

GMFOOD?

MISTÄ RUOKA TULEE?

PUHTAINA MAHDOLLISTA KASVINJALOSTUSTA
JA LUOMURUOAN MYYTEJÄ

30.11.2010
18.00 - 20.00

VANHA KIRJASTOTALO, LUENTOSALI - KESKUSTORI 4, TAMPERE

LUENNOIJANA JUSSI TAMMISOLA,
MMT FL KASVINJALOSTUKSEN DOSENTTI

TILAISUUS ON ILMAINEN.

JÄRJESTÄJÄ : SKEPSIS RY

© J. Ahonen

Geeniruokaa? Mistä ruoka tulee?

Puhtainta mahdollista kasvinjalostusta
ja luomuruoan myyttejä

<http://www.geenit.fi/Skepsis10.pdf>

Tampere 30.11.2010

Jussi Tammisola

MMT FL kasvinjalostuksen dosentti (HY)

www.geenit.fi

Ruvetaan röhkimään...?



Ihminen ei ole mitä hän syö



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

Prioneille kyytiä?

On jo jalostettu:

– hulluton lehmä



www.geenit.fi/HullutonKarja.htm

– kutkaton lammas:



Salaatin geenit



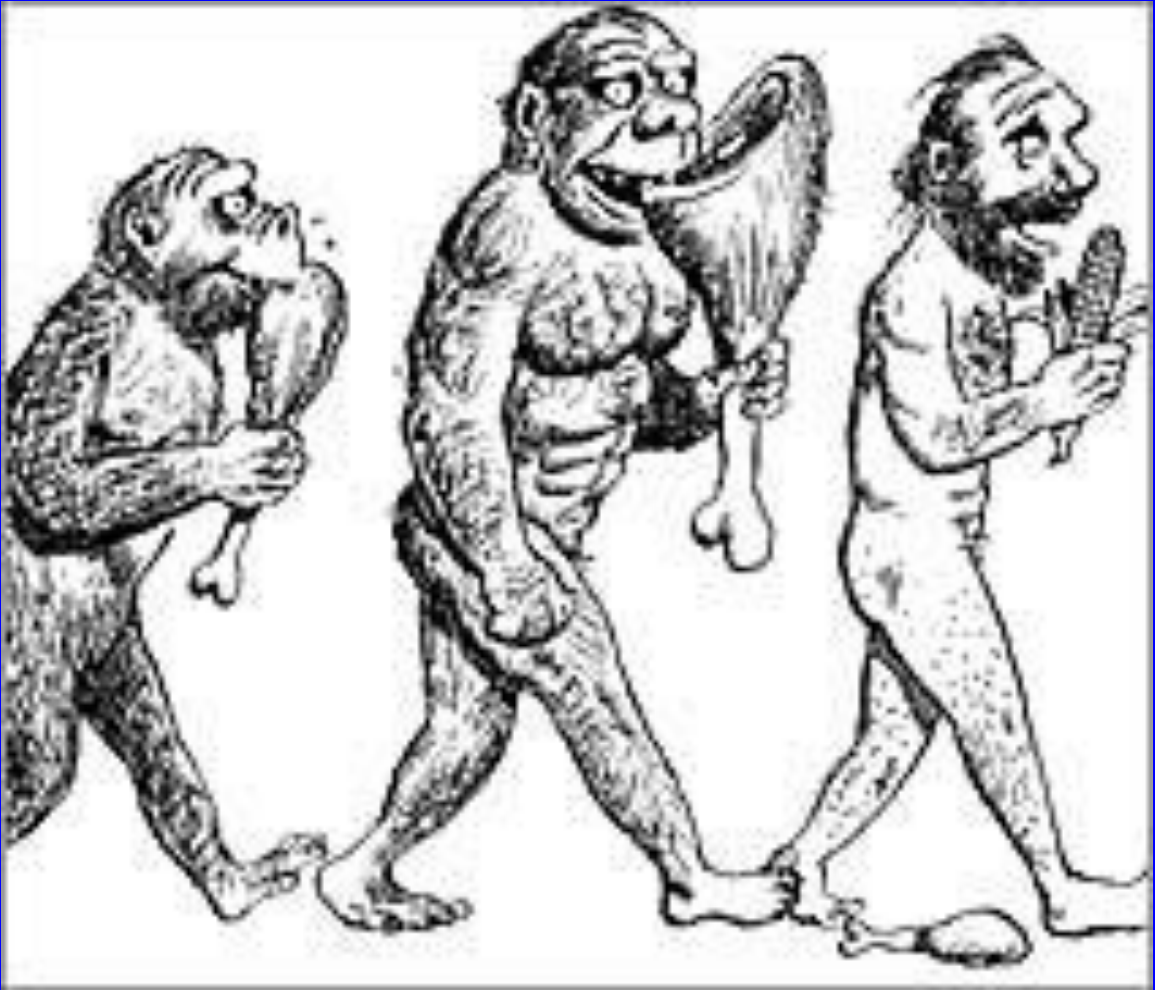
- ◆ Nauttikaamme 500 g annos sekasalaattia
 - siinä on 4 miljardia solua
 - joka solussa 25 000 geeniä
- ◆ Söimme siis 100 000 miljardia eli
100 000 000 000 000
”vierasta” geeniä
 - tässä tapauksessa kasvigeenejä
 - joista ”yllättävän” suuri joukko on melko lähellä omiamme



Kuva: ©J. Tammissola, Mallorca 2010

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

Ensiksikin, pyydystä lehmäsi...



- ◆ Voiko kivikauden metsästäjä paremmin kuin seuraajansa, aloitteleva maanviljelijä?

(Cordain ym. 2001)

Mistä ruoka tulee?

- ”Vanhoille perunoille tulisi järjestää kiitosjuhlia, kun ne ovat täyttäneet kutsumuksensa ihmiskunnan ruokkimiseksi”
(holisti Mae-Wan Ho, Suomen geenivastustajien johtotähti)
- Vai olisiko perunoilla sittenkin vallan muita kutsumuksia...?
- Kasvit eivät näet yleensä halua olla ravintoamme
 - ...vaan ovat ryhtyneet ”myrkkyjen pesäksi”
(koska eivät pääse karkuun)
- Kasvikunnasta tunnetaan jo noin 200 000 ”toissijaisen aineenvaihdunnan” yhdistettä (ns. sekundaarimetaboliittia)
 - ...joista useimmilla on puolustustehtäviä
- Harvoja poikkeuksia ovat eräät marjat ja eräät hedelmät
 - ...joilla kasvi yrittää käyttää meitä hyväksi siementensä levittämisessä
- Monet marjatkin ovat meille myrkyllisiä
 - esim. tuomi, näsiä, kielo, konnanmarja, koisot
- ...ne näet aikovat olla ”linnun ruokaa”
 - koska nisäkkäiden vatsassa siemenet usein kuolevat

Laatu = luuloa? Myyteistä myntiksi kotimaisen ruoan lumokampanjalla

- Maatalousministeri(ö) kampanjoi suomalaisten elintarvikkeiden laadun parantamiseksi, kovin kalliin ravinnon maassa:
- 16 muotikokkia maailmalta, kuorrutettuina kansainvälisillä toimittajilla, lennätettiin Lappiin luksuslomalle, valistamaan metsäläisiä kotimaisen lähiruoan hurmasta:
- Kokkasivat jäkälää, sammalta, neulasia, kukkia, tuohta, nilaa, puiden lehtiä, heinää ja juuria; toki ”Jätä raa’aksi”-idealla. Poronkieli hautui luonnonläheisesti vessan lattialla. ”Siinä on taikaa”.



”Meillä on kaikkea”, riemuitsee ministeriö kansalaisten puolesta (HS 9.9.2010)

Syödään Suomen luonto?

- Outoa, että 1860-luvun nälkävuodet tappoivat 170 000 ihmistä Suomessa...
 - Köyhien ruisleipään lisättiin näet puolet jäkälää
 - sen myrkkyjä on vaikea poistaa ja ravintoarvo on heikko (Antti Häkkinen, Yliopisto 10/2010)
- Etelä-Suomen kaupunkilaisten on ehkä tyytyminen jäkälän sijasta vaikkapa somaan punakoisoon
 - ...mutta onhan sekin sentään myrkyllistä (mikä vinkiksi aatteellisille ”keräilypuutarhureille”)



Punakoiso
(*Solanum dulcamara*)
Pirkkola 23.9.2010

” Tallien ja navetoiden edustalla sen uskottiin suojaavan karjaa noitien aiheuttamilta onnettomuuksilta”

Kuva: ©J.Tammisola

Hyönteiskestävä luomuselleri poltti sadonkorjaajien ihon

- Perinteisellä valintajalostuksella saatiin kehitetyksi hyönteisille vastustuskykyisempi sellerilajike
 - ...josta toivottiin apua luomutuotantoon, jossa ei saa 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 valkopolttoihottumia alkoi ilmestyä kaupan työntekijöiden ja satoa korjaavien maatyöläisten käsiin
- Syyn selvittyä lajike vedettiin nopeasti pois markkinoilta
 - ...jossa se oli jo levinnyt laajaan käyttöön

Villi palsternakka aiheuttaa usein tulehduksellista valoihottumaa eli fotodermatiittia

- Sarjakukkaiskasveissa on furokumariineja (psoraleeni), jotka auringossa aiheuttavat ihoon kroonisia vaurioita
- Fotodermatiittia aiheuttaa yleisesti mm. villi palsternakka (*Pastinaca sativa*)



Palsternakka, Tallinna 2009 © J.Tammissola



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 hyönteistuhailta cucurbitasiinilla
 - Kasvin oma, luontainen torjunta-aine
 - Aiheuttaa kurkkuihin kitkeryyttä
- Luomuviljelty kesäkurpitsa vei 16 ihmistä tehohoitoon Uudessa Seelannissa v. 2002
 - Paha kirjavuosi ⇒ kesäkurpitsat kärsivät ja tuottivat ”liikaa” torjunta-ainetta
 - Cucurbitasiinia on paljon vanhoissa, vapaapölytteisissä lajikkeissa...
 - joita luomu vielä käyttää ja lisää omasta siemenestä
- Life Sciences Network 10.5.2002

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
 - **suurina pitoisuuksina**, hiirikokeissa
- Toksikologian ”kultainen sääntö”: määrä tekee myrkyn...
- Yhdessä kahvikupillisessa on syöpää aiheuttavia yhdisteitä yhtä paljon kuin amerikkalainen saa synteettisten torjunta-aineiden jäämiä vuodessa
- Tavallisia viljeltyjä kasviksia ei siis tarvitse pelätä
 - ...kuten ei kahviakaan
 - ...(ja maksaa maltaita harhauttavasta ”kulttiruoasta”)
- ...sillä syöpä ei tule niistä:
 - niiden haitta-aineiden pitoisuudet ovat moiseen aivan ”liian” pieniä

Ympäristötoksikologian ”klassikko”:

Ames BN, Gold LS (2000): Paracelsus to parascience: the environmental cancer distraction. Mut. Res. 447: 3–13

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

Syö joka päivä matolääkettä vitamiinivihanneksena?



VITMÄLLÄ, CHENOPODIUM ALBUM L.

- Fyysikko, "ekofeministi" Vandana Shiva , tunnettu intialainen geenivastustaja, vaatii Intian köyhiä syömään jalostetun A-vitamiiniriisin sijasta "sukupuuttoon ajettua bathuaa" (jauhosavikka). Rikkakasveja ei siksi saisi torjua pelloilta. (Shiva 14.2.2000)

- "Jauhosavikka sisältää jopa 11% oksalaatteja... on aiheuttanut myrkytyksiä lampailla ja karjalla". (Lopez ym. 1988, Veterinaria Argentina 5: 230,236)
- "Savikka sopii kaikenlaisten suolistoloisten häätämiseen."
(Paavo Airola 1988. Voi hyvin. Luonnonlääketieteen käsikirja. Suomen Terveyskirjat Oy)

Osa I: Kuinka emot auttavat?

Syötävä puuvilla
hävittää pullovatsat



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
- Geenitekninen menetelmä (Rna-häirintä) palkittiin lääketieteen nobelilla vuonna 2006
 - käytetty kasvinjalostuksessa jo 20 vuotta, varsinkin viruskestävien lajikkeiden jalostamiseksi

☞ <http://agnewsarchive.tamu.edu/dailynews/stories/SOIL/Nov2006a.htm> , Sunilkumar ym. (2006). *PNAS* 103: 18044-18059



Syötävät puuvillansiemenet – proteiinia miljoonille kehitysmaissa (keskustelua vastustajien kanssa)

- ”Eikö rna-häirintä ole epästabiilia”?
 - ...kysytään ”penseästä takarivistä”, jota ei lääketieteen nobel oikein innosta (30.11.2010)
- Ominaisuuksien ’stabiilisuus’ (pysyvyys) on yksi kasvilajikkeiden kolmesta perusvaatimuksesta (’DUS’)
 - ...kansainvälisessä kasvinjalostajien oikeuksia koskevassa UPOV-sopimuksessa sekä kansallisissa jalostussäädöksissä
- Laboratorio- ja kenttäkokeissa myrkkyy on sammunut puuvillan siemenistä oikein hyvin
 - ...ja tuotantokäyttöön aivan riittävän stabiilisti
- Ravitsemuskokeissa siemenet ovat osoittautuneet hyvän makuisiksi, terveellisiksi ja turvallisiksi
- Parannettujen lajikkeiden tuotelaadun säilymistä tarkkaillaan toki säännöllisesti useimmissa kasvilajikkeissa, joista on sammutettu haittageenejä
 - Esim. haitallinen erukahappo voi palata rypsiin takaisin: toimivan haittageenin rypsi voi saada helpoimmin villistä peltokaalista, jonka kanssa se risteytyy helposti
 - peltokaali on näet samaa lajia: rypsin villi kantamuoto
 - Tämä on uhkana erityisesti luomuviljelyssä, jossa rypsipelloilla saattaa kasvaa runsaasti peltokaaleja (eikä niiden siemeniäkään voida lajitella pois rypsin sadosta...)
 - ...onhan luomussa rikkakasvien torjunta niin tehotonta, ettei aate saa tuotetuksi edes riittävän puhdasta rypsin kylvösiementä
 - ...vaan luomupellot joudutaan lähes aina kylvämään tavallisella rypsin siemenellä (aina vain anotun erivapauden turvin)
- Ihmisen geenihoidoissa voidaan toki usein tarvita suurempaa stabiilisuutta kuin kasvintuotannossa

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
- ☞ www.goldenrice.org/Content3-Why/why1_vad.html
- ☞ www.gmo-compass.org/eng/news/stories/289.docu.html
- Uusimmissa kultaisen riisin linjoissa on 20 kertaa enemmän beetakaroteenia kuin varhaisemmissa
- ☞ Paine ym. (2005), *Nature Biotechnology* 23: 482-487
- ☞ www.goldenrice.org/PDFs/fs_GR_IRRI_2005.pdf

Pitkäketjuisia omega3-öljyjä viljelykasveihin – terveyttä riskiryhmille

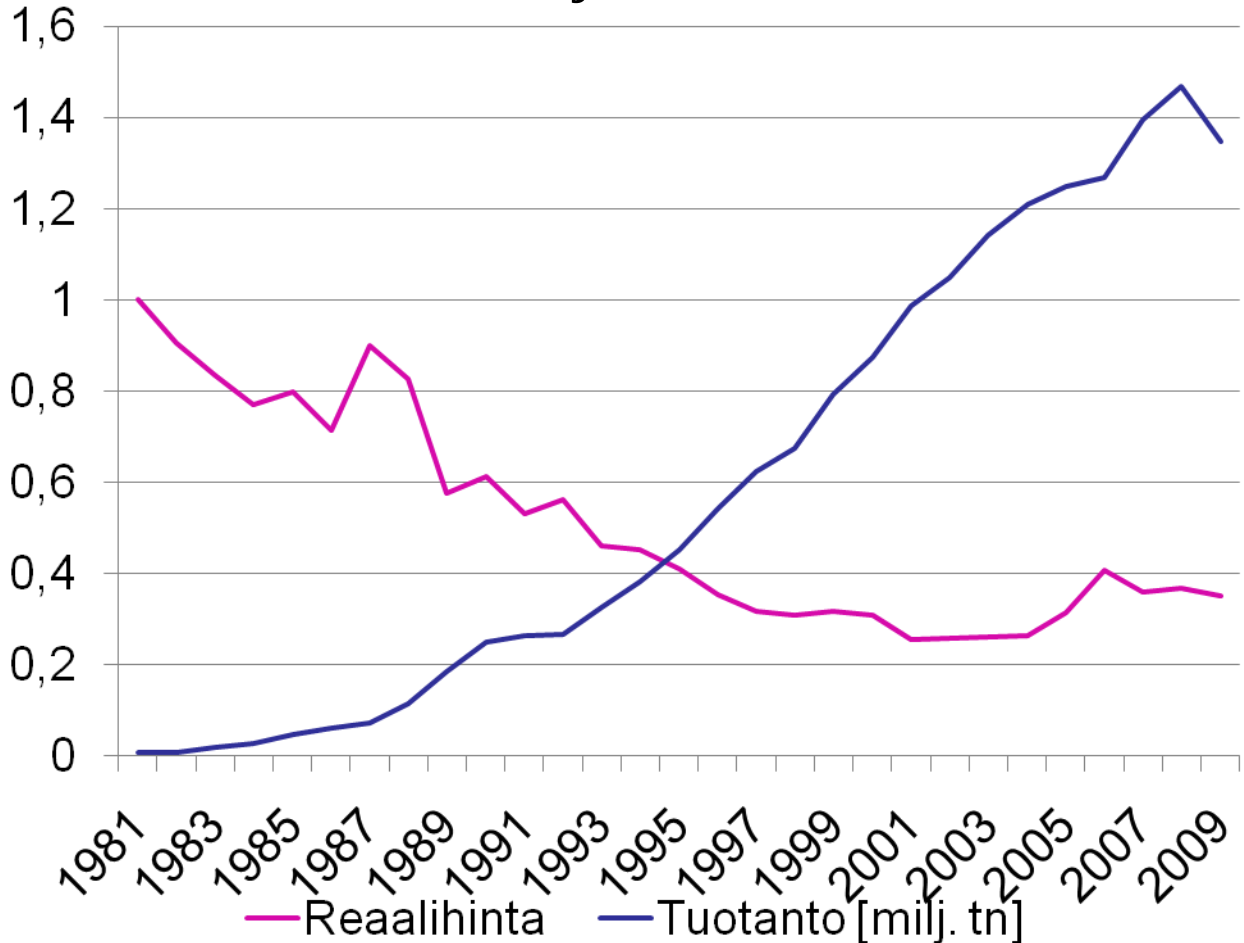
- **Pitkäketjuiset omega3-rasvahapot (EPA ja DHA) ehkäisevät sydäntauteja**
 - saattavat alentaa kuolleisuutta jopa yhtä paljon kuin statiinit
(Stanley 2006, *Lipid Tech.* 18: 158)
- **Näitä sydänystävällisiä rasvahappoja saadaan toistaiseksi vain kalasta**
- **Kalaa ei kuitenkaan riitä maailmassa kaikille**
 - vaan sen saanti on vähenemässä ylikalastuksen ja kalastusrajoitusten vuoksi
- **Kasvinjalostajat ovat siksi kehittämässä viljelykasveja, jotka turvaisivat pitkäketjuisten omega3-rasvahappojen suositellun saannin kaikille, varsinkin**
 - maailman köyhille (joiden ruokavalio usein perustuu kasveihin)
 - vegaaneille, ja
 - kala-allergikoille

Sydänystävällisten öljykasvien jalostaminen

- **Itse asiassa kalat saavat pitkäketjuiset omega3-rasvahapponsa levistä**
- **Kasvikunnassa niitä osaavat valmistaa sammalet ja levät, mutta eivät kukkakasvit**
 - viljelykasveissa omega3-happoja syntyy vain lyhytketjuisina (vähemmän hiiliatomeja), jollaisista on niukasti hyötyä terveydelle
- **Tarvittava geeni puhdistettiin levälajista ja jalostettiin öljykasveihin geenitekniikalla**
- **Kenttäkokeet osoittavat, että jalostetuissa koekasveissa syntyy runsaasti näitä toivottuja rasvahappoja (EPA ja DHA)**
- **Sydänystävällisten omega3-kasviöljyjen odotetaan tulevan markkinoille vuonna 2011 Amerikassa**

Muuntogeeninen lohi parantaisi kansanterveyttä

Lohen reaalihint* ja tuotanto USA:ssa 1981–2009



(Smith ym. Science 2010; 330: 1052–3)

- Myyntilupaa haetaan USA:ssa gm-lohelle, joka hyödyntää rehun (eko)tehokkaammin:
 - se käyttää vähemmän rehua ja kasvaa nopeammin
- Sen kasvatus lisääisi lohen tuottavuutta ja alentaisi lohen hintaa kaupan tiskillä
 - mikä lisääisi lohen kulutusta ja parantaisi väestön terveyttä (Smith ym., Science 19.11.2010)
- Annos lohta viikossa vähentää sydäntautiriskiä 36 %

* Inflaation vaikutus poistettu

Perinteinen kassava on kehnoa ruokaa



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

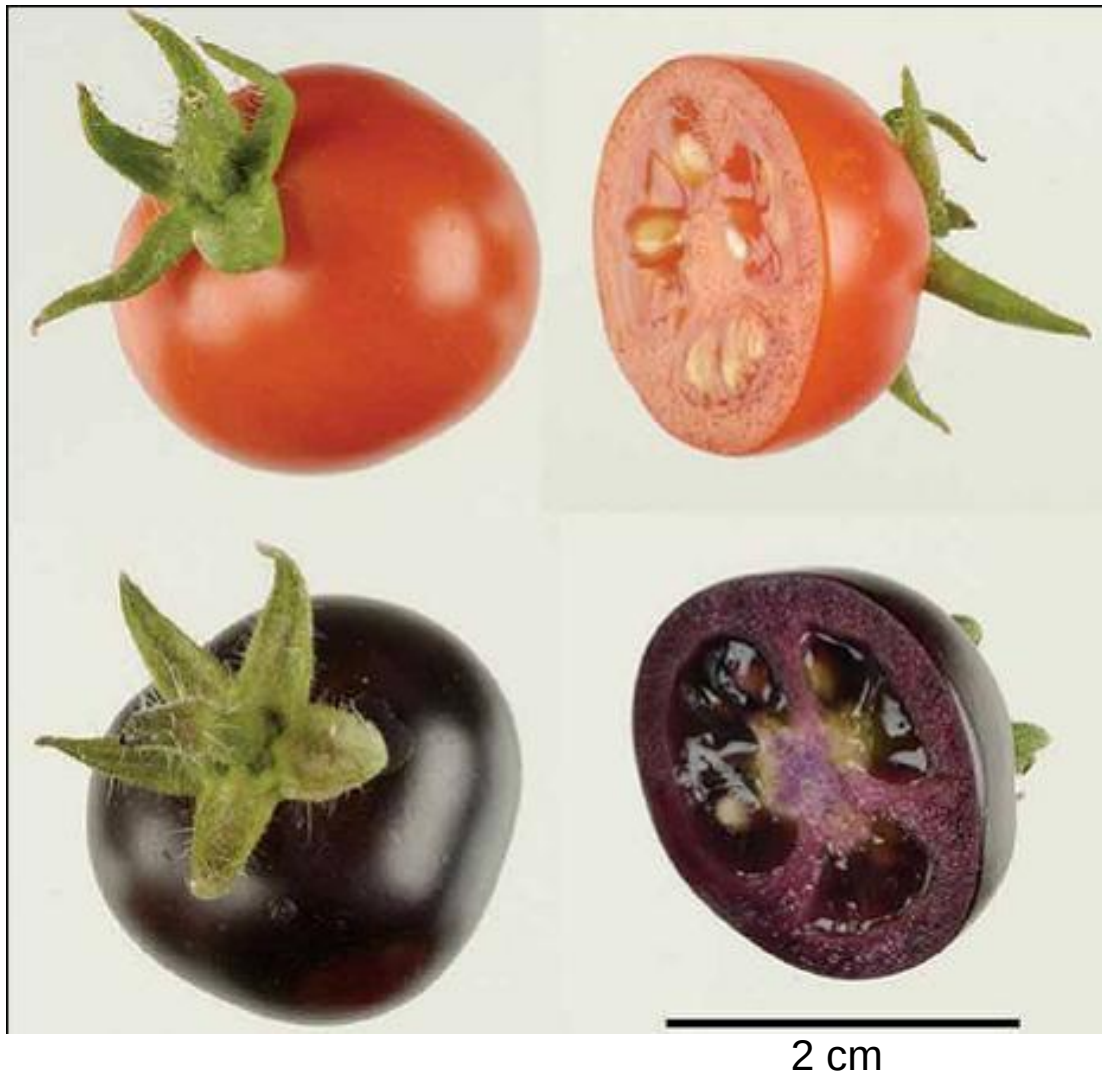
Annos biokassavaa turvaa päivän ravitsemuksen

- ❖ **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 usein pysähtyy geenivaihtelun niukkuuteen



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

Antosyaanitomaatti torjuu syöpää



– sinitomaattia nauttineet syöpähiiret elivät neljäsosan pidempään

(*Nature Biotechnology* 2008)

Tomaattiin terveellisyyttä

- ◆ Tomaattiin jalostettiin kaksi leijonankidan geeniä
 - transkriptiofaktoreita (säätelevät geenitoimintaa)
- Hedelmiin kertyi antosyaaneja yhtä paljon kuin mustikoihin*
- ◆ Sinitomaattia saaneet syöpähiiret elivät neljänneksen kauemmin kuin punatomaatilla ruokitut
- ◆ ...vaikka myös punatomaatti ehkäisee syöpää
 - punaisella väriaineellaan (lykopeeni)

👉 www.nature.com/nbt/journal/v26/n11/abs/nbt.1506.html

* ”Miksei sitten vain syötäisi mustikoita”? Terveellisiä nekin, mutta: ei tätä syöpätehoa; kalliimpia; kasvavat vain eräissä metsissä

...ja makua

- ◆ Toiseen tomaattilajikkeeseen jalostettiin yksi basilikan geeni
 - geraniolsyntaasi
 - geeni ohjattiin toimimaan hedelmän kypsyessä
- Hedelmiin kertyi tavallista enemmän monoterpeenejä
- ◆ ...ja makutesteissä ihmiset pitivät näitä tomaatteja maukkaampina kuin perinteisiä tomaatteja (*Nature Biotechnology* 2007)

➤ www.nature.com/nbt/journal/v25/n8/abs/nbt1312.html

Vitsauksille täsmätorjuntaa
turvallisesti

Kasvit torjuvat vitsauksia – kuten meitä

- Kasvit torjuvat tuholaisiaan tuhansin myrkyin
- ...ja siksi monet ”villivihanneksista” ovat meille vaarallisia
- Kasvinjalostuksella ja ovelilla manipulaatioilla
 - ”käsittelyt” ja ruuan ”valmistus”
- ... myrkkukasveja on vallatturuoaksemme
 - peruna, paprika, kesäkurpitsa ja moni muu
- Meille haitallisia myrkkyjä olisi vähennettävä
- ... mutta se on kaksipiippuinen juttu, sillä
- ...ilman suojaa kasvit syödään pellolla ”parempiin suihin”
- Kasvinjalostuksen dilemma:
 - kuinka vähentää kasvista ihmiselle myrkyllisiä aineita
- ...heikentämättä kasvin puolustusta muita otuksia vastaan?
- Uusia kasvibiologian ratkaisuja:
 - kasvinosien täsmäsaneeraus (geenimuuntelulla)
 - suojan korvaaminen toisella, meille vaarattomalla

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)

Mistä luomuomenan tuntee? No, siinä asuu terveitä matoja...



© J.Tammisola

- Kotipuutarhuri sai kesällä 2006 ystävystyä erityisesti omenakääriäisen toukkiin
- Piilohome on vallannut valkean kuulaan sydämen toukan käytävien kautta
- Omenasoseet ovat poistuneet vauvanruokien valikoimista monilla valmistajilla, sillä homemyrkkypatuliinia esiintyy niissä liian usein

Kaikki tallella...

Senni ja Safira



Goldberg

Taiteilija Kaarina Goldberg on antanut J. Tammisolalle luvan käyttää Senni ja Safira –sarjakuvaa opetuksessa

Euroopan maissikoisa on paha tuholainen

- ◆ Koisan toukka kaivautuu maissin varsiin ja syö ne poikki
 - ...ja vahingoittaa myös tähkiä, jolloin niihin iskee *Fusarium*-home
 - **homemyrkky** on vaarallista terveydelle
 - ...aiheuttaa syöpää sekä maksa-, hermosto- ja sikiövaurioita
 - ...varsinkin tortillavyöhykkeen luomumaissia syövissä kehitysmaissa
- ◆ Koisankestävässä maississa homemyrkkyä (fumonisiini) on jopa sata kertaa vähemmän kuin tavallisessa
- ◆ ...ja luomumaississa sitä voi olla jopa tuhat kertaa enemmän

www.geenit.fi/MaisHome.htm



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

Rna-häirintä – lääketieteen nobelilla kasvit suojaan turvallisesti

- Lääketieteen nobel 2006 myönnettiin rna-häirinnän kehittämisestä
www.geenit.fi/NobelGm.htm
- Menetelmä on tuomassa ihmiskunnalle ennen näkemättömiä mahdollisuuksia
- ...kasvien täsmäsuojeluun niiden vaarallisimmilta tuholaisilta ja taudeilta
 - meille haitattomasti, ja
 - muita eliölajeja vahingoittamatta
- Haittaeliön menestyminen kasvissa estetään sammuttamalla kohdennetusti jokin sen hyökkäykselle tärkeä geeni
- ...jalostamalla kasvisoluun valikoivasti juuri tuohon geeniin kohdistuvia häirintä-rna-jaksoja
- Mao ym. (2007). *Nature Biotechnol.* 25: 1307–1313 <http://dx.doi.org/10.1038/nbt1352>
- Eri tuhoojalajien välillä on aina geneettisiä eroavuuksia,
- ...joten kasvinsuojelussa voidaan vihdoin päästä lajitason tarkkuuteen
- ...mikä säästää elävää luontoa ja ihmistä
- Ensimmäinen sovellus on jo jalostettu:
 - uusin juurikuoriaiselle vastustuskykyinen maissi

Puhtainta mahdollista
kasvinjalostusta

Uudella täsmämuuntelulla...

(Nature 2009)

- ❖ ...voidaan villistä kasvilajista löydetty hyötygeeni, esim. taudinkestävyysgeeni, noutaa puhtaana viljelykasvin perimään
 - ❖ ilman yhtään ei-toivottua kyytiläistä, joita perinteisissä risteytyksissä saapuu kasviin tuhatmäärin
- ❖ Geeni voidaan lisätä täsmälleen haluttuun kohtaan kasvin miljardien dna-emästen ketjussa
 - ❖ ...yhden dna-emäksen tarkkuudella
(Townsend ym 2009*, Tammisola 2009#)
- ❖ Olemassa oleva tärkeä kasvilajike voidaan parantaa taudinkestäväksi yhdellä jalostusaskelilla ja lajikkeen suotuisaa genotyyppiä sotkematta
- ❖ Tämä on:

- ❖ tuhansia kertoja puhtaampaa
- ❖ satoja kertoja turvallisempaa
- ❖ kymmeniä kertoja tuloksekkaampaa

kuin kasvinjalostus ”perinteisillä” menetelmillä

* Townsend JA et al (2009). High frequency modification of plant genes using engineered zinc-finger nucleases. Nature adv. online publ. 2009, 5.

<http://dx.doi.org/10.1038/nature07845>

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

Perinteinen mutaatiojalostus

(70 vuotta)

- ...on kasvin perimän summittaista särkemistä onnekkaiden muutosten toivossa
 - ei mitään "sokean kellosepän" tarkkuustyötä, vaan
 - ..."aleatorisen apinan" sattumanvaraista mäiskintää
 - ...tietokoneen "korjailua" vasaralla hakkaamalla
- 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
- Kelvottomien muutosten massa 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 rypsiensiemen puolikkaasta

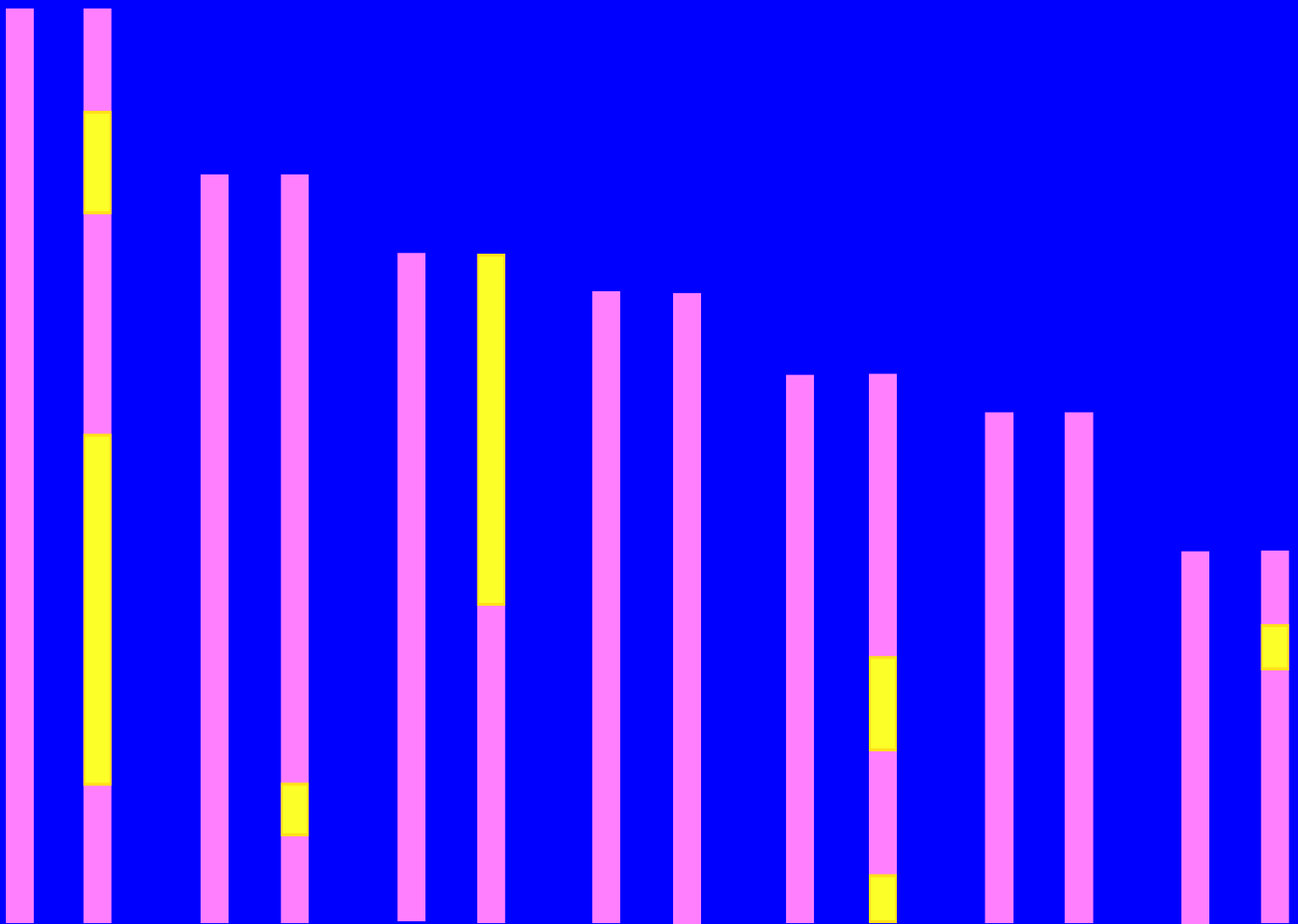
”Maissin” typpitaloutta parannetaan perinteisillä, kasvisukujen välisillä risteytyksillä?



- ❖ ”Geenimuuntelun väistämiseksi” yrittävät eräät tutkijat tehostaa typenkäyttöä maissilla lajiristeytysten avulla
- ❖ **Puhveliheinillä** (kasvisuku *Tripsacum*) juuristo käyttää tyypeä tehokkaammin hyväkseen kuin maissin juuristo
 - ...mutta puhveliheinien tähkät ovat vain pieniä, muutaman sentin ”luiruja”
- ❖ Maissi ja puhveliheinä voidaan risteyttää vain erilaisten manipulaatioiden avulla (käyttäen ”siltana” risteytyksiä villien teosinttien kanssa)
 - mutta tässä lajiristeytymässä on tuhansia viljelymaissille haitallisia, ”primitiivisiä” geenejä
 - ...joten hybridi on yhtä alkeellinen tai primitiivisempi kuin alkumaissi oli tuhansia vuosia sitten
- ❖ Ongelman lieventämiseksi 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”: likaista arpapeliä (www.geenit.fi/HSTKas110804.pdf)
 - johon menneen ajan kaiho meitä houkuttaa?

Geenin nouto risteyttämällä villilajista ja puhdistaminen takaisinristeytyksillä

Risteytysjälkeläisen kromosomit ovat mosaiikki risteytysvanhempien kromosomien osista



 Viljelykasvi

 Villilaji

Mikä sopii härälle tai Jupiterille, ei välttämättä sovi ihmiselle



Puhveli, Korkeasaari 15.7.2009. © J.Tammisola

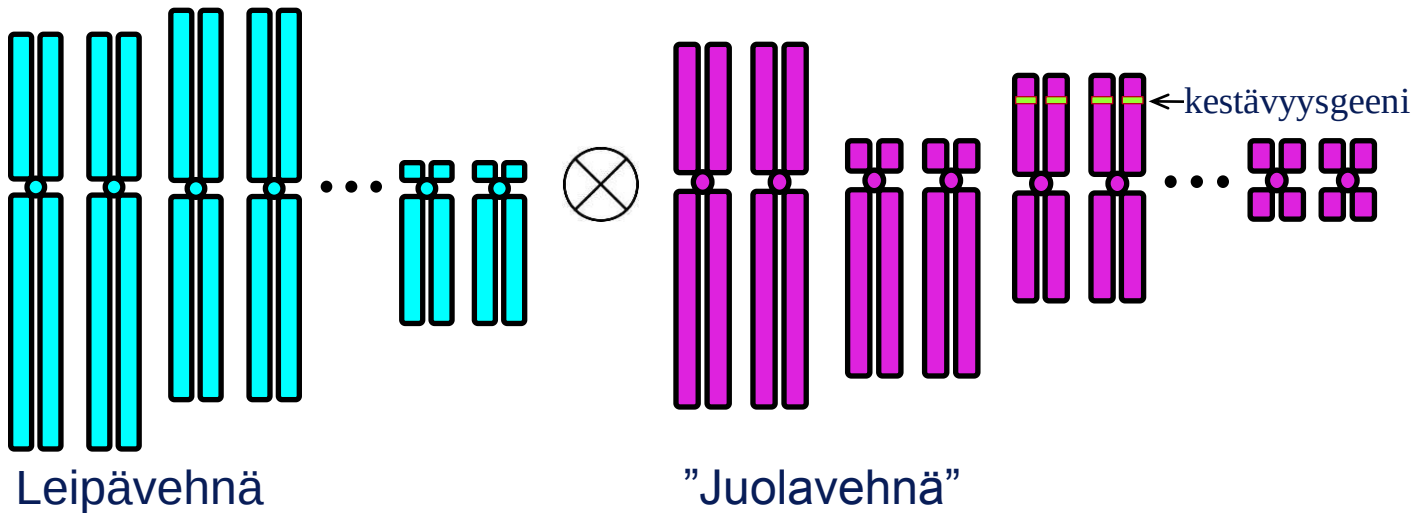
- Miksi ihmeessä ihmiskunnan pitäisi ottaa täysin tarpeettomia riskejä?
 - ...likaamalla "peruuttamattomasti" ihmiskunnan vuosituhantinen luomus, maissi,
 - ...sadoilla puhveliheinän tuntemattomilla, "primitiivisillä" ja usein vahingollisilla geeneillä
 - ...hakuammuntana, menneisyyden arpakonsteilla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

Mustaruosteen uusi rotu hyökkää – kuinka vehnää pelastetaan perinnejalostuksella?

(”perinteinen kromosomimanipulaatio”) 1.

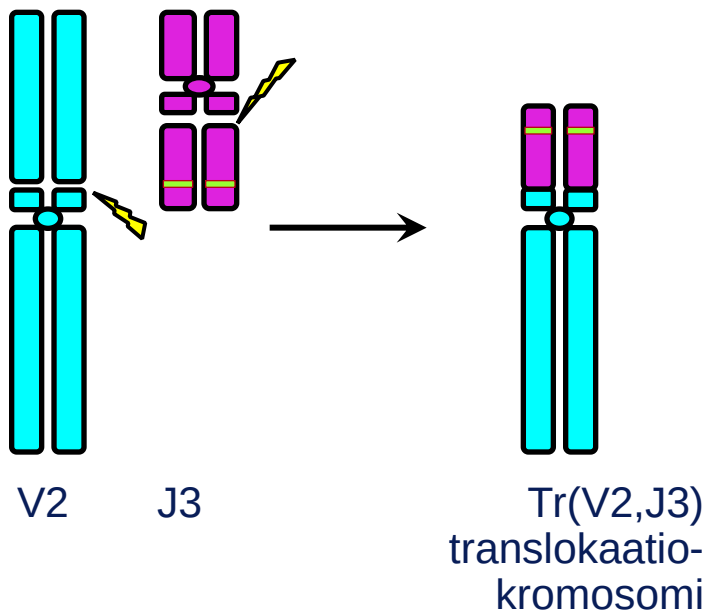
I. Leipävehnä ja juolavehnän sukulainen pakkoristeytetään

- ❖ Hybridisiemen pidetään hengissä ”keskoshoidolla” (alkionpelastus)



II. Lajiristeytymää pommitetaan säteilyllä kromosomien katkomiseksi

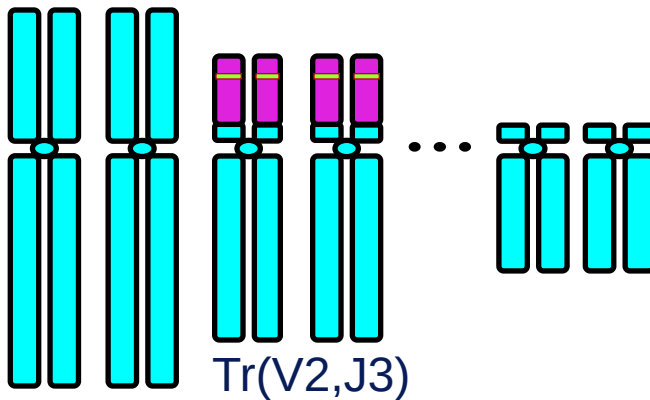
- ❖ Vehnän jonkin kromosomin osa häviää ja tilalle tarttuu ”juolavehnän” kromosomin osa



Mustaruosteen uusi rotu hyökkää – kuinka vehnää pelastetaan perinnejalostuksella? 2.

III. Lajihybriditä risteytetään takaisin vehnään
5–10 sukupolven ajan* turhien villikromosomien
karsimiseksi

- ❖ ...ja lopuksi tuotetaan homotsygoottinen kasvulinja itsepölytyksillä tai kaksoishaploiditeknikalla



Tuloksena vehnälinja, johon on ympätty
”juolavehnän” kromosomin osa

- ✓ Vehnän perimästä katosi irronneen kromosominpalan mukana jopa satoja tai tuhansia vehnän geenejä pysyvästi
 - ❑ ...joukossa viljelylle tai laadulle tärkeitäkin
- ✓ Vehnän perimään liittyi jopa satoja tai tuhansia ”juolavehnän” tarpeettomia geenejä
 - ❑ ...joukossa viljely- tai laatuominaisuuksia heikentäviäkin
- ✓ Liittymiskohtaan voi muodostua toimiva fuusiogeeni: usein haitallinen kahden geenin sulautuma

*Dna-määrittysten tukemana, sillä 5 sukupolven päästä vielä yli puolet jälkeläisistä sisältää ”juolavehnän” kromosomeja

Karukka on karviaisen ja mustaherukan risteytymä



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

Kesyttääkö uusia villikasveja viljelyyn...?



J. Tammisola©

- Mesimarja (*Rubus arcticus*)
 - ”maukkein Euroopan marjoista” (Linné 1762)
- Harvinaistuva laji – marjojen saanti luonnosta vähenee
- Jo Linné teki viljelykokeita
- Jalostusyriytyksiä 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

Edesmennyt banaani
kuntoutuu?

Banaani on kehitysmaiden neljänneksi tärkein ruokakasvi



Kuva: J.Tammissola, Rodos 2009

- ◆ Ugandassa, Burundissa ja Ruandassa syödään 250–400 kg banaaneja vuodessa/hlö

Kuka pelastaisi "hymyilevän banaanin"?



Black sigatoka - banaanin lakastumistauti



Cavendish-banaanien lähtölaskenta on alkanut?

- ❖ **Uudet tuhoisien sienitautien rodut uhkaavat hävittää nykyiset viljelybanaanit**
- ❖ **Samoin kävi ”hymyilevälle banaanille” jo puoli vuosisataa sitten**
 - iso ja makea Gros Michel –lajike katosi kokonaan kaupoistamme
- ❖ **Kestävyysgeenejä on saatavissa villeistä banaanilajeista**
 - ...mutta ainoastaan geenimuuntelulla
- ❖ **Cavendish-lajikkeet voidaan jalostaa taudinkestäviksi**
- ❖ **...ja myös vanha suosikki, Gros Michel, voidaan ”herättää henkiin” muuntamalla se taudinkestäväksi täsmäjalostuksella**

www.geenit.fi/Alba9203.pdf

Suosikkibanaanin ylösnousemus – kehitysmaasta?

- ◆ ”Hymyilevä banaani”
(’Gros Michel’) on jalostettu taudinkestäväksi geenimuuntelulla Ugandassa
 - kasviin tuotiin kaksi sienitaudeilta suojaavaa kitinaasigeeniä riisistä
 - laboratorionkokeissa kasvit olivat erittäin kestäviä uutta tuhoisaa lehtilaikkutaudin (Black Sigatoka) rotua vastaan
 - kenttäkokeet ovat jo käynnissä
- ◆ Banaanien geenikartoituksen edetessä kestävyysgeenejä noudetaan puhtaina myös villibanaaneista

http://www.geenit.fi/Natura4_2010.pdf

Kasvi ehtii pelastaa
pandemiassa

Tehokas rokote lintuinfluenssaan syntyy nopeasti kasveilla

- ◆ Rokote-ehdokas H5N1-lintuinfluenssa-viruksen uuteen kantaan voidaan kehittää jopa kuukauden kuluessa virusnäytteen saapumisesta tutkittavaksi
 - ratkaisevasti nopeammin kuin perinnekeinoin (kasvattamalla munissa tai soluviljelmissä)
- ◆ Muuntogeenistä rokoteproteiinia tuotetaan suuria määriä kasveissa ns. tilapäisen ilmentämisen avulla (Medicago Inc.)
- ◆ Proteiinipartikkelit ovat samanlaisia kuin itse virus, joten ne
 - ...aiheuttavat immunitetin mahdollisimman tehokkaasti
- ◆ ...mutta niistä puuttuu kokonaan viruksen perimäaines, joten ne ovat turvallisia
 - eivät voi aiheuttaa itse tautia kenellekään (kuten perinteiset heikennetyt rokotevirukset)
- ◆ Prekliinisissä kokeissa mallirokote on jo osoittautunut hyvin tehokkaaksi
- ◆ Kasveissa rokotetta voidaan tuottaa nopeasti, paljon ja tarpeeksi halvalla
 - kehitysmailinkin olisi varaa suojata väestönsä

Hoitoproteiineja geenitekniikalla – halvemmalla, nopeammin, turvallisemmin ja eettisemmin

Ihmisen hoitoproteiineja on järkevää tuottaa **kasvien avulla**:

- ◆ Insuliinia saflor-kasvin öljyssä
 - hyväksytään käyttöön v. 2010 ?
 - ☞ www.tekniikkatalous.fi/doc.te?f_id=1219168
- ◆ Äidinmaidon suoja proteiinia riisinjyvissä
 - vähentää lasten ripulikuolemia kehitysmaissa
 - parantaa suolaseoksen antamaa hoitotulosta kymmenillä prosenteilla
 - ☞ www.geenit.fi/AidMaiProtRii.htm
- ◆ Tehokkaampaa H5N1-pandemiarokotetta sinimailasessa
 - nopeammin, riittävästi ja halvemmalla
- ◆ Hiv-tartunnan ehkäisevää proteiinia tupakan lehdissä
 - sykloviriini-N säästää naiset tartunnalta
 - ☞ www.tekniikkatalous.fi/doc.ot?f_id=1219177
- ◆ ”Rokotetta voidaan geenitekniikan avulla valmistaa halvemmalla, nopeammin, turvallisemmin ja eettisemmin”
(Akseli Hemminki, HS 1.2.2007)
 - ☞ www.geenit.fi/HS010207Hemm.pdf

Viljelykasvit kestäviksi

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 ohrasta että rukiista

Suolamaanviljelyn aika – murtovesi ja suolavesi käyttöön maataloudessa?

- ❖ **Makeaa vettä on 1 prosentti**
 - ...samoin murtovetä, mutta suolavettä on 98 prosenttia
- ❖ **Puolet makean veden helpoista varannoista on jo käytössä**
- ❖ **Kasvit olivat alun perin halofyyttejä eli sopeutuneita korkeaan suolapitoisuuteen**
- ❖ **Nyt vain prosentti maakasvilajeista pystyy kasvamaan ja lisääntymään suolaisilla mailla**
 - eivätkä niistäkään kuin muutamat kestä meriveden suolapitoisuutta
- ❖ **Moni suolansietäjä voisi periaatteessa soveltua viljeltäväksi suolamaanviljelyssä**
 - ...jossa maan suolapitoisuus olisi puolet vähäisempää kuin nykyinen meriveden suolapitoisuus
- ❖ **Matka villikasvista viljelykasviin vain on yleensä pitkä ja veisi paljon aikaa**
 - hyvin monia viljely- ja sato-ominaisuuksia on parannettava (vrt. mesimarja)
 - perinteisillä viljelykasveilla siihen kului vuosisatoja tai –tuhansia
- ❖ **Tärkeistä viljelykasveista voidaan nopeammin jalostaa suolankestäviä lajikkeita geenimuuntelulla**
- ❖ **Meriveden käyttö kasvintuotantoon on vasta lapsenkengissä**
 - ...mutta merivedessä olisi runsaasti kasvien tarvitsemia mikro- ja makroravinteita
 - ...eikä siitä myöskään tulisi pulaa
 - myös murtovetä on paljon (ja se olisi monille kasveille helpompaa)
- ❖ **Suolankestävien kasvien kasvatusta voitaisiin helposti kytkeä vesiviljelyyn**
 - ...eli vesieläinten kuten kalojen ja äyriäisten kasvatukseen

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

Kuivankestävyyden jalostaminen

❖ Kuivankestävät kasvilajikkeet

- tuottavat normaalisadon vähemmällä veden kulutuksella
- satunnaiset kuivuuskaudet eivät romahduta satoa
- maan suolaantuminen vähenee
- viljelykokeita käynnissä mm. maissilla ja riisillä

❖ Vehnään siirrettiin kuivankestävyyden geeni ohrasta Egyptissä

- puhtaana (geenitekniikalla), toisin kuin perinnejalostuksessa
- kastelutarve väheni kahdeksasta kerrasta yhteen
- vehnää voidaan alkaa viljellä myös sateenvaraisilla alueilla

❖ Veden saatavuutta voidaan tehostaa parantamalla juuriston rakennetta

- 10 000 villissä heinäkasvilajissa on tarjona monia tehokkaita ratkaisuja viljelykasvien avuksi

❖ Kasvin ilmarakojen toimintaa ja muodostumista aletaan ymmärtää

- ...ja voidaan alkaa säädellä uudella jalostuksella
- suomalaistutkijat mukana kasvitieteen läpimurrossa:
www.geenit.fi/HS290208Kivip.pdf (Kangasjärvi ym.2008)
www.sciencedaily.com/releases/2008/02/080227102848.htm

❖ Kuivankestäviä lajikkeita testataan jo monissa jalostusohjelmissa myös esimerkiksi vehnällä, puuvillalla ja rapsilla

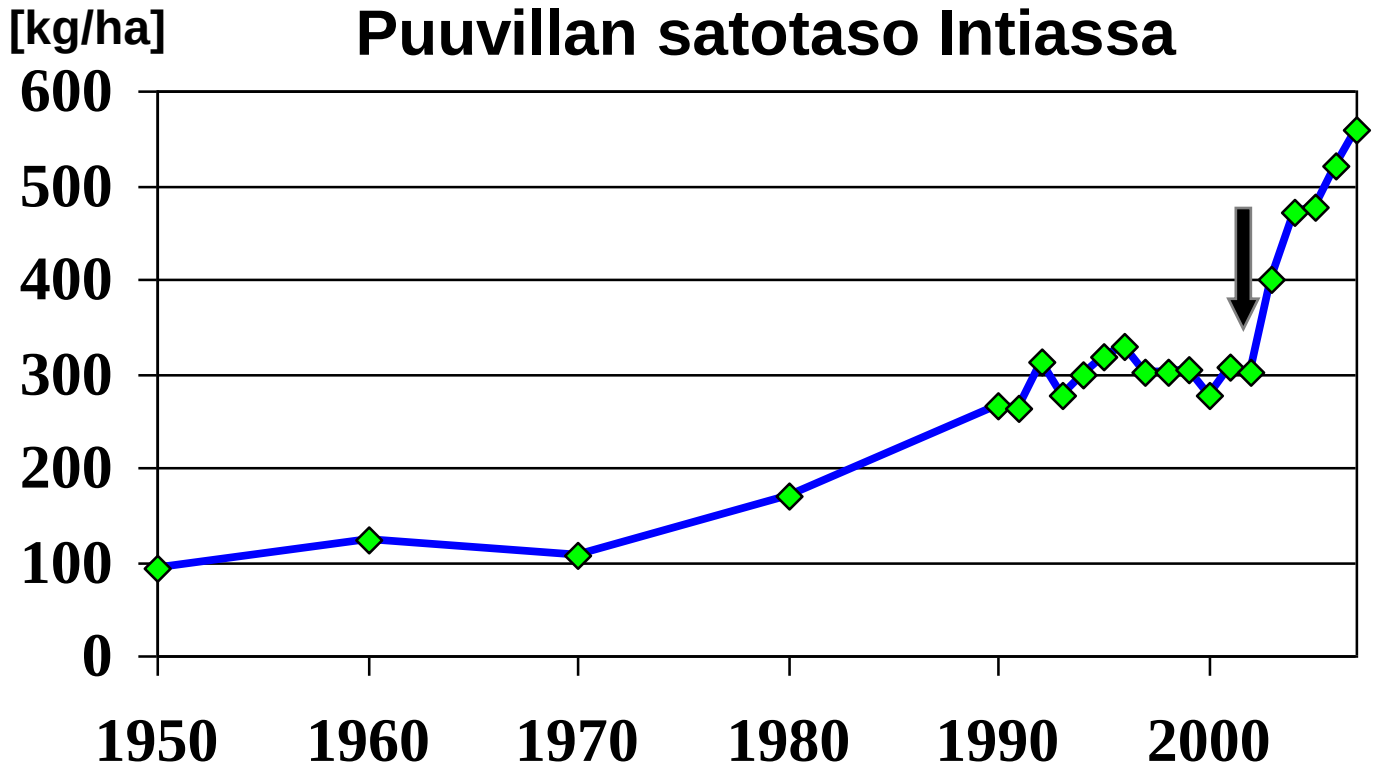
- toistaiseksi on saavutettu 10-40 prosentin satoparannuksia kuivuuden oloissa
- lajikkeita odotetaan viljelyyn 4-5 vuoden kuluessa

❖ Riisistä yritetään siirtyä vesipihimpään perunaan

- ...mutta tropiikissa tuholaiset, perunarutto ja virustaudit vaivaavat
- ...paljon paremmin kuin Pohjolan perukoilla

Luonnonvarojen
haaskaus rangaistavaksi

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/Vahltsem.htm
- Kuivankestäviksi jalostetut gm-puuvillat ovat jo viljelykokeissa



Perunarutto – maailman tuhoisin perunatauti

- **Tappoi miljoona irlantilaista nälkään vuosina 1845–50**
- **Sienen toinen pariutumistyyppi saapui Amerikasta kaksi vuosikymmentä sitten**
 - ja käynnisti suvullisen lisääntymisen...
 - ...mikä lisää taudin geneettistä monimuotoisuutta ja nopeuttaa sen evoluutiota, joten
 - perunaruttoepidemiat vain pahenevat Euroopassa
- **Viljelyperunassa (*S. tuberosum*) ei löydy todellista vastustuskykyä**
 - ...vaan vain eriasteista taudinarkuutta
- **Rotuspesifinen vastustuskyky (tiettyä ruttorotua vastaan) ei voi kestää**
 - vaan romahtaa aina, kun evoluutio kehittää uusia ruttosienen rotuja

Villiperunasta saadaan laajaspektristä kestävyyttä perunaruttoa vastaan

- **Villi perunalaji (*S. bulbocastanum*) on vastustuskykyinen perunarutolle**
- **Kestävyysgeeni jäljitettiin, puhdistettiin ja jalostettiin viljelyperunan lajikkeisiin geenitekniikalla**
- **Koelinjat ovat toistaiseksi osoittautuneet kestäviksi kaikille tunnetuille ruttoroduille**
 - myös ”superrutolle”, joka pystyy murtamaan kaikki rotuspesifiset kestävyudet
- **Ominaisuutta ei voida jalostaa viljelyperunaan perinnekeinon keinoin, sillä esteenä ovat**
 - risteytymisesteeet (eri polyploidiatasot)
 - vuosikymmenien aikamenekki
 - myrkkyyvaara: peukalokyytiläiset voisivat tuoda myrkkijä viljelyperunaan

Perunalajikkeiden parantaminen kestäväksi perunarutolle



👉 Song *ym.* (2003). *PNAS* 100: 9128–9133

Suosittu vanhat lajikkeet voidaan pelastaa parantamalla niitä

- Russet Burbank on jo kohta vuosisadan ollut Amerikan suosikkiperuna
- Sitä kasvatetaan vieläkin lähes puolella USA:n peruna-alasta
- Suosittu kasvullisesti lisäävät (klooni-) lajikkeet voidaan päivittää kilpailukykyisiksi tulevaisuutta varten
 - ...parantamalla kohdistetusti niiden jälkeen jääneitä (pullonkaula-) ominaisuuksia, tai tuomalla lajikkeisiin tärkeitä uusia ominaisuuksia
 - ...geenitekniikan avulla
- Burbank-peruna voidaan jalostaa jälkikäteen rutonkestäväksi
 - ...siinä kuin Euroopan suosikkilajikkeet

Rutonkestävyys parantaa laatua ja hyödyttää ympäristöä

- Perunarutto pilaa mukuloiden laadun ja romahduttaa satomäärän
 - Lauhkeassa ilmastossa ruttoa on usein torjuttava 10 ruiskutuskerralla
 - ...kun taas kuumilla alueilla, kuten Meksikossa, voidaan tarvita jopa 25 ruiskutusta kasvukaudessa
 - Rutonkestävät perunat säästäisivät EU:n joka vuosi
 - 860 milj. kg perunamenetyksiltä
 - 7,5 milj. kg fungisidiruiskutuksilta (tehoaineeksi laskettuna)
- ☞ Phipps & Park (2002). *J Animal Feed Sci.*11: 1–18
- ☞ Gianessi ym. (2003). Potential impact for improving pest management in European agriculture. Potato case study. NCFAP

Ekotehokkuusjalostus

❖ Paremmat rehut

- säästävät luonnonvaroja ja vähentävät saasteita

◆ Proteiinimaississa on tarpeeksi meille ja sioille välttämättömiä aminohappoja (lysiini, threoniini)

- rehun tarve vähenee, kasvu paranee kaksinverroin

◆ Kasveissa fosfori on vaikealiukoisessa muodossa (fytaattina)

- päätyy paljolti saasteeksi vesistöihin
- kiinalaisessa fytaasimaississa fosfori on eläimille käyttökelpoista (entsyymi irrottaa sen fytaattista)
- kasvin fosfori päätyy näin eläimen käyttöön, ei ympäristöön

☞ <http://www.gmo-compass.org/eng/news/messages/200709.docu.html>

- kanadalainen ympäristösika tuottaa fytaasientsyymien itse syljessään
- sonnan fosforipitoisuus vähenee 70 %
- tulos on paljon parempi kuin lisäämällä rehuun mikrobientsyymejä

☞ www.geenit.fi/Ympsika.htm

Ekotehokkuusjalostus

❖ **Lannoitepihit kasvilajikkeet**

- tuottavat normaalisadon vähemmällä lannoituksella

◆ **Typpipihit lajikkeet**

- viljelykokeissa on Monsanto-yhtymän:
- maissi, jolle riittää kolmasosa normaalitypestä
- rapsi, joka menestyy puolella typpilannoituksella

◆ **Fosforipihit lajikkeet**

- emäksisessä maassa fosfori sitoutuu liukenemattomiksi Ca-P-yhdisteiksi
- 80 % lannoitteen fosforista menee näin hukkaan
- yli neljäsosa maapallon maista on tuollaisia
- kasvit liuottavat fosforia maasta esimerkiksi sitruunahapolla
- geenimuuntelulla kasvin fosforinottokykyä voidaan jalostaa paremmaksi

☞ López-Bucio ym. (2000). *Nature Biotechnology* 12: 450-453

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 lannoitetyypestä (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

Aiheesta tarkemmin (yleistajuisessa) tiedekatsauksessa:
Tammisola J (2010). Review: Towards much more efficient biofuel crops – can sugarcane pave the way?
GM Crops 1(4): 181-198
<http://www.landesbioscience.com/journals/gmcrops/article/02TammisolaGMC1-4.pdf>

Tuplasti sokeria autoille

Trooppinen sokeriruoko on ekotehokkuudeltaan ylivoimainen etanolikasvi



Sokeriruokoa Luxorissa 15.10.2010. © J. Tammisola

Egyptissä sokeriruo'ot ovat yli parimetrisiä, Brasiliassa tuplasti kookkaampia.



Ruo'on sisus maistuu – yllätys, yllätys – sokerilta... puristeliemessä on sakkaroosia 17-22 %

Tehottomat bioenergiakasvit vaaraksi ruokaturvalle?

- ❖ Nyt lähinnä trooppisesta sokeriruo'osta tuotettu bioetanoli on hiilitaseen ja talouden kannalta järkevää (IEA 2007)
 - sokeriruokoa viljellään yli 20 milj. hehtaarin alalla, josta kolmasosa on Brasiliassa
- ❖ Maissista viinaa saa hyvin vähän neliöltä
- ❖ Heikko tuottavuus vaarantaa ruokaturvan
- ❖ Jos biopolttoneiden tuotanto aiotaan saada taloudellisesti ja ekologisesti kestäväksi, täytyy energiakasvien satoisuutta ja ekotehokkuutta parantaa (EPSO 2007)
 - paljon ja nopeasti
 - modernilla kasvinjalostuksella, varsinkin geenimuuntelulla

Aiheesta tarkemmin (yleistajuisessa) tiedekatsauksessa:
Tammisola J (2010). Review: Towards much more efficient biofuel crops – can sugarcane pave the way?
GM Crops 1(4): 181-198

<http://www.landesbioscience.com/journals/gmcrops/article/02TammisolaGMC1-4.pdf>

Sokeriruokolajikkeita on vaikea jalostaa

- ❖ Viljelty sokeriruokolajikkeet ovat
 - lajiristeytymiä: *Saccharum officinarum* ($2n=80$) x *S. spontaneum* ($2n=40-128$)
 - korkeasti polyploideja (ploidiataso $5x-14x$), jopa aneuploideja (kromosomeja eri määrät)
 - onnenkantamoisia, joiden parantaminen edelleen jatkojalostuksella on tilastollisesti melko toivotonta ”sisyfos-puuhaa”
 - useimmiten lähes steriilejä
 - hitaita kasvattaa siemenestä valintakokoon (viljelyssä lajiketta lisätään varren paloista)
- ❖ Perinnejalostuksella ei esim. sokeripitoisuus olekaan 40 vuoteen noussut kuin vähän
 - vaikka ominaisuudessa olisi periytyvyyttä
- 👉 Jackson (2005) *Field Crops Res.* 92: 277-290

<http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.024>

Miksi ruokolajikkeiden sokeripitoisuus ei ole noussut?

- ❖ Sokeripitoisuuteen vaikuttaa suuri joukko eri geenejä (kullakin vain pieni vaikutus)
- ❖ Korkean sokeripitoisuuden geenimuodot (alleelit) ovat peräisin sokeriruokolajilta *S. officinarum*
- ❖ Polyploidissa hybridissä niiden rikastaminen yhteen jälkeläisklooniiin on erittäin vaikeaa perinnejalostuksella
 - kun kutakin (vastin)kromosomia voi olla solussa jopa 14 kappaletta
 - ...ja kun hybridin suotuisia muita ominaisuuksia pitäisi yrittää varjella
- ❖ ...sillä suvullisessa lisääntymisessä
 - geeniyhdistelmät hajoavat, ja
 - huonoja alleleita saapuu taas takaisin kasvin perimään

Sokeriruo'on sokeripitoisuus kaksinkertaistui yhdellä jalostusaskella

- ❖ Geenimuuntelulla saatiin ruo'on sokeripitoisuus kaksinkertaistumaan
 - kasvi tuottaa normaalin määrän ruokosokeria, mutta lisäksi saman verran isomaltuloosia
 - ...joka on terveysvaikutteinen hiilihydraatti
 - ...mutta voidaan myös käyttää alkoholiksi
- ❖ Viljelykokeet käynnissä Australiassa
 - samalta alalta voidaan tuottaa merkittävästi enemmän bioraaka-ainetta
 - ...jolloin ei tarvitse vaarantaa koskematonta luontoa eikä ravinnon tuotantoa

 www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-7652.2006.00224.x?

Plant Biotechnol. J. 5: 109-117

Sokeriruoko ryhtyy pilkkomaan selluloosansa sokereiksi itse?

- ❖ Sokeriruoko tuottaa yli 200 tonnia biomassaa hehtaarilta
- ❖ Kasvi jalostetaan pilkkomaan selluloosansa sokereiksi omin neuvoin
 - ilman kalliita esikäsittelyjä ja ostoentsyymejä
 - jolloin ruo'on puristusjätteestä voidaan valmistaa selluloosaetanolia kohtuulliseen hintaan
- ❖ Sokeriruokoon tuodaan selluloosaa pilkkovan entsyymin geeni
 - kasvi valmistaa hintavan entsyymin ilmaiseksi
 - elävän solun sisältä annettuna entsyymi vaikuttaa solunseiniin paljon tehokkaammin, joten vältetään kalliilta esikäsittelyiltä
 - geeni käynnistetään vasta neljä päivää ennen sadonkorjuuta, jolloin entsyymi ei haittaa kasvin kasvua
- ❖ Lajiketta kehittää Australian ja Brazilian yhteinen tutkimusliittoutuma

👉 <http://www.farmacule.com/news/news10/AusbioBioethanol.ppt>

👉 <http://www.landesbioscience.com/journals/gmcrops/article/02TamisolaGMC1-4.pdf>

Brasilian sokeriruo'on ligniiniä jalostetaan helpommin pilkottavaksi

- ❖ Solunseinien ligniini on hankalin este selluloosaa hajottaville entsyymeille
 - ...sillä ligniinin ja hemiselluloosan muodostama vaippa estää entsyymien pääsyn selluloosakuituihin
- ❖ Sokeriruo'on puristusjätteestä 20-25 prosenttia on ligniiniä, 23-30 prosenttia hemiselluloosaa ja 45-50 prosenttia selluloosaa
- ❖ Ligniini on vaikeasti hajotettava yhdiste
 - ...varsinkin sen toinen tyyppi (guaiasyyli)
 - toinen sokeriruo'on ligniinityyppi (syringyyli) taas hajoaa paljon helpommin
- ❖ Brasiliassa jalostetaan siksi sokeriruokoa, jonka ligniini olisi lähes kokonaan helpommin hajoavaa tyyppiä:

www.ethanolproducer.com/article.jsp?article_id=3868

- tämä alentaisi merkittävästi selluetanolin tuotantokustannuksia
- ...jotka ovat yhä paljon korkeammat kuin sokerietanolin
- työtä tekee Campinas yliopiston biotekniikkayhtiö Allelyx

Taotaan auras aseiksi?

Olemme jo täyttäneet

- ❖ ...maan, ja tahtia sopisi hyvin hillitä
- ❖ ...mutta tämä on tabu varsinkin useille uskonnoille
- ❖ Kasvinjalostajat eivät jalosta ihmistä
 - sillä moisen toimivuudesta ei historiassa ole juuri rohkaisevaa näyttöä
 - ja liian hidastakin se olisi
- ❖ Ravinnon tuotannon ja biotalouden edellytyksiä he sitä vastoin yrittävät turvata
- ❖ Ei ole biologien vika, että heidän työnsä tulokset aina uudelleen mitätöidään
 - syömällä paremman elämän edellytykset
 - ...lajin populaatiokoon holtittomalla paisuttamisella

Maatalous – ihmiskunnan suurin suonenisku luonnolle

❖ ...historiallisena aseena tämä työkalu:



❖ Taotaan aurat aseiksi...

❖ ...jolloin ihmiset ehkä innostuvat harventamaan toisiaan tehokkaammin?

❖ Sota on eräiden "syväekologien" toive

– mutta se olisi tuhoisaa myös luonnolle

– ...vaikka rauhan aikana armeija räjäytteleekin harvinaisille perhosille elintilaa harjuillamme

❖ Aatteellisia "yli-ihmisiä" pommeineen saamme nähdä jatkossakin joukossamme

❖ Biologit sitä vastoin pyrkivät edes kyntämättömään viljelyyn

Ekotehokkuusjalostus: Kyntämättömän viljelyn kasvilajikkeet

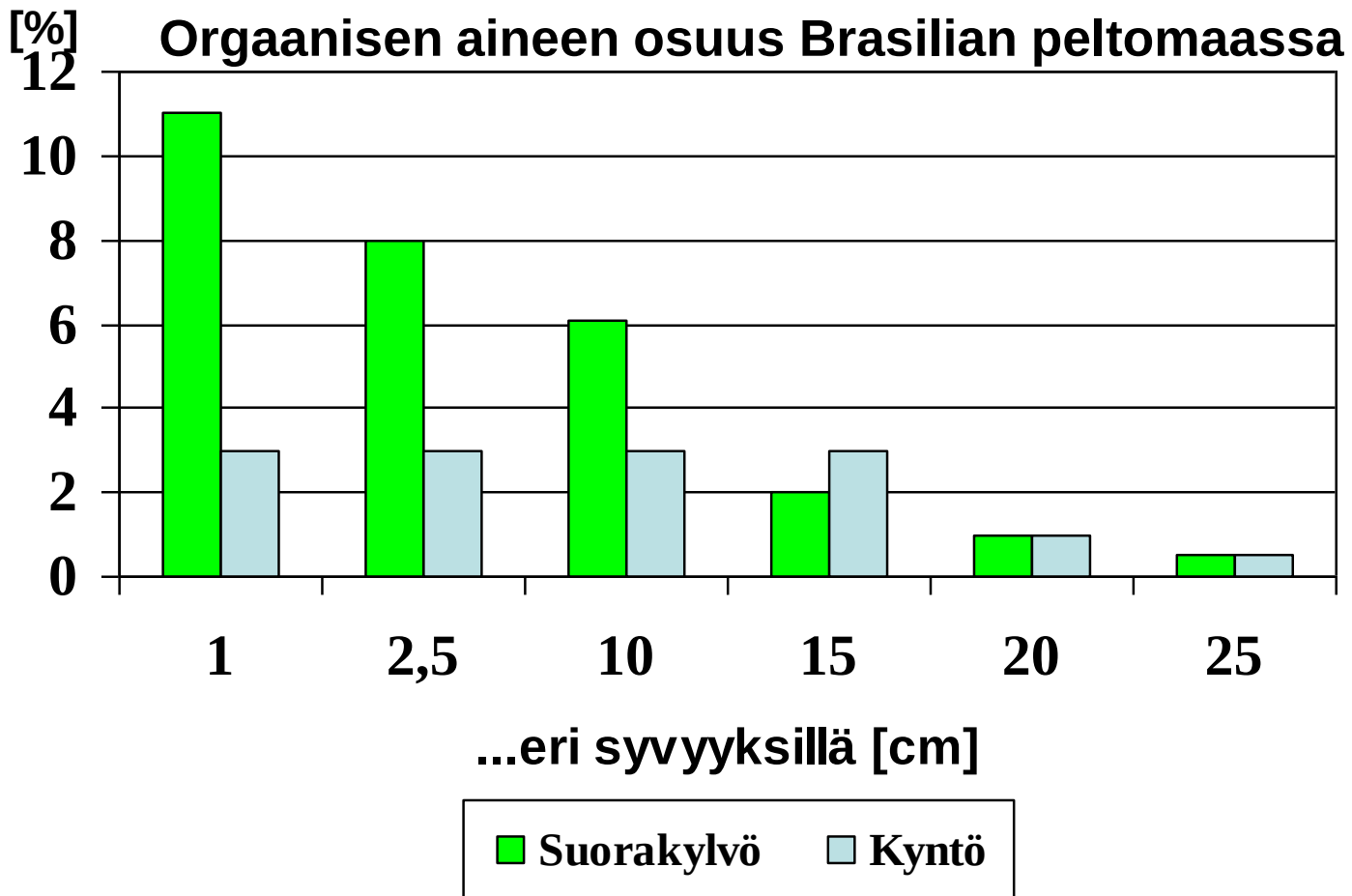
❖ Kyntämätön viljely (suorakylvö) vähentää eroosiota keskimäärin 488-kertaisesti

- ...ja parantaa maan hiilensitomiskykyä
- ...mutta sen edistämiseksi tarvittaisiin taudin- ja tuholaiskestäviä kasvilajikkeita
- sillä kyntö pitää osaltaan kurissa monia kasvintuhoojia

👉 Montgomery (2007), *PNAS* 104: 13268-13272
www.pnas.org/content/104/33/13268.abstract

👉 www.geenit.fi/GmSoijaArg.pdf

Kyntämätön viljely (suorakylvö) lisää orgaanista ainesta Brazilian maaperässä



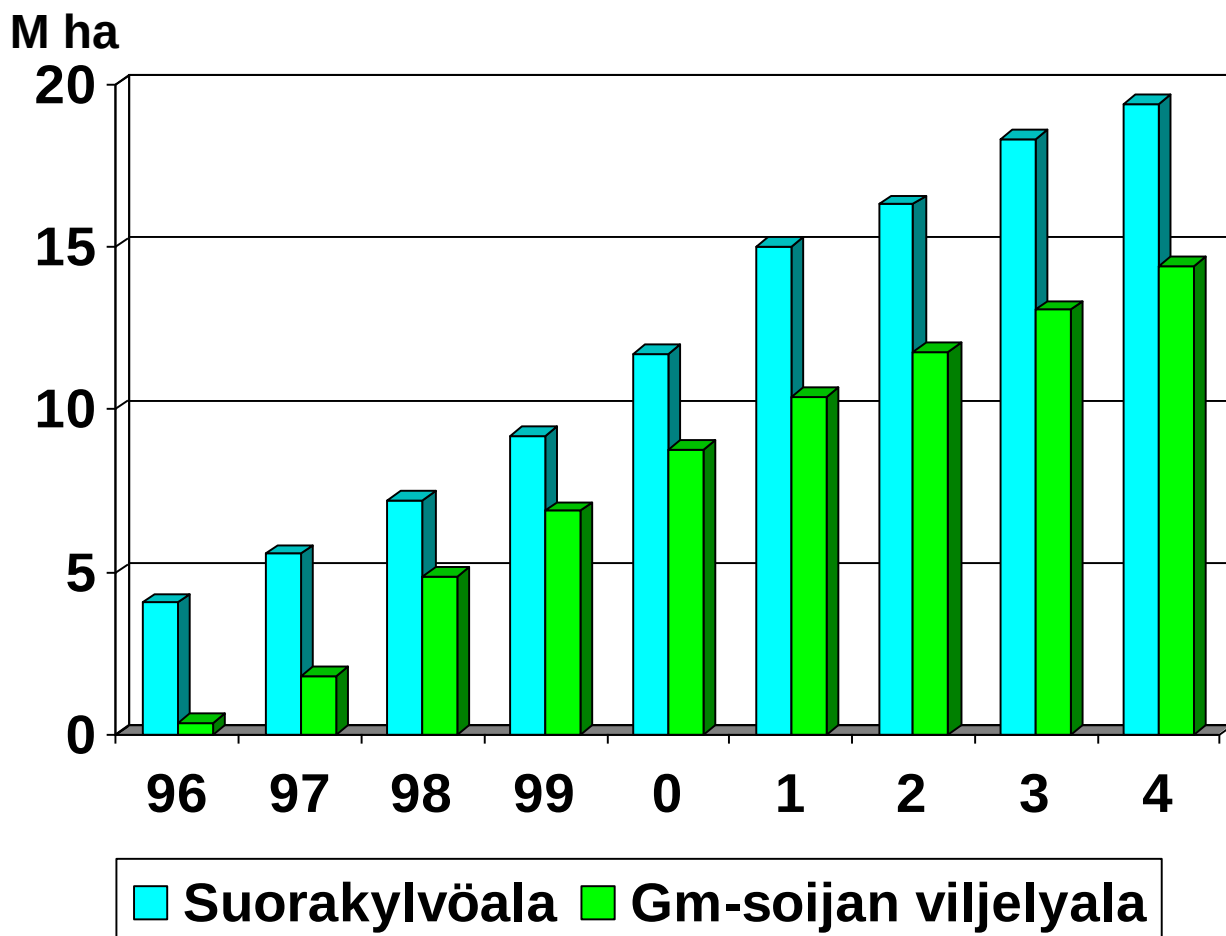
- ❖ Suorakylvössä maata ei sekoiteta, joten orgaanisen aineen määrä vaihtelee pellon eri syvyyksissä
 - suurin se on pintakerroksessa, jossa on paljon kasvijätettä
- ❖ Suorakylvö vähentää eroosiota 96 % ja polttonesteiden kulutusta viljelyssä 60 % (Gassen 2004)

☞ Käytännön Maamies 2/2008

☞ Thinking Brazil Update N:o 9, Feb. 2004

www.wilsoncenter.org/topics/pubs/Thinking.Brazil.9.pdf

Gm-soija moninkertaisti kyntämättömän viljelyn eli suorakylvön Argentiinassa v. 1996–2004



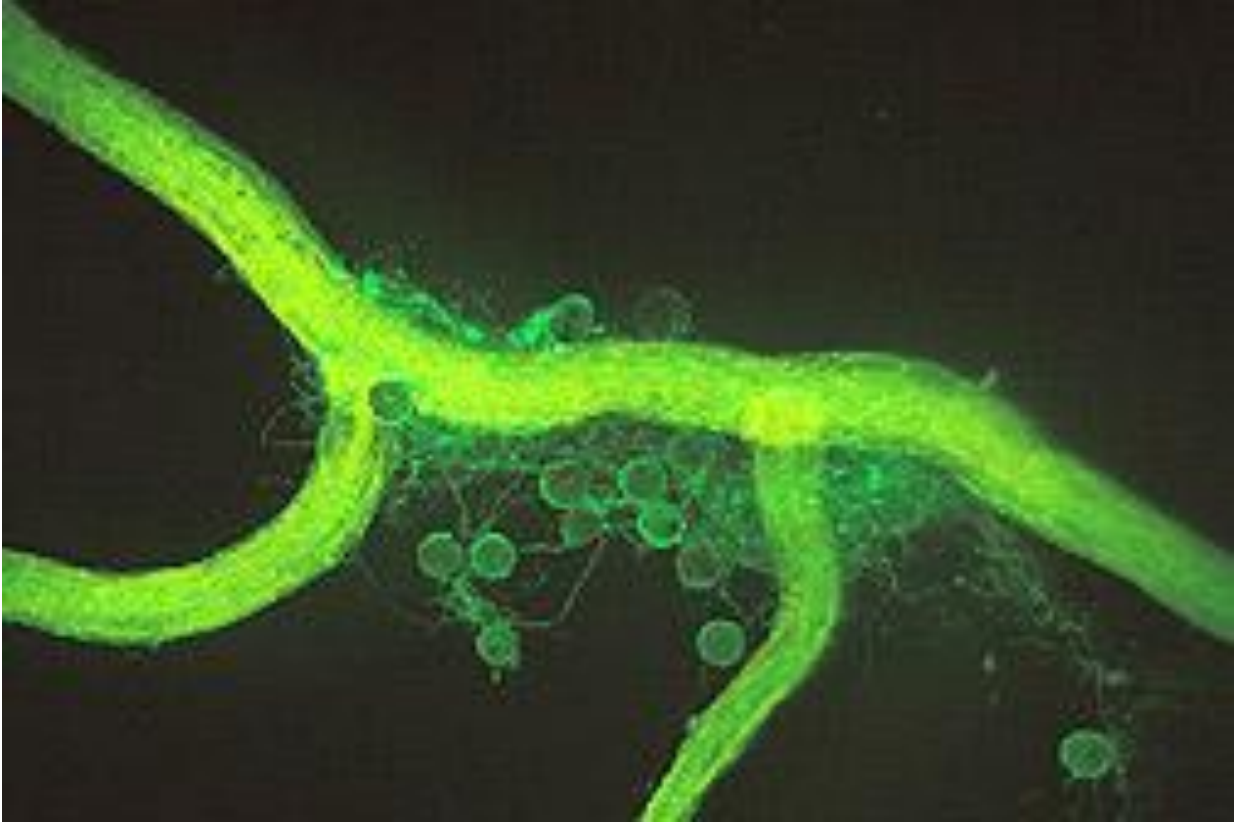
☞ EJ Trigo & EJ Cap (2006). Ten years of GM crops in Argentine agriculture

Maan "superliima" glomaliini säilöö hiilen ja murustaa



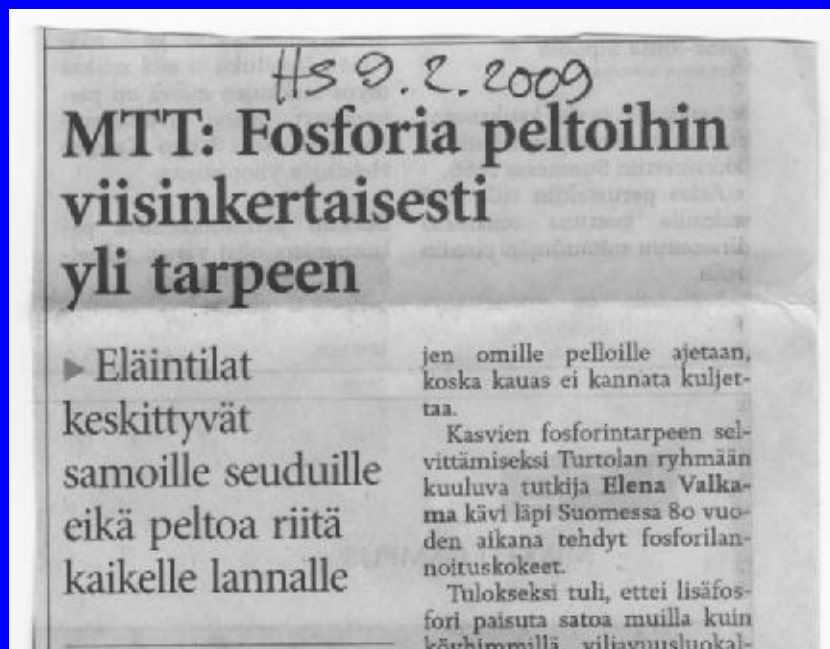
👉 Wright & Nichols, *Agr. Res.* (Sep. 2002)

Kyntäminen huventaa glomaliinivarantoja



- Kolmasosa maaperän hiilivaroista on glykoproteiini glomaliinissa
 - syntyy mykoritsasienten pinnalla
 - säilyy maassa pitkään (jopa 42 vuotta)
 - liika fosfori haittaa (eläinten lanta)
 - kyntäminen vähentää
- Uusi hiilinielu
 - CO₂ tehostaa glomaliinin tuotantoa

Ympäristösika pelastaa vesistöt



Ympäristösika saastuttaa vähemmän

- ◆ Viljan jyvien fosforista 2/3 on sitoutuneena fytiinihappoon
- ◆ Sika ei pysty sitä hyödyntämään
 - fosfori kulkeutuu jätöksiin
 - saastuttaa vesistöjä ja tuottaa metaania
- ◆ Ympäristösian syljessä on fytaasia
 - rehun käyttö tehostuu, järvet säästyvät

☞ *Nature Biotechnol.* 19 (2001): 741-745

www.geenit.fi/Ympsika.htm



Ympäristösika voi hyvin

www.uoguelph.ca/enviropig

Mihin uutta kasvinjalostusta ja 'emoja' tarvitaan – ja miksi?

- ❖ Jos ympäristö muuttuu, maataloustuotanto heikkenee tärkeimmillä tuotantoalueilla
- ❖ On nopeasti päivitettävä maailman (kymmenet) tuhannet tärkeimmät kasvilajikkeet
- ❖ Tärkeitä jalostusominaisuuksia ovat mm: satoisuus (uudet käytöt); resurssien käytön tehokkuus (vesi, ravinteet), ml. hiilitehokkuus; taudinkestävyys, tuholaiskestävyys; ekologinen sietokyky (kuumuus, kuivuus, kylmyys, suolaisuus, happamuus [alumiini], tulvat, vaihtelu); ravitsevuus (proteiinit, öljyt); terveellisyys (myrkyt, haitta-aineet, vitamiinit, mineraalit, WHO: saatava pääkasveista); sekä maku (koska vihdoinkin osataan...)
- ❖ Tarvittavaa geneettistä vaihtelua ei useimmiten ole riittävästi kasvilajin jalostusaineistoissa
- ❖ Perinnejalostus on normaalisti myös (aivan) liian hidasta, epätarkkaa, likaista ja tehotonta (www.geenit.fi/EP101006LiiteIK.pdf)
- ”Perinteiset” jalostuskeinot eivät yleensä riitä
 - vaan tarvitaan avuksi uutta geenitietoa ja -taitoa: geenimuuntelua ja **emoja** (eläviä muuntogeenisiä organismeja)