



SE-plantor bildar en monoklon i ett demonstrationsförsök i Ekebo. Foto: Karl-Anders Högberg.

Grankloner i svenskt skogsbruk – förökning med somatisk embryogenes?

Ola Rosvall, Richard Bradshaw, Ulrika Egertsdotter, Pär Ingvarsson och Harry Wu

Skogsplantor behöver anpassas till väntade förändringar i miljöförhållanden och skogsanvändning. **Vegetativ förökning är då generellt en snabbare, mer effektiv och flexibel metod** än odling av frö i plantager. På senare tid har rotade sticklingar på nytt blivit intressanta för att massföra unga granplantor.

Dessutom har **en ny metod utvecklats för att massproducera skogsplantor, somatisk embryogenes (SE)**. Den innebär att man massproducerar embryon från vanliga frön. Man får embryovävnaden från dessa sexuellt förökade frön att föröka sig i laboratoriet och mogna till nya embryon. Dessa gror i ett lämpligt substrat och tas sedan till växthus och odlas till plantor. Nu utvecklas den metoden för storskalig plantproduktion.

Vi föreslår att **de som använder kloner skall utveckla en tillämpningskod** för sin egen verksamhet.

Den genetiska diversiteten på beståndsnivå skall vara ca 90 % av den naturliga populationens.

På landskapsnivå upprätthålls genetisk och genotypisk variation genom att förvalta den svenska förädlingspopulationen. Nya klonblandningar skapas kontinuerligt från denna. Dessutom upprätthålls den naturliga genetiska variationen på de stora skogsarealer där granen förnygrar sig naturligt.

De antal kloner som vi föreslår kan tillämpas oavsett den totala omfattningen av klonskogsbruket. **Ju större den planterade arealen är, desto fler klonblandningar kommer att användas.** En övre gräns för antalet plantor per klon skulle kunna användas för att på ett enkelt sätt försäkra sig om nivån på genetisk variation i landskapet.

För alla typer av planterade skogsbestånd kan livsmiljö och rekreativvärde förbättras med vanlig skogsskötsel och naturhänsyn. Vår rekommendation är att begränsa granplanteringar till nuvarande områden med intensivt skogsbruk eller tidigare jordbruksmark, för att bibehålla de ekologiska värdena hos skogar med stora naturliga inslag. Det gäller oavsett om de görs med vanliga fröplantor eller klonblandningar.

Vi föreslår att **adaptiv skogsskötsel** genomförs i samarbete mellan markägare, och att skogsägare ska samverka med forskare samt delta i plantering av experiment och insamling av data.

I Sverige bedrivs långsiktig skogsträdsförädling sedan 1930-talet, numer gemensamt av samhället och skogsbruket inom Skogsforsks verksamhet. Målet är att anpassa träden till nuvarande och framtida klimat, förbättra viktiga egenskaper samt bevara genetisk variation. Programmet är dimensionerat för att vara evigt uthålligt

För gran omfattar programmet 22 populationer. Fälttesterna av nya grange-generationer sker med vegetativt förökade individer (kloner). De testade träden används i fröplantager för att producera frö till plantskolorna men kan också användas som föräldrar till korsningar för vegetativt multiplicering med sticklingar eller SE-teknik (Figur 1 och 2).

Med vegetativ förökning kan man under svenska förhållanden minska den 20–30 år långa väntetiden mellan framsteg i förädlingsarbetet och färdiga skogsplanter från fröplantager och samtidigt undvika bakgrundspollinering (Figur 3). Vegetativ förökning ger möjligheter till snabb anpassning av plantmaterial till nya miljöförhållanden och nya skadegörare.

Effekt på genetisk variation

Effekter på genetisk variation av att använda kloner avser både effekter på variationen mellan enskilda träd, ”genotypisk diversitet”, och effekter på beståndets och landskapets totala genpool, ”genetisk diversitet”.

Den största risken med att använda kloner i skogsbruket är att låg genotypisk variation på beståndsnivå ökar risken för skador av sjukdomsalstrande organismer. En möjlighet är att använda mycket motståndskraftiga kloner men det kräver omfattande testning. Det enklaste sättet att minska risken är att använda klonblandningar med tillräckligt stor genotypisk diversitet. För detta behövs i storleksordning 5–30 kloner. För s.k. ”familjeskogsbruk” (se Figur 2, Faktaruta 3) med otestade kloner behövs ca 25 för att få ett robust medelvärde.

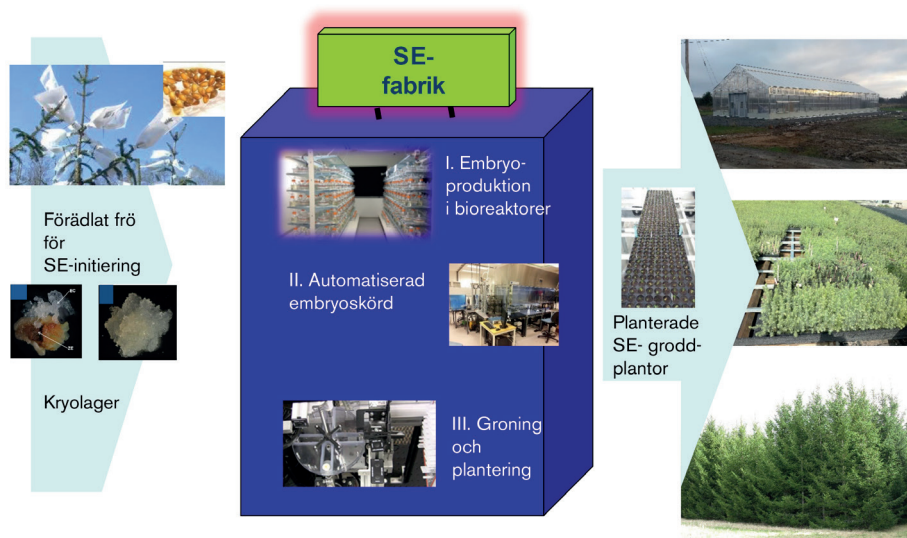
FAKTARUTA 1 – BAKGRUND

Vegetativ förökning av skogsplanter är generellt en snabbare, mer effektiv och flexibel metod än fröplantager för att förverkliga förädlingsframsteg och för att anpassa skogsplanter till väntade förändringar i miljöförhållanden och skogsanvändning. Det har gjorts försök att introducera vegetativ förökning av gran i Sverige och de nordiska länderna sedan 1970-talet.

FAKTARUTA 2 – SOMATISK EMBRYOGENES

Med somatisk embryogenes (SE) kan man massproducera embryon från vanliga frön. I laboratoriet fås embryovävnaden från dessa

sexuellt förökade frön att föröka sig och mogna till nya embryon som kan fås att gro i ett lämpligt substrat för att sedan tas till växthus och odlas till planter. Nu utvecklas metoden för storskalig plantproduktion (Figur 1).



Figur 1. Principer för en "SE-fabrik". Förädlad frö används för att initiera cellkulturer. Kulturerna kan långtidslagras eller användas direkt för plantproduktion. Embryon massproduceras i bioreaktorer (I); mogna embryon skördas (II); och placeras på substrat för groningen (III). Groddplantorna lämnar sedan den sterila miljön och odlas vidare i växthus och på friland.

Kopplingen till det svenska förädlingsprogrammet med sina 22 delpopulationer gör det möjligt att på landskapsnivå och på lång sikt upprätthålla både den genotypiska och genetiska diversiteten så att möjligheten för självföryngring, naturligt urval och evolution bibehålls. Detta åstadkoms genom att använda många olika klonblandningar som ändras med tiden i takt med ny information från fälttester, nya förädlingsgenerationer och nya förädlingsmål.

Dessutom behålls hela den naturliga genetiska variationen genom självföryngring på de stora skogsarealer som har inslag av gran, både inom och utanför de områden som planteras. Maximalt påverkas knappt 30 % av skogsmarken av plantering med

gran och därmed maximalt ca halva den naturliga granpopulationen (Figur 4).

Ekologiska effekter

Många växter förökar sig naturligt genom kloning, till exempel många arter i undervegetationen. Bland svenska träd är asp det mest utpräglade exemplet. Ofta består en sådan naturlig växtpopulation av 3–15 kloner och i heterogen miljö är de inte morfologiskt lika. Kraven på genetisk variation vid användning av kloner minskar därför möjliga skillnader mellan bestånd planterade med klonblandningar och med fröplanter.

Planterade granskogar blir dessvärre ofta täta och enformiga med liten biologisk

Under lång tid var principen att föröka testade kloner, dvs. "klonskogsbruk" med rotade sticklingar. Under testtiden minskade dock sticklingarnas rotningförmåga så att det blev omöjligt att föröka bra kloner i stor skala.

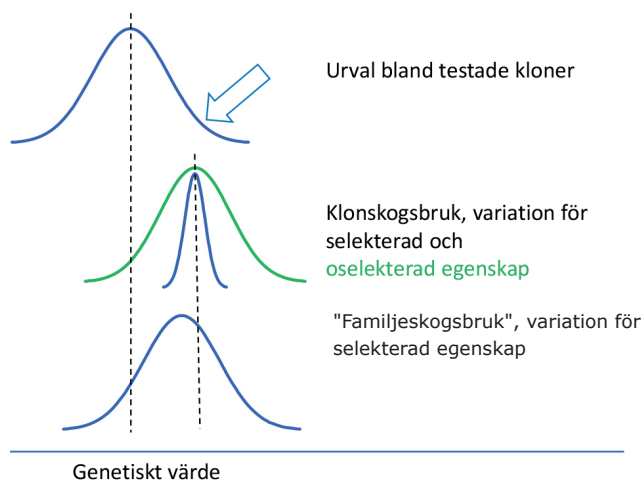
På senare tid, med idén om s.k. "familjeskogsbruk" med vegetativt multiplicering av korsningar mellan testade föräldraträd, har rotade sticklingar åter blivit intressanta för att massföröka unga granplanter. Dessutom har

somatisk embryogenes (SE), en metod att stimulera fröembryon att förmeras, utvecklats för att massproducera skogsplanter.

Med den utvecklingen fanns en önskan om att sammanställa nuvarande kunskapsläge. Den här är en kort sammanfattning av ett specialnummer om vegetativ förökning av skogsodlingsmaterial i svenskt skogsbruk.

FAKTARUTA 3 – KLONSKOGSBRUK RESPEKTIVE "FAMILJESKOGSBRUK MED VEGETATIV MULTIPLICERING"

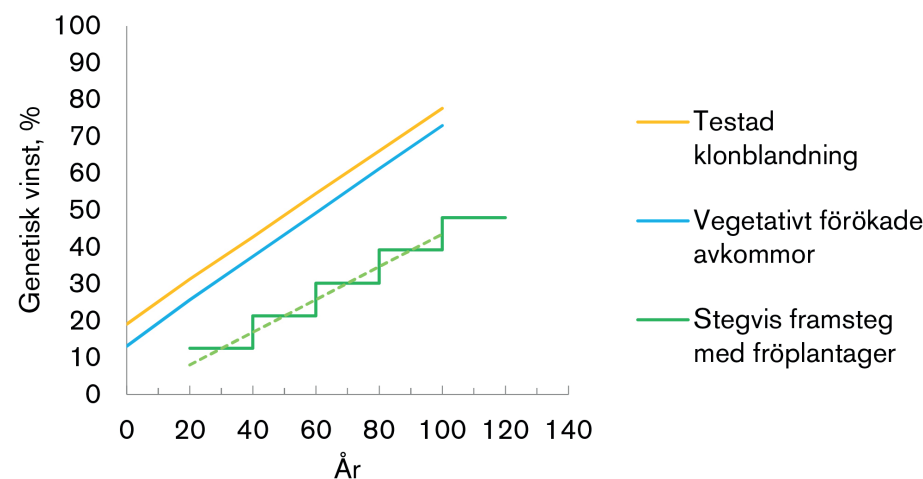
Med SE-teknik kan man tillämpa klonskogsbruk med testade enskilda kloner eftersom SE-linjerna kan lagras medan de testas i fält, vilket är den traditionella formen för klonskogsbruk. Med SE kan man som alternativ korsa redan testade kloner och multiplicera den otestade avkomman. Det etablerade namnet på detta är "familjeskogsbruk (*family forestry*) med vegetativ multiplicering" (Figur 2). En "familj" är i detta fall en syskonskara som i det här sammanhanget multipliceras med vegetativ förökning. Denna form av klonskogsbruk med otestade kloner ger genom tidsvinsten på 10–15 år för klontestningen i fält nästan lika stor förädlingsvinst som med testade kloner.



Figur 2. Principiell skillnad i genetisk vinst och genetisk variation mellan vegetativ förökning av en utvald klonblandning för "klonskogsbruk" respektive för "familjeskogsbruk med vegetativ multiplicering" genom uppförökning av klonblandningens avkomma. Hela den genetiska effekten går inte i arv vid "familjeskogsbruk" men variationen återskapas även för selektionsegenskapen.

mångfald och låga rekreativvärden, vilket ytterligare kan förstärkas av att använda klonblandningar om målet är ökad tillväxt. Det finns dock många sätt att öka naturhänsynen för att förbättra livsmiljön för flora och fauna. Hot mot biodiversitet och

ekologiska värden uppkommer snarare av att planterade skogar ersätter skogar med stort naturligt inslag än av att plantorna har en något förändrad genetisk sammansättning.



Figur 3. Den trappvisa utvecklingen av realiserad förädlingsvinst från en tidsserie med fröplantager i jämförelse med den kontinuerliga vinsten vid vegetativ förökning. För fröplantagen tar det 20 år till fröproduktion som varar i 20 år medan väntetiden vid vegetativ förökning är 5 år.

Effekter av SE-tekniken och andra risker

Andra risker med klonskogsbruk är förhållandevis förutsägbara och det finns motåtgärder. Till dessa risker hör t.ex. problem med förökningstekniken, logistiken vid storskalig tillämpning och säkerheten i klontestningen. SE-plantor och fröplantor utvecklas i stort sett likartat i fält. Det största problemet är att inte alla frön enkelt kan förmeras till bra plantor. Den selektion som på detta sätt uppkommer mellan frön har hittills inte visat sig ge några direkta eller indirekta genetiska effekter men det är viktigt att fortsätta forskningen och utveckla metoderna för att öka andelen frön som kan förökas.

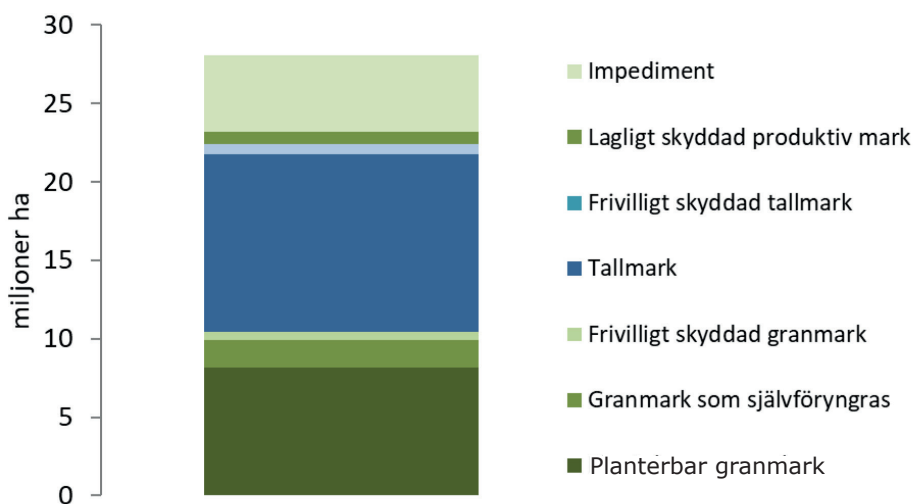
Allmänhetens acceptans

Det finns ett allmänt ifrågasättande av att "manipulera naturen" som också omfattar att använda kloner. Den allmänna uppfattningen har ofta inflytande på lagstiftningen, så det är viktigt för skogsbruket att hantera även denna fråga. För att få stöd i samhälle och politik måste de som inför nya biologiska tekniker samverka med skogsekologiska forskare samt kommunicera nyttan och hur riskerna skall hanteras med beslutsfattare och allmänheten.

Adaptiv skogsskötsel

Trots att många fördelar och risker med att använda kloner är kända och hanterbara så uppstår nya osäkerheter när verksamheten skalas upp. "Adaptiv skogsskötsel" är ett strukturerat sätt för att öka kunskapen vid operationell drift. Tillämpad på skogsbruk med kloner blir utmaningen efter att ha definierat de viktigaste osäkerheterna att hitta samarbetsformer för skogsägarna, utveckla rutiner för att följa upp bestånden, samt sammanställa informationen för utvärdering, kunskapsöverföring och beslutsfattande om anpassning ■

”Vegetativ förökning ger möjligheter till snabb anpassning av plantmaterial....”



Figur 4. Sveriges totala skogsmark fördelad på produktiv mark lämplig för tall och gran (definierad av den art som bestämmer ståndortsindex) och impediment. En del av granmarken är skyddad och en del kommer att skötas med hänsyn till naturvård och därigenom föryngras på naturlig väg. "Planterbar granmark" är den maximala areal som kan planteras med gran. (Data från Jonas Fridman, programchef för Riksskogstaxeringen, SLU 2016).

Läs mer:

Detta faktablad baseras på artiklar publicerade i ett specialnummer av Scandinavian Journal of Forest Research:

► **Using Norway Spruce Clones in Swedish Forestry** (SJFR 2019, 34:5, 333–408).

Författare:



Ola Rosvall

FD i skogsgenetik och pensionerad från en tjänst som forskningschef på Skogforsk med ansvar för det svenska skogsträdsförädlingsprogrammet.
ola.rosvall@gmail.com



Richard Bradshaw

Professor i skogsekologi vid School of Environmental Sciences, universitetet i Liverpool, L69 3BX, England, och adjungerad professor vid Lunds universitet.
richard.bradshaw@liverpool.ac.uk



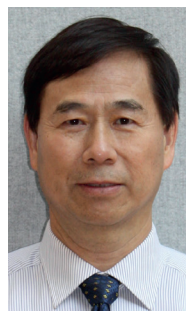
Pär Ingvarsson

Professor i växtgenetik och förädling vid institutionen för växtbiologi, SLU, Box 7080, 750 07 Uppsala
par.ingvarsson@slu.se



Ulrika Egertsdotter

FD i växtfysiologi och professor vid Virginia Tech i USA och vid institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi, SLU, 90183 Umeå
ulrika.egertsdotter@slu.se



Harry Wu

Professor i skogsgenetik och skogsträdsförädling vid institutionen för skoglig genetik och växtfysiologi, SLU, 90183 Umeå
harry.wu@slu.se