



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Ruoka ja geenit

2. Perinteinen kasvinjalostus

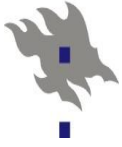
Jussi Tammissola
kasvinjalostuksen dosentti
jussi.tammissola@helsinki.fi
<http://geenit.fi>
13.9.2012

Koulutus- ja kehittämiskeskus Palmenia



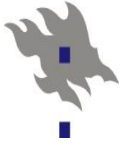
Viljelykasveja täytyy muuttaa...

- 11 000 vuotta sitten keksittiin maanviljelys ja kasvinjalostus
 - ja ne tekivät nykyaikaisten kulttuurien syntymisen mahdolliseksi
- Tärkeitä viljelykasveja ei saatu valmiina
 - vaan ne täytyi vallata ihmisen käyttöön vuosituhansien kovalla työllä
- Luonnonkasvit eivät ole sopeutuneet ihmisen käyttöön vaan omiin tarpeisiinsa



Viljelykasveja täytyy muuttaa ...ja on niitä jo aika lailla muutettukin

- Kasvit puolustautuvat tuholaisiltaan, kuten ihmiseltä, mm. moninaisilla kemiallisilla aseilla
- Ihmisen ohjaamalla evoluutiolla, kasvinjalostuksella, viljelykasveja on muutettu toiveittemme suuntaan
- Sadot ovat nousseet usein jopa 10–30-kertaisiksi
 - puolet tästä on jalostuksen ansiota
- Ruokakasvien myrkkyyä ja haitta-aineita on saatu vähenemään
- Myös viljelykasvien ravitsevuutta on hieman parannettu
 - mm. kohottamalla välttämättömien amino- ja rasvahappojen pitoisuuksia
- ...mutta paljon enemmän on vielä tekemättä



Kasvinjalostus on viljelykasvien perimän muuttamista

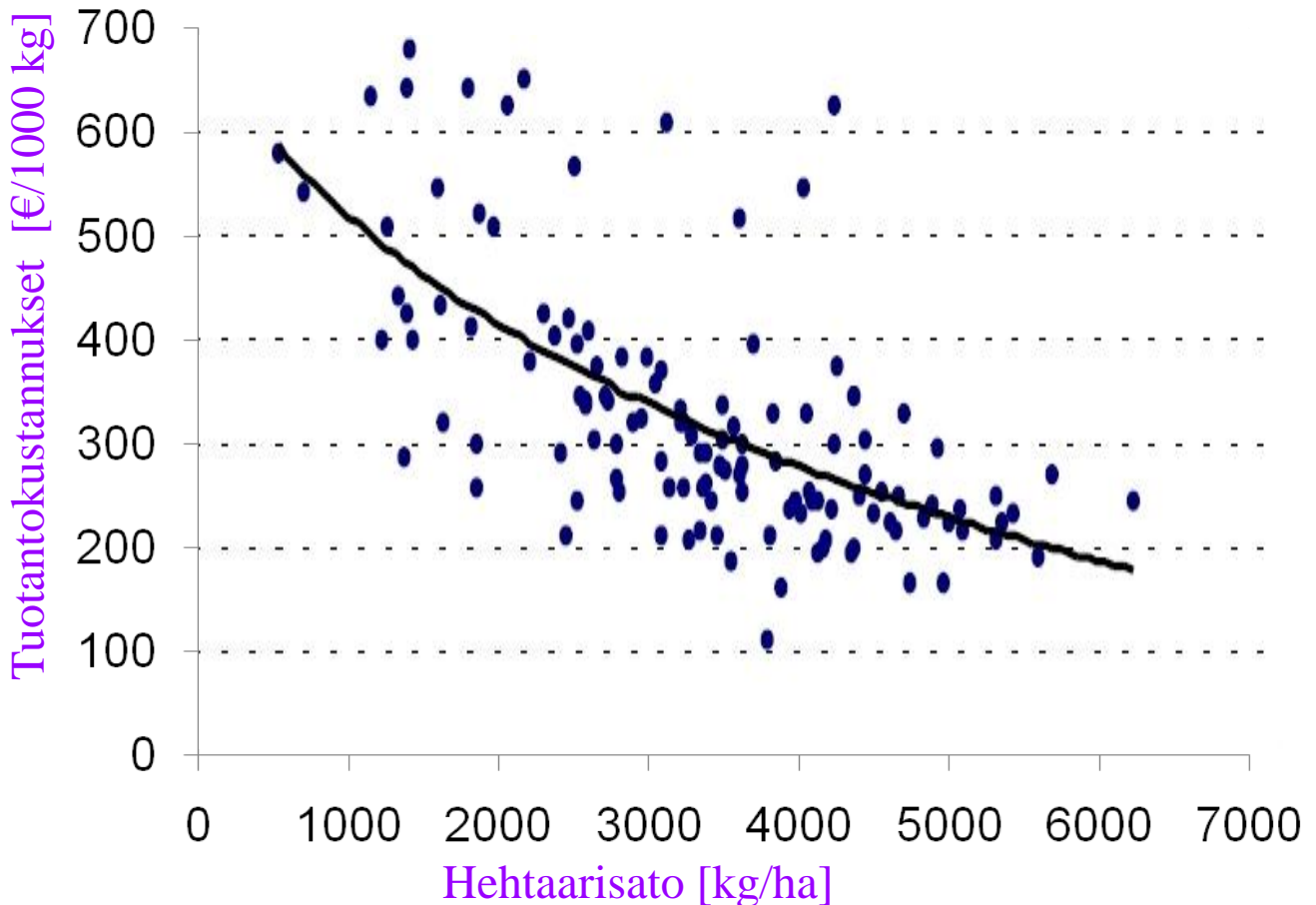
- ...ihmisen toivomaan suuntaan (JT, OECD 2000)
- Kasveja on jalostettu ainakin 11 000 v.
 - Ruoasta on tullut ravitsevampaa ja myrkyttömämpää
 - Satotasot ovat usein 10–30-kertaistuneet
 - -> nykyaikaiset, työnjakoon ja vaihdantaan perustuvat kulttuurit
- Vanha jalostus oli
 - 11 000 v. valmiiden luonnonoikkujen keräilyä:
 - Lauri-poika metsässä häärii, katselevi puita värii
 - 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 1973 (kasveilla 1983)
 - ...tai oikeastaan ”virallisesti” jo 1927, jolloin tuotettiin ensimmäiset mutanttikasvit säteilyn avulla; vrt.

<http://geenit.fi/Anal1-12gm.pdf>



Satoisuus vaikuttaa suuresti viljelykasvien tuotantokustannuksiin

Viljan tuotantokustannukset eri satotasoilla Suomessa



- Heikolla satotasolla viljakilon tuotanto tulee monta kertaa kalliimmaksi

Riepponen L (2003). Maa- ja elintarviketalous 19, MTT, 32 s.

<http://www.mtt.fi/met/pdf/met19.pdf>



Kasvinjalostuksella kulttuuriin

- Keräily
- Metsästys
- Paimentolaisuus
 - Koira kehittyi aiemmin kuin viljelykasvit
- Maanviljelys ja kasvinjalostus
 - Satotasojen nousu moninkertaisiksi
 - -> ruokaa yli oman tarpeen

Tuottavuus nousi, jolloin syntyi perusta vaihdantaan ja työnjakoon perustuvien nykyaikaisien kulttuurien synnylle



Kuva: ©J.Tammisola, Mallorca 2010

- Villiporkkanan kookkain alalaji, isoporkkana (*Daucus carota* ssp. *maximus*) (vas.)
- Jalostettu porkkana (150 g) (oik.)



Porkkanoita sellaisina kuin ihminen ne halusi



©Jussi Tammissola

- Tämä valikoima löytyi Berliinin maalaismarkkinoilta syksyllä 2009.



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

(A. Vogel, rohdosmiljardööri)



Kantamuoto teosintti

- Valitsetko huipputeknologian tuotetta vai luonnon mukaista?
 - Kompakysymys: Tämä on Hopi-intiaanien sinistä perinnemaissia, heikkosatoista ja hyvin homehtuvaa...

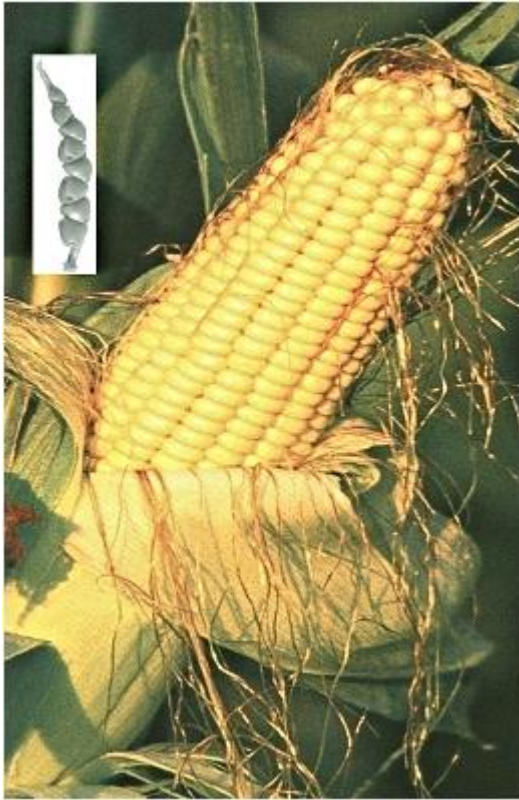


Teosintti – maissin esiäiti





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 (alle 10 cm)

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 *Galium verum* *G. mollugo*



Kuva: J. Tammissola, Itä-Pakila 2010

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

❖ Ihmistoiminta saattoi lajit lähekkäin

Karukka on karviaisen ja mustaherukan risteytymä 1.



Karukka on karviaisen ja mustaherukan risteytymä 2.



Karukka, Helsinki 2006. © J. Tammissola

- ◆ 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

☞ <http://geenit.fi/LabL12.pdf>

☞ <http://geenit.fi/EP101006LiiteIK.pdf>

Kesyttääkö uusia villikasveja viljelyyn...?



© J. Tammisola 1968

- Mesimarja (*Rubus arcticus*)
 - ”maukkein Euroopan marjoista” (Linné 1762)
 - Harvinaistuva laji – marjojen saanti luonnosta vähenee
 - Jo Linné teki viljelykokeita
 - Jalostusyriksiä 1920-luvulta lähtien
 - niukoin tuloksin
 - ☞ Tammisola (1988) J.Agric.Sci.Finl. 60: 327-446 (väitösk.), Pirinen ym. (1998) Agric. Food Sci. Finl. 7: 455-468
- [Saako mesimarjan pelastaa?](#)

...vai kehittää kehnoja kompromisseja klassillisilla risteytyksillä?

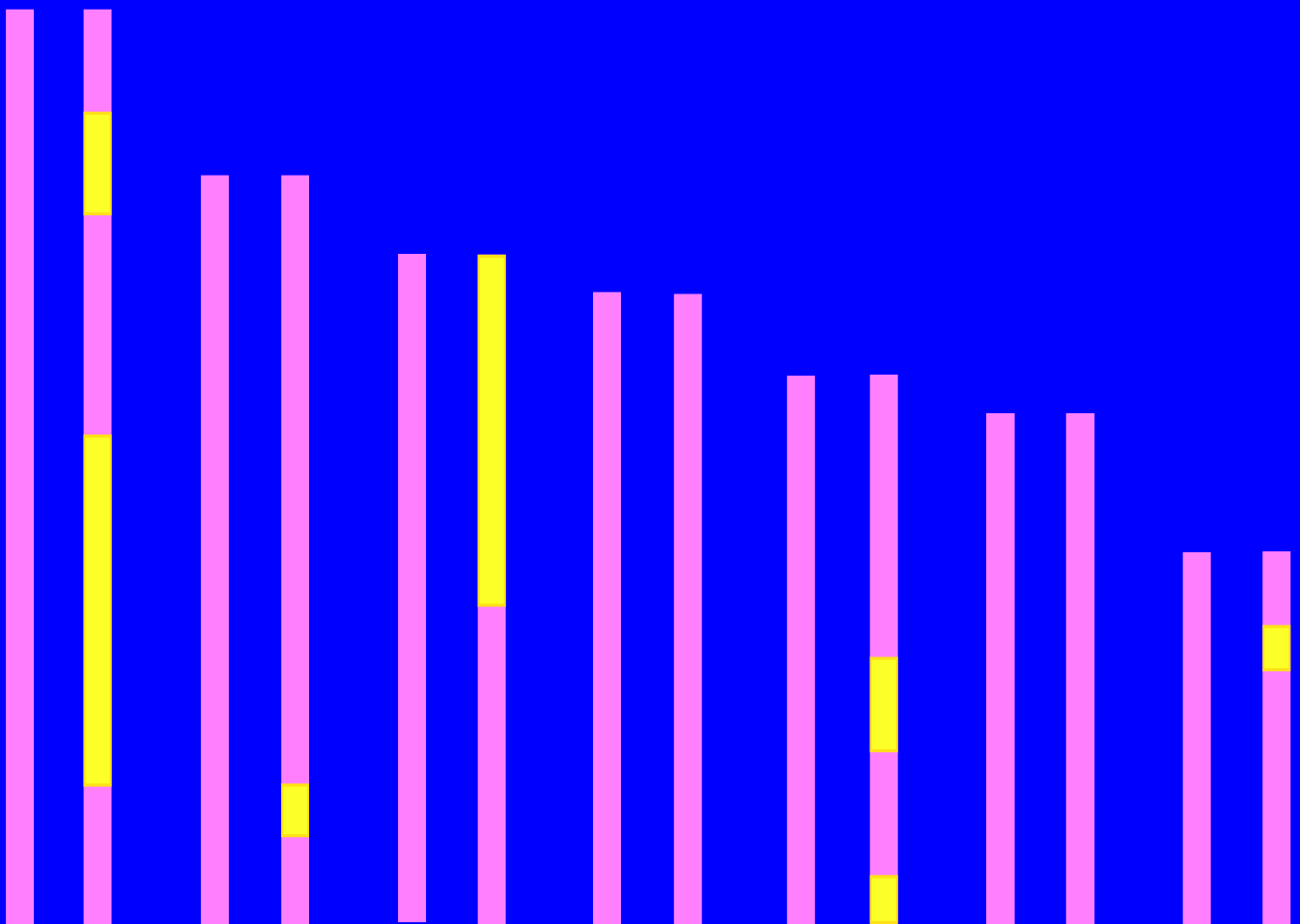
- Mesimarja on epäluotettava ja työläs viljeltävä ”primitiivisten” piirteidensä takia
 - viihtyy vain pohjoisessa (huonosti jo Etelä-Suomessa)
 - ei kestä rikkakasveja (on heikko kilpailija)
 - on taudinarka (virus- ja sienitauteja)
 - on itsesteriili (joten marjojen saamiseksi täytyy kasvattaa useita 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 tukussa, 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

Geenin nouto risteyttämällä villilajista ja puhdistaminen takaisinristeytyksillä

Risteytysjälkeläisen kromosomit ovat mosaiikki risteytysvanhempien kromosomien osista



 Viljelykasvi

 Villilaji



Olisiko sotkeminen jo 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?

<http://geenit.fi/MesimSTTKasik080405.pdf>

Siemenettömien kasvilajikkeiden jalostus kiellettävä?

- Sveitsin bioetiikkasäädös tyrmää esimerkiksi siemenettömien kasvilajikkeiden jalostamisen
- ...joten pian ostamme kaupasta tällaisia banaaneja:



http://www.dasmirnov.net/media/users/paul/PBF_02_3_image_04_full.jpg



Hyönteiskestävä luomuselleri poltti sadonkorjaajien ihon

- Perinteisellä valintajalostuksella saatiin kehitetyksi hyönteisille vastustuskykyisempi sellerilajike
 - ...josta toivottiin apua luomutuotantoon, jossa ei yleensä ole lupa käyttää orgaanisella kemialla valmistettuja torjunta-aineita
- Parempi vastustuskyky perustui siihen, että tämä sellerilajike tuotti solukoihinsa kymmenen kertaa korkeampia pitoisuuksia psoraleenia kuin tavalliset sellerilajikkeet
 - Tämä on sama aine, joka auringonvalossa aiheuttaa pitkäaikaisia valovammoja jättiputkia koskettaneen ihmisen ihoon
- Ongelma havaittiin, kun kaupan työntekijöiden ja selleriä korjaavien maatyöläisten käsiin alkoi ilmestyä valkopolttoihottumia
- Syyn selvittyä lajike vedettiin nopeasti pois markkinoilta
 - ...jossa se oli jo levinnyt laajaan käyttöön

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)

☞ *Life Sciences Network* 10.5.2002

13.9.2012

Jussi Tammissola,
Perinteinen
kasvinjalostus

24



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 70 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)



Geneettinen diversiteetti eli perinnöllinen monimuotoisuus

- On kaiken (perinteisen) kasvinjalostuksen perustana
- Saa pohjimmitaan kiittää mutaatioita...
 - Muuttuneet perimärakenteet (geenit, geenien säätelyjaksot, kromosomit tai kromosomistot)
- ...ja mutaatioiden uusia yhdistelmiä
 - Geenien siirtyminen eliöstä toiseen
 - Perintöaineksen järjestyminen uudelleen (rekombinaatio)



Berliini 2009 © J. Tammisola



Onko ominaisuudessa geneettistä vaihtelua?



- Lehmusten tuleentumisasteessa on ero
 - Johtuuko vaihtelu eroista puuyksilöiden ympäristöoloissa vai niiden ko. ominaisuuteen vaikuttavissa geneeissä?
 - ...ja missä mitassa? (-> periytyvyysaste)



Ominaisuuden periytyvyysaste (heritabiliteetti, periytyvyys)

- Ominaisuus rakentuu yksilönkehityksen kuluessa sekä geenien että ympäristön vaikutusten tuloksena
- Yksilön hankitut ominaisuudet eivät periydy (pysyvästi) seuraaville kasvisukupolville
 - ..joskin ”tilapäisiä jäämiä” esiintyy:
 - Äidinvaikutus, epigeneesi
- Periytyvyysaste eli heritabiliteetti [h^2]
 - Kuinka suuri osuus ominaisuuden vaihtelusta populaatiossa johtuu geneettisistä eroista yksilöiden välillä
 - $0 \leq h^2 \leq 1$
 - Loppuosa vaihtelusta johtuu sitten ympäristöeroista
 - ...sekä ympäristö x genotyyppi –yhdysvaikutuksesta
- Periytyvyysaste ei siis ole absoluuttinen vaan suhteellinen suure, joka suuruus riippuu
 - Jalostuspopulaatiosta
 - Populaation ympäristöoloista
 - Jalostusominaisuudesta



Valintajalostus (11 000 v.)

- Valitaan jatkoon populaation parhaat kasviyksilöt, siis
 - ...meille edullisimmat luonnonmutaatiot, tai
 - ...niiden satunnaiset yhdistelmät
- Mistä tahansa (geneettisesti) vaihtelevasta populaatiosta
- Menetelmä usein riittää kasvilajin jalostuksen alkuvaiheissa
- Suoran massavalinnan teho heikkenee voimakkaasti vaihtelun vähentyessä
 - ...valintasukupolvien myötä
 - Perinteisillä viljelykasveilla sen teho on jo yleensä aivan liian heikko
 - ...varsinkin klassillisilla jalostusominaisuuksilla



Valintajalostus (11 000 v.)

- ...oli luonteeltaan keräilytaloutta
 - ”*Lauri poika metsässä häärii, etsiskelee puita väärii*”
- Etsittiin populaatioista valmiita ”luonnon oikkuja”, tai
- Lisättiin suotuisimpia yksilöitä muita enemmän:
 - Kerättiin kylvöihin siemeniä ”parhaista” tähkistä, tai
 - Karsittiin pois jatkosta ”kelvottomat” tähkät
 - Sukupolvi sukupolvelta kasviaineisto muuttui vähitellen toivottuun suuntaan
- Suora massavalinta on voi olla tehokasta uudella viljelykasvilla alkuvaiheessa
 - ...kun kasviaineistossa on vielä runsaasti jäljellä ominaisuuden perinnöllistä vaihtelua
- Valinnan myötä vaihtelu kapenee
 - ...joten menetelmän teho heikkenee ja etenemisen mahdollisuudet hupenevat
- Suora massavalinta on tehotonta useimmilla tärkeillä viljelykasveilla nykyisin
 - ...myös puilla, joiden elinkierto vie vuosikymmeniä (poikkeus: eukalyptus)



Risteytysjalostus (300 v.)

- Luodaan vaihteleva populaatio valinnan pohjaksi risteyttämällä

- Käytetään risteytyksissä sopivia vanhempien yhdistelmiä...
- tähdäten toivottuihin uusiin ominaisuusyhdistelmiin...
 - jälkeläistössä keskimäärin
 - ...jos lajikkeet ovat ristisiittoisia populaatioita (kuten esim. rukiilla)
 - tai jossain yksittäisessä jälkeläisyksilössä onnekaan rekombinaation tuloksena (myöhemmissä polvissa)
 - ...jos lajike saadaan monistamalla kasvullisesti yksi onnistunut jälkeläisyksilö (kuten esim. perunalla tai mansikalla)



Risteytysjalostus (300 v.)

- ...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 tulokasgeenit 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



Risteytysjalostus (300 v.)

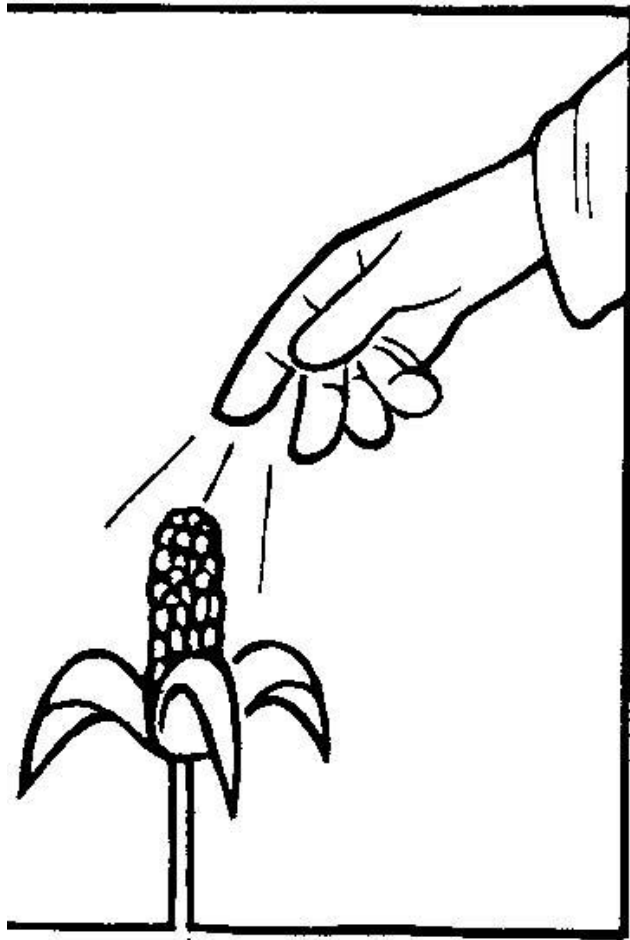
- **Ristisiitteisillä lajeilla:** sisyfos-puuhaa, jos
- ...lajike on yksi, kasvullisesti lisättävä yksilö (perunat, omenapuut, marjapensaat jne)
 - Sen ainutkertainen geeniyhdistelmä näet menetetään risteytettäessä
 - ...eikä sitä voida millään keinolla koota takaisin
- Lajikkeet ovat vahvasti heterotsygoottisia
 - Ei-toivottuja kylkiäisgeenejä ei voida poistaa lukuisillakaan jatkoristeytyksillä kuin osaksi
 - ...vaan niitä voi jäädä kasviin jäljelle satoja
 - ...sillä ”laimeneminen” on vain tilastollista
- **Itsesiitteisillä lajeilla:** toimii paremmin, sillä
- Lajikkeet ovat puhtaita linjoja (homotsygoottisia)
 - Risteytyksen jälkeen alkuperäinen lajike saadaan pääosin palautetuksi, hyötygeenillä terästettynä
 - ...tekemällä jälkeläisillä takaisinristeytyksiä ko. lajikkeeseen päin 10–20 sukupolven ajan
 - ...varmistuen aina, että ko. noudettu hyötygeeni säilyy mukana valittavissa kasviyksilöissä



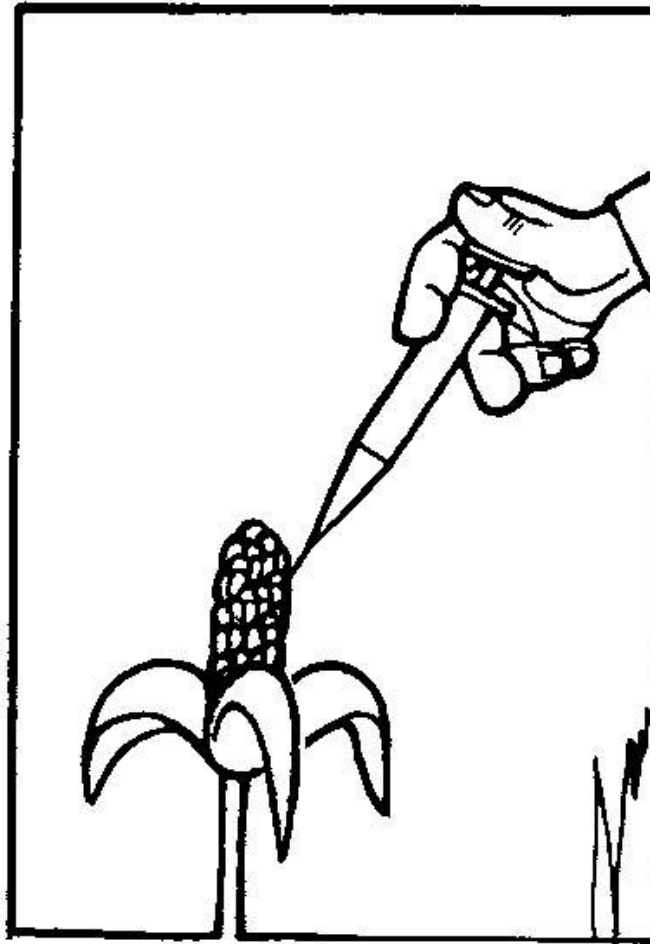
Mutaatiojalostus (70 v.)

- Geneettistä vaihtelua populaatioon (valinnan pohjaksi) luodaan mutaatioiden avulla
- Lisätään hetkellisesti mutaatiotaajuutta kemiallisilla tai fysikaalisilla käsittelyillä
- Tuloksena on suuri määrä satunnaisia geneettisiä muutoksia
 - Yhtä toivottua mutaatiota kohden saadaan satojatuhansia ei-toivottuja perimän muutoksia
 - Mikä tahansa perimän geeneistä tai niiden säätelyalueista saattaa muuttua

- ”Kasvinjalostus ennen ja nyt”
- (Kauppalehti 22.8.2007)
-



ENNEN

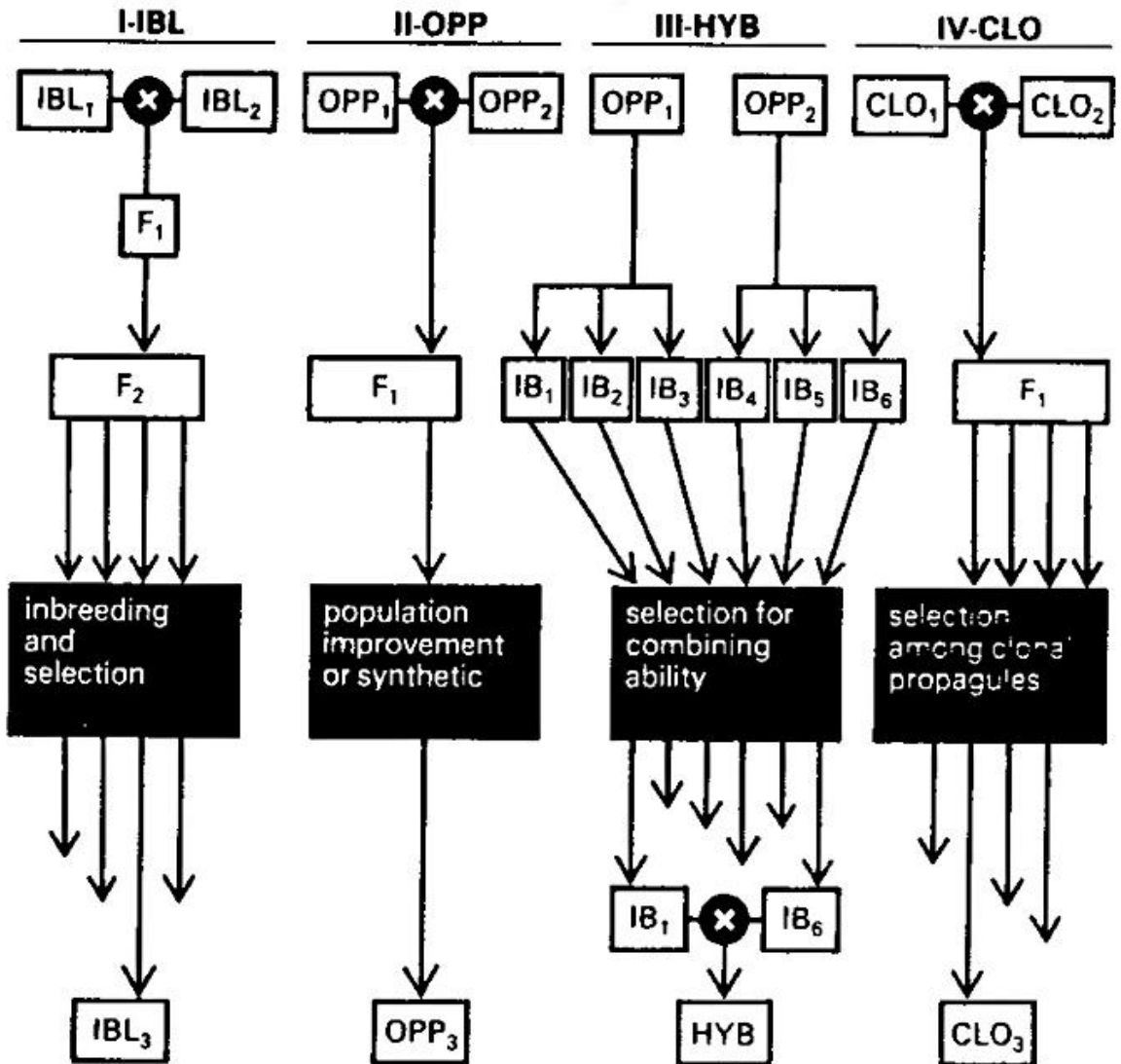


NYT

- ...tosin muutama korjaus moiseen tulkintaan on tarpeen: <http://geenit.fi/KL030907.pdf>



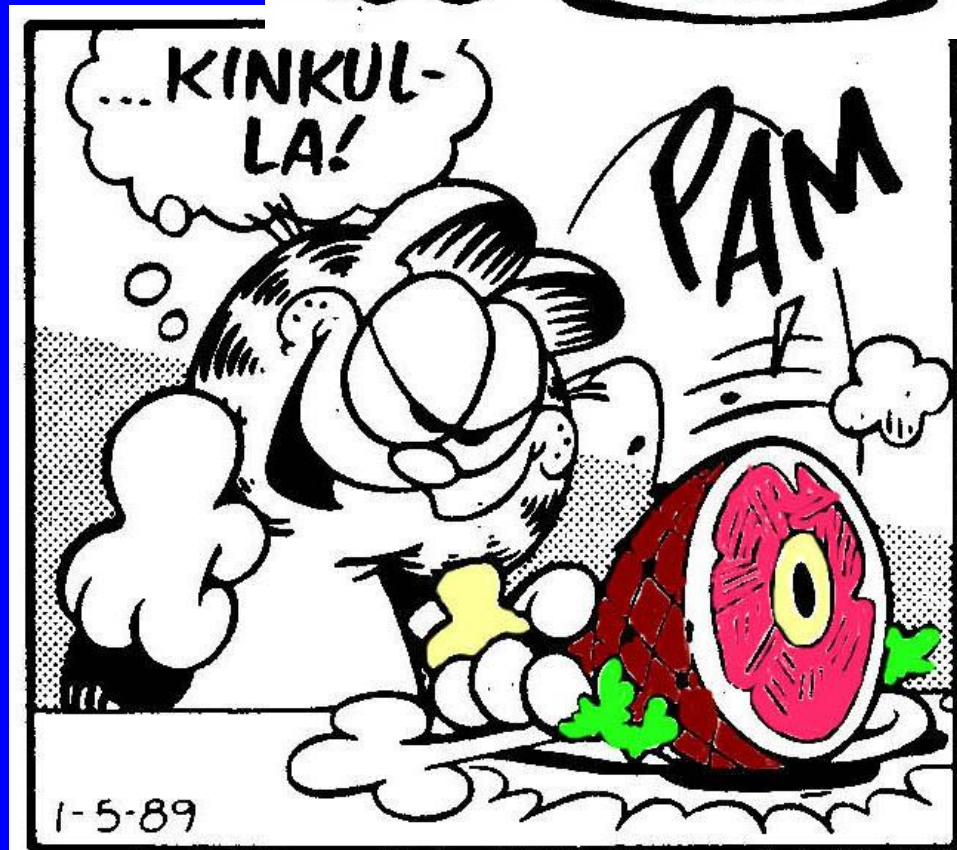
Kasvilajikkeiden neljä perustyyppiä



Kasvinjalostuksen keskeiset lajiketyypit:

- Puhtaat linjat (itsepölytteiset: ohra, riisi, vehnä ym)
- Vapaapölytteiset populaatiot (ristipölytteiset: ruis ym)
- Hybridilajikkeet (lähinnä ristipölytteisillä, sisäsiitosta hyödyntäen: maissi ym; mutta myös itsepölytteisillä: riisi)
- Kloonit (ristipölytteiset, joita osataan lisätä kasvullisesti: omena, mansikka, peruna ym)

Kehitysmaat vaativat ravitsevampaa ruokaa !



Miten ruokaa saadaan?

– kuka kyykyttää?

- ”Koneet **veivät runouden** maanviljelystä” (mystikko Mae-Wan Ho, Suomen geenivastustajien johtotähti)

- Onko tämä

- viljelyn runoutta?
- (bio)tekniikkaa vastustavan järjestön logo (RAFI, ETC Group)?
- ...vai terveyttä turmeleva työasento, jonka Kalifornian maatyöläiset ovat saaneet kielletyksi?

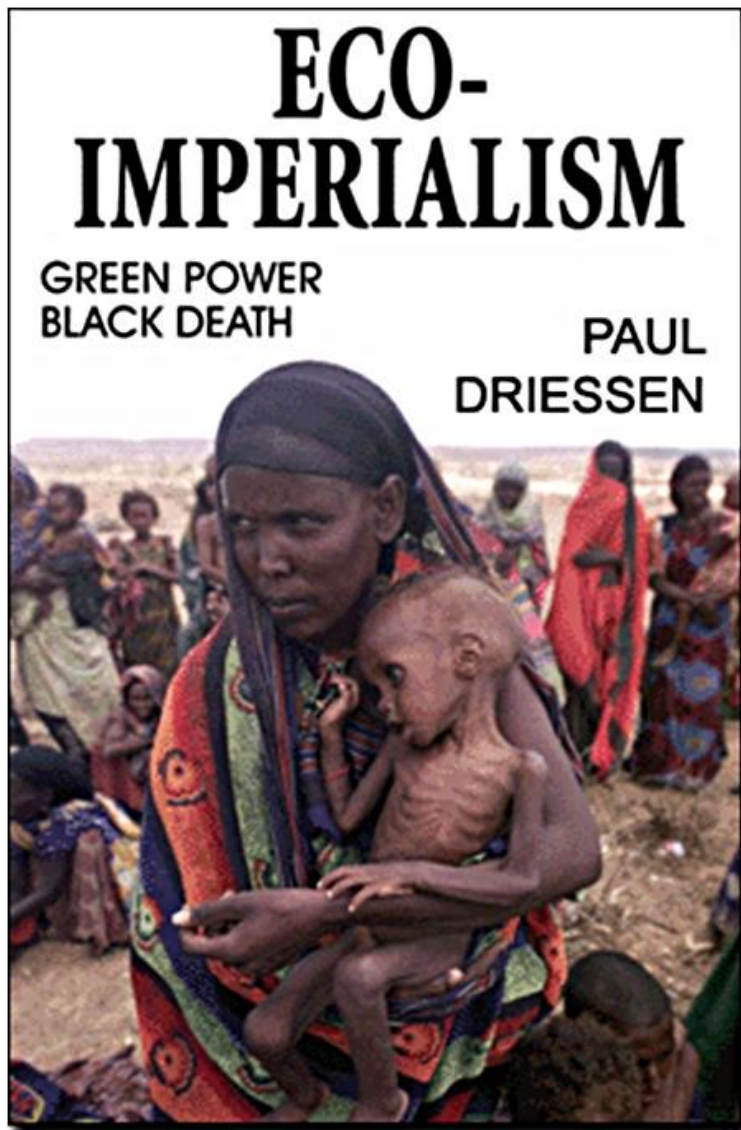


- Vastaus kompakysymykseen:

- Ei toki näin romanttisesti ole selkää turmeltu Kaliforniassa enää nykypäivänä
- Kielletyksi saatiin näet äskettäin (tukirangalle vahingollinen) rikkaruohojen käsinharaus
 - ...luomuisäntien äänekkäästä vastarinnasta huolimatta
- Haraus sentään tehtiin laitteella ja selkää hieman vähemmän rikkovassa työasennossa...



Uudet [gm-]lajikkeet vain toisivat
kehitysmaihin "länsimaisen
kulttuurin ja ajattelun ongelmat"
(Irma Saloniemi, *Vihreä Lanka* 26.3.2004)



Vanhat rodut ovat ”ekologisia” ...vai luonnonvarojen haaskausta?



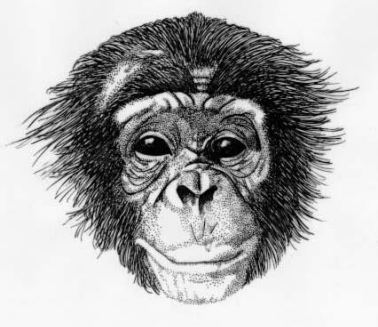
Unkarin harmaa nauta:

- ◆ On verrattain kestävä suu- ja sorkkataudille
 - ◆ Kasvaa kolme kertaa hitaammin
 - kuluttaa paljon enemmän rehua
 - tuottaa enemmän metaania ja typpioksiduulia
 - vie enemmän elintilaa luonnolta
- ...lihakiloa kohti

Maitoa juovat aikuiset ovat mutantteja

- ◆ 70% maailman aikuisväestöstä kärsii maidon laktoosista
 - laktoosia pilkkoo nisäkkäiden suolessa laktaasi-entsyymi
 - entsyymiä syntyy imeväisikäisillä

Ihmiset koeaniineina!

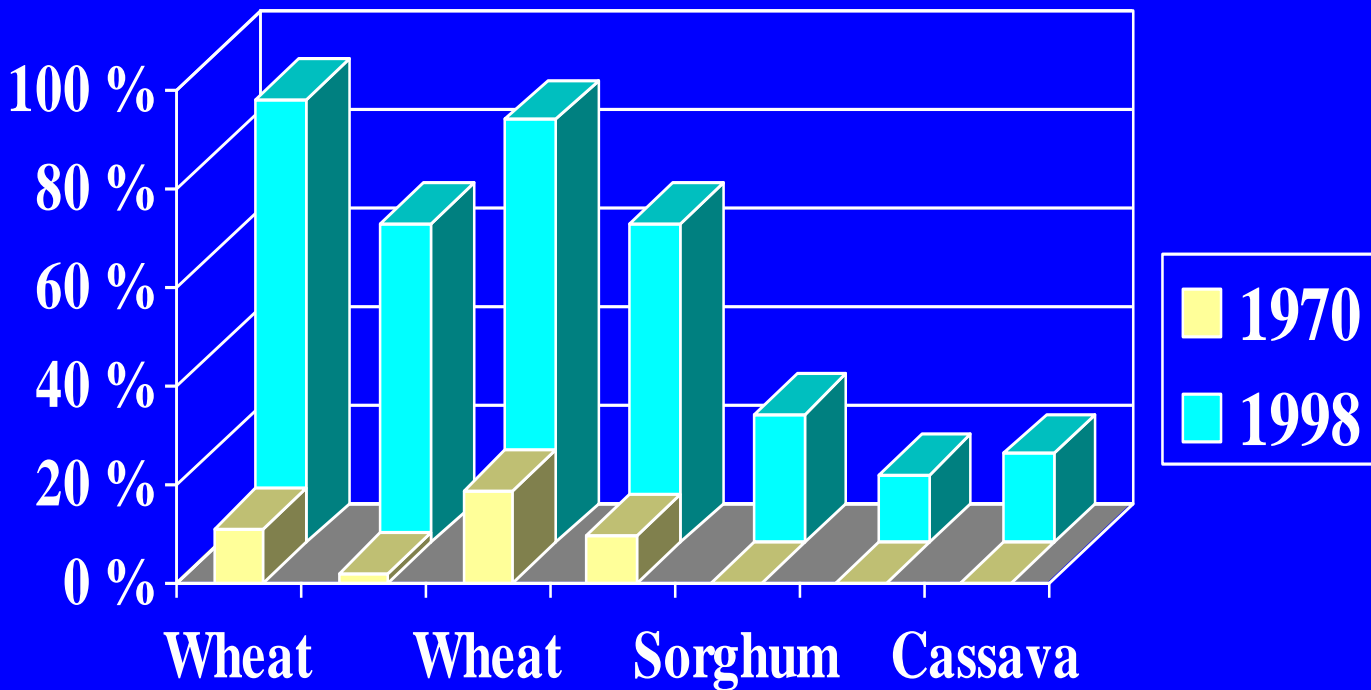


**satoja vuosia
salaiستا
ihmisjalostusta
Pohjoismaissa!**

**Annettu
aikuisille
maitoa...**

Landraces are being superseded by high-yielding varieties

Percentage of agricultural land planted with high-yielding varieties



Latin
America

Asia

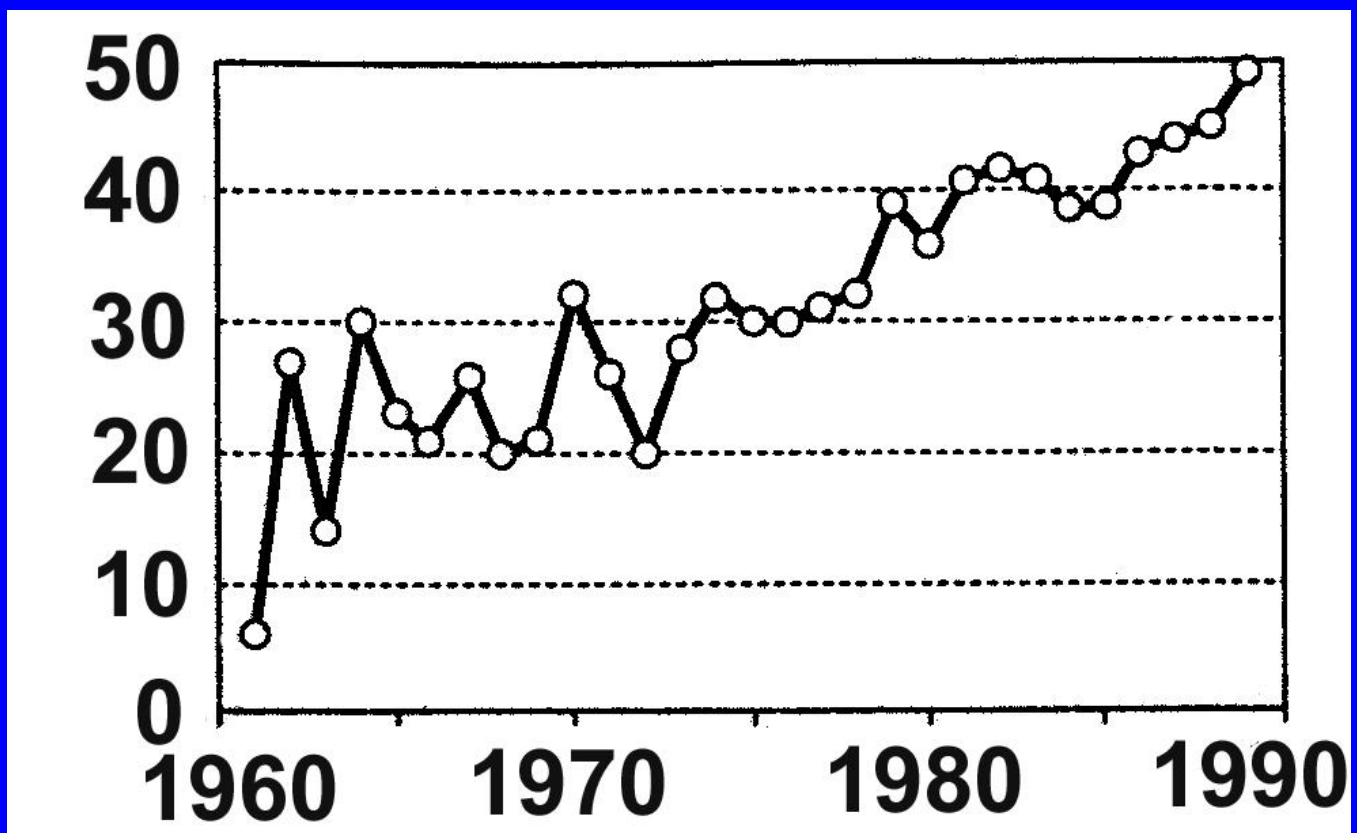
Sub-
Saharan
Africa

➤ UNDP Human Development Report 2001, 278 pp.

<http://www.undp.org/hdr2001/complete.pdf>

Genetic backgrounds of modern wheat varieties are rich in developing countries

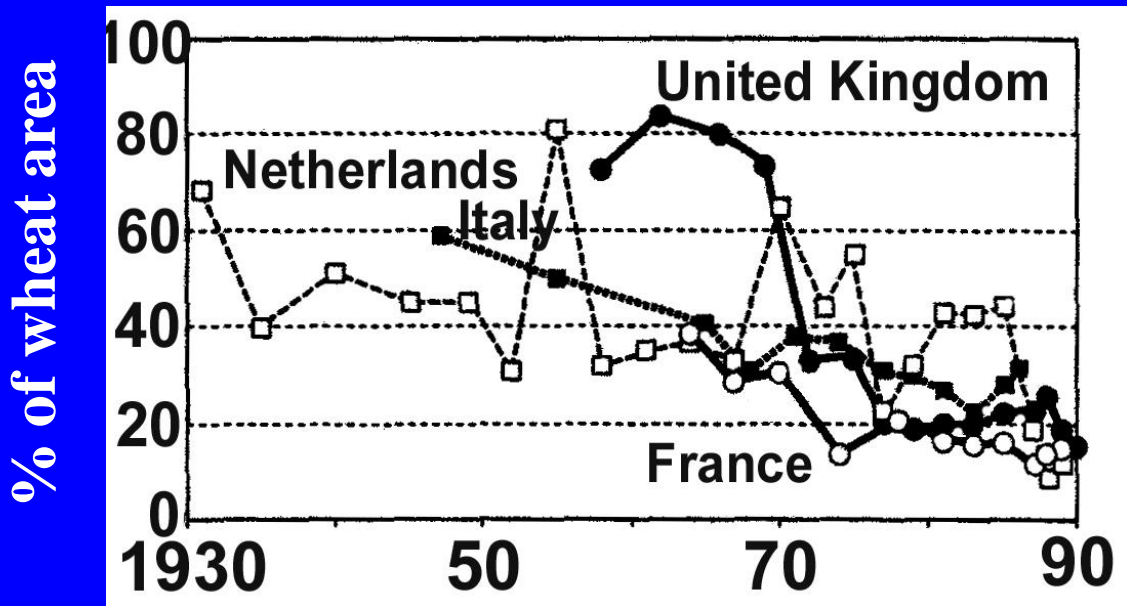
Average No. of landraces per pedigree in pedigrees of wheat released in developing countries (CIMMYT)



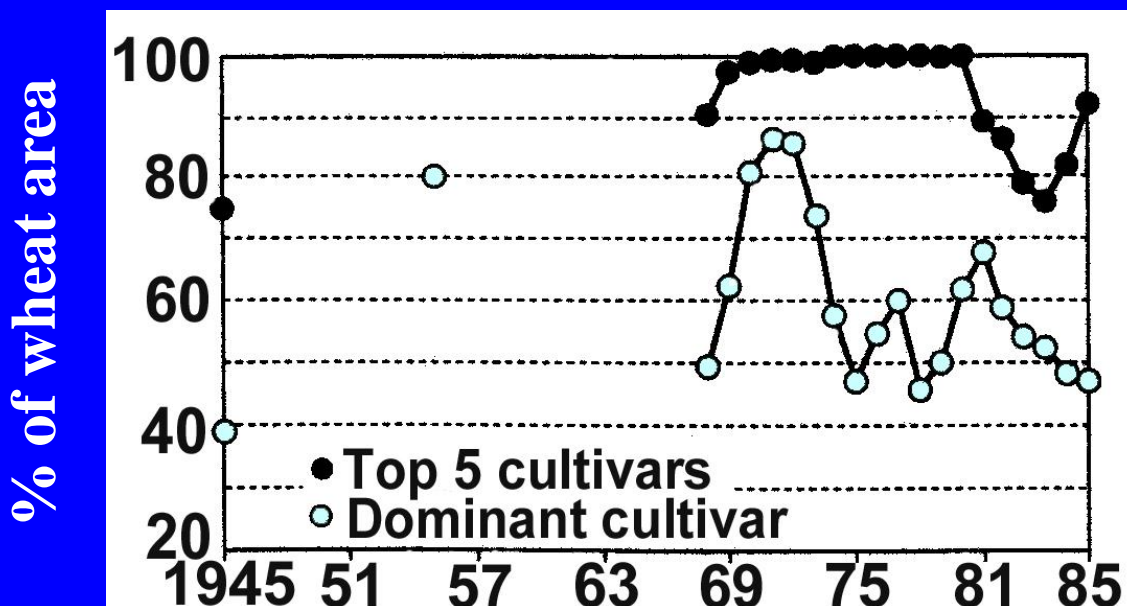
- Smale M. (1997). The Green Revolution and Wheat Genetic Diversity: Some Unfounded Assumptions. *World Devel.* 25: 1257–69

Share of dominant wheat cultivars is decreasing

Relative area of dominant wheat cultivar, Europe



Relative area of dominant wheat cultivar(s), Punjab (India)



Jalostuksen taide

- ◆ Monissa kasvien ominaisuuksissa on vielä paljon parannettavaa
- ◆ Taide on keinotekoista kauneutta
 - ja kasvinjalostajat ovat aina pitäneet itseään lähinnä taiteilijoina
- ◆ Viime aikojen läpimurrot molekyylibiologiassa ja geenitiedossa ovat
 - kehittäneet kasvigenetiikasta, -fysiologiasta ja kasvinjalostuksesta aitoja luonnontieteitä
 - parantaneet ratkaisevasti kasvinjalostuksen tarkkuutta, tehokkuutta, hallittavuutta, turvallisuutta ja sovellusmahdollisuuksia
- ◆ ...joten sadoittain biosovelluksia odottaa lähes valmiina yliopistolaboratorioissa
- ◆ ...rahoitusta ja sosiaalista tukea
 - viimeistelyä ja hyödyntämistä varten
 - puskeakseen läpi tuotelainsäädäntöön kasatuista kalliista kummallisuuksista

➤ <http://geenit.fi/LabL12.pdf>