

Jalostusesimerkkejä

7.2.2008

Jussi Tammisola, MMT, FL
kasvinjalostuksen dosentti (HY)

www.geenit.fi/JalEsim070208.pdf
jussi.tammisola@helsinki.fi

Päivitetty 15.12.2008

Salaatin geenit



- u Kun nautimme 500 g annoksen sekasalaattia
 - mussutamme yhteensä 4 miljardia solua
 - ...joista jokaisessa on 25 000 geeniä
- u Aterioimme siis 100 000 000 000 000 (eli 100 000 miljardia) ”vierasta” geeniä*
 - tässä tapauksessa kasvigeenejä
 - joista ”yllättävän” suuri joukko on melko lähellä omiamme

F Brennecke (2001) *EMBO*

* Emme tavallisesti syö ihmistä, paitsi imeväisinä...

- ✓ Kuinka uutta geneettistä tietotaitoa voidaan käyttää viljelykasvien ominaisuuksien parantamiseksi?
- ✓ Mihin kasvibiologian ongelmiin geenitekniikka sopii paremmin kuin vanhat konstit, ja miksi?
- ✓ Maailma muuttuu joutuisammin kuin ennen
 - osaammeko pysyä vauhdissa mukana?
 - ...tai jopa edistyä hieman?
 - ...jotta ravinnon tuotanto maailmassa voidaan turvata sekä siirtyä uusiutuvien biologisten voimavarojen hyödyntämiseen elinkeinoelämässä



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
 - myrkyllisen 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 suihinsa kiitokseksi
- Geenitekniikka (Rna-häirintä) palkittiin lääketieteen nobelilla vuonna 2006
 - käytetty kasvinjalostuksessa jo 20 vuotta, varsinkin viruskestävien lajikkeiden jalostamiseksi

F <http://agnewsarchive.tamu.edu/dailynews/stories/SOIL/Nov2006a.htm> , Sunilkumar ym. (2006). *PNAS* 103: 18054-18059

Perinteinen kassava on kehnoa ravintoa

Lisätty 24.10.2008



- Kassava on 800 miljoonan ihmisen perusravintoa kehitysmaissa
- Huonot ravinto-ominaisuudet
 - melkein pelkästään tärkkelystä
 - tappavan myrkyllistä (syaanivety)
 - vähän proteiinia, vitamiineja ja mineraaleja
- Prosessoitava 3–6 vrk ajan myrkyt vähentämiseksi
- Pilaantuu kahdessa päivässä korjuun jälkeen
- Virustauti vie 30–50 % sadosta

Annos biokassavaa turvaa päivän ravitsemuksen

Lisätty 24.10.2008

- ✓ **Bio Cassava Plus:** laajassa jalostusprojektissa Afrikassa korjataan kassavan puutteita
 - vetää Ohion valtionyliopisto, rahoittaa Gatesin säätiö
- Tavoitteena on, että uusissa kassavalajikkeissa olisi niin paljon vitamiineja, mineraaleja ja proteiinia, että jo yksi ateria turvaa päivän ravitsemuksen
 - ruoka on jo niin kallista, että moni saa vain yhden aterian päivässä
- Geenimuuntelun avulla on edistytty joka osa-alueella
 - rautaa ja sinkkiä imeytyy maasta kassavan juurakkoon enemmän
 - Juurakoissa on nyt E-vitamiinia, ja ne sisältävät 30 kertaa enemmän A-vitamiinin esiastetta kuin ennen
 - proteiinia syntyy enemmän, kun typen siirtymistä syaanivedyn aineenvaihdunnasta proteiineihin vauhditetaan
 - viruskestävyyttä on parannettu jalostamalla kasviin viruksen lisääntymistä haittaava proteiini ja lyhyitä häirintä-rna-jaksoja
- Parannetut ominaisuudet yhdistetään samaan lajikkeeseen...
 - ensimmäisessä vaiheessa yhdistyvät todennäköisesti viruskestävyys sekä korkeammat proteiini-, beetakaroteeni- ja mineraalitasot
- ...jonka kenttäkokeet alkavat Nigeriassa ja Keniassa vuonna 2009
- 30 kertaa enemmän tulosta kuin perinnejalostuksella
 - ...jossa eteneminen pysähtyy geenivaihtelun niukkuuteen

F <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/06/080630102737.htm#>

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 kirvavuosi ⇒ kesäkurpitsat kärsivät ja tuottivat ”liikaa” torjunta-ainetta
 - cucurbitasiinia on enemmän vanhoissa, vapaapölytteisissä lajikkeissa
 - joita luomussa vielä käytetään (ja jopa lisätään omasta siemenestä)

Ekotehokkuusjalostus

✓ Biotalouden raaka-aineet

- Sokeriruo'on sokeripitoisuus kaksinkertaistettiin

- vuosikymmenien perinnejalostuksella ei sokeripitoisuutta saatu nousemaan
- geenimuuntelulla sokeripitoisuus kaksinkertaistui yhdellä askelella
- viljelykokeet ovat käynnissä Australiassa
- samalta alalta voidaan tuottaa merkittävästi enemmän bioraaka-ainetta
- ...eikä koskematonta luontoa tai ravinnon tuotantoa tarvitse vaarantaa
- puolet muuntogeenisen lajikkeen sokerista on terveysvaikutteista isomaltuloosia

F <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-7652.2006.00224.x?>
Plant Biotechnol. J. 5: 109-117

- Taiwanin muuntogeeninen eukalyptus sitoo hiilidioksidia jopa kolmin verroin

- voi vähentää kasvihuonekaasuja

F <http://www.chinapost.com.tw/taiwan/2007/09/14/122524/Gene-modified-eucalyptus.htm>

Ekotehokkuusjalostus

✓ **Kuivankestävät kasvilajikkeet**

- tuottavat normaalisadon vähemmällä veden kuluksella
- satunnaiset kuivuuskaudet eivät romahduta satoa
- maan suolaantuminen vähenee
- viljelykokeita käynnissä mm. maissilla ja riisillä
- **Egyptissä vehnään siirrettiin kuivankestävyyden geeni ohrasta geenitekniikalla**
 - kastelutarve väheni kahdeksasta kerrasta yhteen

✓ **Kyntämättömän viljelyn kasvilajikkeet**

- kyntämätön viljely (suorakylvö) vähentää eroosiota keskimäärin 488-kertaisesti
- ...ja parantaa maan hiilensitomiskykyä
- ...mutta sen edistämiseksi tarvittaisiin taudin- ja tuholaiskestäviä kasvilajikkeita
- sillä kyntö pitää osaltaan kurissa monia kasvintuhoojia

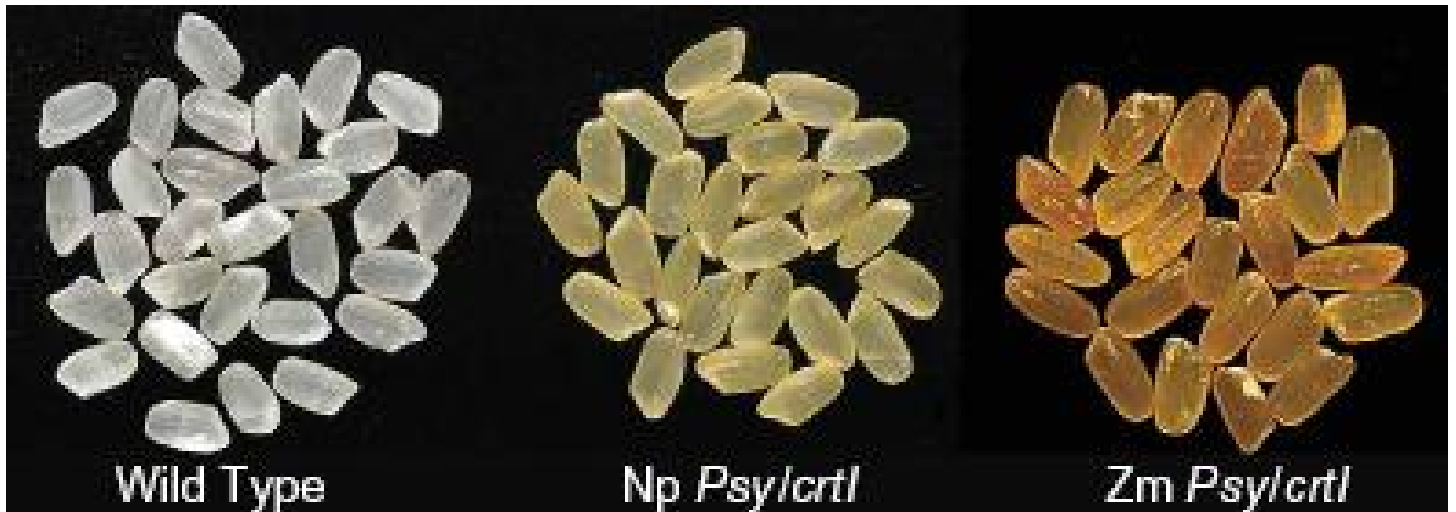
F Montgomery (2007), *PNAS* 104: 13268-13272
www.pnas.org/cgi/content/abstract/104/33/13268?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=Montgomery+no-till&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT

F www.geenit.fi/GmSoijaArg.pdf

Kuinka jalostettiin ”kultainen riisi”?

- EU ja Rockefeller-säätiö rahoittivat "kultaisen riisin" jalostamista
 - avainasemassa sveitsiläiset yliopistotutkijat (prof. Ingo Potrykus)
- Jyvät sisältävät β -karoteenia
 - tuottaa elimistössä A-vitamiinia
 - 2 geeniä narsissista
- Jalostetut kasvinlinjat lahjoitettiin Maailman riisintutkimuskeskukselle (IRRI, Filippiineillä)
 - lajikkeiden jalostamiseksi kehitysmaille
- Geenivastustajat kampittavat näidenkin humanitääristen lajikkeiden kehittämistä...

Miljardien ravintoon tarpeeksi A-vitamiinia?



Tavallinen
riisi

Aiempi ja uusin
kultainen riisi

- Greenpeace kertoo, että tätä riisiä "täytyisi syödä 9 tai 14 kg joka päivä" jotta saisi mitään apua A-vitamiinin puutteeseen
 - tämä on tavanomaista "geenipötyä"
 - Uudet tutkimukset vahvistavat, että kultainen riisi on tehokkaampaa kuin tutkijat uskalsivat edes toivoa
 - 200–300 g kultaista riisiä päivässä riittää ehkäisemään A-vitamiinin puutteesta aiheutuvat vauriot
 - ...joihin kuolee miljoonia ja sokeutuu 500 000 lasta kehitysmaissa joka vuosi

F http://www.goldenrice.org/Content3-Why/why1_vad.html

F www.gmo-compass.org/eng/news/stories/289.docu.html
 - Uusimmissa kultaisen riisin linjoissa on 20 kertaa enemmän beetakaroteenia kuin varhaisemmissa
- F Paine osv. (2005), *Nature Biotechnology* 23: 482-487
- F www.goldenrice.org/PDFs/fs_GR_IRRI_2005.pdf

Halla saa pitkän nenän – viljat jalostetaan kylmänkestäviksi

- Halla haaskaa 15 % maailman kasvintuotannosta
- Hallankestävyyden geeni eristettiin Etelämanteren lauhasta (*Deschampsia antarctica*)
 - heinälaji kestää hyvin kylmää (– 30°C)
 - geeni on tehokkaampi kuin viljojen oma geenimuoto



- Geenin tuottama proteiini estää jääkiteiden kasvua soluissa
 - eivätkä jääkiteet pääse rikkomaan soluja
- Tärkeitä ominaisuuksia luonnonkasvien monimuotoisuudesta
 - ...eli 10 000 heinäkasvilajin geenivarannosta
 - voidaan siirtää puhtaina viljoihin geenitekniikalla
 - ”kalamansikka” ui vain legendoissa (aktivistisivuilla)
- Lajirajojen ylittäminen on kasvimaailman arkipäivää niin luonnon evoluutiossa kuin perinteisessä kasvinjalostuksessa
 - esim. leipävehnä on kolmen kasvilajin (kahden eri kasvisuvun) välinen risteytymä
 - ...ja sen perimässä on lisäksi kromosominpaloja sekä ohraista että rukiista

Suolankestävät lajikkeet puhdistavat maaperää



J. Tammissola©

- § **Neljäsosa maapallon maa-alasta on suolapitoista**
 - yksin Kiinassa 33 milj. ha
- § **Viljelykasvit eivät suolaa kestä**
- § **Merikilokki (*Suaeda salsa*) kasvaa suolamailla, jopa Aral-järven kuivuneella pohjalla**
- § **Shandongin yliopisto etsi ja puhdisti kilokin suolankestävyyden geenin**
 - ja jalosti sen riisiin, tomaattiin ja soijaan
- § **Lajikkeet puhdistavat maaperää suolasta ja keräävät sen lehtiinsä**
 - suola ei kerry siemeniin eikä hedelmiin vaan lehtisolujen ”jätepusseihin” (vakuolit)
- § **Myös Intiassa on jalostettu suolankestävä riisi**
 - kestävyysgeeni löytyi suistojen mangrovepuusta
 - ...ja siirrettiin Intian tärkeisiin riisilajikkeisiin
 - jalostettu riisi selviää vedessä, joka on 3 kertaa merivettä suolaisempaa

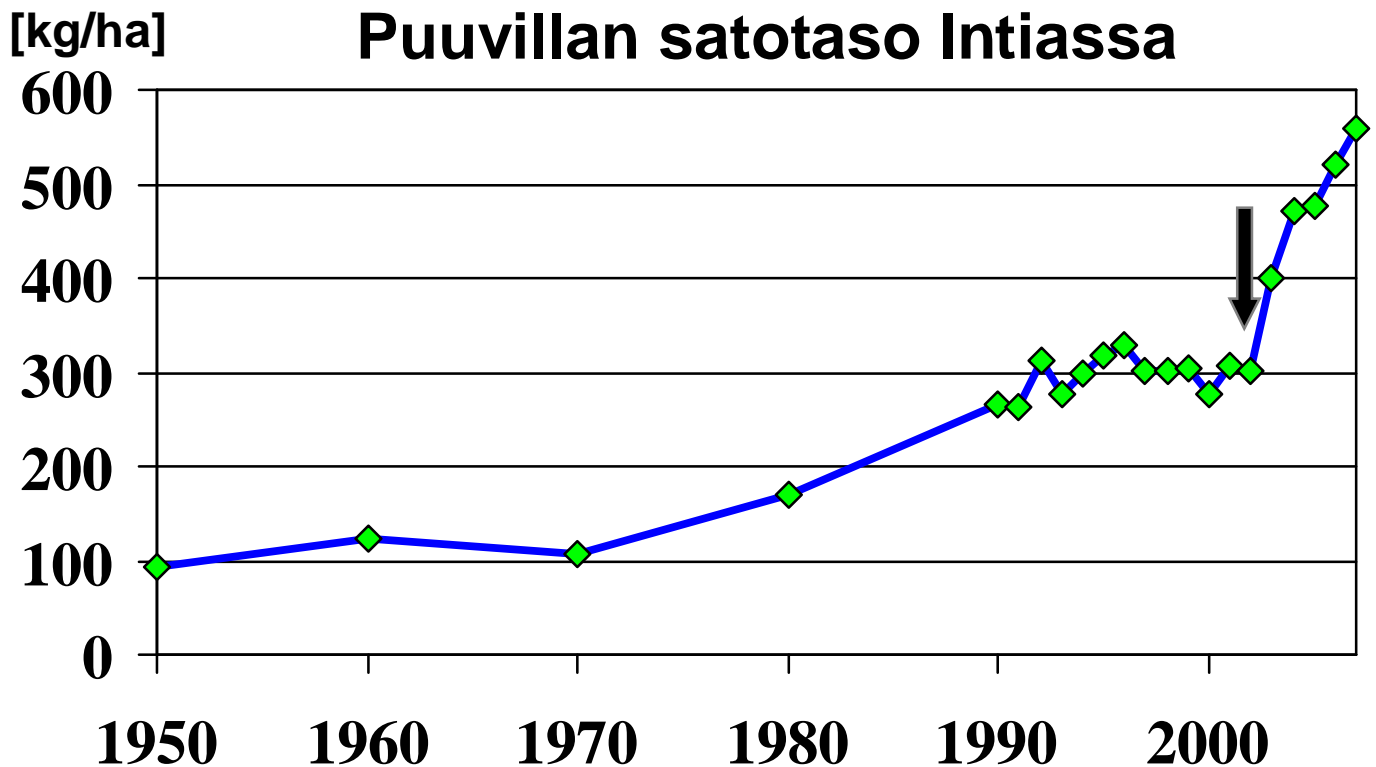
F *Science* 16.1.2004, *Terra Green* 31.1.2004

Miinoja haistava lituruoho



- Miinan ympäristöön vapautuu räjähteistä hiukan tiettyä typpiyhdistettä
 - Lituruoho on jalostettu tunnistamaan aine O kasvissa käynnistyy luontainen **punavärin** tuotanto
 - Kasvilinja soveltuu miinojen etsintään pelloilta
 - samalla idealla voitaisiin havaita myrkyllisiä raskasmetalleja maasta
 - ”Punastelu” on ekologisesti harmitonta
 - ei auta kasvia valtaamaan luontoa
 - Jäljityskyky jalostetaan myös tupakkaan
 - ja kenttäkokeet käynnistyvät Serbiassa 2008
- F www.aresa.dk

Yökkösenkestävät Bt-lajikkeet pelastivat Intian puuvilla-teollisuuden



- Bt-puuvillat tulivat Intiassa viljelyyn v.2002
 - hyväksyntäpäätös vuonna 2001
 - nyt niitä kasvatetaan noin 80 prosentilla Intian puuvilla-alasta
 - satotaso on noussut 80 % kuudessa vuodessa
- Gm-puuvilla vähentää itsemurhia Intiassa
 - osoittavat tutkimukset www.geenit.fi/Vahlitsem.htm
- Kuivankestäviksi jalostetut gm-puuvillat ovat jo viljelykokeissa

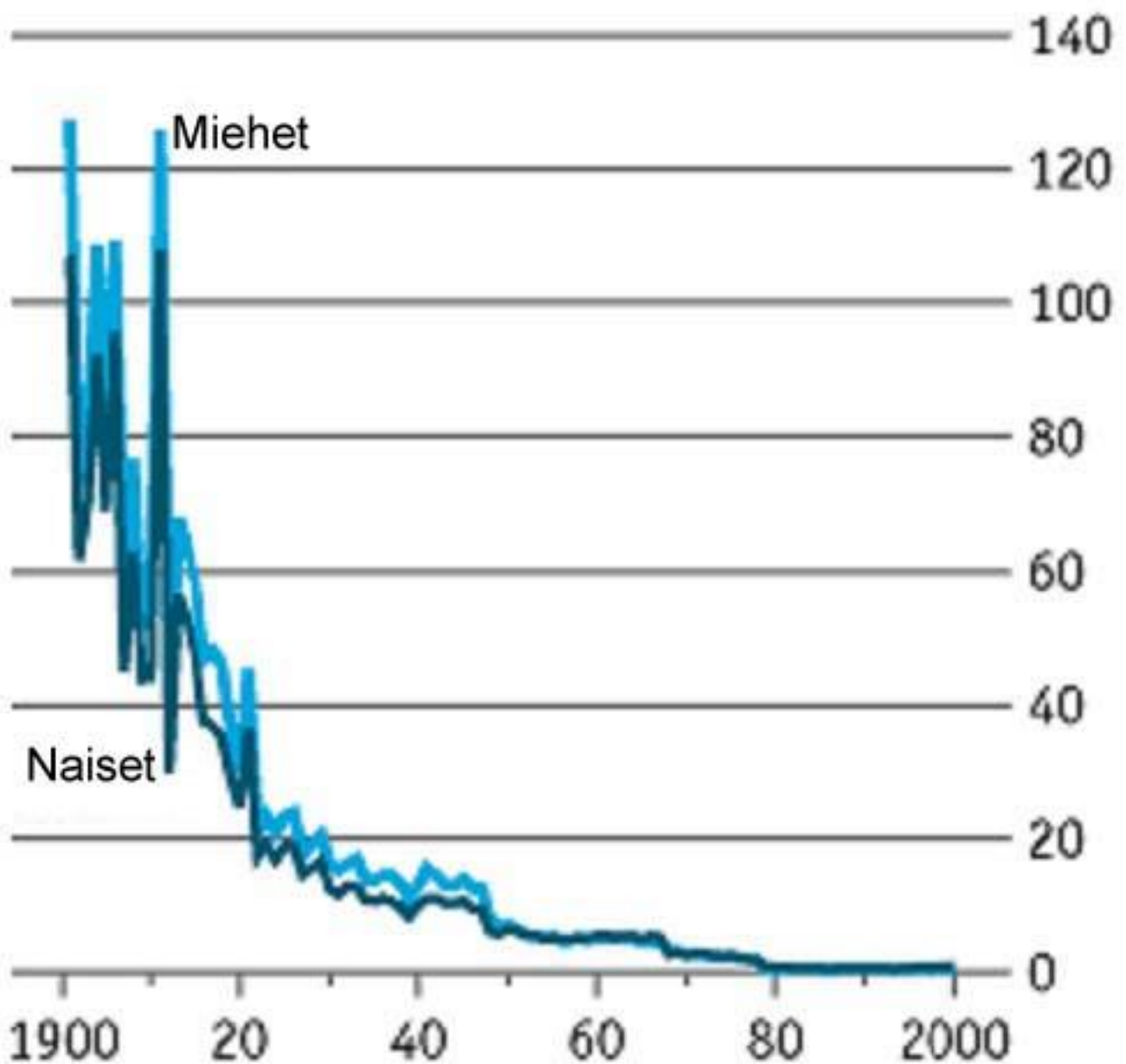
F www.cotcorp.gov.in/statistics.asp

Vanhat hyvät kalevalaiset ajat?

- Lönnrot määrättiin 1831 runonkeruumatkoiltaan Helsinkiin
 - 2% helsinkiläisistä kuoli koleraan...
 - ...ja sitä juhlittiin lääketieteen voittona
- Lääkäri Elias Lönnrotin
 - esikoispoika Elias kuoli pienenä aivokalvontulehdukseen
 - vanhin tytär Maria ystävineen kuoli nuorena keuhkotautiin
 - tytär Ida toipui keuhkotaudista
 - tytär Elina kuoli 18-vuotiaana kurkkumätään
 - nuorin tytär Tekla kuoli keuhkotautiin 18-vuotiaana
 - kasvattipoika Kustaa rakastui palvelustyttöön ja teki itsemurhan
 - vaimo Maria menetti kuulonsa ja kuoli keuhkotautiin 45-vuotiaana

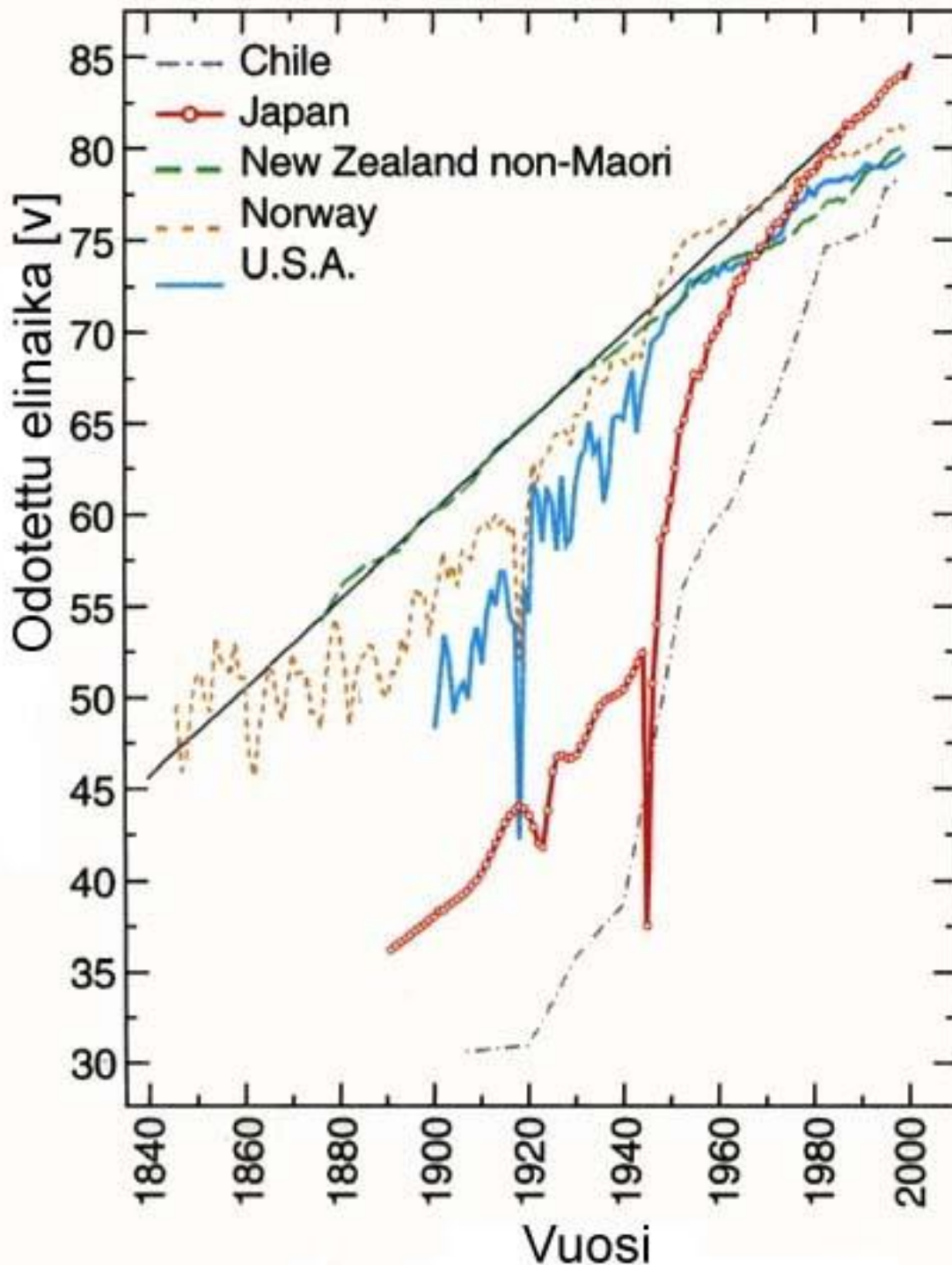
Ennen ruoka tappoi

Kuolleisuus suolistoinfektioihin
per 100,000 population, England & Wales



Lähde: Office for National Statistics

Eliniän nopea kehitys — ennen olisit jo vainaa...



ö Tiede: kunnan lääkkeet, parempi ruoka ja asuminen...



Ihminen seisoo maapallolla
mutta kädet sillä jää
vapaiksi kaikkiin tekoihin.

Outi Tammissola (5v.)