

Växtbioteknikens nya och kommande tillämpningar

Utmaningar, möjligheter och ekonomiska effekter på jordbruket i Europa

Föreläsningen i EU-parlamentet*
10.10.2006

Agroforst dr. Jussi Tammissola
Docent i växtförädling vid
Helsingfors Universitet

jussi.tammissola@helsinki.fi
www.geenit.fi/EPxstr070208sv.pdf
www.geenit.fi/EP101006bil.pdf

* (med extra exempel 7.2.2008)

Generna i sallaten



- Då vi intar en portion på 500 g blandad sallad
 - får vi 4 miljarder celler
 - ...med 25 000 gener i varje cell
- Vi äter alltså 100 000 000 000 000 000 (läs 100 000 miljarder) "främmande"* gener
 - dvs. 500 gånger flera än det finns stjärnor i galaxen
 - i detta fall växtgener
 - ...varav en "överraskande" stor andel är ganska lika våra egna gener

F Brennecke (2001) *EMBO*

* Endast spädbarn äter mat av mänskligt ursprung

I. Extra exempel på
genetiskt förändrade
växtsorter
(7.2.2008)

- ✓ Vad ska man göra med det nya genetiska kunnandet för att förbättra växternas egenskaper?
- ✓ För vilka problem i växtbiologin är gentekniken bättre än äldre konster, och varför?
- ✓ Världen förändras snabbare än förut
 - ska vi hålla oss redo att hänga med?
 - ...eller tom. sikta på framsteg?...för att matproduktionen ska tryggas och övergången till förnybara biologiska system i näringslivet främjas



Ätbara bomullsfrön – protein för miljoner människor i u-länder

- **Brist på protein gör skada i u-länder**
 - bl.a. hindras hjärnans utveckling
 - 'hunger' är ofta särskilt brist på protein
- **Bomullsväxten är mycket giftig (innehåller gossypol)**
- **Bomullsfrön innehåller gott (22%) om bra protein**
 - ...som för giftets skull i huvudsak gått förlorad hittills
- **Det produceras 10 miljarder kg protein i bomullsfrön per år**
 - som skulle räcka till för att förbättra hälsan för 500 miljoner människor i u-länderna
- **Bomullsfrön har nu förädlats ätbara (med genteknik)**
 - giftets produktion stoppades endast i fröna
 - ...genom att koppla bort gossypol-genen på ett riktat sätt bara i fröcellerna
- **...men övriga växtdelar höll sitt viktiga försvarsmedel**
 - vilket inte skulle ha varit möjligt med konventionell förädling
- **Då äldre metoder användes blev hela växten ogiftig**
 - med påföljd att insekterna lovade och prisade och åt upp bomullsodlingarna
- **Den här gentekniska metoden (rna-interferens) belönades med Nobel-pris i medicin år 2006**
 - visserligen har den använts i växtförädling i 20 år, i synnerhet för att utveckla virusresistenta växter

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

Varning för dåligt skyddad zucchini



- Gurkväxter skyddar sig mot insektskador med cucurbitacin
 - detta gift produceras nativt enligt behov i gurkceller
 - ämnet gör att gurkan smakar bitter
- ”Eko”-odlade zucchini åstadkom att 16 människor måste tas in för sjukhusvård på Nya Zeeland år 2002
 - ett svårt bladlössår skadades de otillräckligt skyddade zucchiniplantorna och började producera ”för mycket” cucurbitacin för försvar
 - detta kontrollämne tillverkas mer i gamla zucchinisorter vars utsäde man kan föröka själv
 - ...och vilka därmed ännu används i ”naturenlig” eller ”eko”produktion

Förädling för ekoeffektivitet

✓ Bioekonomins råmaterial

- **sockerhalten i sockerrör har fördubblats**
 - under årtionden av traditionell växtförädling kunde sockerhalten i sockerröret inte höjas
 - ...medan med genteknik fördubblades sockerhalten i ett steg
F *Plant Biotechnol. J.* 5: 109-117
 - odlingsförsök är på gång i Australien
 - på samma åkerareal kan mycket mera biomaterial produceras
 - ...utan att äventyra orörd natur eller världens matproduktion
 - hälften av den nya sortens socker är isomaltulos, en hälsofunktionell sockertyp
F <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-7652.2006.00224.x?>
- **Genetiskt förändrad eukalyptus i Taiwan assimilerar ända till trefaldigt mera koldioxid än en vanlig eukalyptus**
 - med detta kan växthusgaser minskas
F <http://www.chinapost.com.tw/taiwan/2007/09/14/122524/Gene-modified-eucalyptus.htm>

Förädling för ekoeffektivitet

✓ Växtsorter resistenta mot torka

- producerar normal skörd med mindre vatten
- tillfälliga torra perioder raserar inte skörden
- åkrarnas salthalt minskar
- odlingsförsök med växtsorter resistenta mot torka är redan i gång t.ex. på majs och ris

• En gen för resistens mot torka överfördes från korn till vete (med genteknik) i Egypten

- bevattningsbehovet minskades från åtta till en enda bevattningsgång

✓ Växtsorter förädlade för plöjningsfri odling

- Plöjningsfri odling (direktsådd) minskar markens erosion i genomsnitt 488-faldigt
- ...och förbättrar markens kapacitet att binda kol
- Men för att lyckas med denna odlingsmetod generellt borde växtsorter förädlas för bättre resistens mot sjukdomar och övriga växtskadegörare
- ...för plöjning kontrollerar till en del populationerna av många skadeorganismer

F Montgomery (2007), *PNAS* 104: 13268-13272

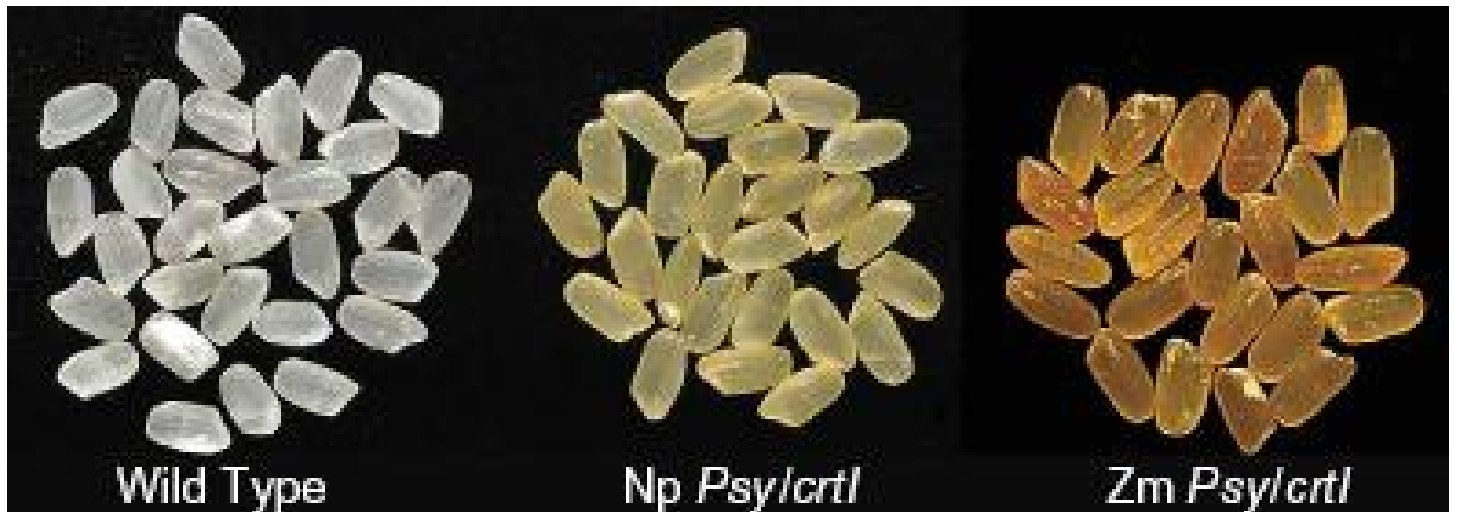
www.pnas.org/cgi/content/abstract/104/33/13268?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=Montgomery+no-till&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT

F www.geenit.fi/GmSoijaArg.pdf

Hur har det gyllene riset förädlats?

- EU och Rockefeller-stiftelsen finansierade utvecklingen av det så kallade "gyllene riset"
- Dess frön innehåller β -karoten
 - som konverteras till A-vitamin i människans metabolism
 - 2 nödvändiga gener fåtts ur narciss
- Försökslinjerna har donerats till den internationella risforskningscentralen (IRRI) för att förädla rissorter för u-länderna
- Greenpeace sätter krokben för även sådan här humanitär förädling

Hur få tillräckligt med A-vitamin ur dieten för miljarder människor i u-länderna?



Vanligt ris

Äldre och nyaste gyllene riset

- Greenpeace berättar att "man ska äta 9 till 14 kg av detta ris varje dag" för att få någon nytta alls
 - detta är stora "genlögnar" som vanligt
- Nya studier bekräftar att gyllene ris är ännu effektivare än forskare ens kunde hoppas
 - om man äter 200–300 g av detta ris per dag ska skadorna vid A-vitaminbrist avväjas

F www.gmo-compass.org/eng/news/stories/289.docu.html

- De nyaste linjerna av gyllene ris producerar 20-faldigt mer β -karoten än de första linjerna

F Paine osv. (2005), *Nature Biotechnology* 23: 482-487

F www.goldenrice.org/PDFs/fs_GR_IRRI_2005.pdf

Frosten får lång näsa – grödorna ska förädlas för frostolerans

- Frost förstör 15 % av skördarna i världen
- Genen för frostolerans isolerades ur antarktisk blid (*Deschampsia antarctica*)
 - gräsarten tål frost ända till -30°C
 - denna gen är mycket effektivare än grödornas respektiva egna genformer



- Proteinet som produceras av denna gen hindrar iskristaller att vidgas i cellerna
 - ...och därmed undgår cellerna frostsador
- Viktiga egenskaper ur naturgräsets mångformighet
 - ...dvs. ur naturresursen av allt i allt 10 000 gräsarter
 - kan hämtas i renad form till grödorna med genteknik
 - "fiskjordgubben" simmar inte i verkligheten utan bara i urbanlegender (dvs. i aktivistspalterna)
- Artgränsen har passerats sedvanligt i växtrikets liv och evolution och inom traditionell växtförädling
 - tex. vete är en hybrid mellan tre olika gräsarter (som representerar två olika växtsläkter)
 - ...och den innehåller därtill kromosomstycken ur såväl korn som råg

Salttoleranta växter blomstrar och rengör därtill marken



J. Tammissola©

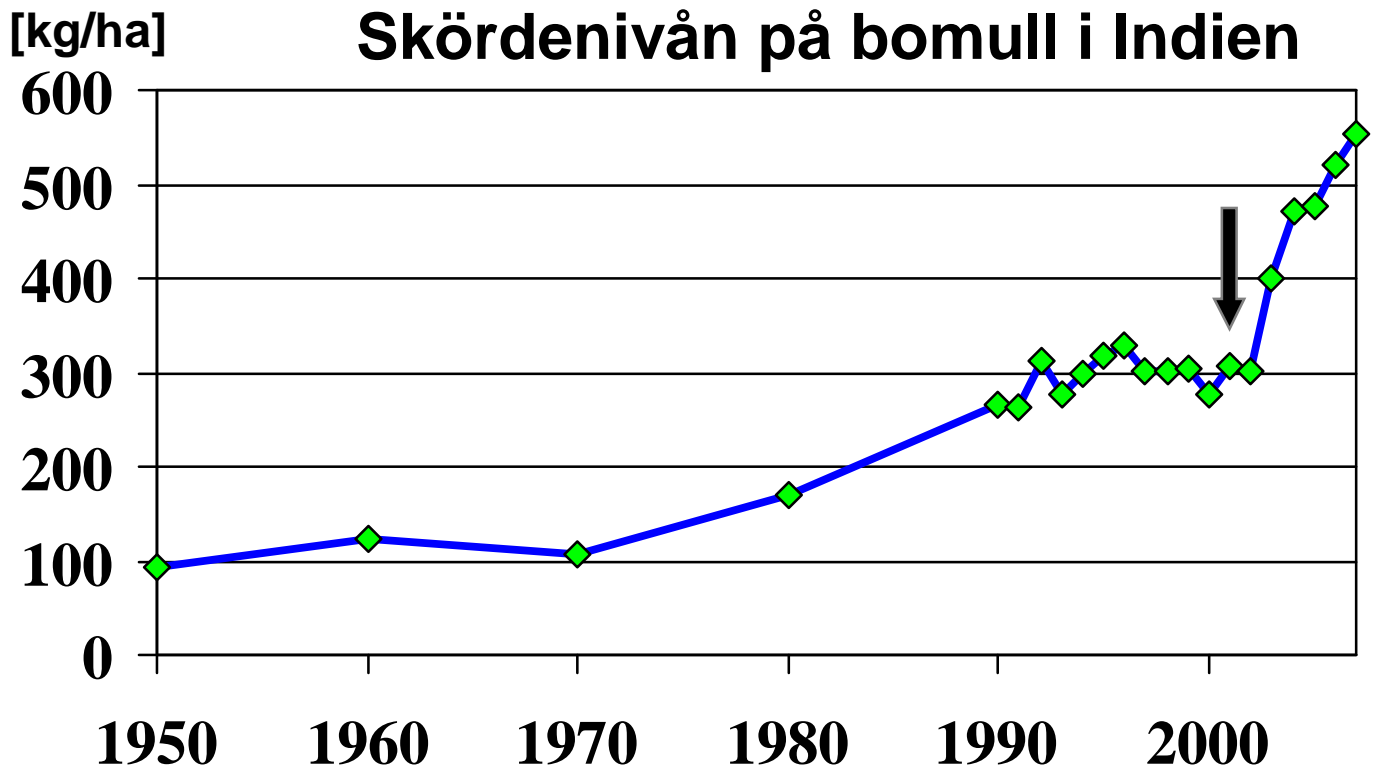
- § **En fjärdedel av jordens markareal är salthaltig**
 - bara i Kina finns 33 miljoner ha sådana marker
 - § **Odlingsväxter tål inte säta**
 - § **Saltört (*Suaeda salsa*, merikilokki) är en saltväxt som klarar sig tom. på Aral-”sjöns” torra saltfält**
 - § **Shandongs Universitet kartlade saltörtens gen för salttolerans**
 - och förädlade denna i ris, tomat och soja
 - § **De genförändrade sorterna renar marken och samlar upp dess salt i sina löv**
 - saltet ackumuleras varken i frön eller frukter utan i lövcellernas avfallssäckar (vakuol)
 - § **Salttolerant ris har också förädlats i Indien**
 - genen upptäcktes i ett mangroveträd som växer i deltornas havsvatten
 - genen överfördes till vissa viktiga indiska rissorter
 - ...och de förädlade rissorterna klarade sig i trefaldigt högre salthalter än det finns i havsvatten
- F *Science* 16.1.2004, *Terra Green* 31.1.2004

Plantor för att snusa fram minor



- Ur sprängämnen frigörs små mängder av en viss kemisk kväveförening
- En linje av backtrav (*Arabidopsis*) har förädlats för att känna igen detta ämne
 - med följd att den naturliga produktionen av **röd färg** startas i växten
- Den genetiskt förändrade växten lämpar sig för att lokalisera minor som glömts i åkrarna
 - samma idé kan tillämpas t.ex. för att få syn på giftiga tungmetaller i marken
- "Rodnandet" är ekologiskt harmlöst
 - det hjälper inte växten i kampen om tillvaron i naturen
- Förmågan att spåra upp minor har förädlats även i tobak
 - och fältfösök startas i Serbien år 2008

Bt-bomull med resistens mot nattflyn räddade Indiens bomullsindustri



- Bt-bomullsorter godkändes för odling i Indien år 2001
 - idag odlas dylika sorter på majoriteten av Indiens bomullsareal
 - skördenivån har praktiskt taget fördubblats på sex år
- Bomullinjer förändrad för tolerans för torka är redan i odlingsförsök

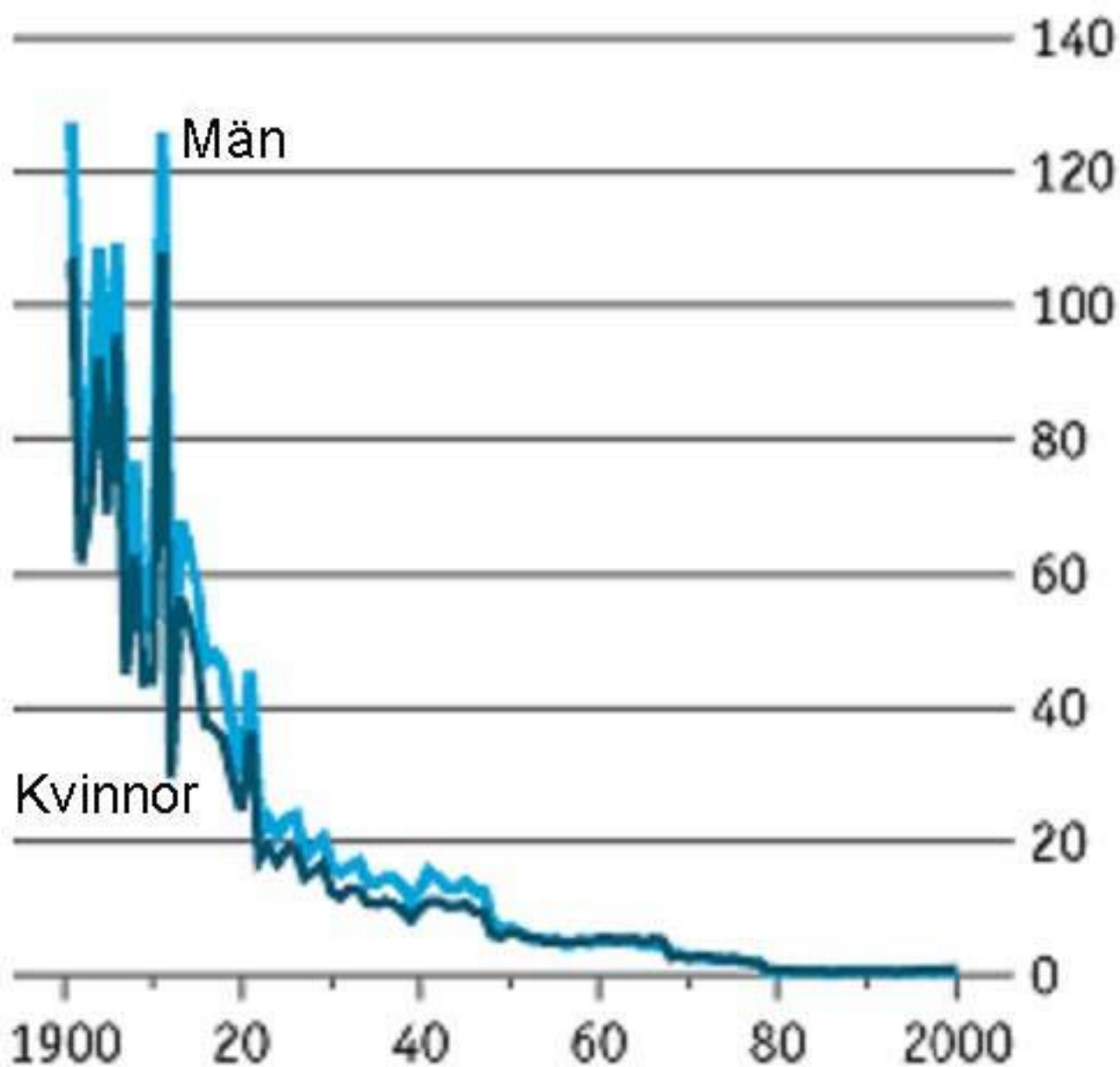
F www.cotcorp.gov.in/statistics.asp

Gyllene gamla tider?

- Lönnrot borde ha avslutat sin insamling av dikter år 1831 och återgått till Helsingfors för koleraepidemin
 - ...som tog livet av "bara" 2% av stadsborna denna gång
 - ...vilket firades som en triumf för läkarvetenskap
- Läkaren Elias Lönnrots
 - förstfödda son Elias dog i hjärnhinneinflammation som småtning
 - äldsta dotter Maria dog med sina vänner i lungtuberkulos i ungdomen
 - dotter Ida överlevde lungtuberkulos
 - dotter Elina dog i difteri som 18 år gammal
 - yngsta dotter Tekla dog i lungtuberkulos som 18 år gammal
 - fosterson Kustaa blev kär i en piga och gjorde självmord
 - hustru Maria blev döv och dog i lungtuberkulos som 45 år gammal

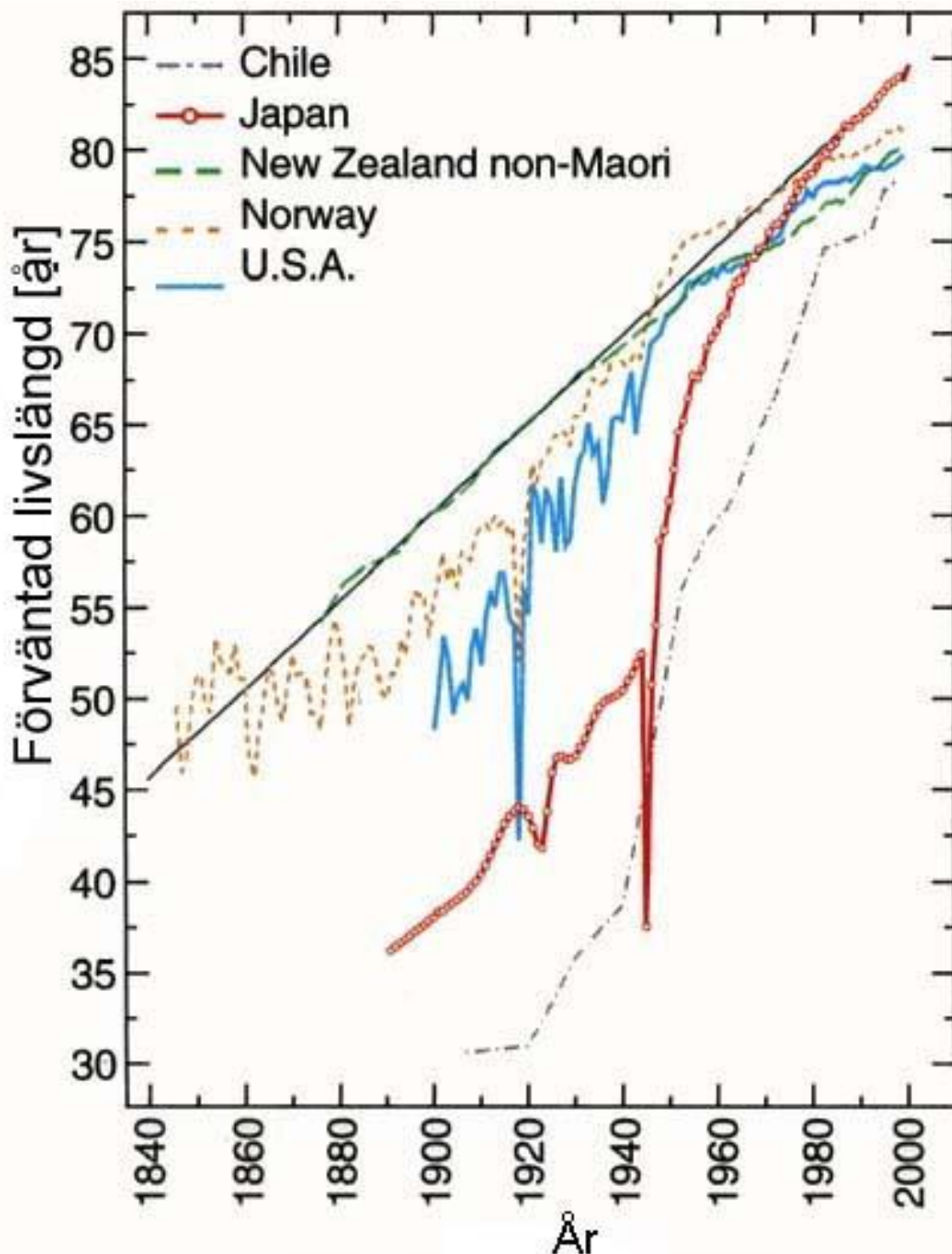
Förr i tiden tog matförgiftning livet av oss

Dödlighet i tarminfektioner
per 100,000 population, England & Wales

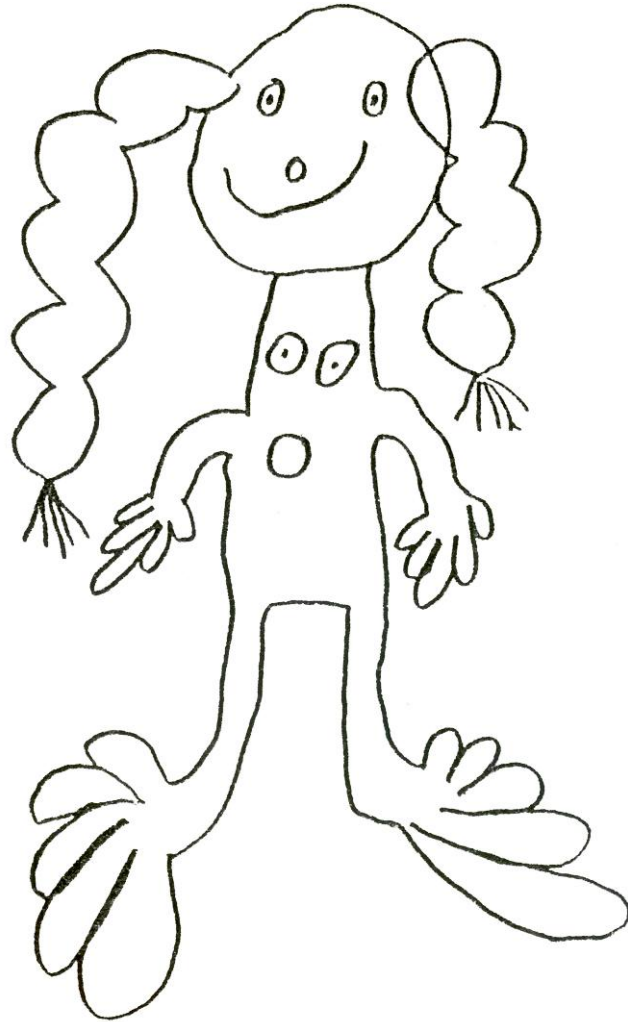


Källa: Office for National Statistics

Snabb utveckling i livslängd (förr i tiden sku du redan blivit salig...)



ö Tack vare vetenskapen: bättre medicin, föda och boende...



Människan står på jorden men
händerna har hon fria för att
utföra allt hon vill

Outi Tammisola (5 år)

II. Föreläsningen i EU-parlamentet (10.10.2006)

Odlingsväxter måste förändras ...

- u För 11 000 år sedan upptäcktes jordbruk och växtförädling
 - som möjliggjorde att de moderna kulturerna uppstod
- u Viktiga odlingsväxter fanns inte färdiga
 - utan de måste erövrats för människobruk genom årtusenden av hårt utvecklingsarbete
- u Vilda växter i naturen är inte anpassade för människobruk utan för sina egna behov

...och ganska mycket har de redan förändrats

- u Växterna försvarar sig mot skadegörare (t.ex. människan) med många slags kemiska vapen
- u Genom en människostyrd evolution (dvs. växtförädling) har kulturväxterna förändrats enligt mänsklighetens behov
- u Skördenivåerna har ofta stigit upp till 10–30-faldigt
 - hälften av detta är växtförädlingens förtjänst
 - resten beror på utvecklingen av nya effektivare odlingsmetoder
- u Halten av gifter och skadliga ämnen i matväxterna har minskat
- u Odlingsväxternas näringsvärde har förbättrats för människans behov
 - bl.a. genom att höja halten av essentiella aminosyror och fettsyror

Förädlingens konst

- u Många egenskaper i de domesticerade växterna skulle ännu kunna förbättras
- u Konst betyder artificiell skönhet
 - och växtförädlare har alltid uppfattat sig som konstnärer
- u Genombrott i molekylärbiologin och genkunskapen på sista tiden har
 - utvecklat växtgenetiken, -fysiologin och -förädlingen till äkta naturvetenskaper
 - förbättrat radikalt växförädlingens precision, effektivitet, kontrollerbarhet, säkerhet och tillämpningsmöjligheter
- u ...därför väntar hundratals biotillämpningar nästan färdiga i universitetens forskningslaboratorier
- u ...på finansiering och socialt stöd
 - för att fulländas och användas
 - ...och bryta igenom barrikaderna som monterats ihop av EU:s genetikslagstiftning

Nya synvinklar och utmaningar

- u Kvalitet, näring, hälsa, miljö och bioekonomi
 - fem motorer i en värld som snabbt förändras
- u 7 exempel på växtförädling:
 - 1. Aromatiskt vete
 - 2. Hjärtvänliga omega3-växtolja
 - 3. Inulinbeta
 - 4. Växter för att avvärja eller bota allergi
 - 5. Potatis resistent mot brunröta
 - 6. Majs resistent mot rotskalbaggar
 - 7. Effektivare stärkelsepotatis

Hur ska vi anpassa oss till en miljö som förändras snabbt?

- u Bara förändringarna i klimatet skulle ställa väldiga krav på ädlarna:
 - ü tiotusentals existerande växtsorter borde uppdateras för att trivas i de nya förhållandena
 - ü en hel generation sorter med helt nya toleransegenskaper borde förädlas av de viktigaste odlingsväxterna
 - med tolerans mot torka, hetta, frost, salta eller översvämningar
 - med bredare och effektivare resistens mot sjukdomar och skadeorganismer som kan intensifieras till värre epidemier än idag
- u Snabba bemödanden skulle vara nödiga bara för att ens bevara de nutida skördenivåerna och växtproduktionens effektivitet i världen
 - förbättring av matsäkerhet skulle ändå fordra mera kreativitet (och litet positivare attityder till biovetenskaperna)

Nya framsteg i biologisk effektivitet fordras för att vi ska kunna gå över till bioekonomi

- § Hög produktivitet är ett grundvillkor för en hållbar bioekonomi
 - detta gäller också biobränslen
- § Biotekniska lösningar som kan tävla framgångsrikt med äldre teknologier
 - i avkastningsförmåga, energieffektivitet och kostnader
- § ...måste utvecklas till bruk inom några år eller årtionden
- § ...men detta är en hård utmaning ”även” för EU
- ✓ T.ex. raps eller ryps med resistens mot klumprotsjuka (egenskapen kan sannolikt förädlas med genteknik)
 - ✓ skulle kunna odlas i en kort rotation (nuförtiden bara varje femte år)
 - ✓ ...varigenom raps(diesel)produktionen skulle kunna höjas i hög grad

1. Det doftande risets mysterium är löst

- u Thauforskare tog reda på nedärvningen av aromen i grödorna
- u I konventionella grödor (vete, majs, sockerrör osv.) är genen för doftlöshet aktiverad
 - ...medan i aromatiska rissorter (basmati och jasmin) är denna doftlöshetens gen ur funktion till följd av en mutation
- u Genen renades och patenterades för att rätten att marknadsföra nya tillämpningar ska bevaras till nytta för ett u-land
- u I vete finns allt som allt 6 doftlöshetsgener, och alla kan därför inte inaktiveras med gamla metoder
 - ...dvs. genom att slå sönder gener slumpvist med strålning och mutagena kemikalier
 - för det krävs väldigt mycket arbete och tid för att inaktivera en enda gen med den traditionella metoden av ”försök och misstag”

Hur ska aromatiskt vete förädlas?

- u ...medan man med genteknik kan framställa ett doftande vete i ett steg
 - alla de 6 ofördelaktiga generna kan inaktiveras på en gång med en riktad metod såsom t.ex. den 2006-nobelprisade rna-interferensen
- u Den svåraste utmaningen kvarstår dock : att skaffa lov för det aromatiska vetet i EU
- u Det måste skaffas i praktiken
 - även om produkten inte alls ska marknadsföras i EU
 - ...ty utan ett sådant lov väntar dyra importförbud även om bara ett par korn av aromatiskt vete skulle finnas bland vetepartier importerade till EU
- F Bradbury ym. (2005). *Plant Biotech. J.* 3:363-370

2. Långkedjade omega3-oljor förs in i odlingsväxter – hälsa för riskgrupper

- u De långkedjade omega3-fettsyrorna (EPA och DHA) förebygger hjärtsjukdomar
 - kan minska dödligheten lika mycket som statinerna gör
(Stanley 2006, *Lipid Tech.* 18: 158)
- u De här hjärtvänliga fettsyrorna får vi tillsvdare bara från fisk
- u Fisken räcker ändå inte till för alla i världen
 - utan tillgången försämras på grund av rovfisket och fiskebegränsningarna
- u Förädlarna utvecklar därför växtsorter som kan säkra den rekommenderade tillgången på långkedjade omega3-fettsyror för varje människa, i synnerhet för
 - världens fattiga (vars diet ofta baserar sig på växter)
 - veganer, och
 - fiskallergiker

Hur ska hjärtvänliga oljeväxter förädlas?

- u I själva verket får fiskarna sina långkedjiga omega3-fettsyror ur alger
- u Inom växtriket kan dessa syror produceras av mossor och alger men inte av blomsterväxter
 - odlingsväxter kan bara producera kortkedjade omega3-syror (med färre kolatomer) som är av ringa hjälp för hälsan
- u Den nödvändiga genen extraherades ur en alg och förädlades i oljeväxter med genteknik
- u Fältförsök visar att de förädlade växlinjerna producerar rikligt av de här önskade fettsyrorerna (EPA och DHA)
 - en hektar av gm-soja producerar lika mycket av dessa som 29 000 laxar
- u Hjärtvänliga omega3-växtolja väntas komma ut på marknaden år 2011 (i Amerika)

Ska nya vilda växter domesticeras för odling...?



J. Tammisola©

- u Åkerbär (*Rubus arcticus*)
 - ”det läckraste bäret i Europa” (Linné 1762)
- u Arten blivit sällsynt – naturen är allt snålare med bär
- u Redan Linné gjorde odlingsförsök
- u Växtförädlingsförsök sedan 1920-talet
 - med ringa resultat
- F Tammisola (1988) *J.Agric.Sci.Finl.* 60: 327–446

...eller ska dåliga kompromisser utvecklas med klassiska korsningar?

- u Åkerbäret är osäkert och jobbigt att odla till följd av dess ”primitiva” egenskaper
 - trivs bara i norr (växer dåligt redan i Södra Finland)
 - tål inte ogräs (är en svag konkurrent)
 - är känslig för virus och mögelsvampsjukdomar
 - är självsteril (dvs. många sorter ska odlas blandade för att få gott om bär)
 - bären är mjuka och lämpar sig inte för en mekanisk skörd
- u Mera robust växtsätt, tolerans för sydliga förhållanden och resistens mot växtsjukdomar skulle kunna hämtas ur den amerikansk-asiatiska underarten (*Rubus arcticus* ssp. *stellatus*)

Bärraromen fördärvades när tusentals okända gener kombinerades slumpmässigt

- u Således korsades de här två underarterna med traditionella metoder, och hybriden korsades sedan tillbaka med åkerbär
 - först i Sverige och därefter också i Finland
 - è ...och vi fick en rad sorter av en ny odlingsväxt ("allåkerbär" eller "jalomaarain")
- u Men! Den unika åkerbärsaromen förlorades
- u Allåkerbär smakar nog gott men äkta åkerbärslikör duger de inte till
- u Läxan: "räddnings"egenskaperna ska hämtas till odlingsväxter i en ren form (dvs. utan slumpmässiga andra gener som liftare)
 - alltså med genteknik
 - för säkerhetens skull.
- F Pirinen ym (1998) *Agric. Food Sci. Finl.* 7:455-468

3. Inuliner ur betor

- u Inuliner är en grupp av hälsoförbättrande fruktanpolysackarider
- u De bildas i några växtarter t.ex. cikorian (*Cichorium intybus*)



Cikoria på Sunny Beach i Bulgarien. J.Tammisola©

Inulinerna gör nytta för hälsan och miljön

- u Kortkedjiga inuliner är söta och lämpar sig bra för kalorifria sötningsmedel
- u Långkedjiga inuliner fungerar som näringsfiber och förbättrar matsmältningen
 - ü hälsonytta har uppnåtts både i människor och djur
- u Svin som fått inuliner
 - släpper ut mindre metan (som är en 20-faldigt starkare växthusgas än koldioxid)
 - luktar mindre, och
 - producerar kött som smakar bättre
- u För medicinskt bruk produceras inuliner idag med bakterier i fermentorer (jäsningsbaljor) eller utvinns ur cikorian
 - men detta är alldeles för ineffektivt (alltså dyrt) för att ämnet skulle kunna användas vitt och brett, i synnerhet inte för djurnäring

Hur ska inuliner förädlas i odlingsväxter?

- u Vanligt socker är en massprodukt som överproduceras i EU
 - t.ex. hälften av vårt lands sockerfabriker skulle nyss köras ner för att uppfylla EU-kraven
- u Överlopps produktionskapacitet skulle löna sig att styra till specialprodukter av högre värde
- u Vad gäller produktion i stor skala är cikorian en oekonomisk växtart...
- u ...medan den högproduktiva sockerbetan kan förädlas att producera inuliner (i stället för vanligt socker)
- u Två gener nödvändiga för att framställa inuliner förädlades i sockerbetan ur jordärtskocka
 - med följd att merparten av det vanliga sockret ersattes av inuliner i betorna
- F Sévenier osv. (1998). *Nat.Biotech.* 16: 843–846; (2002). *J.Am.Coll.Nutr.* 21: 199S–204S

4. Växter för att avvärja eller bota allergi/astma...

- u Var femte människa i industriländerna lider av pollenallergi
- u Harmen orsakas vanligen av björkpollen i Norden medan i Japan framkallas svåra symptom av den japanska cedern
- u Med genteknik konstruerades en peptid (dvs. ett kort protein) där de immunologiskt viktigaste bitarna av de två svåraste allergiproteinerna i cederpollen hade sammansatts
- u Denna peptid framkallar inte livsfarliga allergireaktioner såsom de motsvarande hela allergiproteinerna kan göra
- u Genen för denna ”immunopeptid” förädlades nu i risväxter och peptiden producerades i riskorn
- u Genom att mata möss med dessa ”immunkorn” på förhand kan utvecklingen av cederpollenallergi i dem avvärjas...

...utan injektioner

- U ...varigenom man hade lyckats utveckla ett ätbart allergivaccin som kan utnyttjas för allergiprevention utan risk för att ha livsfarliga chockreaktioner
 - ...av vilken orsak de traditionella pollen-toleransinjektionerna ska stickas under en medicinsk övervakning
- F Takagi osv. (2005). *PNAS* 102: 17525–17530
- U Utvecklingen av astma lyckades också hindras i möss tack vare ett ätbart vaccin
 - När testmöss upprepade gånger exponeras för solrosens fröalbumin (ett fröprotein) insjuknar dessa i regel i astma
 - Utvecklingen av astma förhindrades ändå om mössen matats på förhand med lupinfrön som förädlats att producera detta protein
 - ...fastän mössen i försöket utsattes för stora mängder damm som innehöll detta astmaframkallande protein
- F Smart osv. (2003). *J. Immunol.* 171: 2116–2126

Soja-allergi är ett allmänt och allvarligt besvär i världen

- u Soja är en av de åtta vanligaste orsakerna till livsmedelallergier i världen
- u Den förekommer i tusentals olika processade livsmedel, och den är därför svårt att undvika
- u Soja kan även förorsaka allvariga reaktioner, inklusive en livsfarlig chock
- u Sojaböner innehåller 1 400 olika fröproteiner
- u Sju av dessa fröproteiner framkallar ofta allergiska reaktioner bland vuxna i USA
 - ...och därtill kan några andra av dessa proteiner orsaka att antikroppar bildas i barn (dessa övriga proteiner framkallar vanligen inte några allergisymptom bland vuxna)

Hur ska mindre allergiframkallande sojasorter förädlas?

- u Forskare försöker eliminera de viktigaste allergiproteinerna ur sojabönor
 - ...och därmed mildra allergisymptomen och minska eller avvärja framträdandet av nya soja-allergifall i populationen
- u Det immunologiskt viktigaste allergiproteinet i sojabönan (P34) eliminerades genom att inaktivera dess gen med genteknik
 - proteinet P34 orsakar två tredjedelar av soja-allergireaktioner i USA
 - elimineringen lyckades utan att sojans odlingsegenskaper alls försämrades
- F Herman osv. (2003). *Plant Physiol.* 132: 36–43

...steg för steg

- u Det näst viktigaste allergiproteinet i soja saknades i en sojalinje i genbankernas samlingar
 - eliminerad till följd av en naturlig mutation
- u Den här andra allergiminskande egenskapen kan kombineras med den ovannämnda P34-elimineringen
 - med en traditionell korsning
 - ...för sojasorter är självbefruktande, rena växtlinjer
- u Nu har arbetet startat för att även det tredje viktigaste allergiproteinet ska elimineras i soja (med genteknik)

Sjukdomsresistenta odlingsväxter

- u Sjukdomsresistenta växtsorter skulle betydligt minska växternas illamående (stress) och odlingens miljöbelastningar
- u Växtsjukdomar förorsakar ofta, i onödan,
 - stora skördeförluster
 - slöseri av odlingsareal och produktionsinsatser, inklusive kemikalier, energi och arbete, och
 - produktion av skadliga ämnen i skörden (carcinogena mögelgifter och växternas naturliga försvarsämnen)
 - dålig kvalitet på produkterna

Hur ska virusresistenta växtsorter förädlas?

- u Resistens mot virussjukdomar kan vanligen inte finnas i växternas genbankmaterial
- u Växter kan ändå förädlas virusresistenta med ett slags ”genetisk vaccination”* som baserar sig på genteknik
- u Största nyttan kan vinnas i tropikerna och u-länderna
- u Virusförluster kan bli massiva
 - viruset stjäl ofta huvuddelen av skörden
- u Genom att odla virusresistenta växtsorter kan insektgiftsbesprutningarna delvis lämnas bort
 - ...då virusvektorer (dvs. insekter som sprider virus till växter) inte mera behöver kontrolleras
- F Exempel: virusresistent pumpa, papaya eller kassava

* Virusens verksamhet i växten kan förhindras tack vare rna-interferens (som belönades med Nobel-pris i medicin år 2006)

Hur ska växtsorter förädlas för resistens mot svampsjukdomar

- u Dyra preparat är ofta nödvändiga för att kontrollera svampsjukdomar
- u Starkt cancerframkallande kemikalier (t.ex. aflatoxin) produceras av några mögel i växter
- u Det kan vara svårt att undvika gömda mögel i vissa jordbruks- och trädgårdsprodukter
- u Mögelresistenta växtsorter (t.ex. jordgubbar) har redan utvecklats på universitet och i forskningsinstitut, men sådana trygga friska grönsaker och bär finns inte att köpa, då...
- u ...det blir alltför dyrt att skaffa lov för deras marknadsföring (eftersom den genetiska lagstiftningen är svår och oberäknelig särskilt i EU), i synnerhet när det gäller
 - forskare i den allmänna sektorn
 - lokala växtarter med ringa odlingsareal
 - vegetativt förökade växtsorter (t.ex. jordgubbar), vars odlingsareal per sort i regel blir relativt begränsad

Gömda infektioner i produkter kan exponera oss för skadliga ämnen

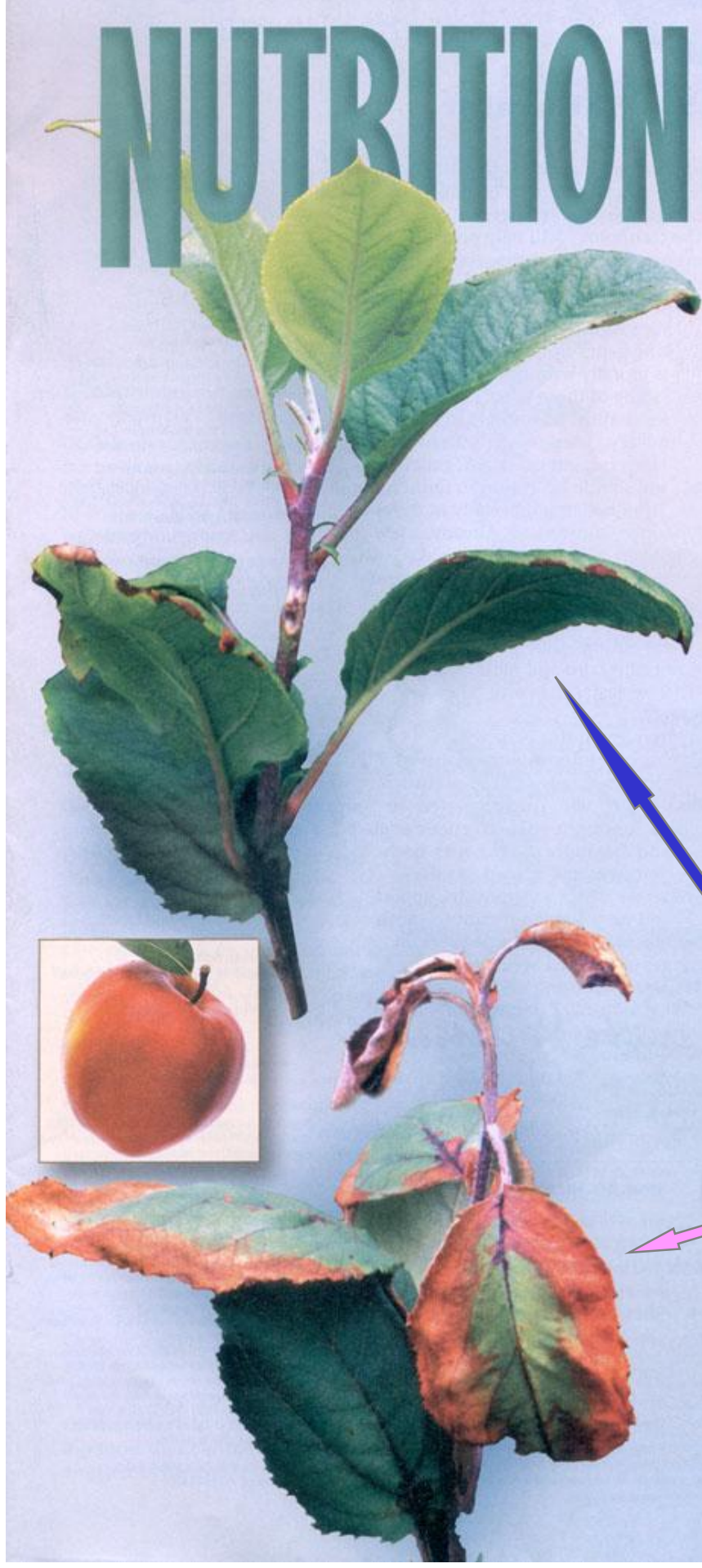


J. Tammisola©

– mögel har erövrat äpplets kärnhus
genom vecklarfjärilens tunnlar

Hur ska växtsorter förädlas för resistens mot bakteriesjukdomar

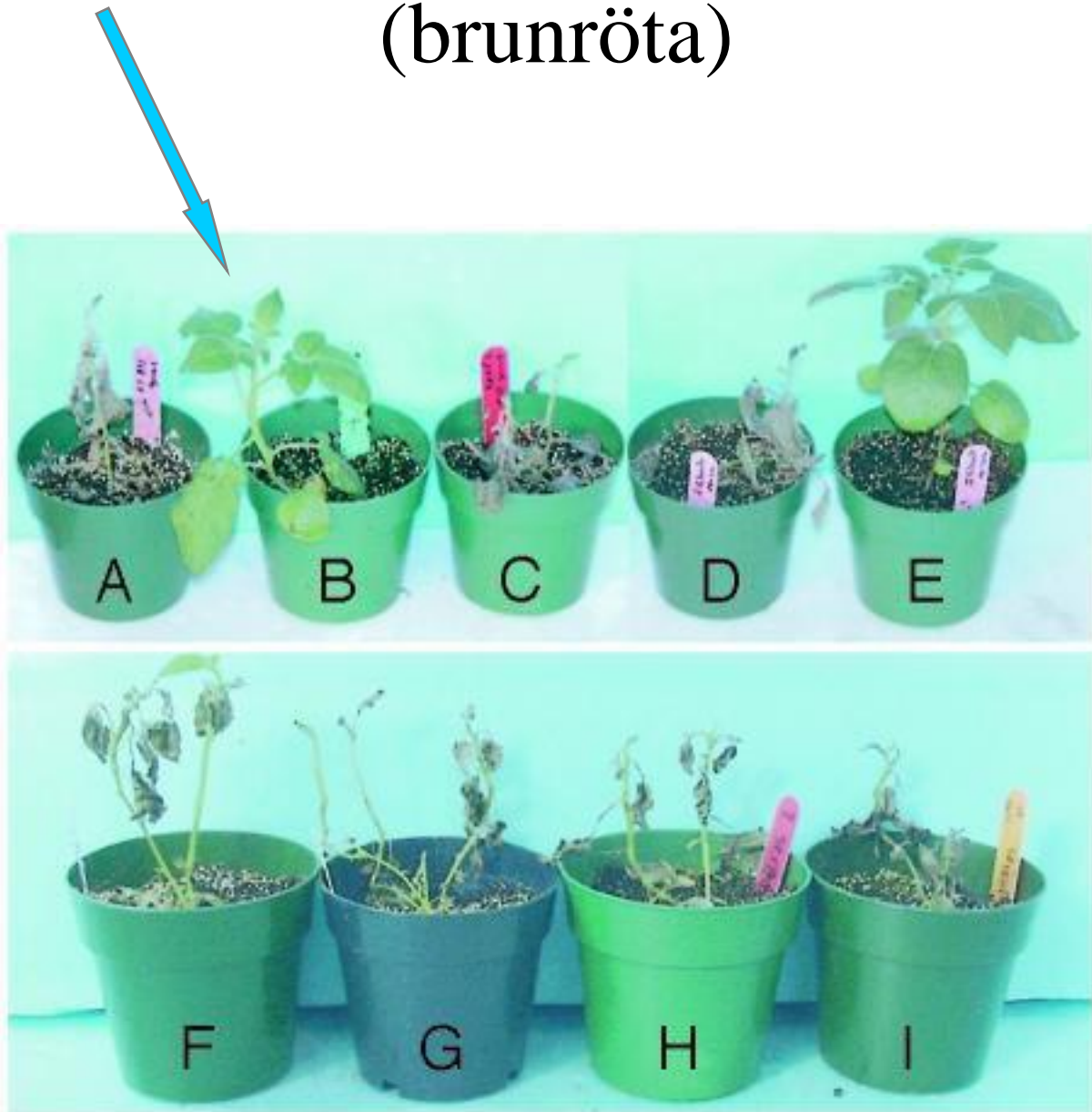
- u Mot bakteriesjukdomar kan växter ofta beskyddas endast med antibiotika
 - vars bruk kan förorsaka att resistens mot antibiotika utvecklas i miljöns skadliga bakterier
- u Päronpest orsakas av en bakterie (*Erwinia amylovora*). Pesten har ännu inte erövrat Finland, men i världens andra äppleträdgårdar kan sjukdomen inte avvärjas utan streptomycinbehandlingar
 - vilket representerar det mest omfattande antibiotikabruket för växtproduktion i industriländer
- u Det berömda Royal Gala –äpplet är mycket sensitivt för päronpest, men en resistent trädlinje ("Frisk-Gala") har redan förädlats med genteknik
 - fortsättningen av historien beror inte på vetenskap utan politik...



Ett vanligt (pestsensitivt) Royal Gala -äppleträd jämfört med en pestresistent Royal Gala -linje.

F Liu osv. (2001) *Agra Hortic. Proc.* 560: 95–99

5. Hur ska potatissorter förädlas för resistens mot potatisbladmögel (brunröta)



F *Song osv. (2003). PNAS 100: 9128–9133*

Potatisbladmögel (*Phytophthora infestans*) förstör världens potatis

- u En miljon irländare dog i hunger år 1845–50
- u Den andra parningstypen av svampen anlände hit från Amerika för två årtionden sedan
 - och satte igång en könlig fortplantning...
 - ...som ökar sjukdomens genetiska mångformighet och sätter fart på dess evolution, varigenom
 - epidemier av potatisbladmögel kommer att bli bara värre i Europa
- u I den odlade potatisens (*S. tuberosum*) populationer kan ingen äkta resistens mot denna sjukdom finnas
 - ...utan bara olika grader av känslighet för sjukdomen
- u Rasspecifik resistens (mot en bestämd bladmögelras) kan inte hålla ”för evigt”
 - utan bryts varje gång när en ny bladmögelras utvecklas genom evolutionen

Generell resistens mot potatisbladmögel hämtades ur en vild potatisart

- u En vild potatisart (*S. bulbocastanum*) är resistent mot potatisbladmögel
- u Genen för resistensen spårades upp, renades och förädlades i odlingspotatisens sorter med genteknik
- u Försökslinjerna har hittills visat resistens mot alla kända raser av potatisbladmögel
 - även mot ”superbladmögeln” som kan bryta alla de rasspecifika resistenserna
- u Egenskapen kan inte förädlas i de odlade potatisarna med traditionella medel, för
 - korsningen mellan de här arterna lyckas inte (för deras ploidinivåer stämmer inte med varandra)
 - för arbetet skulle kräva många årtionden
 - mängder av oönskade gener skulle följa med resistensgenen ur vildpotatisen

Omtyckta gamla växtsorter kan räddas genom nödvändiga finjusteringar

- u Russet Burbank har varit en favoritpotatis redan under ett århundrade i Amerika
- u Denna sort odlas ännu på halva potatisarealen i USA
- u Populära klonsorter (som förökas vegetativt) kan uppdateras för att skaffa konkurrenskraft till dem för framtiden
 - genom att selektivt förbättra deras efterblivna (flaskhals)egenskaper, eller
 - genom att introducera viktiga nya egenskaper i dessa
 - ...med genteknisk precisionsfördäling
- u Burbank-potatisen kan förädlas i efterhand för att bli resistent mot potatisbladmögel
 - ...likaväl som favoritpotatisar i Europa

Resistens mot potatisbladmögel skulle skydda miljön och förbättra potatiskvaliteten

- u Potatisbladmögel förstör knölarnas kvalitet (brunröta) eller raserar skördenivån
- u I detta klimat måste potatisen ofta besprutas 10 gånger mot bladmögel
 - ...medan ända upp till 25 besprutningar per växtperiod i regel behövs i tropikerna
- u Genom att odla bladmögelresistent potatis i EU skulle vi årligen undvika
 - 860 milj. kg förluster av potatisknölar
 - 7,5 milj. kg besprutningar med mögelbekämpningsmedel (räknat som aktivt ämne)
- F Phipps & Park (2002). *J Animal Feed Sci.* 11: 1–18
- F Gianessi osv. (2003). Potential impact for improving pest management in European agriculture. Potato case study. NCFAP

6. Försiktighetsprincipen...

- u ”Om det finns en risk för allvarliga eller irreversibla miljöskador ska man inte genom att skylla på att en full vetenskaplig pålitlighet ännu saknas uppskjuta kostnadseffektiva åtgärder för att förhindra miljöförstöring”
- F 1992 Rio Deklaration om Miljön och Utvecklingen

...när en främmande skadeinsekt
(majsens rotskalbagge)
erövrar Europa...

Veni, vidi – vici ?



Photo: Whitney Cranshaw

Diabrotica virgifera är en vacker (och förödande)
växtskadegörare

...och förstör majsskördarna



- u Skalbaggens larver knaprar av rötterna och stammarna faller omkull
- u Fullvuxna rot-skalbaggar kan inte stoppas med besprutningar...

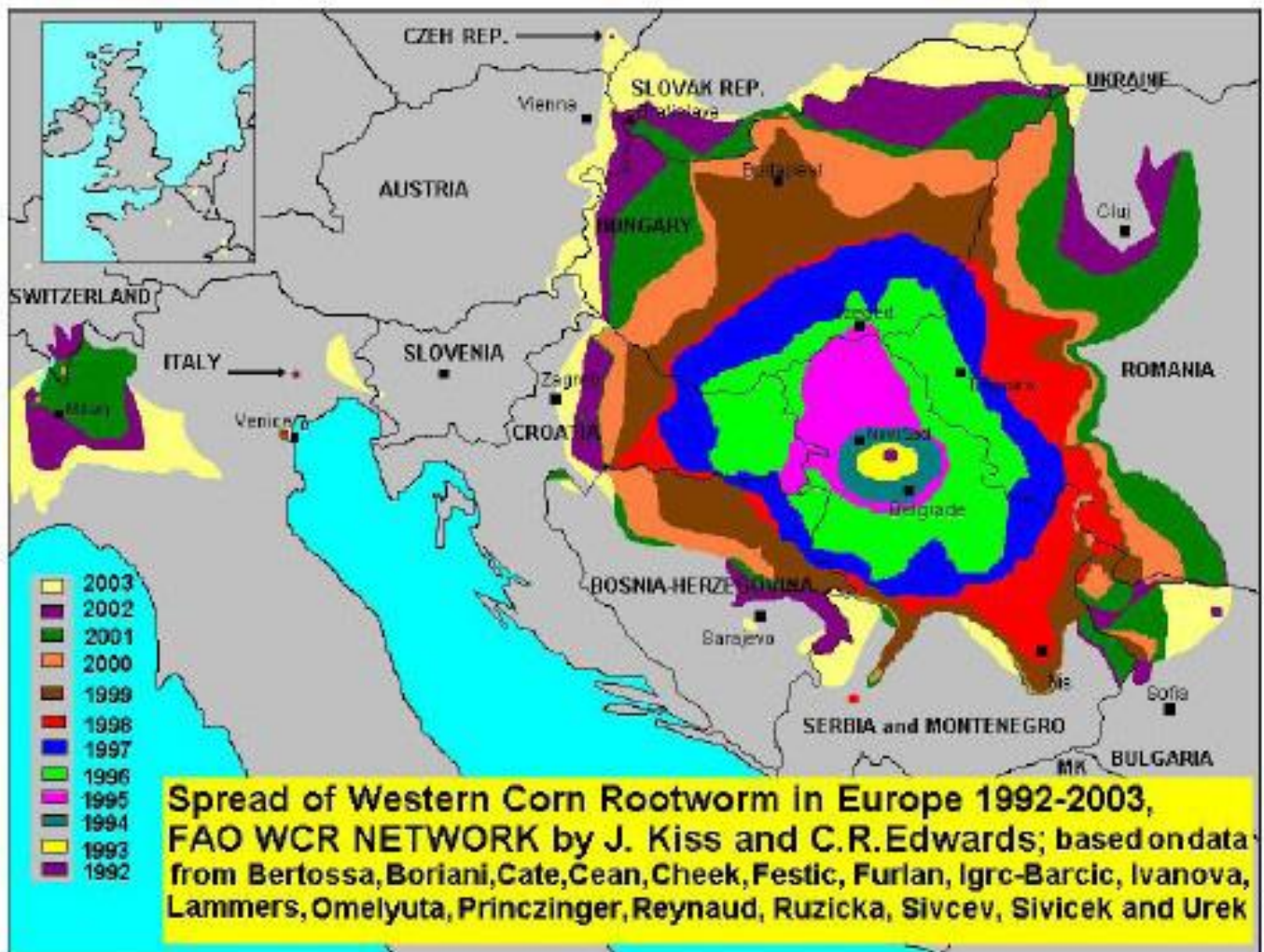


- u ...och dess larver kan bara delvis kontrolleras med att jorden bevattnas med starka insektsgifter
 - denna oselektiva bekämpningsmetod skadar därtill också övriga jordorganismer

Majssorter med resistens mot rotskalbaggar odlas redan på andra kontinenter

- u Resistensen baserar sig på ett skalbagge-specifikt Bt-protein som förädlats att produceras i majsrötterna
- u Då proteinet har effekt bara på vissa skalbaggar kan kontrollen riktas speciellt mot dessa skalbaggelarver som knaprar på majsväxternas rötter
- u Resistenta växter betyder ett ”punktvis” kontrollsystem som är generellt vänligare för miljön än ”lösare” metoder såsom besprutningar
- u Vi importerar nog denna majs för föda i EU
 - men den får ännu inte odlas här
- u Insektresistenta majssorter beräknas att minska insektgiftbesprutningar i majsodling till en bråkdel under de närmaste åren i USA

Majsrotskalbaggen fortsätter sitt erövringståg i Europa...



...80 km per år

...och dugliga nödfallsåtgärder borde sättas igång

- u Rotskalbaggen är en aggressiv ”alienare” med förödande verkan på jordbruket
- u Enligt försiktighetsprincipen ska inte ens en brist på full vetenskaplig säkerhet legitimera att ordentliga kontrollmedel uppskjuts
- u Att kasta yxan i sjön är ingen äkta lösning ens i de kroniska epidemitrakterna
- u Resistenta majssorter skulle kunna begränsa skalbagarna från en epidemi till en måttlig nivå, och därmed
 - hjälpa alla majsodlare i EU, inklusive ”eko”-odlare (som inte får lov att odla dessa sorter)
 - minska spridningstrycket av denna växtskadegörare
- u Tack vare Bt-sorterna av majs och bomull har populationsstorleken av majs-mottfjärilen och bomullsnattflyn kunnat begränsas permanent på åkrarna i USA
 - F Carpenter & Gianessi (2001), Carrière (2003)

7. Effektiverad stärkelsepotatis och det ekologiskt hållbara stärkelsepappret

- u Vanliga potatisknölar innehåller två typer av stärkelse: amylos och amylopektin
- u Den sista passar mycket bättre för många tekniska bruk t.ex. lim och papper
- u Amylopektinpotatisen förädlades genom att koppla bort en nativ potatisgen med genteknik
- u Tillståndsansökan för användning och odling av denna potatis i EU har krupit i EU-byråkratin sedan år 1996 ("ack ja, hur tiden går"...!)
 - ...och kanhända fattas beslutet redan före vårsådden 2008 (visserligen gav jag samma profetia redan inför sommaren 2007)

Hur ska effektivare stärkelsepotatis sorter förädlas?

- u En hög skörd av kvalitetstärkelse skulle erbjuda miljöfördelar
 - energi och kemikalier sparas, då den bättre stärkelsen duger utan kemisk modifiering
- u Boreal Växtförädling utvecklar med genteknik en stärkelsepotatis, vars stärkelsehalt är en fjärdedel högre än i konventionella sorter
- u Fältförsök har pågått i Finland i fyra år
 - försöket saboterades bara år 2005
- u Med avseende på bioekonomin kunde det bästa resultatet vinnas genom att stärkelsekvaliteten (amylopektin) kombineras med den ökade stärkelsehalten
 - t.ex. med korsningar (eller genteknik)

Boreals genmodifierad stärkelsepotatis i fältförsök i Jockis år 2004



J. Tammisola©

...för att gå över till ett miljövänligt stärkelsepapper

- u Hälften av allt högklassigt tryckpapper består av fyllnadsmaterial, i synnerhet mineral
- u Statens Tekniska Forskningscentral VTT utvecklar ett ekologiskt stärkelsepapper, där mineralämnena ersätts med stärkelse
- u Stärkelsepappret är helt återvinnbart, och till slut kan det brännas till energi utan skadliga avfallsämnen
 - återvinningsprocessen blir renare
 - kolhydrater brinner effektivare än sten
- u Därtill blir avtrycket bättre på stärkelsepapper
- u Med avseende på ett kommersiellt bruk måste stärkelsepapprets kostnader ändå tydligt minskas

F www.vtt.fi/uutta/2006/20051229.jsp?lang=en

Naturen själv testar bortkoppling av gener i växterna

- u Naturen har prövat att inaktivera alla möjliga växtgener miljoner gånger under årtusendens lopp
 - utan några ekologiska problem
- u Demilitarisering (dvs. borttagning av försvarsmedel) ger inte någon selektionsfördel åt växterna i Naturen
 - ...utan ”vapenvägrare” med sina avkommor försvinner ur naturliga ekosystem snabbare än vanligt
- è Alltså en bortkopplad gen
- u kommer varken att erövra ekosystem...
- u ...eller orsaka permanenta förändringar utan
 - högst tillfälliga effekter som är mindre än eller kan liknas vid de förändringar som förorsakas på åkrarna varje år på grund av valet av växtart och dess odlingsmetoder

Genädrade fegisar?



- u Ekologiska studier i Storbritannien under 10 år har visat att
 - u ...alla genädrade odlingsväxter som undersökts (raps, potatis, majs och sockerbeta)
 - var svagare i Naturen
 - och försvann därifrån snabbare
- ...än sina traditionellt förädlade motsvarigheter
- F Crawley osv. (2001). *Nature* 409: 682-683.

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

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

*European Association for Plant Breeding Research