuotta)

- ◆ ...on luonteeltaan arpapeliä
 - etsitään genetiikkaan järjestystä sekoittamalla kasvin perimä ensin sikin sokin
- ◆ Jotta kasviin saataisiin pari hyvää geeniä, siihen tuodaan tuhansia tuntemattomia perintötekijöitä
 - ...toisesta kasvista risteyttämällä
- ◆ ...toivoen, että haitalliset tulokas-geenit saadaan sitten siivotuksi pois suotuisien sattumien avulla
 - ...ja onnistuttaisiin lottoamaan jälkeläisten joukosta hyötygeeneillä parannettu versio kasvista
- ◆ Tuli mahdolliseksi vasta, kun kasvien sukupuolisuus löydettiin (1600-luvun lopulla)
 - ...ja pääsi tehokkaaseen käyttöön vasta Mendelin perinnöllisyyslakien myötä

Karukka on karviaisen ja mustaherukan risteytymä



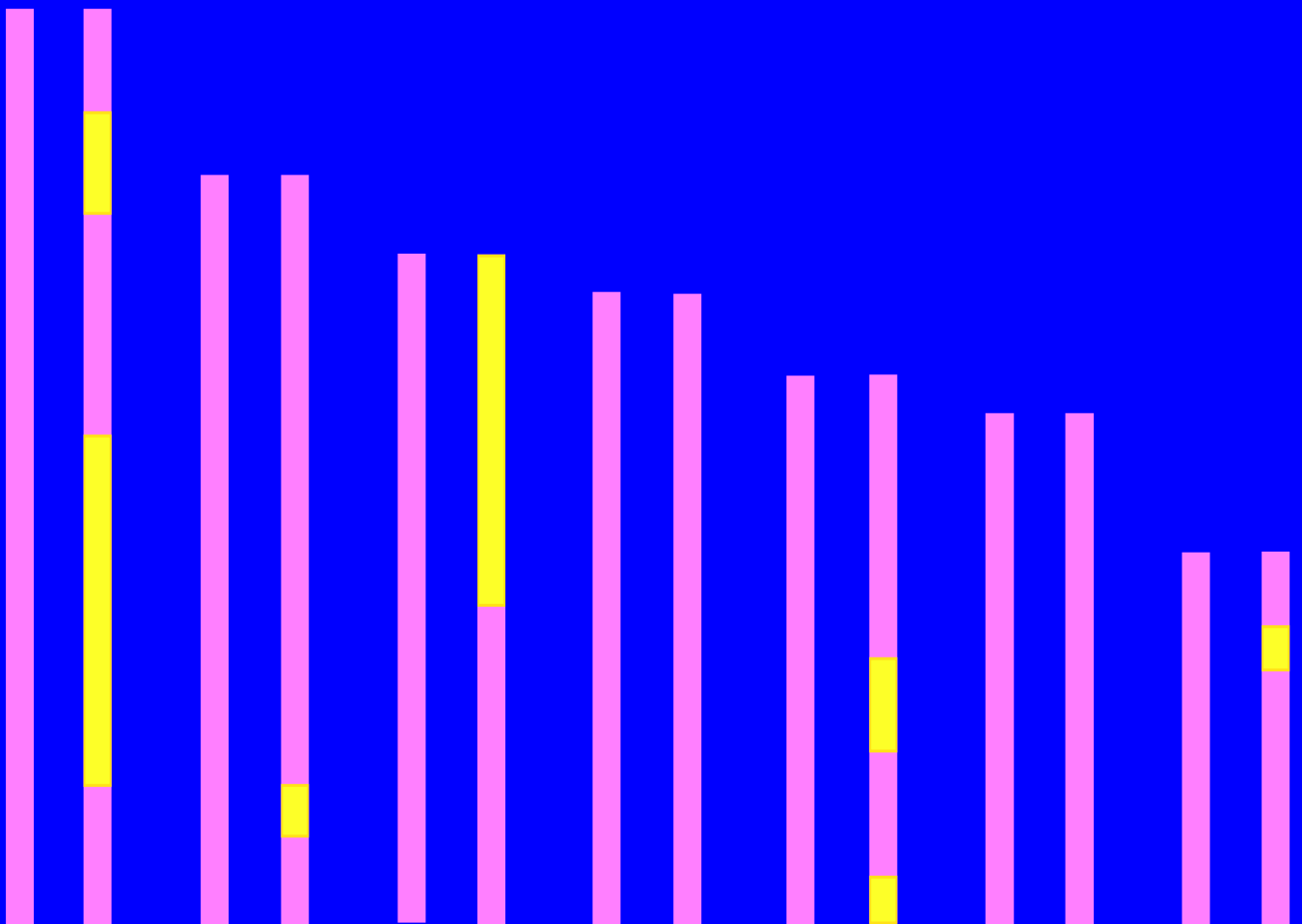
J.Tammisola ©

- ◆ 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

Risteytysjalostus

- ◆ **Ristisiittoisilla lajeilla:** sisyfos-puuhaa, sillä
 - lajikkeet ovat vahvasti heterotsygoottisia
 - ei-toivottuja kylkiäisgeenejä ei voida poistaa lukuisillakaan jatkoristeytyksillä kuin osaksi
 - ...vaan niitä voi jäädä kasviin jäljelle satoja
 - ...sillä ”laimeneminen” on vain tilastollista
- ◆ Usein lajike on yksi yksilö, jota lisätään kasvullisesti (perunat, omenapuut, marjapensaat)
 - ...jonka ainutkertainen geeniyhdistelmä menetetään risteytettäessä
 - ...eikä sitä voida millään keinolla koota takaisin
- ◆ **Itsesiittoisilla lajeilla:** toimii paremmin, sillä
 - lajikkeet ovat puhtaita linjoja (homotsygoottisia)
- ◆ Risteytyksen jälkeen alkuperäinen lajike saadaan pääosin palautetuksi, hyötygeenillä terästettynä
 - ...tekemällä risteytysjälkeläisillä 10–20 sukupolven ajan takaisinristeytyksiä kyseiseen lajikkeeseen päin
 - ...varmistuen aina, että risteytyksellä noudettu hyötygeeni säilyy mukana jatkoon valittavissa kasviyksilöissä

Geenin nouto risteyttämällä villilajista ja puhdistaminen takaisinristeytyksillä



Viljelykasvi

Villilaji

Mutaatiojalostus (70 vuotta)

- ◆ ...on kasvin perimän summittaista särkemistä
 - onnekkaiden muutosten toivossa
- ◆ Säteilyä tai kemikaaleja annetaan siemenille niin paljon, että
 - puolet niistä kuolee
 - ...jolloin saadaan riittävästi mutaatioita
- ◆ Perinteiset mutaatiot ovat ennakoimattomia
 - ...joten yhtä toivottua muutosta kohden syntyy satojatuhansia ei-toivottuja muutoksia kasvin perimässä
- ◆ Kelvoton enemmistö täytyy karsia pois, ja
- ◆ ...suotuisat harvinaisuudet on poimittava talteen
- ◆ Jalostus on laatujärjestelmä: ”syrjinnässä perinnejalostuksen taide koetellaan”
- ◆ Erukahapoton mutanttirypsi jalostettiin 1960-luvulla Suomessakin
 - turvautumalla kobolttikanuunaan, ja
 - analysoimalla rasvahapot erikseen 200 000 rypsin siemen puolikkaasta

Kasvien jalostaminen geenimuuntelulla (25 vuotta)

- ◆ Geenitekniikka on perintöaineeseen kohdistuvaa molekyylibiologiaa
 - joukko menetelmiä, joiden avulla eristetään, analysoidaan, muokataan ja siirretään geenejä molekyylitasolla
- ◆ Geenimuuntelussa viedään tunnettu hyötygeeni kasviin puhtaana
 - ilman haitallisia kylkiäisgeenejä
- ◆ Kiinnittymispaikka kromosomissa vaikuttaa usein jossain mitassa geenin toimintaan
 - ...eikä paikkaa useissa menetelmissä voida vielä määrätä ennakolta
 - ...vaan se selvitetään tuolloin jälkikäteen
- ◆ Hyvän tuloksen varmistamiseksi jalostetaan siksi tavallisesti joitakin kymmeniä muuntogeenisiä koelinjoja
 - ...joista onnistuneimmat valitaan sitten jatkoon
- ◆ Huom! Geenin sijaintia tai lukumäärää perimässä ei vaadita selvitettäväksi perinteisessä jalostuksessa
 - ...vaikka nämä voivat muuttua perinteisten mutaatioiden seurauksena (deleetio, duplikaatio, inversio, translokaatio)
- ◆ Vertailuja perinteisten ja uusien kasvinjalostusmenetelmien hallittavuudesta ja puhtaudesta: www.geenit.fi/EP101006LiiteIK.pdf

Geeni siirtyy puhtaana uudessa jalostuksessa

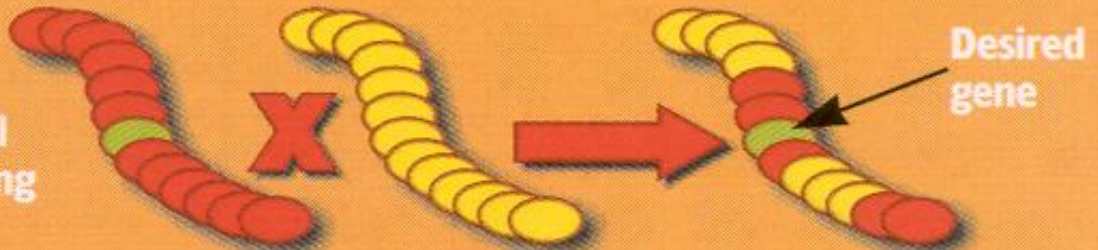
DIFFERENCE BETWEEN **CONVENTIONAL BREEDING** AND **GENETIC ENGINEERING**

Source variety/species

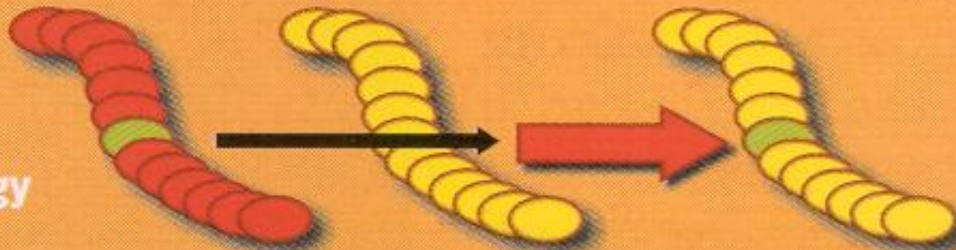
Commercial variety

Result

Conventional
plant breeding



Modern
biotechnology



Sokeriruo'on sokeripitoisuus kaksinkertaistui

- ❖ Ruokosokerin lisäksi yhtä paljon isomaltuloosia
 - terveysvaikutteinen hiilihydraatti
- ❖ Viljelykokeissa Australiassa
- ❖ Enemmän etanolia samalta alalta
 - luontoa säästyy

Sokeriruoko pilkkoo selluloosansa sokereiksi

- ❖ 200 tonnia biomassaa hehtaarilta
- ❖ Kasviin jalostettiin selluloosaa pilkkova entsyymi
 - geeni käynnistetään vähän ennen sadonkorjuuta
- ❖ Sokerit käytetään (sellu)etanoliksi
- ❖ Australian ja Brasilian yhteisohjelma

Ihmisarvoinen työ
= turvallinen työ

Turvallisuus ja
terveys työssä



❖ Onko tämä...

➤ "viljelyn runoutta"
(Mae-Wan Ho:
koneet veivät
runouden
maanviljelystä)?

➤ (bio)tekniikkaa vastustavan
järjestön logo (RAFI, nyk. ETC
Group)?

➤ ...vai terveyttä turmeleva
työasento, jonka Kalifornian
maatyöläiset ovat saaneet
kielletyksi?



Kuka kyykyttää...?

keskustelu viljapöörteistä jatkuu...



(East Field 1996)