

## Åsa Grimberg

*Avdelningen för växtförädling  
P.O. Box 101, SE-23053 Alnarp*

### Växtförädlarens verktygslåda genom tiderna

#### *Selektionsförädling*

För över tiotusen år sedan började människorna bruka jorden och odla olika växter och de behövde därmed inte vandra omkring för att jaga och samla sin föda. Det var då som växtförädlingens historia startade. Vilda växter anpassades till att bli grödor genom att människor började plocka och så frön från växtplantorna med bäst egenskaper. Man valde till exempel de med många frön, som satt kvar länge på plantan och som därmed gav dem mycket mat. Genom tusentals år var det på detta sätt som växter förädlades inom jordbruket vilket har utgjort den grund som dagens växtförädling vilar på. Denna metod kan kallas för *selektionsförädling*, eftersom detta urval (selektion) av egenskaper inte hade skett på naturlig väg utan människans inblandning. Sedan dess har växtförädlingen utvecklats till att med mer avancerade verktyg förändra och kombinera växters genuppsättningar för att uppnå förbättrade egenskaper hos grödor som är anpassade till människans jordbruk och kvalitetsbehov.

#### *Korsningsförädling*

Genom att 'blanda' arvsanlag från två växter som man valt som föräldrar får man en kombination av båda växternas egenskaper, både bra och dåliga. Tekniskt kan en korsning göras genom att man ser till att pollen från den ena (han)plantan befruktar äggcellen på den andra (hon)plantan. Fröna som sen bildas får då egenskaper från båda föräldrarna. Korsning kan till exempel göras mellan en befintlig gröda och en vild släkting till denna, för att få in nya egenskaper.

#### *Mutationsförädling*

Genom att utsätta växtceller för strålning eller kemikalier sker slumpmässiga förändringar någonstans i växtens arvsmassa. En gen kan till exempel förlora en bas eller få en extra bas i sin DNA-sekvens, vilket ger ett avläsningsfel när genen ska användas av växten. Resultatet kan bli att det protein som genen ger upphov till i växten antingen slutar fungera (till exempel som enzym) eller får en förändrad funktion. Genom att odla upp tusentals plantor med olika sådana förändringar kan man bland dessa välja ut dem där förändringen rå-

*KORRESPONDENS TILL  
Åsa Grimberg; Email:  
[Asa.Grimberg@slu.se](mailto:Asa.Grimberg@slu.se)*

kade vara fördelaktig och använda dessa plantor vidare i ett förädlingsprogram. Man skulle kunna likna mutationsförädling vid ett lotteri där man med tur och gott om tid vinner något bra och användbart.

### *Genteknisk förädling*

De senaste decennierna har det tillkommit en ny metod i växtförädlarens verktygslåda som kan kallas för *genteknisk förädling*. Med denna metod väljer man på förhand ut en viss gen som kodar för ett visst protein vars funktion man redan känner till. Denna gen för man in i en gröda, till exempel via en jordbakterie (*Agrobacterium tumefaciens*) som naturligt har utvecklat ett transportsystem för att föra in sitt eget DNA i växtens arvsmassa. Bakterien lurar därigenom växten att producera vissa näringsämnen åt sig. Med hjälp av bakterien kan vi föra in en viss egenskap i en växt som då kallas för transgen. För att man ska kunna veta vilka av plantorna som mottagit genen, för man samtidigt in en markör-gen, till exempel en gen som kodar för en viss antibiotika-resistens. De plantor som klarar av att växa trots exponering för antibiotikan vet man också innehåller den andra införda genen.

### *Val av förädlingsverktyg*

Beroende på vilken/vilka egenskaper som är målet i en förädlingsprocess kan man välja att använda sig av olika verktyg i verktygslådan. En väldigt komplex egenskap kan vara resultatet av ett samspel mellan många olika gener och då kan korsning av denna egenskap från en vild släkting in i en gröda vara den mest effektiva metoden. En sådan komplex egenskap är perennialitet (flerårighet) hos växter. Den kan ge stora fördelar för miljön och även spara tid och pengar eftersom man inte behöver lägga lika mycket tid och energi på att bereda jorden varje år samt att man får ett minskat näringsläckage från åkern.

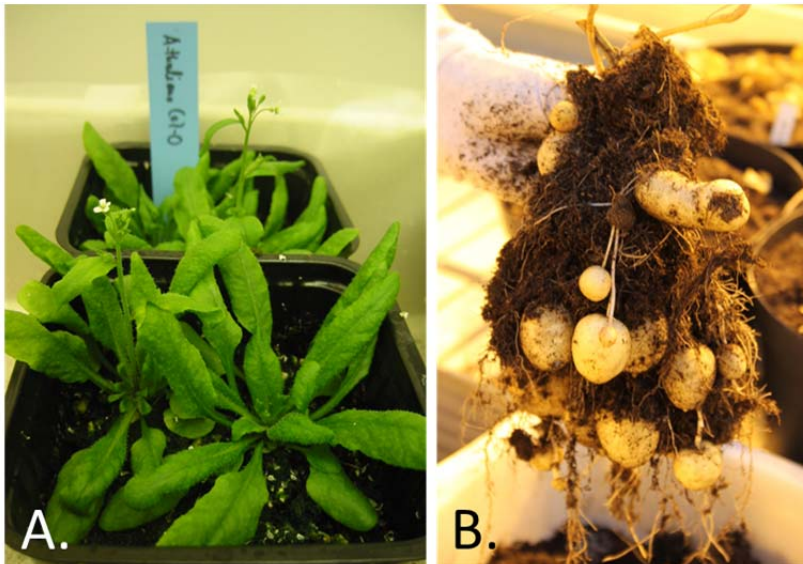
För en annan egenskap kan det vara bara en eller ett par gener som behöver överföras (och som är kända) och då kan någon form av genteknik vara väldigt effektiv och tidssparande, och ibland helt nödvändig för att få in den i en gröda. Nedan ges två exempel från vår forskning där vi infört sådana egenskaper med genteknisk förädling till grödor i syfte att förändra oljekvalitet och oljekvantitet för att ersätta den fossila oljan inom den kemiska industrin.

*"Dirigent-gen" får potatisar att producera olja med hjälp av genteknik*

Eftersom växtoljor kemiskt sett är mycket lika den fossila oljan (långa kolvätekedjor med olika antal dubbelbindningar) kan man inom många användningsområden använda växtolja istället för fossil olja. Mängden fossil olja som vi använder idag är dock alldeles för stor för att världens åkerarealer skulle räcka till för detta syfte om vi samtidigt vill ha något att äta. Däremot skulle en liten men betydande del av den fossila oljan som används i den kemiska industrin till specialprodukter (till exempel smörjmedel, plaster och färg) bytas ut mot växtolja om den globala växtoljeproduktionen ökade väsentligt. De oljegrödor vi odlar idag är få och har liten potential för vidare produktionsökning; oljepalm, sojaböna, solros och raps. Den gröda som idag överlägset ger den största växtoljeproduktionen är oljepalm som odlas i regnskogsområden och en ökning av denna gröda skulle ske på bekostnad av skövling av regnskog vilket naturligtvis inte är önskvärt. För att kunna öka den globala oljeproduktionen från växter måste vi därför utveckla nya högavkastande oljegrödor. Av denna anledning är vi intresserade av att hitta gener som styr hur olika växter lagrar energi (kol) på olika sätt; till exempel socker i sockerbetan, stärkelse i potatisknölar och olja i rapsfrön.

Byggstenarna (kol i form av socker) till energilagret i alla växter kommer från fotosyntesen, men styrs av vissa gener in till de olika syntesvägarna för till exempel olja eller stärkelse. Dessa gener är exempel på så kallade transkriptionsfaktorer, som man förenklat skulle kunna kalla "dirigent-gener". En "dirigent-gens" uppgift kan liknas vid vad en dirigent gör i en orkester, nämligen styr vilka instrument (gener) som ska spela samtidigt i ett visst musikstycke (till exempel olje- eller stärkelsestycket). Genom att antingen stänga av eller sätta igång en "dirigent-gen" i en växt kan man få en stor effekt, eftersom den slår av eller på många andra gener samtidigt, jämfört med om man stänger av eller på de enskilda generna i en viss syntesväg var för sig. En sådan spännande "dirigent-gen" som har stor betydelse för oljebildning i växters lagringsvävnader kallas för "skrynkeln-genen" (ursprungligen kallad *wrinkled1*), eftersom den upptäcktes i en mutant av backtrav (där genen var avstängd) vars frön nästan saknade olja och därför blev skrynkliga. Genen skulle mer rättvist kunna kallas för oljedirigentgenen, eftersom det är just en sådan gen som styr användningen av många andra gener, både i glykolysen som ger byggstenar till fettsyror och i själva fettsyrasyntesen som sedan ger olja. Vi har i vår forskning sett att denna gen är viktig för oljebildningen i olika växter, bland annat i underjordiska knölar från en växt som heter jordmandel (*Cyperus esculentus*) som har ovanligt mycket olja i sina knölar. Genom

att överföra denna "skrynkel-gen" till potatis med hjälp av genteknik har vi fått potatisknölar, som vanligtvis enbart lagrar energi i form av stärkelse, att också producera olja! Halten olja är dock långt ifrån tillräckligt hög för att kunna ge en väsentlig mängd olja, men det är ett exempel på hur man med genteknik och dirigentgener drastiskt kan förändra metabolismen i en växt som skulle kunna komma till nytta för miljön (Figur 1).



Figur 1. En 'dirigent-gen' (en transkriptionsfaktor) från backtrav (*Arabidopsis thaliana*, A) överfördes med genteknik till potatis (*Solanum tuberosum*) som därmed började ackumulera olja i sina knölar (B). (Foto: Åsa Grimberg, Mariette Andersson).

Gener från ökenbuske ger högkvalitativt smörjmedel i oljegröda med hjälp av genteknik

I äldre bilar användes ofta en växellådsolja gjord på bland annat vaxestrar. Vaxestrar är inte som vanlig fröolja (tre fettsyror som är bundna till en glycerolmolekyl med esterbindningar), utan består istället av en fettsyra och en alkohol som sitter ihop med en esterbindning. Denna vaxesterolja hade mycket bra

egenskaper som smörjmedel med lång hållbarhet och hög stabilitet och man behövde sällan byta ut den under bilens hela livstid. Oljan kom dock från kaskelotvalars huvud som på grund av denna efterfrågade produkt jagades tills de var nästan utrotade. Under 1970-talet fridlystes kaskelotvalen och sedan dess har smörjmedel baserats endast på fossil olja även om den inte haft lika bra egenskaper. Det finns däremot en ökenväxt som heter jojoba (*Simmondsia chinensis*), som i sina frön har samma typ av vaxestrar som de från kaskelotvalen. Produktionen av vaxestrar i jojobafröna sker med hjälp av två enzymer; ett fettsyrareduktas och ett vaxsyntas. Genom att med hjälp av genteknik klonar (uppföröka) generna som kodar för dessa två enzymer från jojobafrön och med jordbakterier överföra dessa till en växt som heter oljekål (*Crambe abyssinica*), kan man få denna växt att producera just vaxestrar! Oljan som pressas ur oljekålsfröna har helt nya egenskaper som passar väl för ett bra smörjmedel, jämfört med den olja som fröna vanligtvis producerar. Detta resultat hade inte varit möjligt att uppnå utan genteknik, eftersom Jojoba är en växtart som inte kan korsas sig med oljekål, och mutationsförädling hade inte fungerat eftersom oljekåls egna gener inte hade kunnat åstadkomma detta. Denna vaxesterolja har odlats i fältförsök och den nya produk-

ten, vaxesterolja, har extraherats och dess egenskaper som smörjmedel kommer att karakteriseras (Figur 2).



*Figur 2. Gener från ökenbusken jojoba (*Simmondsia chinensis*, A) överfördes med genteknik till oljegrödan *Crambe* (*Crambe abyssinica*) för att få den att producera vaxestrar som kan användas som smörjmedel istället för kemikalier baserade på fossil olja. *Crambe*-plantor som sätter frön (B), mogna *Crambe*-frön innan skörd (C) och *Crambe*-frön inuti frökapslarna (D). (Foto: Åsa Grimberg).*

### *Genteknikdebatten i Europa*

Debatten i Europa angående genteknikens användning inom växtförädlingen har resulterat i en process som både är väldigt dyr och lång för att kunna godkänna en ny transgen sort (se artikeln *GMO eller inte GMO? Bioscience Explained Vol 8, no 1*). En sort som framtagits med hjälp av viss genteknikförädling får genomgå extremt många kontroller jämfört med en ny sort som framtagits med de mer traditionella förädlingsmetoderna. Om kontrollsystemet istället kontrollerat alla sorter på samma vis och fokuserat på vilka risker som de nya egenskaperna hos den nya sorten hade, oavsett med vilken teknik de förts in, skulle kanske även Europa få ta del av en större diversitet av nya sorter och grödor som kan göra stor nytta för människor och miljö. Av de nya egenskaper som man infört i grödor med hjälp av genteknik är få godkända för odling i Europa; ogräsmedelstolerans och insektsresistens. Företagen som står bakom dessa produkter har sett ekonomiska fördelar med att kunna sälja eget ogräsmedel och utsäde i "paket", vilket gjort många människor tveksamma till användningen.

Det akademiska forskarsamhället har dock inte till uppgift att tjäna pengar, utan istället att tjäna samhället. De kan därför använda verktygslådan inom växtförädlingen med större fantasi för att utveckla nya grödor med egenskaper som kan göra stor nytta för samhället. Till exempel leder användning av grödor med insekts- eller svampresistens till minskad kemisk bekämpning i jordbruket, nya oljekvaliteter kan ersätta den fossila oljan i kemiindustrin, tork- och köldtåliga grödor kan odlas på landtytor som tidigare inte varit odlingsbara, och grödor med förändrad näringssammansättning kan ge nyttigare livsmedel.

**Referenser**

Carlsson, A.S. *et al.* (2011) Replacing fossil oil with fresh oil – with what and for what? *European Journal of Lipid Science* 113, 812–831.

Focks, N. and Benning, C. (1998) *wrinkled1*: A novel, low-seed-oil mutant of *Arabidopsis* with a deficiency in the seed-specific regulation of carbohydrate metabolism. *Plant Physiology* 118:91-101.

**Läs mer om genteknik:**

Nyman, M. (2014) GMO eller inte GMO? Nya tekniker sätter lagstiftningen på prov. [www.bioscience-explained.org](http://www.bioscience-explained.org), vol 8 no 1.

Vamling, K. (2007) Nya verktyg till modern växtförädling. [www.bioscience-explained.org](http://www.bioscience-explained.org), vol 3 no 2.

Förare, J. (2011) Genteknik som tar skruv. *Forskningsrådet Formas*.