

Fremtidens juletræ er klonet og måske gensplejset

Julen er familiens, hjemmebagets og traditionernes tid. Man skulle tro, at det var det sidste sted, hvor kloning og gensplejsning ville snige sig ind. Når det alligevel er ved at ske, er det fordi de nye teknikker kan forbedre høstudbyttet og kvaliteten af Nordmannsgran. Større modstandskraft mod skadedyr vil ikke blot være til gavn for skovbrugenes økonomi. Det vil også gavne miljøet.

*Af Jens Find, Michel Kristensen og Peter Krogstrup,
Statens Naturhistoriske Museum, Københavns Universitet*

Danmark er Europas største eksportør af Nordmannsgran – det foretrukne juletræ. Produktionen er meget intensiv og foregår på klart afgrænsede arealer i skovene eller på tidligere landbrugsjord. Den naturmæssige værdi af disse områder er måske begrænset, men for mange skovbrug er juletræsproduktionen er den vigtigste indtægtskilde, og juletræerne er med til at finansiere rekreative og naturnære dele af skoven. Er kvaliteten af juletræerne ringe, vendes overskuddet til underskud, og nye teknikker til at forbedre høstudbyttet og kvaliteten af Nordmannsgran er derfor vigtige for det danske skovbrug (Fig. 1).

Langt de fleste dyrkede planter er forædlede, men vore skovtræer er langt mindre forædlede end andre afgrøder. En stor del af de træer der dyrkes i dag må i realiteten beskrives som af 'vild' oprindelse. Planterne stammer nemlig fra frø, som er indsamlet i en naturlig skov. For Nordmannsgrans vedkommende indsamles en stor del af de bedste frø stadig fra den naturlige bestand af træer i Kaukasus.

Ved hjælp af krydsning og selektion over mange generationer udvikles sorter af landbrugs- og havebrugsafgrøder, der giver højt udbytte af god kvalitet og så vidt muligt også og resistens mod sygdomme og skadedyr. Med en tilsvarende forædlingsindsats, kunne også skovtræernes egenskaber forbedres, men traditionel forædling af træer kræver stor tålmodighed, fordi de først sætter blomster, når de er 25-30 år gamle.

Bioteknologiske metoder vil i de kommende år blive kombineret med traditionelle forædlingsmetoder, og det vil



Fig. 1. Nordmannsgranplantage.

Træerne i forgrunden er beregnet til produktion af juletræer. Træerne i baggrunden bruges til klipning af pyntegrønt. Kun 50-60 % af træerne i forgrunden er af en kvalitet der kan bruges til juletræer. Resten må kasseres. Ved kloning af elitetræer forventes det, at udnyttelsesprocenten kan øges til ca. 80 %. Foto: Dansk Juletræsdyrkerforening.

åbne helt nye muligheder for skovbruget verden over. Gensplejsning er en af mulighederne, men træer er dog meget forskellige fra en- og toårige afgrøder, og der er stadig mange uafklarede forhold, som skal undersøges, før det vil

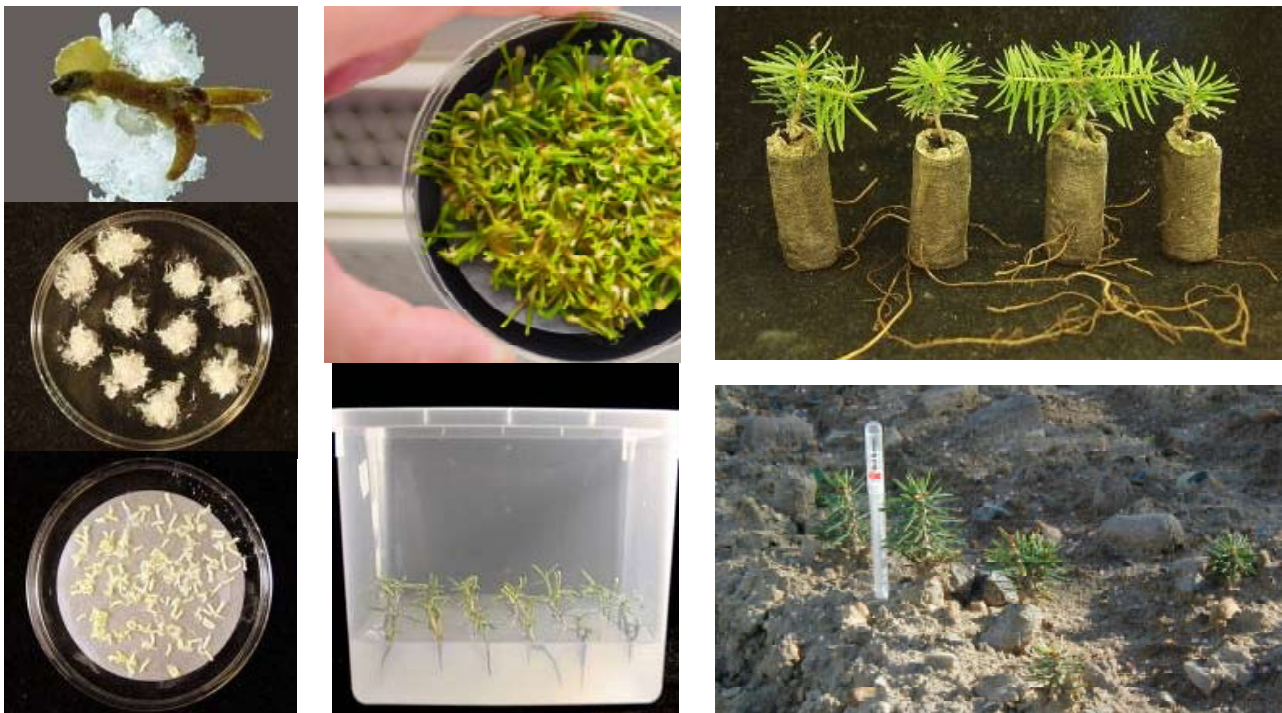


Fig. 2. Kloning af nordmannsgran ved somatisk embryogenese.

A: Embryogene vævskulturer initieres fra kim, som er dannet gennem en kontrolleret krydsning. **B:** Den resulterende embryogene kultur. De somatiske kim deler sig til stadighed og en petriskål indeholder flere tusinde små somatiske kim. Antallet fordobles i løbet af ca. 14 dage. På dette stadie i processen kan kulturerne nedfryses i flydende kvælstof (-196°C) og/eller tilføres nye egenskaber ved genteknologi. **C:** Modne somatiske kim ligner modne kim fra frø. **D-E:** Spirede kim **F:** Planter ca. otte måneder efter overførsel til tørvebriketter. **G:** Planter på åben mark.

blive tilladt at producere gensplejsede skovtræer i kommerciel målestok.

Klonede træer er ikke underlagt de samme restriktioner. I flere århundreder har man klonet frugttræer ved at pode en kvist fra et voksent træ på en ny rod. Mange nåltræer kan klones ved at lave stiklinger, men stiklingeformering fungerer ikke for nordmannsgran, fordi roddannelse er vanskelig, og fordi planterne er plagiotrope (grenlignende).

Gensplejsning af træer

Gensplejsning af træer har været sværere end gensplejsning af de en- og toårige planter. Det har været muligt, at indsætte gener i celler fra træer, men man har ikke haft metoder til at producere planter fra de gensplejsede celler. Det har ændret sig i det sidste årti, hvor det for nogle træarter er blevet muligt at producere træer fra enkeltceller.

Allerede nu indsat fremmede gener i adskillige arter af træer. Der er stadig tale om gener svarende til '1. generation' i landbruget, nemlig egenskaber som insektresistens og herbicidtolerance. Der arbejdes dog også på at udvikle træer med andre egenskaber, f.eks. træer, som vil være særligt egnede til miljøvenlig produktion af papir. I takt med den teknologiske udvikling vil der blive mulighed for at gensplejse flere økonomisk vigtige træarter, og gensplejsede skovtræer vil komme i kommerciel produktion flere steder i verden.

De første gensplejsede Nordmannsgran er produceret i et samarbejde mellem Celle- og Vævslaboratoriet i Botanisk Have og Forest Research i New Zealand, og der er nu produceret mere end 2000 gensplejsede planter (Fig. 3). Nogle af disse planter er i dag 5 år gamle og ville være klar til udplantning, men formålet er foreløbig at udvikle et modelsystem for undersøgelser af fordele og ulemper ved gensplejsning af skovtræer. Når disse forhold er afklaret, kan gensplejsede juletræer vise sig som et attraktivt og miljøvenligt alternativ til f. eks kemisk bekæmpelse af skadedyr.

Kloning og somatisk embryogenese

Gensplejsning af træer forudsætter, at man kan dyrke celler i laboratoriet og få hele planter ud af det. Her benyttes en teknik, som kaldes somatisk embryogenese. Teknikken har åbnet for helt nye muligheder, fordi den også er en meget effektiv metode til kloning af træer.

Ved somatisk embryogenese (soma = krop, embryogenese = fosterudvikling) dannes (somatiske) kim fra celler uden forudgående kønnet forering. Kimene ligner fuldstændig kim, der er dannet i et frø ved bestøvning (zygotiske kim), og de udvikles på samme måde som kimene i frø. Forskellen er, at de somatiske kim vokser og udvikles under sterile forhold i petriskåle (små flade plastikskåle med låg) eller flasker på et laboratorium, og at man kan få dem til at dele

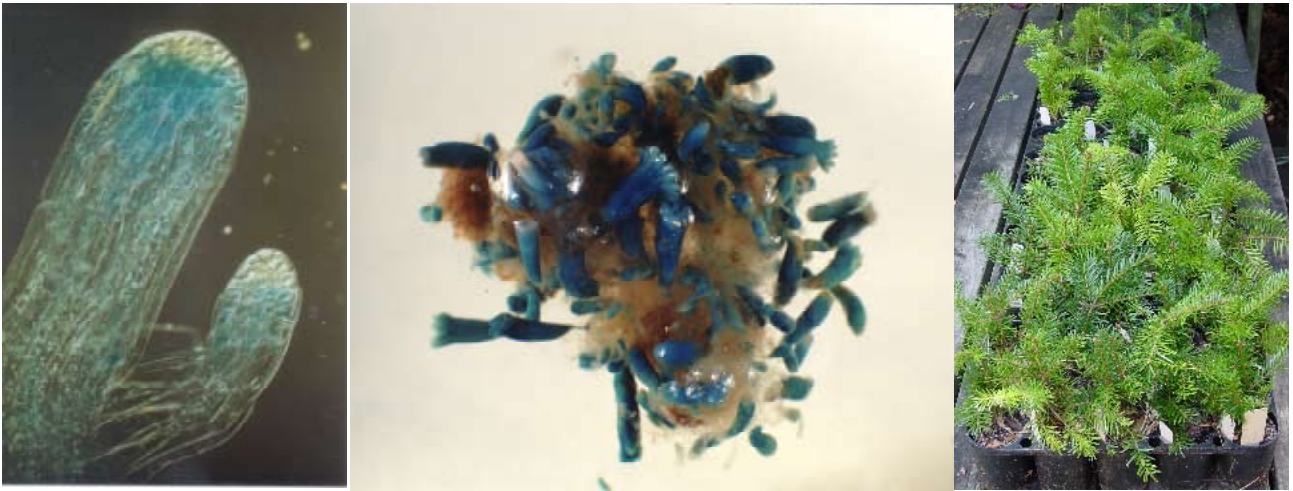


Fig. 3. A. Blåfarvede kim svarende til foto B i Fig. 2 fra en gensplejset cellekultur af nåletræer. Den embryogene cellekultur er blevet gensplejset med genet *uidA*. Genet får cellerne til at producere et stof, der kan farves blå. Dette gen har ikke nogen praktisk betydning for cellerne eller planten. Oven i købet er man nødt til at slå de små plantekim ihjel for at påvise den blå farve. Man kan altså ikke lave blå juletræer vha. dette gen! **B.** Modne gensplejsede kim svarende til foto C i Fig. 2. **C.** Gensplejsede planter, der er overført til jord.

sig igen og igen. I en petriskål på 10 cm i diameter kan man have mange tusinde kimplanter – nok til en lille skov. Alle planterne er genetisk ens, ligesom enæggede tvillinger, og hver enkelt lille kim kan udvikles til et nyt træ (Fig. 2).

På Celle- og Vævlaboratoriet i Botanisk Have har vi kulturer af somatiske kim, som har vokset i ca. 10 år. Hver anden uge har de fordoblet deres antal, og man er nødt til at dele klumperne og flytte dem til frisk væksts substrat. So-



Fig. 4. Nordmannsgran dyrkes lige som vores landbrugsafgrøder i monokulturer, hvilket øger risikoen for sygdomme og insektangreb. Samtidig er det en flerårig afgrøde, hvor udseendet har stor betydning. Billedet viser resultatet af angreb med alm. ædelgranlus (*Dreyfusia nordmanniana*), en æglæggende art af bladlus der om foråret suger næring fra undersiden af især unge nåle. Nålene krøller sammen og visner. Bekæmpelse af ædelgranlus sker ved at fjerne angrebne træer og ved at sprøjte med insektgifte. Foto: Dansk Juletræsdyrkerforening.

matisk embryogenese er altså en meget effektiv metode til at kloner elitetræer. En yderligere fordel er, at man kan nedfryse sine kulturer i flydende kvælstof ved $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ og opbevare dem i næsten uendelig tid. Det betyder, at alle kloner – gensplejsede eller ej – kan opbevares i en genbank indtil markforsøg har vist, hvilke kloner, der er de absolut bedste.

Insektresistente juletræer

Ved produktion af Nordmannsgran er insektangreb et meget stort problem, og i kommerciel produktion er man nødt til at bruge sprøjtegifte for at beskytte planterne mod insektangreb (Fig. 4). Den udbredte brug af sprøjtegifte er problematisk, da giftrester udgør en alvorlig risiko for langvarig påvirkning af omgivelserne og for grundvandet. Derfor er der allerede i dag indført restriktioner på brugen af sprøjtegifte, og for nogle arter af insekter, f. eks. snudebiller, findes ingen lovligt bekæmpelsesmidler. I de danske statsskove bruges sprøjtegifte ikke mere, og i de kommende år vil lovkraevne mod brugen af sprøjtegifte i det private skovbrug sandsynligvis blive endnu strengere, og et egentligt forbud er en mulighed.

Produktion af juletræer i den nuværende størrelsesorden er ikke mulig i Danmark uden bekæmpelse af skadedyr. Man må derfor prøve at udvikle mere miljøvenlige sprøjtemidler, eller fremstille træer, som er mindre udsatte for insektangreb. At fremstille insektresistente planter gennem traditionel forædling er meget vanskeligt og selv i bedste fald en meget tidskrævende proces. Ved en kombination af gensplejsning og kloning kunne det derimod være muligt at fremstille insektresistente træer på relativt kort tid.

For at udvikle insektresistente Nordmannsgran kunne man f. eks. bruge et gen som findes i Vintergæk (Fig. 5).



Fig. 5. For at udvikle insektresistente Nordmannsgran kunne man f. eks bruge et gen som findes i Vintergæk. Genet koder for et stof, lectin (*galanthus nivalis agglutin*), som kan udvindes fra knoldene af Vintergæk, og som har vist sig at være giftigt for bladlus. Genet som måske kunne gøre vore Nordmannsgran modstandsdygtige over for insekter, er altså ikke et nyt eller fremmed gen i den danske natur. Det har hele tiden siddet i de Vintergækker, vi dyrker i vore haver. Der har det siddet uden at genere andre end de insekter, som vil gnave i Vintergækkens underjordiske knolde.

Vintergæk indeholder et stof, som har vist sig at være giftigt for insekter. Det giftige stof er et lectin (*galanthus nivalis agglutin*), som kan udvindes fra knoldene, og det gen, som koder for det, kan isoleres fra Vintergækkernes DNA. Lectingenet fra Vintergæk er tidligere blevet indbygget i andre plantearter som kartoffel, tobak og raps, og der er påvist større modstandskraft mod skadevoldende insekter i de gensplejsede planter. Genmodificerede Nordmannsgran, hvor 'lectin-genet' er indbygget, vil muligvis reducere eller eliminere behovet for brugen af sprøjtegifte mod insekter i produktionen af juletræer.

Kommerciel produktion

Fra et produktionsmæssigt synspunkt kan man frygte, at insektresistens opnået ved gensplejsning af træer kun er effektiv i en kortere årrække. Selv om træerne producerer et stof som er giftigt for insekter, kan en lille del af insekterne i juletræsplantagerne måske være modstandsdygtige over for stoffet. Sådanne insekter vil opformere sig hurtigt, og efter en kortere årrække kan problemerne med insektskader være nøjagtig som i en ikke gensplejset bevoksning.

Oftentimes er det en fordel, at man ikke slår alle skadedyr ihjel, men i stedet prøver at holde bestanden på et niveau, som ikke er ødelæggende for træerne. For insektresistens i træer kan blandede bevoksninger af gensplejsede træer og ikke gensplejsede træer vise sig at være en fordel. Insektangreb og skader kan holdes på et acceptabelt niveau i hele bestanden af træer, og man reducerer selektionspresset, så modstandsdygtige insekter ikke kan optræde i et antal, der kan medføre voldsomme skader på træerne.

Samtidig giver denne form for bevoksninger, i modsætning til brug af sprøjtegifte, mulighed for at alle de ikke skadelige insekter kan overleve.

Nordmannsgran som modelsystem

Genteknikken er stadig ny for træer, og der er stor usikkerhed over for disse metoder. Derfor er det nødvendigt med grundige vurderinger af effekten på den omgivende natur før de gensplejsede træer kan bruges i kommerciel produktion.

Der er lavet mange undersøgelser for at vurdere hvilke risici, der er forbundet med gensplejsning af de en- og toårige afgrøder. Resultaterne fra disse afgrøder kan dog ikke overføres direkte til gensplejsede træer. Træer kan leve i mange år og udgør ofte et helt lille univers, hvor insekter og andre små dyr lever hele deres liv.

I forhold til en risikovurdering har indsættelsen af et gen, der inducerer insektresistens nogle klare fordele, fordi effekten er relativ nem at måle og i første omgang kan undersøges i et kontrolleret system som f. eks et lukket væksthuse. Derefter er det nødvendigt, at etablere egentlige markforsøg. I Danmark vil Nordmannsgran være et ideelt modelsystem for undersøgelser af brugen af genmodificerede træer i intensivt skovbrug.

- Nordmannsgran er ikke en naturlig del af den danske flora og har ingen naturligt forekommende slægtninge i Danmark.

- Normalt vil en juletræsplantage blive afviklet i løbet af 10 år, hvilket betyder at træerne ikke når at komme i blomst.

- Produktionen af juletræer og pyntegrønt er meget intensiv og foregår på klart afgrænsede områder der overvåges løbende.

Risikoen for at fremmed DNA vil spredes via pollen til arter, som er hjemmehørende i den danske natur er derfor minimal. Derfor er der ingen grund til at lade udsigt til gensplejsede juletræer ødelægge julestemningen.

Jens Find er forskningslektor, Michel Kristensen er forskningsadjunkt og Peter Krogstrup er lektor og afdelingsleder på Statens Naturhistoriske Museum, Københavns Universitet, Ø. Farimagsgade 2D, 1353 Kbh. K,

For yderligere oplysninger kontaktes Jens Find pr. e-mail: jensf@snm.ku.dk