



Cisgene bygplanter

Nyttige egenskaber kan tilføres til fremtidens afgrøder ved hjælp af genetisk modifikation uden indsættelse af artsfremmede gener. Den nye strategi anvendes bl.a. til udvikling af byg, der kan forbedre fosforkredsløbet i landbruget.

Af Inger Bæksted Holme, Henrik Brinch-Pedersen, Giuseppe Dionisio og Preben Bach Holm, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Gensplejsede planter er især i Europa blevet mødt med en betydelig skepsis. En af de væsentligste årsager synes at være, at man med denne forædlingsteknologi ofte overfører genetisk materiale mellem fjernt eller ubeslægtede arter, der normalt ikke kan krydses med hinanden. En række undersøgelser viser, at mange mennesker ser dette som værende "unaturligt" og forbundet med en mulig sundheds- og miljømæssig risiko. En anden ofte fremført indvending er en skepsis overfor gensplejsede planters nytteværdi.

For at imødekomme disse indvendinger er vi nu i gang med at udvikle afgrødeplanter efter et nyt koncept for genetisk transformation. Konceptet kaldes cisgenese, og det går ud på at efterleve et konkret regelsæt for, hvordan de bioteknologiske metoder må bruges, og hvilket genetisk materiale, der må introduceres i nye afgrødesorter.

Ved hjælp af cisgenese er vi i gang med at udvikle bygplanter med højere fytaseaktivitet. Bygplanter med denne egenskab kan bidrage til at mindske tabet af fosfor fra dyrkede arealer.

Konventionel planteforædling eller GMO

I dag defineres en ny afgrødesort enten som en konventionelt forædlet sort eller som en genetisk modificeret sort. Imidlertid omfatter begge forædlingsstrategier et bredt spektrum af teknologier og metoder. Konventionel forædling omfatter meget andet end traditionel krydsning og selektion

(Figur 1), og genetisk modifikation indebærer ikke nødvendigvis indsættelse af artsfremmede gener. Forskellen mellem afgrøder, som er et resultat af avancerede former for konventionel planteforædling, og genetisk modificerede afgrøder, som er udviklet på grundlag af ny forskning, bliver således mindre og mindre. Derfor er der behov for et mere nuanceret syn på nutidens forædlingsteknologi samt regler og love, som i højere grad afspejler virkeligheden, end tilfældet er i dag.



Figur 1. Krydsning af byg

Støvknapperne fjernes (emaskulering) fra alle blomster i et aks, inden de har bestøvet hunblomsterne. Hunblomsterne bestøves med pollen fra en anden bygplante 3-4 dage efter emaskulering. Foto: Henny Rasmussen.





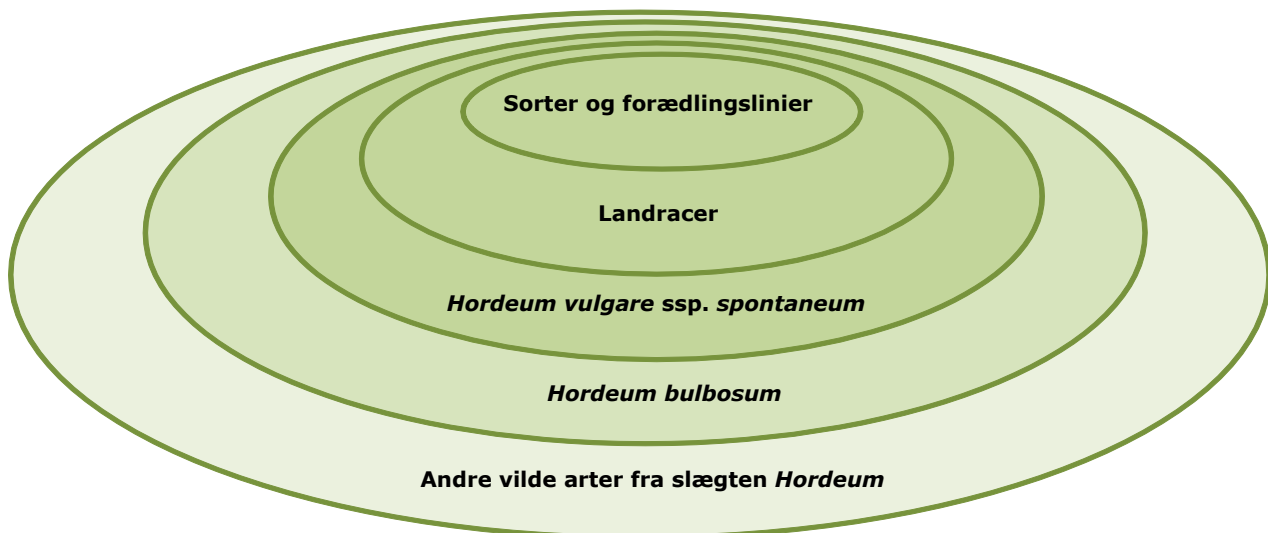
Nyere metoder i Planteforædlingen

Inden for de sidste 60-70 år er en række teknikker taget i anvendelse til forædling af afgrødeplanter for at få en større genetisk variation at vælge imellem. Planteforædling er stadig i meget høj grad baseret på at kombinere de gener, som arten har i forvejen, på en ny og mere gunstig måde, men siden midten af 1900-tallet har det været muligt at manipulere med antallet af kromosomer samt mindske krydsningsbarriererne mellem nærtstående arter (Figur 2). Hele genomer eller fragmenter af kromosomer kan således overføres mellem arter, som normalt ikke får fertilt afkom ved almindelig krydsning.

Under domesticering af en art passerer en genetisk flaskehals, og en stor del af den genetiske variation i afgrødeartens vilde forfædre går tabt. Det sker, når der igennem mange generationer udvælges individer med specifikke egenskaber, som f.eks. størrelse på kerner og aks. Ved hjælp af krydsninger med den dyrkede arts forfædre, kan noget af den genetiske variation genskabes. Der kan også skabes ny genetisk variation ved at krydse arter, som hører til forskellige slægter. Det er ikke let at få levedygtige planter ud af det, men i nogle tilfælde har man ment, at det var anstrengelserne værd at

bryde artsbarriererne. For eksempel besidder rug (*Secale cereale*) flere egenskaber, som kunne berige hveden (*Triticum aestivum*). Rugen har på nogle områder bedre foderværdi i frøet end hvede (højere enzymaktivitet, bedre aminosyresammensætning og højere indhold af mikronæringsstoffer) og besidder resistens mod en række sygdomsfremkaldende mikroorganismer (patogener), som har både rug og hvede som vært. På den anden side har det høje indhold af opløselige fibre i rug en negativ indflydelse på proteinfordøjeligheden.

Krydsninger mellem hvede og rug har med hjælp fra, hvad kan kaldes tidlige bioteknologiske metoder, således resulteret i en ny kornart ved navn tritcale, som besidder en højere foderværdi (Figur 3). Ligeledes har ca. halvdelen af de hvedesorter, der dyrkes i Danmark, fået udskiftet en kromosomarm med en tilsvarende kromosomarm fra rug - en såkaldt translokation. På kromosomarmen fra rug sidder der flere sygdomsresistensgener, der virker godt i hvede. På samme rugkromosomarm sidder der imidlertid også gener, der gør hveden mindre egnet til bagning, fordi brødet hæver dårligere. Det er vanskeligt at slippe af med de uønskede gener, fordi kromosomstykket fra rug som regel nedarves samlet.



Figur 2. Genpulje til forædling af byg, artshybridiseringer og fremstilling af dobbelt-haploide planter

Ved konventionel forædling af byg benyttes oftest gener fra den primære genpulje, som består af moderne højtydende sorter og forædlingslinier, landracer, og den vildtvoksende forfader, *Hordeum vulgare ssp. spontaneum*. Indenfor den primære genpulje kan planterne krydses og få fertilt afkom. Den sekundære genpulje til forædling af byg omfatter den nært beslægtede art *Hordeum bulbosum*. Krydsninger mellem *Hordeum vulgare* og *Hordeum bulbosum* laves som regel med henblik på at fremstille forædlingslinier af *Hordeum vulgare*, som er 100 % homozygotiske. Krydsning mellem de to arter resulterer ofte i, at alle kromosomerne fra *Hordeum bulbosum* tabes, så afkomplanter kun indeholder de 7 kromosomer fra byg. Disse haploide planter har altså kun ét sæt kromosomer ligesom kønscellen fra den diploide forældreplante. En haploid plante er ikke fertil, men ved hjælp af spontan eller induceret kromosomfordobling kan planten blive diploid og homozygotisk for alle genpar. Kromosom-fordoblede haploide planter betegnes også dobbelt-haploider. En ny sort af byg skal være stort set 100% homozygotisk for at kunne godkendes. Ved at fremstille dobbelt-haploide planter kan forædleren få en ny sort på markedet flere år tidligere, end hvis planterne skal gøres homozygotiske ved at selvbestøve i flere generationer. I nogle tilfælde integreres dele af genomet fra *Hordeum bulbosum* i genomet fra *Hordeum vulgare*. Ligeledes kan der i visse tilfælde krydses gener ind i byg fra andre vilde arter indenfor slægten *Hordeum* (den tertiære genpulje), men det er meget vanskeligt at få levedygtigt afkom.





Figur 3. Ny kornart ved hjælp af artskrydsning

Triticale kan være tetraploid (28 kromosomer), hexaploid (42 kromosomer) eller octoploid (56 kromosomer). Kromosomtallet afhænger af, om det er diploid hvede (14 kromosomer), tetraploid hvede (28 kromosomer) eller hexaploid hvede (42 kromosomer), der er krydset med rug (14 kromosomer). De hexaploide sorter af triticale har de bedste agronomiske egenskaber og anvendes derfor oftest. Foto: Henny Rasmussen.

Genetisk modificerede afgrøder

Stort set alle de genetisk modificerede afgrøder, som dyrkes i dag, indeholder DNA fra organismer, hvorfra det ikke kan overføres til afgrødearten under naturlige forhold. Da de blev lavet, var der ikke plantegener til rådighed i tilstrækkeligt omfang. Man kendte endnu ikke DNA-sekvensen af de gener, som styrer ønskede egenskaber hos planter, og derfor benyttede man som regel mikrobielle gener med tilsvarende funktion.

Sekventering af en række plantearter og analyse af funktion og ekspressionsmønster for tusindvis af plantegener, samt udvikling af mere avancerede metoder til transformation af planter har ændret disse forhold. Det er nu muligt at fremstille genetisk modificerede afgrødeplanter, der slet ikke indeholder DNA fra ubeslægtede organismer. Dermed reduceres forskellen mellem konventionelt forædlede planter og planter, som er genetisk modificerede, til et spørgsmål om, hvorvidt et stykke af plantens DNA har været isoleret udenfor en levende celle på et tidspunkt i forædlingsprocessen.

Et bioteknologisk regelsæt

Nye afgrødesorter defineres i dag enten som konventionelt forædlet eller som GMO, men det kan være hensigtsmæssigt at definere flere kategorier, ligesom det kendes fra produktionsledet. Her kategoriseres produktionsformerne som konventionel, integreret (IP), økologisk eller biodynamisk, og for hver kategori er der et regelsæt. For økologisk produktion for eksempel er der indført et regelsæt for, hvilke hjælpestoffer der må bruges. Det er ikke tilladt at bruge syntetiske pesticider mod ukrudt, sygdomme og skadedyr,

og det er ikke tilladt at bruge kunstgødning. Den økologiske produktionsform er meget populær i store dele af befolkningen, i høj grad som følge af utryghed ved og utilfredshed med konventionel produktion. Utrygheden og utilfredsheden med forbruget af pesticider og kunstgødning bygger på frygt for negative effekter på helbredet og skader på miljøet.

Nogle af de samme argumenter er i spil med hensyn til gensplejsede afgrøder. Mange mennesker har en angst for, om produkter fra disse afgrøder kan skade helbredet, og en angst for, at planterne kan have negative effekter på naturen. Der er nu tale om at opdele gensplejsede planter i forskellige kategorier på baggrund af både etiske og biologiske kriterier. Nogle forskere, der arbejder med genetisk modifikation af afgrødearter, foreslår, at der skelnes mellem transgene og cisgene planter, og at der indføres et differentieret regelsæt for gensplejsede planter, hvor godkendelsesprocedurerne bl.a. afhænger af de indsatte geners oprindelse. Ved udvikling af cisgene planter kan en moderne teknologi som transformation benyttes, men der lægges faste regler for, hvordan afgrødeplanterne må modificeres.

Cisgenese

For cisgene planter arbejdes efter et regelsæt, hvor der ikke må indsættes DNA fra ubeslægtede arter. Cisgenese kan sammenlignes med integreret produktion – en forædlingsstrategi, hvor de bedste metoder kombineres. Cisgenese konceptet og det foreslåede regelsæt blev udarbejdet og offentliggjort i 1999 af den hollandske forsker Henk Schouten fra Plant Research International i Wageningen.

Interessegenets oprindelse

Til fremstilling af transgene planter kan man i princippet indsætte gener fra alle organismer og ofte stammer promotor og terminator fra helt andre organismer end interessegenet. I modsætning til det er cisgenese er baseret på anvendelse af interessegener fra samme planteart, som genet skal sættes ind i eller fra nært beslægtede arter. Ved cisgenese er der derfor marginal forskel mellem den genpulje, som anvendes til transformation og den som anvendes til konventionel forædling. Desuden må cisgene planter ikke indeholde andre indsatte gener eller DNA-fragmenter end interessegenet. Der må således ikke være markørgener eller rester af det plasmid, hvori interessegenet er klonet.

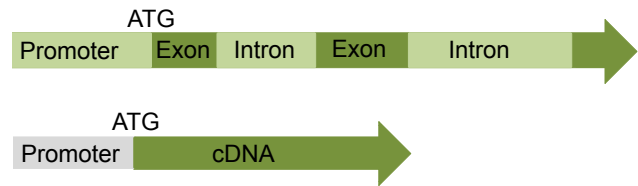
Genomisk DNA frem for cDNA

I Cisgene planter skal interessegenet, som sættes ind, være en kopi af det genomiske DNA, og det





skal indeholde genets egen promotor og terminator regioner samt introns. Dette er i modsætning til fremstilling af transgene planter, hvor interessegenet normalt er cDNA, som er en DNA-kopi af mRNA transskriptet og derfor ikke indeholder introns (Figur 4).



Figur 4. Genomisk DNA eller cDNA

Gener fra planter indeholder som regel introns. I det mRNA, som oversættes til protein, er disse introns klippet ud. For nogle gener er introns betydeligt længere end de dele af genet, som koder for aminosyrer, og plantegener kan være flere tusinde basepar lange. Det giver meget store udfordringer at klonе plantegener i deres fulde længde. Derfor indsættes oftest en cDNA-udgave af interessegenet i transgene planter. Ofte bruges også en anden promotor end den, som hører til det oprindelige gen.

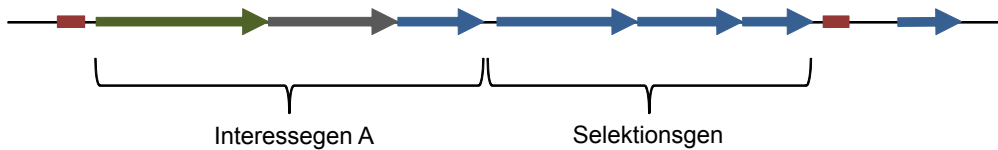
Markørgener

Ved gensplejsning indsættes ofte et markørgen også kaldet et selektionsgen eller en selektionsmarkør, som bruges til at selekttere transformerede celler (Figur 5). De hyppigst anvendte selektionsgener gør plantecellerne resistente overfor et antibiotikum eller et ukrudtsmiddel. Når man bruger et selektionsgen, gøres hele transformationsprocessen meget mere effektiv, idet de transformerede celler kan dyrkes på et dyrkningsmedium, der indeholder det tilsvarende antibiotikum eller ukrudtsmiddel. Dermed hæmmes væksten af de ikke-transformerede celler, så de transformerede celler får en konkurrencefordel. Cisgenese kan udføres med eller uden brug af et selektionssystem, men hvis der indsættes et eller flere selektionsgener eller andre former for

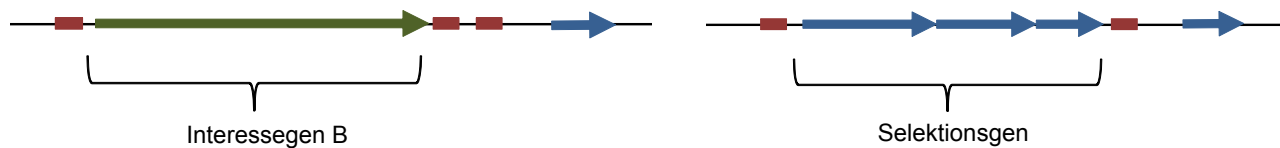
markørgener, skal disse gener være fjernet i den færdige cisgene plante.

Selektionsgenet kan fjernes ved hjælp af selvbestøvning og udvælgelse af afkomsplanter, som har interessegenet men ikke selektionsgenet. Det forudsætter at de to gener sidder på forskellige kromosomer eller langt fra hinanden på samme kromosom. Når man anvender *Agrobacterium*

A. Udsnit af plasmid til fremstilling af transgene planter med *Agrobacterium*-transformation



B. Udsnit af plasmider til fremstilling af cisgene planter med *Agrobacterium*-transformation



■ Bordersekvens → DNA sekvens fra plante

→ DNA sekvens fra plante, dyr eller mikroorganisme → DNA sekvens fra svamp, bakterie eller virus

Figur 5. T-DNA fra plasmider til transformation

Til *Agrobacterium*-transformation placeres de genkonstruktioner, som skal ind i planten, imellem såkaldte border-sekvenser i et plasmid, som er afledt af et Ti-plasmid, som findes i naturligt forekommende *Agrobacterium tumefaciens*. DNA-fragmentet mellem bordersekvenserne kaldes T-DNA (Transfer-DNA), da bakterien kan overføre dette fragment til en plantecelles kromosom. I det oprindelige Ti-plasmid sidder der bl.a. tumor-inducerende gener mellem bordersekvenserne, men disse gener skiftes ud med interessegenet. Foruden interessegenet indsættes som regel et selektionsgen for at øge succesraten for transformationen. Ved fremstilling af transgene planter placeres interessegenet og selektionsgenet ofte på samme T-DNA (A), men ved fremstilling af cisgene planter, placeres interessegenet og selektionsgenet på to forskellige plasmider (B). Det øger sandsynligheden for at interessegenet og selektionsgenet integreres forskellige steder i plantecellens genom. Hvis T-DNA'et har to kopier af den bordersekvens, som følger efter interessegenet, reduceres sandsynligheden for at der integreres et stykke af den del af plasmidet, som ligger udenfor T-DNA'et.





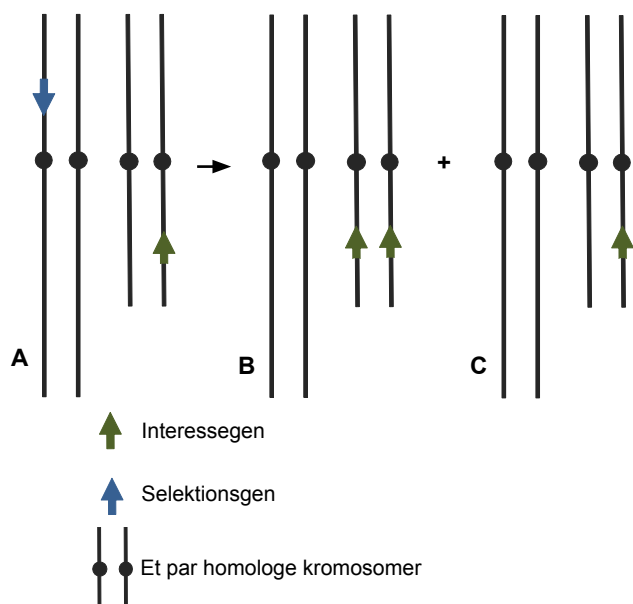
til transformation placeres interessegenet og selektionsgenet på selvstændige T-DNA'er, fordi der så er en ret stor chance for, at interessegenet og selektionsgen vil blive integreret hver sit sted i plantens genom (Figur 6). Interessegenet og selektionsgen kan derefter adskilles, når de udspalter i forskellige afkom i den næste generation. Afkom, som kun indeholder interessegenet kan derfor udvælges (Figur 7).

Rester af plasmid

Ofte integreres også et stykke af vektoren udenfor T-DNA regionen. Dette DNA stammer fra bakterier og må derfor ikke være til stede i den cisgene plante. Integration af hele eller dele af vektorstrukturen sker i ca. 50 % af de transgene planter. Alle transformerede planter skal derfor undersøges for rester af vektorstrukturen og transformanter, som har fået integreret et stykke af vektoren skal kasseres.

Fordele ved cisgenese sammenlignet med konventionel planteforædling

Cisgenese giver mulighed for at tilføje nye gener f.eks. sygdomsresistensgener fra beslægtede arter eller for at forstærke særlige egenskaber hos en plante ved indsættelse af ekstra eksemplarer af det eller de gener, som styrer egenskaben.



Figur 6. Cisgen afkomplante efter selvbestøvning

Hvis der benyttes et selektionsgen, når et interessegen sættes ind i en plantes genom, skal selektionsgenet fjernes, for at planten kan kaldes cisgen. Den primære transformant, dvs. den plante, som er regenereret efter transformation, vil være heterozygotisk med hensyn til både interessegenet og selektionsgenet. Hvis de to indsatte gener sidder på hver sit kromosom, som illustreret (A), vil der efter selvbestøvning kunne udvælges afkom, som kun indeholder interessegenet (B og C).

↑↑↑↑	↑↑↑-	↑-↑↑	↑-↑-
↑↑-↑	↑↑--	↑--↑	↑---
-↑↑↑	-↑↑-	--↑↑	--↑-
-↑-↑	-↑--	---↑	----

Figur 7. Udspaltningsforhold

Hvis selektionsgenet og interessegenet sidder på hver sit kromosom, vil udspaltningsforholdet efter selvbestøvning af en plante med to uafhængigt nedarvede gener være 9 : 3 : 3 : 1. Planter, som kun indeholder interessegenet, kan udvælges efter PCR-test. Hvis udspaltningsforholdet afviger fra det forventede, kan det skyldes at der er indsat flere kopier af generne, eller at generne er sat ind samme sted eller tæt på hinanden. Hvis de(t) valgte plante(r) er heterozygot(e), udvælges et homozygotisk individ efter endnu en selvbestøvning, så der ikke sker udspaltningsforholdet i de senere generationer.

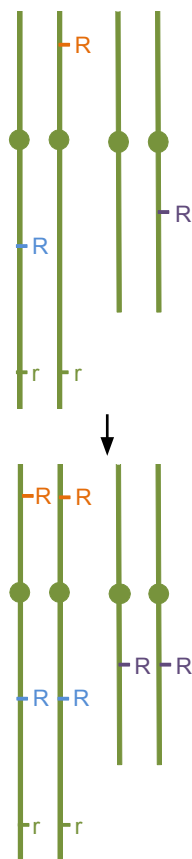
Dette kan også lade sig gøre med konventionel planteforædling vha. tilbagekrydsninger, men det tager længere tid og er meget mindre præcist (Figur 8). En af de væsentligste fordele ved at anvende genetisk modifikation i stedet for konventionel planteforædling er, at kun de ønskede gener overføres til planten. Ved konventionel planteforædling vil uønskede gener, som sidder så tæt på det ønskede gener, at de ikke kan udspalte i afkommet, også overføres, og der er ingen mulighed for at slippe af med de uønskede gener (Figur 8).

Cisgene bygplanter med høj fytaseaktivitet

Ved Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet på Aarhus Universitet har vi påbegyndt udviklingen af cisgene bygplanter med høj fytaseaktivitet (Boks 1). Vores mål er at udvikle cisgene afgrøder, som kan bidrage til forbedring af fosforkredsløbet i produktionen af foder og fødevarer. Med disse afgrøder vil det være muligt at forvalte anvendelsen af naturressourcerne af uorganisk fosfat bedre. Hvis den nuværende produktionsform og det umådeholdne forbrug af råfosfat fortsættes, vil fosfatressourcerne være udtømt om få årtier, med voldsom nedgang i verdens fødevarerproduktion til følge.

Størstedelen (70-80 %) af kornartenes fosfor i frøene er bundet i fytinsyre. Dette fosfor kan frigives enzymatisk af fytaser, men selvom plantens frø indeholder fytaser, dvs. enzymer, der kan spalte fytinsyre, er fytaseaktiviteten meget lav i de modne frø. Det betyder, at kun cirka 30 % af fosforindholdet i frøene optages af dyr, som er fodret med korn, mens resten udskilles som fytinsyre i afføringen. Fosforet i frøene bliver derfor først frigjort fra fytinsyren, når





Figur 8. Overførsel af resistensen ved cisgenese

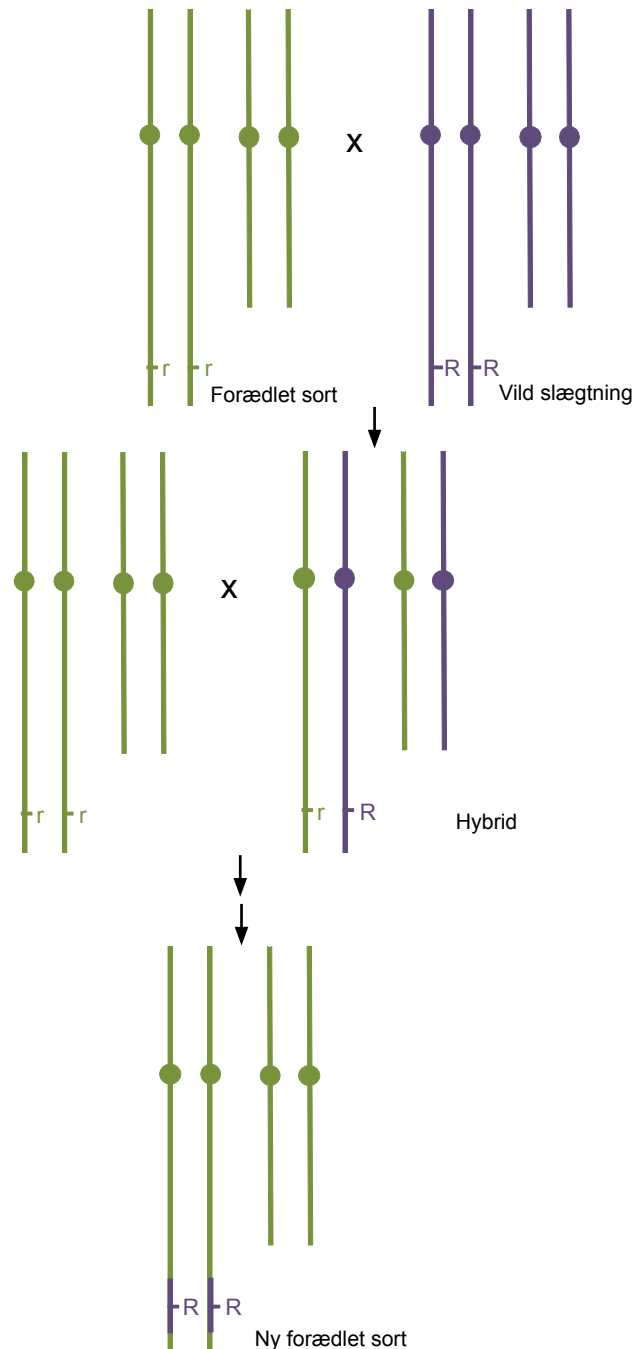
Ved hjælp af cisgenese kan der overføres resistensgener og andre relevante gener fra vilde slægtinge, uden at der kommer uønskede gener med fra den plante, som resistensgenet stammer fra. Efter transformation selvbestøves planten og homozygotiske afkomplanter udvælges. Det er muligt at indsætte flere forskellige resistensgener i samme plante ved hjælp af cisgenese. Det er en stor fordel, da sygdomsfremkaldende mikroorganismer ofte hurtigt tilpasser sig, hvis en sort kun har et enkelt resistensgen.

husdyrgødningen er spredt ud på markerne, hvorfra det forurener vandmiljøet. Desuden vil dyr, der alene fodres med et kornbaseret foder, få fosformangel. Foderet skal derfor tilsættes ekstra fosfor, hvilket bidrager til råfosfat forbruget.

Cisgenesis giver mulighed for at forstærke særlige egenskaber hos en plante ved indsættelse af ekstra eksemplarer af det eller de gener, som styrer en egenskab. Vi har derfor transformeret byg med ekstra kopier af de fytasegener, som findes i byg i forvejen, for at hæve fytaseaktiviteten i kernerne. De første data har vist, at strategien fungerer, og at fytaseaktiviteten i byg kan øges via cisgenese.

Andre cisgenese afgrøder på vej

Foruden bygplanter med forøget fytaseaktivitet er flere cisgene afgrøder på vej. For eksempel arbejder vores samarbejdspartnere ved Københavns Universitet med at udvikle cisgene afgrøder, som kan bidrage til forbedring af kvælstofkredsløbet i produk-



Figur 9. Overførsel af resistensen ved krydsning

Vilde slægtinge til de dyrkede arter er en vigtig kilde til resistens overfor plantesygdomme, men de indeholder mange uønskede egenskaber. Det er derfor nødvendigt at krydse tilbage til den forædlede forældreplante. I første generation efter krydsning (F1) vil halvdelen af arvemassen hos afkomplanterne stamme fra den vilde plante. Derefter sker der udspalning. Ved tilbagekrydsning til den forædlede sort reduceres andelen af DNA fra den vilde plante med halvdelen for hver generation til 25%, 12,5%, 6,25% osv. I hvert afkomshold udvælges planter, som indeholder resistensgenet. Efter 7 generationer vil der i teorien være under 1 % af den vilde plantes DNA tilbage. I praksis vil det stykke DNA, som sidder tæt på resistensgenet, dog stamme fra donorplanten uanset, hvor mange gange man tilbagekrydser. Dette stykke DNA kan indeholde uønskede gener, men det er ikke muligt at fjerne dem.





tionen af foder og fødevarer (Boks 1).

Også flere udenlandske forskergrupper udvikler afgrøder efter cisgenese-konceptet. I to hollandske projekter arbejdes der med resistens mod alvorlige plantesygdomme. Det ene projekt handler om æbleskurv. Mange af de eftertragtede æblesorter er modtagelige overfor denne sygdom, og der skal sprøjtes med fungicider flere gange i løbet af vækstsæsonen, hvis man vil undgå at æblerne får plettter eller bliver misdannede. Der er isoleret resistensgener fra paradisæble (*Malus floribunda*). Udviklingen af cisgene æbletræer, der er resistente overfor æbleskurv, er godt i gang, og der er lovende resultater.

Et andet hollandsk cisgenese-projekt, som er langt fremme, er DurPh-projektet, hvor man udvikler cisgene kartoffelplanter med resistens mod kartoffelskimmel. *Phytophthora infestans*, som er årsag til kartoffelskimmel, er særdeles tilpasningsdygtig og kan hurtigt ændre sig, så den kan angribe en kartoffelsort, som kun indeholder ét specifikt resistensgen. Hvis en sort har flere resistensgener med forskellige virkningsmekanismer, går der længere tid, før generne mister deres effekt, men ved konventionel forædling er det særdeles vanskeligt at krydse flere specifikke resistensgener ind i samme sort. Der er nu isoleret adskillige resistensgener fra vilde arter af kartoffel, og udvalgte resistensgener kombineres i cisgene kartoffelsorter med henblik på bedst mulig bevarelse af resistensgenernes effekt. Cisgene kartoffelplanter med resistens mod skimmel afprøves nu i markforsøg.

Forbrugernes accept

Æbleskurv og kartoffelskimmel er alvorlige og meget tabsgivende plantesygdomme, og for at begrænse

skaderne er der et stort forbrug af sprøjtemidler i æbleplantager og kartoffelmarker. Som følge af, at fosfat er bundet i fytinsyre i planters frø, forvaltes de begrænsede ressourcer af fosfat uhensigtsmæssigt, og mangel på uorganisk fosfat frygtes at medføre en voldsom og permanent fødevarerkrise indenfor få årtier. Kvælstof er der masser af i atmosfæren i form af N_2 , men produktion af kvælstofgødning er enten meget energikrævende (kunstgødning), eller kræver dyrkning af meget store arealer med kvælstoffikserende planter.

Cisgene afgrøder med resistens mod sygdomme, forbedret biotilgængelighed af fosfat eller forbedret kvælstofudnyttelse kan mindske forbruget af sprøjtemidler og gødning i jordbruget. De vil således have meget stor nytteværdi, ikke bare for landmændene, men også for samfundet som helhed. De er fremstillet ved hjælp af gensplejsning, men i modsætning til de transgene afgrøder, f.eks. herbicidtolerant soja, som er på markedet i dag, indeholder de cisgene afgrøder kun gener fra samme art eller nærtbeslægtede arter. Håbet er at forbrugerne vil forstå, hvilke udfordringer verdens fødevarerproducenter står overfor, og acceptere cisgene planter som en del af løsningen.

Referencer og videre læsning

- Brinch-Pedersen H (2005) Fosfor i planter - ressource og miljøfaktor. Planteforskning.dk
Holme IB, Brinch-Pedersen H, Lange M, Holm, PB, Bach IC (2008) Gensplejsning af byg uden brug af selektionsgener. Planteforskning.dk.
Kartoffelprojektet DurPH. www.durph.wur.nl/UK/
Æbleprojekt mm. <http://www.cisgenesis.com/>

Boks 1. Relateret forskning - Cisgen byg og hvede til dyrefoder

Dette forskningsprojekt har to overordnede mål: 1. At udvikle nye typer af gensplejsede byg- og hvedeplanter baseret på 'Cisgenese' konceptet, hvor man kun anvender plantens egne gener eller gener fra nærtstående slægtninge. 2. At vurdere om sådanne afgrøder giver miljømæssige og økonomiske fordele, og hvorvidt de af danske borgere vil blive opfattet som værende etisk acceptable og nyttige. For at gennemføre disse undersøgelser har vi etableret et forskningskonsortium, der kombinerer ekspertise indenfor molekylærbiologi, gensplejsning af planter, håndtering af GMO i jordbruget, økonomi, sociologi og etik. Projektet er fire-årigt (2007-2011) og støttes økonomisk af FødevarerErhverv, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri under programmet "Fødevarerforskningsprogrammet 2006". Forskningsprofessor Preben Bach Holm, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet er ansvarlig for det overordnede projekt, som er inddelt i seks delprojekter:

- Forøgelse af fytase indholdet i byg. Dette delprojekt udføres på Institut for Genetik og Bioteknologi (Forskningscenter Flakkebjerg), Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet. Ansvarlig: Forskningsprofessor Preben Bach Holm.
- Forbedring af kvælstofanvendelsen i byg. Dette delprojekt udføres på Institut for Jordbrug og Økologi, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet. Ansvarlig: Professor Jan K. Schjørring.
- Ethiske spørgsmål og befolkningens holdning til Cisgenese. Dette delprojekt udføres på Institut for Produktionsdyr og Heste samt Institut for Human Ernæring Københavns Universitet, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet. Ansvarlig: Professor Peter Sandøe.
- Sporbarhed af cisgene frø. Dette delprojekt udføres på Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret og på AgroTech. Ansvarlige: Morten Haastup og Kathrine Hauge Madsen.
- Økonomisk vurdering af cisgent bygfoder. Dette delprojekt udføres på Fødevarerøkonomisk Institut, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet. Ansvarlig: Seniorrådgiver Morten Gylling.
- Foderværdianalyser af cisgent byg. Dette delprojekt udføres på Sejet Planteforædling. Ansvarlig: Direktør Kurt Hjortsholm.

Se også www.planteforskning.dk/forskningsprojekter/cisgenesis

