

# Kristofer Vamling

Plant Science Sverige AB  
268 81 Svalöv

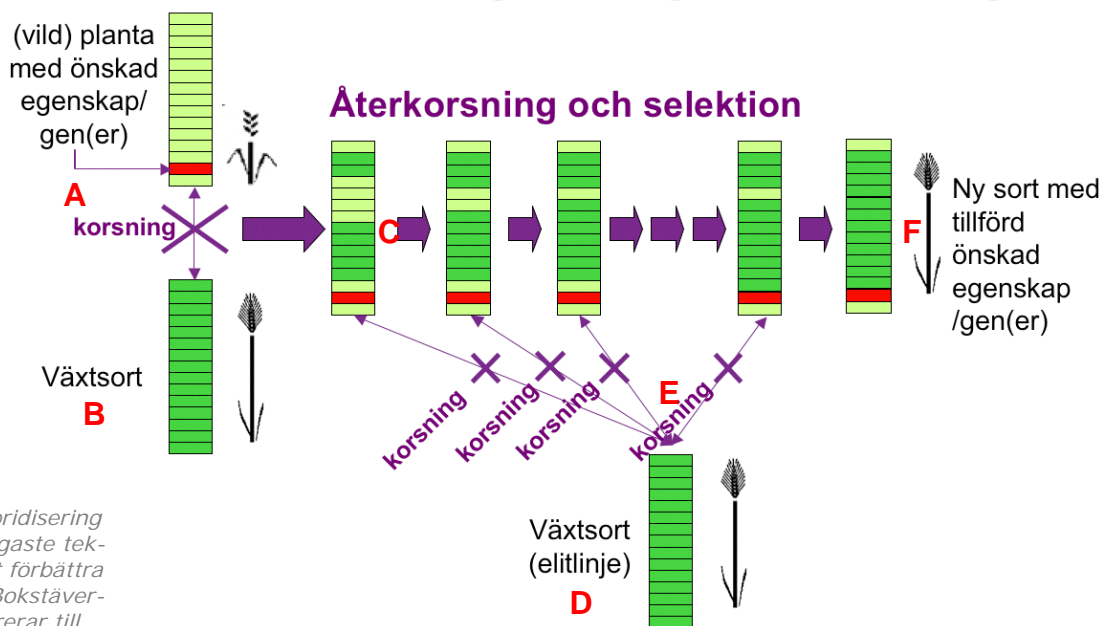
## Nya verktyg till modern växtförädling

### Bakgrund

Det är en ständig utmaning att göra våra grödor mer lämpade för odling och konsumtion, vilket sker med hjälp av växtförädling. Redan befintliga egenskaper kan förbättras eller nya egenskaper kan introduceras. Typiska egenskaper som man vill förbättra är hög avkastning, resistens mot sjukdomar och skadeinsekter eller speciella kvalitetsegenskaper. I en del fall kan det också vara frågan om att förändra en växt så att den inte uttrycker en viss egenskap, t ex en skadlig eller oönskad egenskap.

En omedveten förbättring av olika växtarters egenskaper, för att bättre motsvara människans behov, startade redan under stenåldern. Den egenskapsspecifika och mer vetenskapligt uppbyggda växtförädlingen startade för mer än hundra år sedan.

### Konventionell korsningsförädling med återkorsning



Figur 1. Hybridisering är den vanligaste tekniken för att förbättra vår gröda. Bokstäverna **A-F** refererar till texten nedan.

KORRESPONDENS TILL  
Kristofer Vamling, Plant Science  
Sverige AB, 268 81 Svalöv  
Email:  
Kristofer.Vamling@plantscience.se

## Från egenskap till växtsort

När en idé till en ny egenskap har identifierats är detta det första steget i en lång process. Först måste växtförädlaren undersöka om egenskapen redan finns hos någon planta i arten som skall förädlas. Kanske finns egenskapen redan i något av de tusentals fröprover som växtförädlaren redan har på sina hyllor, dvs i växtförädlarens genpool och arbetsmaterial. Om inte, så utvidgas sökandet ofta till nära besläktade arter i genbanker. Om sökandet är lyckosamt och man hittar en planta med den eftersökta egenskapen, så kan nästa steg i processen startas.

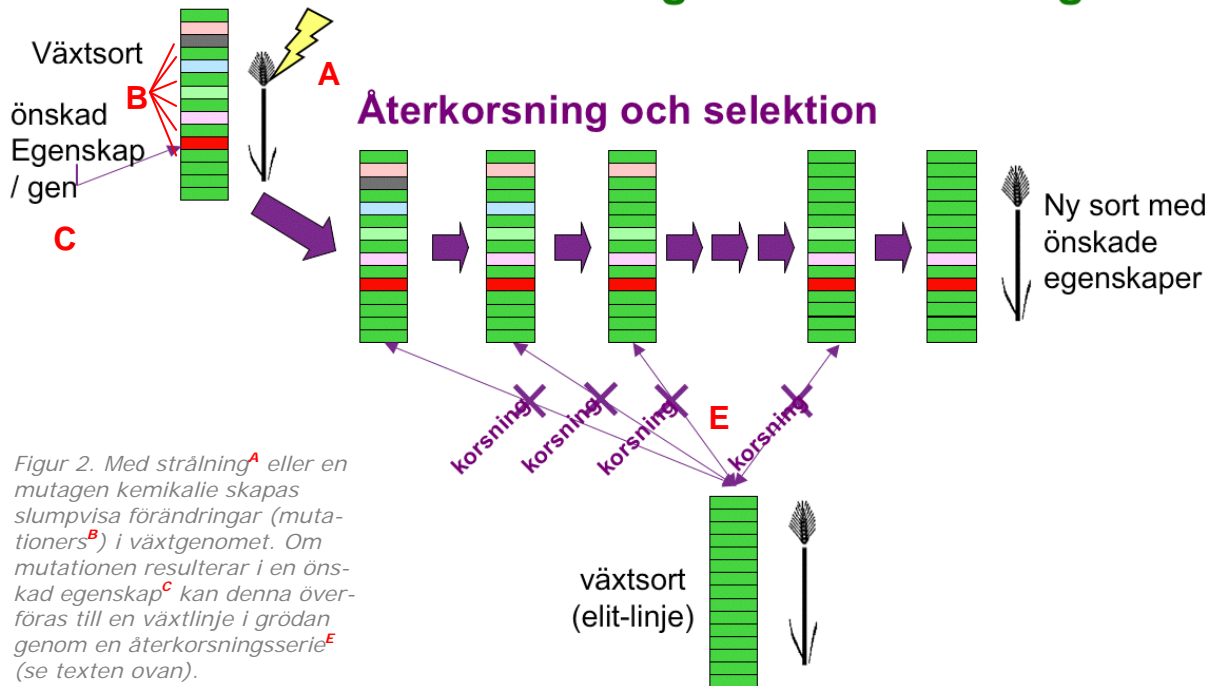
*En genbank är en plats där en stor mängd prover av olika växtarter samlas och lagras.*

## Korsningsteknik

För att kunna överföra den önskade egenskapen till grödan korsar växtförädlaren plantan som bär på egenskapen<sup>A</sup> med en planta från en förädlingslinje<sup>B</sup> (som innehåller alla andra önskvärda egenskaper). Korsningen resulterar i en avkomma som kombinerar de två föräldraväxternas egenskaper<sup>C</sup>. För att erhålla en växtlinje<sup>F</sup> med alla egenskaper som förädlingslinjen<sup>B</sup> har, inklusive den nya egenskapen<sup>A</sup>, och samtidigt med så få av de oönskade egenskaperna från "givarplantan" som möjligt (t ex om givarplantan är en vild släkting med "vilda" egenskaper som är viktiga för en plantas konkurrensförmåga i naturen) återkorsas utvalda växter från avkomman med "elit linjen"<sup>D</sup>. Detta görs upprepade gånger i en sekvens av återkorsningsserier<sup>E</sup>, mellan avkomman och förädlingslinjen. Inom varje återkorsningsgeneration måste man göra ett urval i materialet av de plantor som bär på den nya egenskapen och dessutom har så mycket som möjligt av egenskaperna från förädlingslinjen. Detta material används vid nästa återkorsning med förädlingslinjen. Ofta behöver man utföra 6-8 återkorsningar innan en ny sort<sup>F</sup> är skapad (lantbrukaren köper en sort för att så på fältet).

Om man inte kan finna den önskade egenskapen i något växtmaterial inom grödan, eller hos någon besläktad växt, som kan användas vid korsningen, är ett alternativ att försöka att skapa den önskade egenskapen i grödan. En egenskap beror på den genetiska informationen som organismen bär på. Den kan vara resultatet av en enskild gen eller bero på samverkan mellan hundratals gener i organismen. Även om egenskapen är bunden till en enskild gen, är det viktigt att vara medveten om att det alltid behövs en viss genetisk och metabolisk bakgrund i organismen för att det skall vara möjligt för egenskapen att uttryckas. För att skapa en ny egenskap är det därför nödvändigt att modifiera redan befintlig genetisk information via *mutation* eller *genetisk modifikation* och ha egenskapen uttryckt i en lämplig genetisk och metabolisk omgivning.

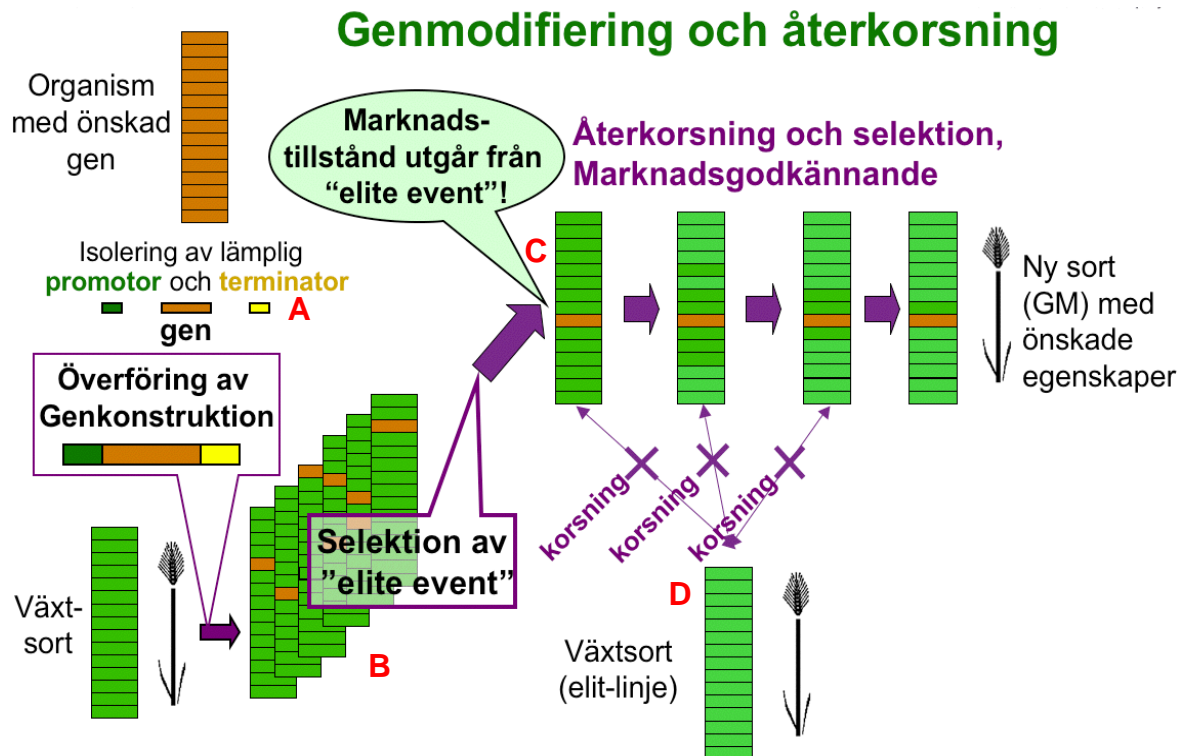
## Mutationsförädling och återkorsning



Figur 2. Med strålning<sup>A</sup> eller en mutagen kemikalie skapas slumpvisa förändringar (mutationers<sup>B</sup>) i växtgenomet. Om mutationen resulterar i en önskad egenskap<sup>C</sup> kan denna överföras till en växtlinje i grödan genom en återkorsningsserie<sup>E</sup> (se texten ovan).

### Mutation

En av de grundläggande aspekterna av evolutionen och variationen av liv på jorden är spontana förändringar i den genetiska informationen, som ständigt äger rum i en organisms genom. Denna process kallas mutation. För mer än femtio år sedan upptäckte forskare att frekvensen av mutationer kan ökas med hjälp av vissa kemikalier och med radioaktivitet. Växtförädlare har utnyttjat denna kunskap för att skapa populationer av plantor med mutationsinducerade förändringar i sin genetiska information. En del av dessa förändringar resulterar också i förändringar av växternas egenskaper. Mer än 99 % av dessa förändringar är värdelösa för växtförädlaren. Emellertid kan ibland värdefulla egenskaper identifieras. Dessa kan sedan överföras till en förädlingslinje genom den hybridiseringsteknik som beskrivits ovan. Växtförädling baserad på mutationsteknologi används sällan idag, men med utvecklingen av den nya molekylärtekniken kommer troligen användningen av mutationer öka i framtiden.



Figur 3. Genetisk modifiering är en teknik, där en specifik del av genetisk information isoleras från en organisms genom (arvsmassa) och överförs (/transfereras) till en annan organisms genom. Eftersom det fortfarande inte är möjligt att exakt bestämma var den nya genetiska informationen kommer att hamna, måste man framställa flera "transgena" växter.<sup>B</sup> Av dessa transformationstillfällen/"events" väljer man ut ett "the elite event"<sup>C</sup> (bästa transformationstillfälle) till slutlig bedömning av säkerhet och för vidare i förädlingsförsöksarbete<sup>D</sup>.

### Genetisk modifiering

Genetisk modifiering (GM) är en relativt ny teknik som förser växtförädlaren med verktyg som kan användas till att introducera nya eller förbättrade egenskaper i en gröda. För att skapa den nya egenskapen i växten måste en specifik isolerad genetisk information (en genkonstruktion)<sup>A</sup> överföras till en enstaka växtcell. Den genetiska informationen kan isoleras från vilken organism som helst. Från den enstaka växtcellen kan därefter en helt ny planta återbildas (regenereras). Om den nya genetiska informationen "läses" (transkriberas) på rätt sätt kommer den regenererade plantan att uppvisa en ny egenskap.

Växtematerialet som används i genöverföringsprocessen är vanligen inte det bästa ur fältodlingsperspektiv. Det fungerar bra vid genöverföring, men är inte tillräckligt marknadsmässigt för fältodling.

För att kunna introducera den nya GM-egenskapen i en konkurrensmässig linje korsas "GM-plantan" med en modern konkurrensmässig linje. Detta görs på det sätt som beskrivs under rubriken "Hybridisering".

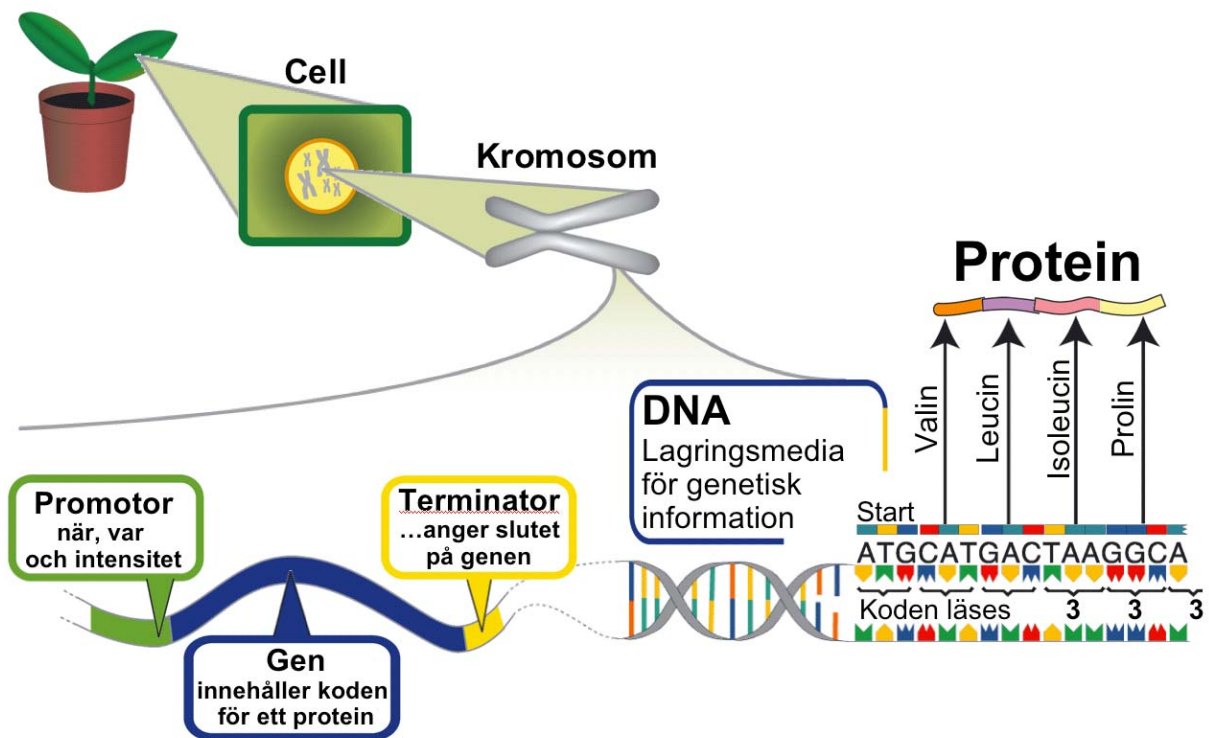
### Genetisk modifiering – Steg för Steg

Egenskaperna hos en växt som odlas i fält beror på hur växtens arvsmassa reagerar på omgivningen. Ibland är endast en gen ansvarig för en speciell egenskap, t ex svampresistens. I andra fall arbetar många gener tillsammans för att åstadkomma en viss egenskap, t ex hög avkastning. I de fall då många gener arbetar tillsammans för att ge en viss egenskap finns det vanligen några få viktiga gener, som är ansvariga för huvuddelen av egenskapen.

För att kunna använda sig av tekniken med genetisk modifiering, måste generna som ansvarar för den önskade egenskapen identifieras. Detta är vanligen en tidskrävande process som omfattar många steg och tekniker. Beroende på vilken egenskap det är frågan om, kan det ta mellan månader till flera år innan den genetiska informationen (genen eller generna) bakom egenskapen är identifierad.

Nästa steg är att undersöka om genen (generna) ger den önskade egenskapen i grödan. För att undersöka detta måste genen (generna) överföras till en växtlinje ur grödan.

De flesta gener i en växt finns i växtcellens kärna, där de är organiserade i kromosomer. I en kromosom finns det tusentals gener sammanbundna i en lång rad. En grundläggande genfunktion är reglering för hur och när generna skall uttryckas. I en cell finns det vissa gener som alltid är aktiva. Andra gener är endast aktiva under t ex gröningsprocessen, medan andra är aktiva endast under växtens blomning. Genuttrycken i en växt är en mycket komplex process med mycket samspel inom växten liksom mellan växten och yttre stimuli.



Figur 4. All genetisk information hos en organism finns lagrad i cellen. Den mesta informationen finns lagrad i själva cellkärnan. I kärnan finns den genetiska informationen i kromosomerna.

För att kunna använda sig av genetisk "ingenjörskonst", måste en gen med sin genetiska information isoleras från en organisms arvs massa. Den isolerade genen placeras i en "genkonstruktion" (se fig. 6) och överförs (transformeras) till arvs massan i den mottagande växtcellen. Denna cell kommer sedan att utvecklas till en hel planta. Eftersom alla cellerna i plantan är kopior av den första mottagarcellen, innehåller alla cellerna den överförda genen i sitt genom/arvs massa. Om

allting fungerar som planerat kommer den överförda genen också att ge upphov till en ny egenskap hos växten. Denna metod där en genkonstruktion har överförts/transfererats till en mottagarcell och en ny planta har återbildats kallas transformation.

Processen från den första genetiskt modifierade plantan, till en marknadsfärdig sort med den nya egenskapen införd med hjälp av genetisk modifiering, är mycket lång. Vanligen måste många oberoende (med ursprung från olika transformerade celler) transgena plantor produceras för att man skall hitta en planta (en transformationshändelse/"event"), som uttrycker den nya egenskapen på ett optimalt sätt och samtidigt inte visar några andra oavsiktliga förändringar. Denna utvalda planta är "den bästa transformationshändelsen" ("the elite event"). Denna linje/transformationshändelse, som härstammar från en enda cell, måste genomgå en serie av tester och försöksodlingar för att styrka stabiliteten och uttrycket av anlaget. Den omfattande säkerhetsbedömningen som alla nya egenskaper måste genomgå innan de får kommersialiseras baseras också på "den bästa transformationshändelsen". Innan den nya egenskapen kan introduceras som en ny sort för lantbrukarna måste emellertid ytterligare arbete utföras av växtförädlaren. Hos de flesta grödor måste linjen med "den bästa transformationshändelsen" användas i ett konventionellt återkorsningsprogram (Fig. 3 C, D). Vid detta skall den nya egenskapen införas i linjer, som representerar det bästa och mest odlingsvärda materialet.

Slutsteget för alla nya växtsorter, transgena liksom icke-transgena, är den officiella sortprovningen. Denna är ett test där sorten måste bevisa sitt särdrag (*Distinctness*, möjligheten att skilja sorten från andra sorter på marknaden), enhetlighet (*Uniformity*, plantorna inom sorten måste se likadana ut och ha samma kvalitet- och kvantitetsegenskaper) och överlägsenhet (*Superiority*, den måste vara bättre eller erbjuda en ny kvalitet jämfört med redan existerande sorter). Efter att växten har passerat det så kallade *DUS*-testet och den officiella provodlingen släpps den och säljs som en ny växtsort på marknaden.

### FRÅN EN EGENSKAP TILL GENER (steg 1)

Egenskaper som en organism uttrycker kan beskrivas som svaret av dess gener på omgivningen. En del egenskaper, t ex blommans färg, är vanligen helt oberoende av omgivningen. Andra egenskaper som t ex mängden frön från en gröda, är starkt beroende av omgivande faktorer i fältet.

Inom växtförädling, med eller utan användning av genetisk modifiering, är det mycket viktigt att känna till om en egenskap är ett resultat av en enstaka gen eller av flera gener. Om egenskapen härrör sig från en enstaka gen är förädlingsarbetet mycket lättare än om



egenskapen är resultatet av en kombination av flera gener, som är lokaliserade på olika platser i växtgenomet. I det sistnämnda fallet är arbetet mycket mer komplext och vanligen också mer tidskrävande.

I dag kan vi endast hantera några få gener i samma transformationsprocess. Hybridiseringstekniken, å andra sidan, omfattar en kopia av hela genomet (tusentals gener) på samma gång. Denna erbjuder möjligheter att förädla egenskaper som beror på många gener. Begränsningen av denna teknik beror på att alla gener i växten är inblandade, inte bara de gener som ansvarar för den önskade egenskapen. Detta innebär att fler egenskaper än de önskade överförs vid korsningen. För att avlägsna dessa oönskade gener är ett upprepat återkorsningsprogram nödvändigt (se ovan fig 1 C-E).

När en önskad egenskap har identifierats är det första steget att undersöka om denna egenskap är möjlig att få fram med konventionell korshybridisering. Om detta är omöjligt, eller om man antar att det tar alltför lång tid att göra (beroende på t ex genetisk komplexitet) börjar sökandet efter en lämplig källa där man kan hitta de nya generna (den nya genetiska informationen). Källan för de nya generna är vanligen en växt eller en bakterie. Den genetiska informationen i en gen kan "tolkas" av växten också om den överförda genen (generna) kommer från en annan sorts organism, t ex från en bakterie. Utmaningen är att förstå vilken genetisk information som är nödvändig för att skapa den nya egenskapen hos grödan. Här nedan beskrivs tre mycket förenklade exempel som kan ge en idé om hur detta arbete kan utföras. Det finns många fler tekniker redan tillgängliga och fler kommer, eftersom forskningen inom detta område expanderar mycket snabbt.

***Exempel: Förbättrad motståndskraft mot angrepp av en svamp hos en gröda***

En vild växtart, som är resistent mot en viss svampsjukdom, kan reagera på svampangreppet genom att bilda ett specifikt protein som hindrar svampens tillväxt. För att identifiera proteinet odlas växten både med och utan närvaro av svampen. Därefter renframställs proteinerna. Proteininnehållet från de båda plantorna analyseras. Om hypotesen är korrekt hittar man ett protein som finns hos de växter som odlas med svampen närvarande och som är svampresistent, men inte hos de övriga. Genom kemiska och fysikaliska analyser av detta protein är det möjligt att fastlägga den genetiska koden för detta specifika protein. Det finns nu två möjligheter; (1) antingen syntetiseras en ny gen baserad på koden, eller (2) isoleras genen som ger det specifika proteinet, från genomet hos den svampresistenta plantan.

**Exempel: Insektsresistens i en gröda**

Under många år har man känt till att olika grupper av proteiner, som bildas i bakterien, *Bacillus thuringiensis*, är giftiga för vissa insektsgrupper. Genom att isolera genen, som är ursprunget till det önskade toxiska proteinet från bakteriegenomet, är det möjligt att förbättra eller introducera en resistens mot en viss insektsgrupp hos en växt.

**Exempel: Förbättrad motståndskraft mot torka hos en gröda**

En del mossarter är mycket toleranta mot torka. För att ta reda på vilka gener som ger torktoleransen är det nödvändigt att jämföra de gener som är aktiva i mossan under normala fuktiga förhållanden med de gener som är aktiva under torra perioder. Detta kan göras med modern molekylärbiologisk teknik. Denna teknik ger emellertid inte svaret på vilka gener som är viktigast för att ge torktolerans. Inte heller ger den information om huruvida generna kan ge egenskapen förbättrad torktolerans hos en gröda. Denna information måste sökas genom ytterligare forskning som omfattar genöverföringar till välkända modellväxter, som lätt kan testas i växthus och speciella klimatkamrar. Gener som ger positiva resultat i en modellplanta testas senare i den aktuella grödan.

**FRÅN GENER TILL GENKONSTRUKTIONER (steg 2)**

När genen(generna) har identifierats och isolerats (eller syntetiserats) är nästa steg i processen att bygga genkonstruktionen. Den är nödvändig för att möjliggöra överföringen av genen till en växtcell och för att den överförda genen skall fungera på rätt sätt i växten.

*En funktionell genkonstruktion byggs upp av tre genetiska element: en gen, en promotor och en terminator. Terminators huvudfunktion är att ange slutpunkten av genen. Promotorn har en mer kritisk roll, eftersom den reglerar intensiteten av genuttrycket, liksom i vilken celltyp och i vilken vävnad som genen skall uttryckas. Det är t ex promotorn som "slår på" genen för "rött pigment" i kronbladen i en växt med röda blommor.*

Denna reglerande funktion är mycket viktig att ta hänsyn till, när man "designar" en ny egenskap. Om den önskade egenskapen är att ge resistens mot en insekt som skadar en gröda genom att äta växtens blad, så är det viktigt att välja en promotor som ger ett genuttryck i bladen. När man förändrar kvaliteten av olja i en oljeväxts frön, måste promotorn vara "fröspecifik" för att kunna reglera den insatta genen (generna).

I vissa fall är det viktigt att ha en förändrad metabolism i en del av växten, samtidigt som förändringar inte kan tolereras i andra delar av växten. Även i dessa fall är promotorns specificitet mycket viktig. När man förändrar stärkelsekompositionen i potatis använder man en

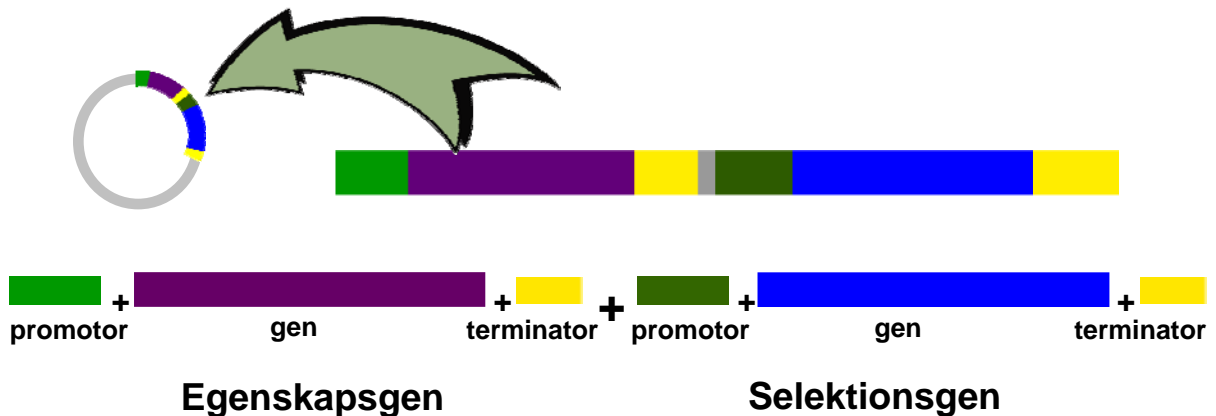


promotor som reglerar aktiviteten av den överförda genen så att den endast är aktiv i potatisknölen och inte på någon annan plats i potatisplantan. En promotor som reglerar genen som hjälper växten att tolerera torra har vanligen ett "konstitutiv" uttrycksmönster, d v s uttrycket av genen är ständigt aktiv i alla vävnader och celler.



Figur 5. De genetiska element som behövs för en egenskap är: (1) en promotor med ett uttrycksmönster som är lämpligt för (2) genen som är mönster för proteinet som startar eller initierar egenskapen samt (3) en terminator som visar slutet av genen.

I de flesta fall är det också nödvändigt med ytterligare element i genkonstruktionen, som gör att överföringsprocessen till växten kan hanteras effektivt. Den ytterligare genetiska information som vanligen behövs i genkonstruktionen är en selektionsgen. Funktionen av denna gen är att på något sätt märka ut växtcellerna som tagit upp genkonstruktionen vid transformationen, så att det är möjligt att identifiera och välja ut de transformerade cellerna. Selektionsgenen ger ofta cellerna som mottagit genkonstruktionen resistens mot ett ämne, som övriga växtceller är känsliga för. För att selektionsgenen skall fungera på rätt sätt måste även denna gen ha en promotor (som aktiverar uttrycket av selektionsgenen under transformationsprocessen) och en terminator.



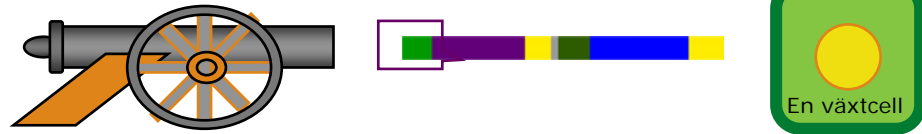
Figur 6. Den kompletta genkonstruktionen, där en egenskaps- och en selektionsgen, är insatta i en ringformad DNA molekyl, som kallas plasmid. Plasmiden själv är också uppbyggd av samma molekylbyggnadsblock som genkonstruktionen.

**FRÅN GENKONSTRUKTION TILL VÄXTCELL (steg 3)**

Ett besvärligt steg är överföringsprocessen av genkonstruktion till växtens arvs massa. Steget är mycket beroende av art – lätt hos växter som potatis och tomat – men svårare hos sädeslag som vete och korn. Det finns flera olika tekniker för överförandet av genkonstruktionen in i växtens cellkärna. De två vanligaste är den biolistiska tekniken och metoden där man använder en specifik bakterie, *Agrobacterium tumefaciens*.

### Biolistisk teknologi:

#### Redskap för partikel acceleration

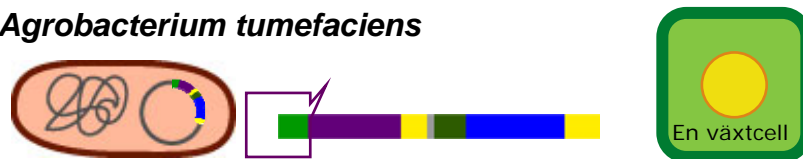


I den biolistiska tekniken är genkonstruktionen fäst vid mycket små partiklar av guld eller wolfram. Dessa partiklar accelereras\* därefter till så höga hastigheter, att de kan tränga genom de tjocka växtcellväggarna. En del av dessa partiklar kommer också in i cellkärnan. Genkonstruktionen skiljs från partikeln och integreras i cellens genom. Resultatet är en transgen cell, d v s integrerad med ny genetisk information.

\* Den första "genpartikel acceleratoren" var tillverkad av ett ombyggd gevär. Denna teknologi kallas därför ofta "gen-kanon" metoden.

### Agrobacterium teknologi:

#### Agrobacterium tumefaciens



Denna teknik grundar sig på ett genöverföringssystem som har bildats i naturen. *Agrobacterium tumefaciens* har utvecklat en förmåga att överföra, till en växtcells arvsmassa, en viss del av sin Ti-plasmid (Ti=Tumor inducible) med gener som ger information till växtcellen att förse den inkräktande bakterien med "näring och boplats".

När man använder *Agrobacterium* för genöverföring inom växtbiotekniken, ersätts generna för "näring och boplats" med genkonstruktionen av den önskade informationen. Eftersom *Agrobacterium* alltid överför samma specifika del av Ti-plasmiden, kommer därför den av människan sammansatta genkonstruktionen att överföras till växtcellens genom. Även i detta fall blir resultatet en transgen cell med ny genetisk information integrerad.

Beroende på vilken växtart som genöverföringen äger rum i används olika växtvävnader som utgångsmaterial. Vanligen sker genöverföringsprocessen under aseptiska förhållanden där vävnaden får växa på ett kulturmedium i plastskålar. Oberoende av vilken genöverföringsteknik och vilka växtvävnader som används är antalet transgena celler mycket få i jämförelse med de celler som är opåverkade.

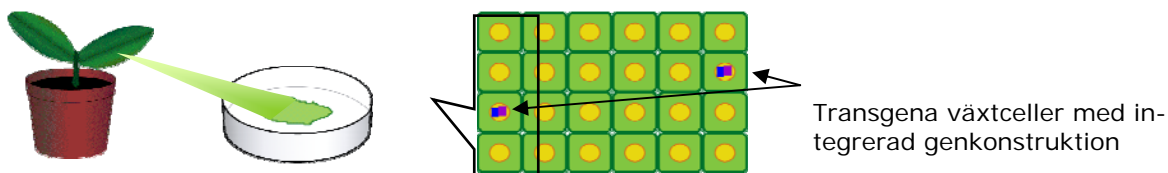
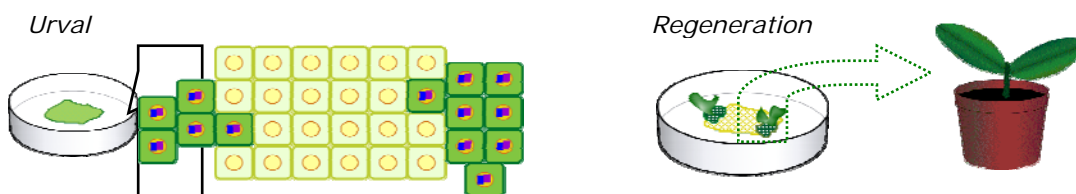


Figure 7. En liten bladbit är placerad på ett substrat i ett odlingskärl av plast. Oberoende av vilken metod som används vid genöverföringen, är antalet celler där det skett en lyckad överföring mycket lågt.

### FRÅN EN VÄXTCELL TILL EN HEL PLANTA (steg 4)

Beroende på det låga antalet celler där genöverföringen lyckas, är det nödvändigt att ha ett system där man kan skilja ut och gynna tillväxten av de transgena cellerna. I detta steg har därför selektionsgenen en betydelsefull roll att spela. Genom att använda ett odlingssubstrat där man tillsatt ett ämne som de transgena cellerna tål att växa på (beroende på funktionen av selektionsgenen), medan alla de övriga cellerna är känsliga, så är det möjligt att selektera och välja ut celler eller grupper av celler, som bär på den önskade genkonstruktionen. Dessa transgena celler fortsätter att dela sig och efter några månader är det möjligt att påverka dem med tillväxthormon, så att de återbildar nya plantor, där alla cellerna bär på den införda genkonstruktionen.



Figur 8. **Urval** Endast celler som har selektionsgenen delar sig och växer på kultur medieodlingssubstratet, som innehåller selektionsämnet.  
**Regeneration/återbildning** Genom att tillsätta ett definierat tillväxthormon kan grupper av delande celler utvecklas till skott, som kan överföras till krukor med jord.

### FRÅN EN PLANTA TILL EN SORT (steg 5)

Funktionen av den integrerade genen (generna) beror på var i växtgenomet som genkonstruktionen satts in. Integrationsplatsen är inte helt slumpmässig, men det är idag inte möjligt att bestämma var i arvsmassan som insättningen skall ske. På grund av detta varierar funktionen av de insatta generna mellan de olika transgena cellerna. Plantor som regenererat från dessa olika transgena celler representerar var och en en unik transformationshändelse ("transformation event"). Den potentiella variationen i genfunktion mellan olika "transformationshändelser" är en av orsakerna till att antalet olika transgena plantor som måste regenereras för att få en bra linje, måste vara stort. Det viktiga är att genkonstruktionen har en optimal funktion och att inga andra förändringar har skett. I en situation där man endast behöver en grov uppskattning om genens funktion, kan tjugo plantor (olika transformationshändelser) vara tillräckligt. För att framställa ett "elit event" (ny kommersiell egenskap) med en egenskapsgen regenereras och testas ofta 50 gånger så många transforma-

tionshändelser. Ju fler gener som behövs i genkonstruktionen för att åstadkomma en bra transgen planta, desto fler transgena plantor (transformationshändelser) behöver man framställa och testa.

Det tar ofta flera år för att identifiera den transgena linje (från en transformationshändelse) som bäst överensstämmer med alla kommersiella kriterium och dessutom möter alla anspråk när det gäller miljö och säkerhet. Linjen genomgår omfattande tester och juridiska processer innan den tillåts att släppas ut på marknaden. Detta kallas "the elite event". Men för de flesta grödor är ändå inte materialet färdigt för jordbrukarens åkrar med slutstation konsumenten. "The Elite event" (bästa transformationshändelsen) som kommer från "det biotekniska spåret" måste kombineras med det bästa materialet, som kommer från det "konventionella växtförädlingsspåret" (Se fig. 3, C-D). Detta arbete görs med konventionell korsningsteknik. Det tar ett antal generationer innan den nya varianten är färdig. Det nya materialet måste också genomgå en hel del sortprovningar och tester samt en registrering innan det kan förökas och utsädet kan säljas till bonden för ytterligare odling på fältet.

Totalt sett tar det ungefär lika lång tid från den första korsningen i ett konventionellt växtförädlingsprogram till lansering av en ny växtsort, som det tar från genöverföring av ett nytt anlag till en växtcell med hjälp av transformationsteknik och efterföljande utveckling av en ny egenskap med hjälp av genetisk modifiering.