

# Gensplejsning, planteforædling og økologi

Økologisk jordbrug har et stort behov for afgrødesorter med et højt niveau af resistens mod sygdomme og skadedyr, god konkurrenceevne overfor ukrudt, god næringsstof-udnyttelse og optimal proteinsammensætning. Disse egenskaber kan opnås ved hjælp af genteknologi, men økologiske landmænd afviser gensplejsede sorter. Bioteknologerne spørger hvorfor?

Af Per L. Gregersen

Udgangspunktet for denne artikel om økologi, planteforædling og gensplejsede planter er en henvisning til Økologisk Planteavlsberetning 2000, hvor det i en kommentar til artsvalg i vintersæd (s.39) kraftigt understreges, „hvor vigtigt det er, at vi har de bedste sorter til rådighed“. Siden hen er der kommet en officiel dansk udredning vedrørende plantesorter i relation til økologisk jordbrug ([http://www.foejo.dk/publikation/rapport/rap\\_15.pdf](http://www.foejo.dk/publikation/rapport/rap_15.pdf)), hvori der peges på særlige behov for økologisk planteforædling. Der synes således at være en voksende generel erkendelse af, at plantematerialet og dets genetiske potentiale er af afgørende betydning for en optimal dyrkning af økologiske afgrøder – i interaktion med dyrkningsforholdene. En situation, som ikke er væsentlig anderledes end for det konventionelle jordbrug. Frembringelsen og udviklingen af plantematerialet handler om planteforædling – en landbrugsfaglig disciplin, som har været bedrevet målrettet de sidste 100 år siden genopdagelsen af Mendels teorier om nedarvning, og som løbende frembringer nye, mere tilpassede plantesorter. Teknologisk har planteforædlingen udviklet sig kraftigt i dette tidsrum, med genteknologi/gensplejsningen som en af de nyeste muligheder. Som bekendt har anvendelse af denne teknologi vist sig kontroversiel, og blandt andet har det økologiske jordbrug hidtil blankt afvist den – mens man dog accepterer anvendelsen af sorter frembragt ved den hidtidige konventionelle planteforædlingspraksis.

## Afvisningen af gensplejsningsteknologien

Det økologiske jordbrug synes at have gjort en dyd ud af at afgrænse sig i forhold til anvendelse af genmodificerede/gensplejsede planter i fødevarereproduktionen. Man afviser dermed en teknologi, som ellers fra dens fortaleres side, præsenterer sig som en potentiel „grøn“ teknologi, der kunne bidrage til en mere bæredygtig landbrugsproduktion, bl.a. med en mindsket belastning på miljøet i form af mindre ressource-forbrug og mindre forurening med pesticider. Det økologiske jordbrugs afvisning af genteknologien bevæger sig formelt på tre planer: 1) det sundhedsmæssige - at der kan være toksikologiske problemer forbundet med gensplejsede planter, altså at det kan være

direkte farligt for mennesker og dyr at spise dem. 2) det miljømæssige - at de indsatte gener kan sprede sig i naturlige økosystemer og dér lede til ikke-ønskværdige ændringer af den naturlige flora. 3) det samfundsmæssige - at genteknologien gør landmanden afhængig af industrien, der udvikler og sælger de gensplejsede planter. Hvis disse tre grunde fuldt dækker afvisningen, så burde økologiske jordbrugere være villige til at indgå i en dialog om, hvorvidt de opnåede erfaringer så rent faktisk viser, at det forholder sig på denne måde. En sådan dialog synes ikke at eksistere, hvilket kunne tyde på, at afvisningen stikker dybere – dels til at dække en mere principiel, etisk begrundet afvisning af genteknologien, dels til at der måske kunne være tale om en politisk, taktisk begrundet afgrænsning i forhold til det konventionelle jordbrug, for derved at give en skarpere profil overfor de kritiske forbrugere, som er de potentielle aftagere af økologiske produkter.

Med hensyn til en etisk begrundet afvisning af genteknologien kan der være mange legitime reservationer overfor genteknologien - som overfor al teknologi. Reservationerne går først og fremmest på to forhold: 1) At genteknologien overskrider nogle absolutte grænser for, hvordan vi kan tillade os at behandle dyr, planter og naturen i det hele taget – dels af hensyn til naturen i sig selv, dels fordi det på længere sigt kan forarme og ødelægge naturgrundlaget for menneskets eksistens. 2) At genteknologien simpelthen gør mere skade end gavn, dvs. at nytteværdien af den ikke er stor nok – fordi de eventuelle fordele der måtte være af teknologien bliver opvejet af fx en større afhængighed af multinationale selskaber, som sidder med rettighederne til den nye teknologi, eller opvejet af en større usikkerhed om kvaliteten af fødevarerne. Jeg skal ikke her gå nærmere ind på alle disse, etisk begrundede, indvendinger, men blot fastslå, at den væsentligste måde at diskutere sådanne indvendinger på må være at forholde sig til konsistensen af argumenter og den praksis, de indgår i. Denne måde at forholde sig på er velkendt fra diskussionen af økologiske fødevarer, når man fx diskuterer om en økologisk dyrket new zealandsk kiwi stadig er økologisk, når den er transporteret hele vejen til Danmark. I det efter-

følgende vil jeg først og fremmest beskæftige mig med, hvad gensplejsning rent praktisk går ud på i forhold til traditionel planteforædling, og derudfra forsøge en pragmatisk diskussion af, hvad denne nye teknologi kan tænkes at byde på af muligheder også for det økologiske jordbrug. Kun i den sammenhæng vil jeg komme ind på argumenter imod teknologien og diskutere konsistensen af disse.

### Hvad er gensplejsning?

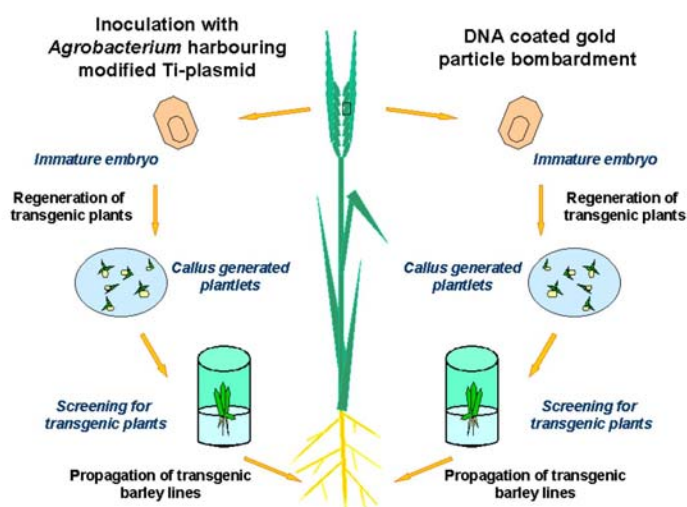
I den genteknologiske gensplejsning af planter tilføres planterne nyt genetisk materiale ved en direkte indførelse af fremmed DNA (det kan også være kopier af plantens eget DNA) i planternes kromosomer ved hjælp af mekanismer, som er forskellige fra den naturlige kønnede krydsning mellem individer af en planteart (figur 1). Typisk vil det indførte stykke DNA kode for syntesen af et protein, som vil virke i plantens metabolisme og dermed give planten nye egenskaber. De mest kendte eksempler er 1) herbicid-resistens, hvor det dannede protein er i stand til at nedbryde et bestemt herbicid, fx glyphosat (forhandles bl.a. under navnet RoundUp), og dermed gøre planten modstandsdygtig overfor dette herbicid, som dermed kan anvendes i den pågældende afgrøde, og 2) *Bt*-insektresistens, hvor det dannede protein er et bakterie-toksin, som gør planten modstandsdygtig overfor angreb af bestemte insekter. – Ved indsættelsen af det ekstra genetiske materiale modificerer man således plantens arvemateriale, og det er derfor, man betegner den gensplejsede plante som en genmodificeret organisme (GMO). Et enkelt fremmed gen bliver således sat ind i kromosomerne blandt plantens egne mere end 25.000 gener. Eksemplerne med herbicid-resistens og *Bt*-insektresistens viser dog, at dette ene gen kan betyde en væsentlig forskel for plantens egenskaber.

### Manipulering med planternes arveanlæg

Når gensplejsning klart er manipulering med planternes arveanlæg, så lad os da anvende dette rammende udtryk og slå fast, at en sådan manipulering med arveanlæg – så de dyrkede planters egenskaber er tilpasset dyrkningsforholdene – har en lige så lang historie bag sig som landbruget selv, ja at det faktisk er dette forhold, der har gjort landbrug muligt overhovedet. Gennem ubevidst, lokal selektion af såkaldte landracers – og de sidste 100 år også via målrettet planteforædling – er de dyrkede planter blevet bibragt egenskaber, som ikke kan findes hos deres vilde slægtninge: højt udbytte, større frugter, drysesefasthed, ensartet modning osv. De dyrkede arter er der ved manipuleret så kraftigt i deres genetiske fundering, at de er blevet væsentligt forskellige fra deres vilde slægtninge og heller ikke kan klare sig selv i den vilde natur, men kun overleve ved menneskets hjælp under kultivering. Det strider derfor imod kultur-historiske fakta at afvise gensplejsningen med det overordnede argument, at vi ikke har ret til – i etisk forstand – at manipulere med planternes arveanlæg, men kun må benytte os af noget oprindeligt og naturgivent. Noget sådant findes nemlig ikke mht. de dyrkede planter; der findes kun noget kultur-givent i form af selekterede landracers eller forædlede sorter.

### Overskridelse af artsgrænser

Et væsentligt argument imod gensplejsningen er, at den overskrider grænserne mellem arterne, fordi gener ved hjælp af genteknologien principielt kan flyttes til en modtagerplante fra hvilken som helst anden organisme, lige fra bakterier til mennesket. Der er derfor frygt for, at gensplejsede planter vil føre til øget – og måske en farlig – såkaldt horisontal genoverførsel, dvs. på tværs af arter, som ikke normalt hybridiserer ved kendte krydsningsmekanismer. Det er relevant at forholde sig til denne problematik i rela-



**Figur 1.** To alternative metoder er hidtil anvendt til genetisk transformation af planter, her vist med byg som eksempel. 1) **Agrobacterium-transformation:**

Agrobacterium er i naturen et patogen, som forårsager rodhalsgalle ved at overføre et plasmid (stort cirkelformet DNA-molekyle) til dets værtplante. På dette Ti-plasmid (Ti = tumor-inducerende) sidder gener, som koder for hormonlignende stoffer, som forårsager dannelsen af den tumor-lignende rodhalsgalle. I den genteknologiske udnyttelse af dette system er de naturlige hormon-gener erstattet med de gener, man ønsker at overføre til planten. 2) **Ballistisk transformation:** I denne metode placeres DNA'et for genet, man ønsker at indsætte, på overfladen af guldpartikler, som derefter skydes direkte ind i plantens celler, hvorpå DNA'et kan integrere sig i plantens genom. – Ved begge metoder transformeres planten også med et selektionsgen, som bevirker, at transformeret plantevæv efterfølgende kan selekteres på væksts substrat indeholdende fx herbicidet Basta. Det anvendte plantevæv skal være embryogent, så det via hormonbehandling kan regenereres til hele planter igen.

tion til de miljømæssige konsekvenser af gensplejsede planter, men det er dog også nyttigt at stoppe op en gang og se på, om der nu også principielt er tale om en ny problematik i forhold til den konventionelle planteforædling, når man diskuterer overskridelse af artsgrænser. Det har faktisk været og er fortsat en acceptabel strategi for indførelse af nye ønskværdige arvelige egenskaber i en afgrøde at benytte krydsninger til nært eller fjernt beslægtede, eventuelt vilde arter, fx for at opnå sygdomsresistens. Der er således tale om bevidste forsøg på at opnå afkom efter krydsning af to forældreplanter, som ikke ville krydse i naturen. Et kendt eksempel på dette er triticales, som er en hybrid mellem rug og hvede. Denne krydsning ville ikke give afkom, der kunne klare sig under naturlige forhold, og der er således i høj grad tale om en overskridelse af artsgrænser – hvis den manglende mulighed for naturlig krydsning er med til at definere artsgrænserne. Triticales anbefales til anvendelse i det økologiske jordbrug, så der synes ikke her at være reservationer overfor at anvende den slags kunstige artshybrider. En væsentlig faktor for at naturen kan manipuleres i en ønsket retning som i tilfældet triticales, er hele teknologien, som er taget i anvendelse af den moderne planteforædling – før genteknologien blev aktuel.

**Planteforædlingsteknologi**

Tabel 1 viser en oversigt over nogle af de væsentligste teknikker, der anvendes rutinemæssigt i den moderne planteforædling for at effektivisere og forkorte forædlingsprocesserne, som normalt strækker sig over adskillige år fra begyndelses-krydsningen til man står med en færdig ny

sort. Som det ses anvender man, allerede før genteknologien har meldt sig på banen, sofistikerede laboratorietechnikker for at effektivisere og drive forædlingsprocesserne. Som det ses af figur 1 og tabel 1, er anvendelsen i gensplejningsprocessen af vævskulturer og regenerering af hele planter derfra allerede en rutine-teknologi i den konventionelle forædlingsproces, og indførelse af gensplejningsteknologien vil således ikke betyde et stort teknologi-spring i planteforædlingsprocessen. Endvidere er der tydeligvis tale om teknikker, hvor der manipuleres kraftigt med de naturlige processer i planten, fx hormonel induktion af skuddannelse og mutagenbehandling for kunstigt at skabe genetisk variation.

**Er gensplejning en principiel ny teknologi?**

Fortalere for anvendelsen af gensplejning i planteforædlingen påstår ofte, at gensplejningen er en naturlig udvikling af den hidtidige planteforædlingspraksis. Den foregående gennemgang af den teknologiske udvikling indenfor planteforædlingen understøtter logikken i denne påstand. Der skal ikke noget teknologisk tiger-spring til for at tage gensplejningsteknologien i anvendelsen. Derudover er tankegangen bag genteknologiens overførsler af enkeltgener mellem arter gammelkendt gods i planteforædlingen, hvor man længe før molekylær-genetikens fysiske kortlægning af genernes lokalisering på planternes kromosomer lavede genkortlægning ud fra koblingen mellem forskellige gener i afkommet efter krydsninger. Dette har gjort det muligt at følge enkelt-geners skæbne gennem generationerne efter krydsninger. Et godt eksempel er sygdomsresistensgenerne, fx overfor meldug i byg og

**Tabel 1.** Teknikker anvendt rutinemæssigt i den konventionelle planteforædling.

Teknik	Anvendelse
Vævskulturer	Vækst af forædlingsmateriale på kunstigt substrat, som kallus-kulturer (amorf struktur) med efterfølgende hormonel induktion af skud- og roddannelse.
Dihaploid-fremstilling	Vævskulturer af haploide pollenkorner, som kromosomfordobles, hvorved rene linier af fx byg nås hurtigere end ved normal indavl (rendyrkning) over flere generationer.
Mutagenbehandling	Bestråling eller kemisk behandling af forædlingsmateriale for kunstigt at fremkalde genetisk variation, hvor der efterfølgende kan selekteres for ønskværdige egenskaber.
Protoplast-fusioner	Sammensmeltning af nøgne celler fra to arter, hvor normal krydsning ikke virker.
Hybridsorter	Sorter, hvor den solgte såsæd er afkom efter en krydsning mellem to indavlede rene linier, hvoraf den ene kan være hansteril. Den første generation kan give øget udbytte pga. den såkaldte krydsningsfrodighed.
Molekylære markører	En ny teknologi, hvor man har udviklet molekylære markører, som ledsager bestemte egenskaber, man ønsker at følge i afkommet efter krydsninger. Effektiviserer selektionen af egnede planter, fordi det er lettere at detektere tilstedeværelsen af en molekylær markør i en simpel laboratorieanalyse end at skulle teste et krydsningsafkom for de ønskværdige egenskaber selv.

hvede, som typisk er dominante enkelt-gener, der nedarves på ægte mendelsk vis. Set „indefra“ er det derfor ikke vanskeligt at se det „naturlige“ i udviklingen af planteforædlingen ind i genteknologiens tidsalder.

Set „udefra“ bedømmer lægfolk det så tilsyneladende helt anderledes. Med genteknologien er der taget et nyt, uacceptabelt spring over en grænse, som ikke burde overskrides. Og dér bliver diskussionen så hængende i luften, uden nogen nem løsning. Og der er sandsynligvis ikke nogen nem løsning, for på spørgsmålet om gensplejsning er en principiel ny teknologi må svaret være både ja og nej. Som det er fremgået af den foregående behandling her, så er der logik i den naturvidenskabelige udvikling frem mod genteknologien. Og udviklingen handler ikke kun om naturvidenskaben, men også - som før nævnt - om en historisk forankret grundindstilling til, at mennesket har ret til at manipulere med dyr og planter til dets egen nytte. Lige netop den dimension er skubbet meget i baggrunden i vores nuværende overflodskultur, men den er dog også i fremtiden uomgængelig, hvis der skal skaffes føde til den voksende verdens-befolkning. På den anden side har genteknologien givet os teknikker i hænde, som voldsomt udvider vores muligheder for manipulering med den levende natur. På den måde handler det principielt nye ved teknologien mere om kvantitet end kvalitet. Potentialet i den nye teknologi er så stort, at der trods alt er behov for besindighed og for at træde varsomt. Imidlertid er dette jo ikke noget ukendt for vores teknologi-drevne kultur, som gang på gang er blevet vendt op og ned af teknologiske innovationer. Så det må handle om at tage tyren ved hornene og få det bedste ud af en teknologi, som ud over det umiddelbart skræmmende har meget lovende i sig. Indtil nu har det jo – desværre kan man sige – være de industrielle interesser, der har drevet udviklingen af genteknologien – og diskussionen omkring den - med lanceringen af herbicid- og *Bt*-insektresistens i gensplejsede planter. Men der er mange andre kvalitetsegenskaber i planter, som kunne være interessante at kigge på (og som der bliver kigget på), og som også – hvis vi et øjeblik ser bort fra de mere principielle afvisninger af genteknologien – kunne være interessante for det økologiske jordbrug. Genteknologien er, skønt allerede med tyve år bag sig, stadig i sin vorden på den måde, at potentialet for videreudvikling er stort. Så der er al mulig grund til at forholde sig til og være med til at påvirke retningen for den fremtidige udvikling.

#### **Gensplejsning og økologisk jordbrug.**

Som indledningsvist påpeget, så synes der i det økologiske jordbrug at være en høj bevidsthed om, at sortsvalget er af stor betydning for dyrkningen af en afgrøde. Dette gælder også det konventionelle jordbrug, men i forhold til de særlige dyrkningsbetingelser, der eksisterer i det økologiske jordbrug, er fokuseringen her vel noget anderledes. De sorts-egenskaber, som de økologiske dyrkningsmæssige forhold især gør ønskværdige, er fx et højt niveau af resistens mod sygdomme og skadedyr, god kon-

kurrenceevne overfor ukrudt, god næringsstof-udnyttelse og optimal proteinsammensætning. Derudover kunne det være relevant med sorter, der også udbyttmæssigt reagerede specifikt på de økologiske dyrkningsforhold. Mange af de nævnte egenskaber er nogle, hvor der – også i offentligt regi i Danmark – udføres forskningsarbejde med henblik på forbedringer ved genteknologiske løsninger. Fx kunne en ændret proteinsammensætning i en foderafgrøde som byg - så indholdet af de sparsomme essentielle aminosyrer blev højere og dermed mere optimal - give en uafhængighed af tilførsel af protein-tilskudsfoder, som nu hovedsagelig fås fra importeret soyaprotein. Man kunne man således opnå en lokal og dermed en – alt andet lige – mere økologisk foderproduktion af høj kvalitet. Der har jo været rapporteret om usikkerheden mht. iblanding af GMO-materiale i importerede soyaprodukter, også til det økologiske jordbrug. Ikke at dette i sig selv skulle være et argument for, at man så ligeså godt selv kan tage de gensplejsede planter i anvendelse; men gjorde man dette, vidste man dog, hvad man lokalt havde med at gøre.

Indvendingen mod denne pragmatiske indstilling til anvendelsen af gensplejsede planter er velkendt: Den bliver afvist som endnu en simpel teknologisk løsning på komplicerede problemstillinger i jordbrugsproduktionen, hvor de to store andre „fejltagelser“ har været anvendelsen af mineralske gødningsstoffer og pesticider. Også i forhold specifikt til planteforædlingen er kritikken af indsatsen i den såkaldte grønne revolution velkendt. Men når det bliver hverdag, så handler det selv i det økologiske jordbrug også om tekniske detaljer, så som hvilke sorter med hvilke egenskaber, man skal vælge i sit sædskifte. Det er al ære værd, at det økologiske jordbrug har drejet fokus væk fra det simple tekniske input og rettet det mod kompleksiteten og helhedstænkningen. Men det teknologiske input skal dog stadig til, og hovedpointen i det foregående er, at netop udviklingen af nye sorter – økologi eller ej – i høj grad er et spørgsmål om teknologi.

#### **Tryk, modtryk og et muligt kompromis**

Der blev sat en brat stopper for de første ti års entusiasme omkring udviklingen af genteknologien, da de første herbicidtolerante gensplejsede sorter kom frem i midt-90'erne. En voldsom modreaktion fra forbrugere, miljøorganisationer – og det økologiske jordbrug - fik vendt eller prægede i hvert fald den offentlige debat af den nye teknologi i en negativ retning. Og den bioteknologiske industri fandt ud af, at den var gået for hurtigt frem på et område, hvor følelserne er vigtige: fødevarerne, som vi skal proppe i munden. Der er ikke tale om en ukompliceret teknologi, og det kan måske i det lange løb have positive konsekvenser for udviklingen af genteknologien, at der har været et modtryk fra offentligheden, som har skærpet kravene til den. Dette overordnede „medierende“, historiske syn på sagen kan muligvis hverken få tilslutning fra kraftige fortalere eller fra modstandere af genteknologien. Fortalerne mener, at modtrykket har bremset udviklingen unødigt, og modstanderne mener ikke, at modstanden skal stoppe

før, der ikke vil blive markedsført gensplejsede planter overhovedet. Virkeligheden bliver et sted midt i mellem. Udviklingen vil gå langsommere, men de gensplejsede planter vil vinde frem – og måske i en bedre udformning end uden modstanden mod teknologien. Hvis udviklingen skal blive frugtbar, kræver det dog også, at der kommer en dialog i gang om, hvor man gerne vil hen med teknologien. Og der kunne det være virkelig interessant, hvis det økologiske jordbrug meldte sig på banen og – i første omgang måske bare hypotetisk – kom med forslag til udviklingen af gensplejsede planter med egenskaber, der kunne være nyttige i den økologiske dyrkningsform. Især for forskningen i den offentlige sektor, som i hvert fald i Danmark leverer den betydeligste del af forskningen inden for plantebioteknologi, ville det være opløftende og frugtbart med en sådan ny indfaldsvinkel, hvor kravene om, at teknologien skal tilpasse sig en kompleks virkelighed, kunne blive skærpet.

Per L. Gregersen er projektseniorforsker ved Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Flakkebjerg. Artiklen her er modificeret efter en artikel trykt første gang i Økologisk Planteavlsberetning 2001, Økologisk Rådgivning, Borup.