



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 938–2017

Effekter av förökningsmetod på plantors tidiga utveckling

- Somatisk embryogenes på gran och sticklingförökning av tall

Effects of propagation method on early development of plants

- Somatic embryogenesis for spruce and cutting propagation for pine

Karl-Anders Högberg



SKOGFORSK

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 938–2017

I serien Arbetsrapport finns bakgrundsmaterial, metodbeskrivningar, resultat, analyser och slutsatser från både pågående och avslutad forskning.

Titel:

Effekter av förökningsmetod på plantors tidiga utveckling – somatisk embryogenes på gran och sticklingförökning av tall.

Effects of propagation method on early development of plants – somatic embryogenesis for spruce and cutting propagation for pine.

Bildtext:

Bild 1: Somatiska

groddplantor i en Petri-skål.

Bild 2: Etablerad SE-planta i fält.

Bild 3: En bild från fältförsöket.

Bild 4: Rotad tallstickling med rotsystemet blottat.

Ämnesord:

Kloner, fröplantor, vegetativ förökning, fältförsök.

Clones, seedlings, vegetative propagation, field trial.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2017

ISSN 1404-305X



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel: 018-18 85 00 Fax: 018-18 86 00

skogforsk@skogforsk.se

skogforsk.se



Karl-Anders Högberg, SkogD.

Skogsträdsförädlare med ett särskilt intresse för vegetativ förökning.

Abstract

Somatic embryogenesis (SE) propagation entails a gradual loss of genotypes. This study examines whether this selection affects important traits and whether SE plants differ in any way from seedlings.

A field trial was set up in spring 2015, involving SE plants and seedlings from the same spruce families. Shoot flushing was assessed in spring 2016, and height, frequency of proleptic shoots, plant vitality and damage were assessed in autumn 2016.

The results showed that SE plants grew better than seedlings but did not catch up in terms of height by the end of cultivation. The plant types did not differ in flushing time, but seedlings had a higher frequency of plants with proleptic shoots. The difference in autumn phenology could be interpreted as an effect of physiological ageing, but the lack of effect on flushing time does not support this interpretation.

The use of cuttings when testing individuals in the spruce breeding population has been shown to considerably improve breeding efficiency. Scots pine is much harder to propagate by cuttings, but the possibility of trying to replicate the success story for spruce is tempting.

This raises the question of whether cuttings and seedlings are comparable, which was studied in a field trial established in spring 2014. Measurements were taken in autumn 2014 and autumn 2016.

The results showed that seedlings grew faster than cuttings in the first years, but the cuttings were still taller. On average, there was a greater variation within the family for cuttings, and the genetic analysis revealed a higher error variance and lower heritability compared with seedlings.

The overall picture is promising, as no dramatic effects were found when testing the new plant types. Both trials are still in the early stages and it is too early to draw definite conclusions.

Förord

Denna arbetsrapport behandlar två försök där två nya planttyper testas:

1). Granplantor förökade med somatisk embryogenes. 2). Sticklingplantor av tall. Rapporten behandlar tidiga mätningar som ger indikationer om hur planttyperna fungerar i etableringsskedet. Arbetet har utförts med medel från Hildur och Sven Wingquists forskningsfond.

Svalöv i juni 2017

Karl-Anders Högberg

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning.....	3
Inledning.....	4
Material och metoder.....	5
SE-försöket.....	5
Tallsticklingförsöket	6
Resultat	8
SE-försöket.....	8
Tallsticklingförsöket.....	11
Diskussion	13
SE-försöket	13
Tallsticklingförsöket.....	14
Referenser.....	15

Sammanfattning

Somatisk embryogenes (SE) har potential att mycket effektivt massproducera ett värdefullt plantmaterial. Vid förökning med somatisk embryogenes sker ett successivt bortfall av genotyper. Frågan är om denna selektion påverkar viktiga skogliga egenskaper och om SE-planter i något avseende avviker från fröplanter.

I ett fältförsök med SE-planter och fröplanter av gran från samma familjer anlagt våren 2015 på Remningstorp mättes skottskjutning i maj 2016 och höjd, förekomst av proleptiska, vitalitet samt skador i september 2016.

Resultaten visar att SE-planterna växt något bättre än fröplanterna men inte hämtat in försprånget från plantodlingens slut. Klippta fröplanter var högre än oklippta. Planttyperna generellt skilde sig inte åt vad gäller skottskjutningstidpunkt, men klippta fröplanter sköt senare. Fröplanterna hade klart fler planter med proleptiska skott, högst frekvens för de oklippta fröplanterna. Den fenologiska skillnaden på hösten skulle kunna tolkas som en effekt av fysiologiskt åldrande, men den uteblivna effekten på skottskjutning talar för motsatsen.

I granförädlingen har användningen av sticklingar vid testning av individer ur förädlingspopulationen visat sig förbättra effektiviteten avsevärt, framför allt genom en stor tidsvinst. Tall är betydligt svårare att sticklingföröka, men möjligheten att kopiera granens framgångsrecept lockar och frågan är då om sticklingar och fröplanter är jämförbara i viktiga egenskaper. I ett fältförsök anlagt våren 2014 på Remningstorp med både fröplanter och sticklingar mättes höjd hösten 2014 och höjd och skador hösten 2016.

Resultaten visar att fröplanterna har vuxit bättre än sticklingarna de första åren i fält men att sticklingarna fortfarande är högre. I genomsnitt större variation inom familj kunde konstateras för sticklingar och i den genetiska analysen blev felvariansen betydligt större för denna planttyp och heritabiliteten följaktligen klart lägre.

För båda försöken gäller att det är för tidigt att dra långtgående slutsatser.

Inledning

Somatisk embryogenes (SE) är en vegetativ förökningsmetod med potential att mycket effektivt massproducera ett värdefullt plantmaterial. Ännu har inte något högmekaniserat system för plantproduktion utvecklats men stora resurser satsas på detta. I väntan på en kostnadseffektiv produktionsmetod genomförs experiment som söker svar på principiellt viktiga frågor.

En viktig aspekt vid förökning med SE är den selektion som sker i de olika momenten. Från initiering fram till acklimatiserad planta återstår ofta endast 10–20 procent av de ursprungliga genotyperna (Högberg m.fl. 1998; Högberg, 2013). I praktiken kan selektionen bli ännu starkare i och med att en del genotyper producerar ett litet antal embryon per framställd mängd vävnad och därmed faller bort av detta skäl. Frågan är om denna starka selektion har någon riktning i viktiga skogliga egenskaper. Detta är viktig information när SE ska tillämpas praktiskt. Två olika sätt att tillämpa vegetativ massförökning finns: 1) förökning av utvalda kloner efter testning, 2) förökning av ett fröparti utan individuell klonidentifiering. I det förstnämnda fallet framställs kloner som testas i fältförsök samtidigt som de också lagras i flytande kväve för att behålla förökningsförmågan. I det andra fallet förökas ett högförädlat fröparti utan testning och lagring. En selektionseffekt påverkar båda varianterna, mest för det sistnämnda där inte någon information finns om enskilda kloner. Men också i fallet med klontestning skulle en selektion kunna innebära att man före klontestning i fält har ett material som avviker från genomsnittet i utgångspopulationen.

I fallstudien av Högberg m.fl. (1998) påvisades inget samband mellan föräldraträdens avelsvärden för tillväxt och förmågan hos avkommor att förökas med SE, men materialet var litet och endast indirekta jämförelser kunde göras. Studier av material med bred genetisk representation är ovanliga och direkta jämförelser av SE-plantor och fröplantor från samma genetiska material är sällsynta. Passerieux m.fl. (1999) kunde visa att det inte förelåg någon skillnad i genetisk diversitet mellan genotyper från en granpopulation som svarade, respektive inte svarade, på initiering med barr från groddplantor som utgångsmaterial. Ekberg m.fl. (1993) kunde inte påvisa några skillnader i fenologiska egenskaper för genotyper med olika embryogen förmåga i två granpopulationer. Direkta jämförelser av SE-plantor och fröplantor från samma material saknas dock.

För att utreda frågan om eventuell selektion vid förökning med SE har ett projekt inletts där fröplantor och SE-plantor från samma familjer jämförs. Dessutom drivs förökningen ytterligare ett steg genom att såväl SE-plantor som fröplantor får tjäna som moderplantor i en sticklingförökning. Plantorna från förökningarna planteras sedan ut i fältförsök som sedan kommer att ge data för analyser av effekter av förökning med somatisk embryogenes. Ett sådant fältförsök planterades ut på Remningstorp 2015.

Att rota sticklingar av tall är svårt och anledningen till att det är av intresse i förädlingen är det goda exemplet från granförädlingen. Där tillämpas regelmässigt sticklingförökning av den nya förädlingsgenerationen, vilket medger direkt testning av kandidater utan att gå omvägen via avkommeprövning. Med gran kan pålitligt höga rottingsprocenter erhållas men med tall är det annorlunda. Exempel på tämligen goda utfall finns (Högberg, 2005), men också exempel på motsatsen (Högberg m.fl., 2011). Även med måttliga rottingsprocenter är strategin attraktiv på grund av den stora tidsvinsten.

Några av frågetecknen med sticklingförökning är hur metoden påverkar tillväxten och om det får effekter på spridning inom och mellan familjer. De första försöken där fröplantor och sticklingar testas samtidigt lades ut 2014 varav ett på Remningstorp. Detta ger möjlighet att få en första indikation på eventuella effekter, vilket också var syftet med denna studie.

Material och metoder

SE-FÖRSÖKET

I månadsskiftet juli/augusti 2011, samlades friavblommade kottar in från 50 halvsyskonfamiljer av gran i Skogforsks arkivplanteringar vid Ekebo forskningsstation. Familjernas moderkloner utgjordes av plusträd valda 1979–1983 och kloner från klonskogsbruksprojekten under 1980-talet.

Groning och tidig plantutveckling vid SE-förökningen var olika mellan olika kloner men också för individer inom en klon. Detta betydde att acklimatiseringen sträckte sig över en lång period, från början av februari till början av april. Följden blev att plantorna var olika stora när samtliga var acklimatiserade. För att minska denna skillnad, beslöts att toppbeskära de högsta plantorna ungefär en månad efter den sista acklimatiseringen. Detta efter bedömningen att det var viktigt att försöka uppnå jämnhet i plantstorlek, vilket bäst bör motsvara en praktisk situation.

Som jämförelsematerial såddes samma familjer i mars 2013 och odlades i växt-hus bredvid SE-plantorna fram till juli 2013 då SE-plantorna flyttades ut på friland för fortsatt odling. Fröplantorna odlades ytterligare en dryg månad i växthus och flyttades till friland i slutet av augusti. Plantorna fick invintra naturligt varefter plantorna ställdes i kartonger som flyttades till fryslager.

Plantorna togs ut från fryslager och omskolades i april 2014 till 800 milliliter odlingsbehållare för att tillåta ytterligare ett års tillväxt. I och med att många kloner hade få plantor kunde inte materialet delas upp på plantor till fältförsök och plantor som skulle bli moderplantor i sticklingförökning. Därför beslöts att klippa sticklingar före randomisering inför fältförsöken. Sticklingarna klipptes och sattes för rotning i månadsskiftet juli/augusti 2014. Ett jämförelsematerial från samma familjer såddes upp i juni 2014.

Fröplantorna var vid andra odlingsårets slut högre än SE-plantorna. Medelvärdet för fröplantorna blev 66,5 centimeter och för SE-plantorna 52,1 centimeter (Högberg, 2015). Som väntat varierade antalet kloner per familj och antalet plantor per klon kraftigt.

Våren 2015 anlades försök 1457 Remningstorp, där fördelningen mellan ovan nämnda SE-plantor och fröplantor var 1 093 respektive 726 stycken. Av fröplantorna beskattades 526 plantor på sticklingar medan 150 förblev orörda. Dessa betecknas i fortsättningen som klippta respektive oklippta. Samtliga SE-plantor beskattades på sticklingar

Våren 2016 klassades skottskjutning i Remningstorförsöket enligt Krutzsch's skala (Krutzsch, 1975), där skottets utveckling bedöms i 9 klasser från 0 (knopp i vila) till 8 (fullt utvecklat skott). I samma försök insamlades hösten 2016 följande data: överlevnad, höjd, vitalitet, skador och förekomst av prolepsis. Eventuell förekomst av syllepsis registrerades som prolepsis vid klassningen.

Skottskjutning och höjd 2016 analyserades med modellen:

$$y = m + b + t + f + e$$

där

y = Observerat värde.

m = Försöksmedelvärde.

b = Fix effekt av block.

t = Fix effekt av planttyp (SE eller fröplantor).

f = Slumpmässig effekt av familj.

e = Slumpmässig felterm.

En alternativ analys med samma modell provades där fröplantorna delades upp på klippta respektive oklippta fröplantor, således tre planttyper totalt.

Pearson-korrelationer beräknades mellan familjemedelvärden för höjd efter odling och skattade familjevärden för höjd efter två år i fält.

Skillnader i frekvensen plantor med prolepsis för de olika planttyperna signifikantstestades med Chi2-test.

TALLSTICKLINGFÖRSÖKET

Sticklingar skördades på 2-åriga moderplantor i månadskiftet juli/augusti 2012. Direkt efter skörd doppades sticklingarna kort i hormonlösning varefter de stacks i genomsläppligt substrat och sattes ut i rotningsmiljö under sensommar/höst. Moderplantorna representerade 54 helsyskonfamiljer, 2 beståndsmätare och 3 plantagematerial. Våren 2013 såddes ett jämförbart material med 46 helsyskonfamiljer, dock ej med samma familjer, men tillsammans med 2 beståndsmätare och 2 plantagematerial. Efter odling 2013 randomiserades och packades rotade sticklingplantor tillsammans med fröplantor och plantorna togs in i fryslager.

Fältförsöket 1446 Remningstorp, planterades våren 2014 som ett fullständigt randomiserat försök. Samma höst gjordes en höjdmätning som får betraktas som något av en utgångsmätning eftersom plantorna var mycket ojämna i storlek vid utplanteringen. Hösten 2016 mättes höjd på nytt och skador registrerades. Försöket karterades i avdelningar med storleken: 10 rader \times 12 plantor. Efter mätningen 2016 delades försöket in i fyra block, baserat på mönstret för höjd.

För jämförelser mellan sticklingplantor och fröplantor antogs grupperna vara genetiskt likvärdiga.

Höjd 2014 respektive 2016 analyserades med modellen:

$$y = m + b + t + e$$

där:

- y = Observerat värde
- m = Försöksmedelvärde
- b = Fix effekt av block
- t = Fix effekt av planttyp (stickling eller fröplanta)
- e = Slumpmässig felterm.

Därefter skattades varianskomponenter efter två år i fält för respektive planttyp, med mätare och plantagematerial exkluderade, enligt nedanstående modell:

$$y = Xb + Za + e$$

där:

- y = En vektor med observerade höjder.
- b = En vektor med fix effekt av block.
- a = En vektor med slumpmässig effekt av genotyp.
- X = En designmatris som beskriver blocktillhörighet.
- Z = En designmatris som beskriver släktskap.
- e = en slumpmässig vektor av residualer.

Heritabilitet i snäv bemärkelse (h^2) beräknades med formeln:

$$h^2 = \sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_e^2)$$

där:

- σ_a^2 = additiv varians och σ_e^2 = felvariens.

där:

Dessutom beräknades standardavvikelse och variationskoefficient familjevis för de två planttyperna.

Resultat

SE-FÖRSÖKET

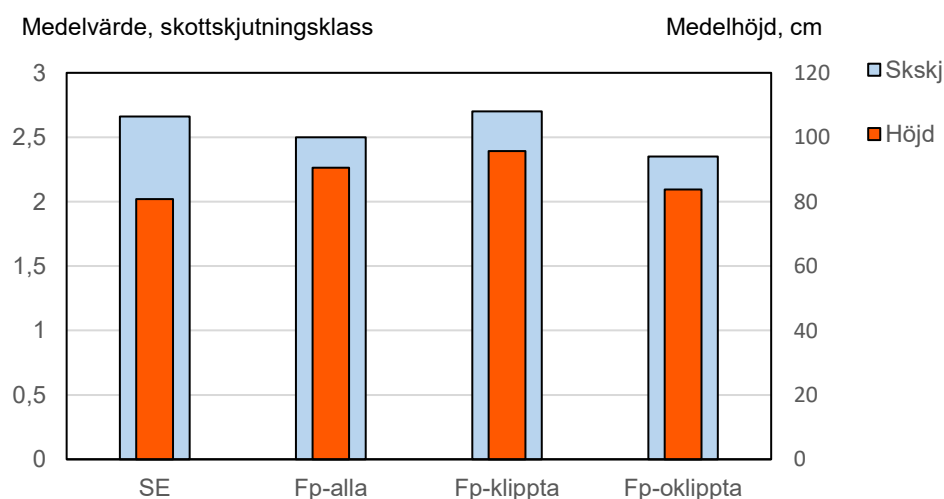
Överlevnaden var mycket god, totalt för försöket 99,4 procent och hela 98,7 procent i bästa vitalitetsklassen. Skadenivån var låg och de flesta noterade skadorna är klassade som mindre allvarliga. Den mest frekventa skadan var brutet eller allvarligt skadat toppskott (sannolikt rådjur), men endast 4 procent av plantorna var drabbade på detta sätt.

En variansanalys visade att skottskjutning berodde på familj i hög grad, medan effekt av block och effekt av planttyp inte nådde signifikans på 95-procent-nivån (Tabell 1). För höjd hade både block och planttyp signifikant inverkan medan effekten av familj var klart lägre än för skottskjutning (Tabell 1).

Tabell 1.
Signifikansnivåer för effekter av block och planttyp på skottskjutning och höjd, samt andel av den slumpmässiga variationen som förklaras av familj.

Skottskjutning		Höjd	
Block	p = 0,225	Block	p = 0,008
Planttyp	p = 0,088	Planttyp	p < 0,001
Familj	28,2 %	Familj	7,4 %

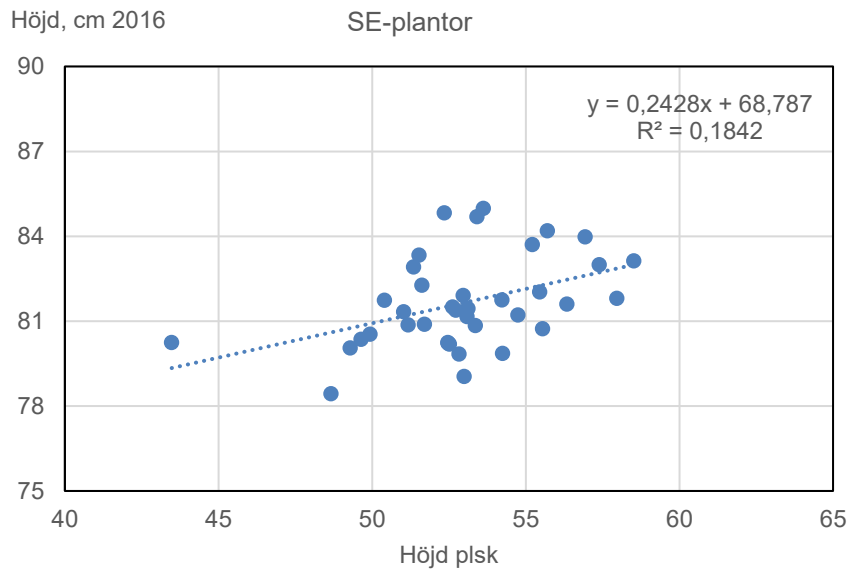
Vid uppdelning av fröplantorna i två separata planttyper (klippta och oklippta) förändrades resultaten av variansanalysen marginellt utom i ett avseende, effekten av planttyp på skottskjutningstidpunkt blev nu signifikant (p=0,017). De skattade medelvärdena för respektive planttyp avslöjade att de fröplantor som var klippta hade en senare skottskjutning än oklippta fröplantor och SE-plantor (SE-plantorna var alla klippta). De klippta fröplantorna var också klart högre än de oklippta som i sin tur var något högre än SE-plantor (Figur 1).



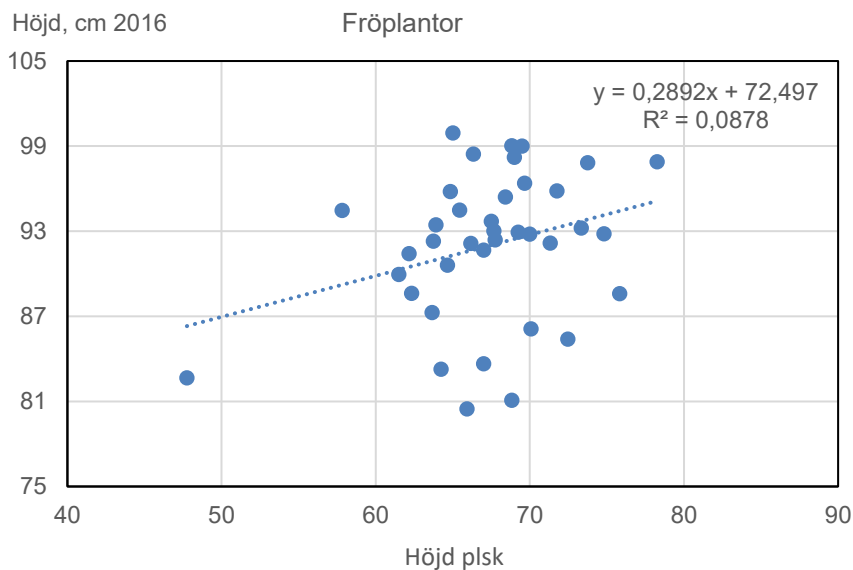
Figur 1.
Skottskjutning och höjd för SE-plantor, fröplantor och klippta resp. oklippta fröplantor separat. Skattade medelvärden.

Frekvensen proleptis/sylleptis blev 15 procent för SE-plantor och 30 procent för fröplantorna tillsammans, skillnaden var signifikant på 95-procentnivån. Om fröplantorna delades upp på klippta och oklippta fröplantor blev frekvenserna 24 procent respektive 39 procent. Även den skillnaden signifikant på 95-procentnivån.

För SE-plantor var korrelationen mellan familjernas medelhöjd efter odling och deras medelhöjd efter två år i fält positiv men svag (Figur 2). Fröplantorna visade upp en liknande bild (Figur 3). I båda fallen fanns en familj som låg långt från övriga, korrelationerna försvagades endast marginellt om dessa två togs bort.



Figur 2.
Korrelation mellan familjernas medelhöjd och förväntad höjd efter två år i fält. SE-plantor, endast familjer med fler än 5 kloner.



Figur 3.
Korrelation mellan familjernas medelhöjd och förväntad höjd efter två år i fält. Fröplantor.

Med blotta ögat var det omöjligt att avgöra om en planta var en fröplanta eller en SE-planta (Figur 4 och 5).



Figur 4.
Fröplanta med sen skottskjutning, juni 2016.



Figur 5.
SE-planta med sen skottskjutning, juni 2016.

Tallsticklingförsöket

Överlevnaden var mycket god, 99 procent efter ett år i fält och 98 procent efter tre år. Också vitaliteten var god, 97 procent återfanns i högsta vitalitetsklassen både efter ett år och efter tre år i fält.

Sticklingarna var signifikant högre än fröplantorna efter ett år i fält. Skillnaden hade minskat efter ytterligare två år men var fortfarande signifikant (Tabell 2 och 3).

Tabell 2.
Skattad medelhöjd 2014 och 2016 för fröplantor resp. sticklingar.

	Höjd 2014 (cm)	Höjd 2016 (cm)
Fröplantor	24,2	99,0
Sticklingar	32,2	103,0

Tabell 3.
Signifikansnivåer för effekter av block och planttyp på höjd efter ett år i fält (2014) och höjd efter tre år i fält (2016), samt förklarande andel av den slumpmässiga variationen för riktning inom yta och för familj inom planttyp.

	Höjd 2014	Höjd 2016	
Block	p <0,001	Block	p <0,001
Planttyp	p <0,001	Planttyp	p = 0,024
Familj (Ptyp)	8,3 %	Familj (Ptyp)	9,5 %

Den genetiska modellen gav klart lägre heritabiliteter (heritabilitet i snäv bemärkelse) för sticklingar jämfört med fröplantor (Tabell 4). Felvariansen var betydligt större för sticklingarna, särskilt höjd 2014.

Tabell 4.
Skattningar av varianskomponenter för höjd 2014 och 2016, h^2 = heritabilitet i snäv bemärkelse.

		Höjd 2014	h^2	Höjd 2016	h^2
Fröplantor	Additiv varians	6,89	0,29	64,1	0,32
	Felvarians	17,0		163,2	
	Antal plantor	667		661	
Sticklingar	Additiv varians	8,31	0,14	47,0	0,17
	Felvarians	49,0		233,8	
	Antal plantor	1000		990	

För såväl höjd 2014 som höjd 2016 var spridningen inom familj i genomsnitt något större för sticklingar (Tabell 5).

Tabell 5.

Genomsnittliga standardavvikelser inom familj, höjd 2014 respektive 2016.

		Höjd 2014	Höjd 2016
Fröplantor	Standardavvikelse	4,4 cm	13,6 cm
	Variationskoefficient	18,4 %	13,8 %
Sticklingar	Standardavvikelse	7,0 cm	16,5 cm
	Variationskoefficient	21,8 %	15,8 %

Fröplantor och sticklingar var mycket lika varandra och gick inte att skilja åt okulärt (Figur 6).



Figur 6.
Plantor i försök 1446 hösten 2016.

Diskussion

SE-försöket

Trots ett väl balanserat utgångsmaterial blev fördelningen av cellinjer på familj efter genomgången förökning mycket ojämn. Även antal plantor per klon var kraftigt varierande. Samma mönster har tidigare rapporterats för gran (Högberg, 1998; Mauleová & Vitámás, 2007; Högberg, 2013) och för vitgran (Park m.fl., 1994). Förökningen som genomförs i det här projektet kan anses väl motsvara en praktisk förökning av ett stort utgångsmaterial.

Inventeringen av skottskjutning utfördes i tidigaste laget eftersom medelvärdet låg under 3. Upplösningen minskar därmed men trots detta erhöles signifikanta skillnader mellan klippta fröplantor och oklippta fröplantor respektive SE-plantor. SE-plantor och oklippta fröplantor hade i genomsnitt ungefär samma skottskjutningsvärde, medan klippta fröplantor sköt senare. Klippta fröplantor och SE-plantor har behandlats på samma sätt vad gäller skörd av sticklingar och borde vara mest relevant att jämföra. Skottskjutningen hos gran är tidigast i unga år och sker successivt senare ju äldre trädet blir (Ununger m.fl., 1988). SE-plantornas tidigare skottskjutning ger sålunda inget underlag för att misstänka att förökningsmetoden ger åldrandesyntom. Skillnaden mellan klippta och oklippta plantor var oväntad och någon förklaring till detta är svår att ge. Skottskjutning är en starkt ärftlig karaktär och det bekräftas av att nästan 30 procent av den slumpmässiga variationen kunde förklaras av effekter av familj, ett normalt resultat.

Frekvensen plantor med proleptiska eller sylleptiska skott var klart lägre för SE-plantor, 15 procent att jämföra med fröplantornas 30 procent. Om man tittar närmare på fröplantorna var skillnaden tydlig också mellan de två planttyperna där de oklippta fröplantorna uppvisade lika stor skillnad gentemot klippta (24 procent mot 39 procent) som fröplantorna sammantaget gentemot SE-plantor. Inte heller här finns någon enkel förklaring. Proleptis/sylleptis är en ungdomsföreteelse (Wühlisch & Muhs, 1986) och resultaten här skulle kunna tolkas som att den lägre frekvensen är en åldrandeeffekt som drabbar SE-plantor. Detta motsägs dock av skottskjutningsdata presenterade ovan.

Det får inte glömmas bort att det skett en avsevärd selektion av genotyper som gått hela vägen till fältförsöket. Försökets syfte var att jämföra SE-plantor och fröplantor med avseende på viktiga egenskaper. Det kan alltså vara så att de kloner som kan förökas med SE har mindre benägenhet att skjuta proleptiska/sylleptiska skott. De svårförklarade skillnaderna mellan klippta och oklippta fröplantor gör bilden komplicerad. Det måste också framhållas att det är tidiga mätningar och att slutsatser om tillväxt efter två år i fält blir osäkra.

Tallsticklingförsöket

Etableringen av försöket har gått mycket bra med nästan hundra procentig överlevnad för både fröplantor och sticklingar. Detta trots att plantorna inte var högre än 20–30 centimeter efter ett år i fält. Skillnaden mellan fröplantor och sticklingar efter ett år i fält får i hög grad tillskrivas skillnader som uppstått under plantodlingen. Tillväxten har sedan varit god under de två nästföljande åren där skillnaderna mellan planttyperna är på väg att jämnas ut. Antalet familjer som representerar respektive fröplantor och sticklingar (46 respektive 54) kan antas vara tillräckligt för att resultaten ska vara jämförbara ur den synvinkeln. Det finns heller ingen systematisk skillnad i vilka familjer som ingår i de båda planttyperna. Förökningar görs när tillräckligt med frö kunnat korsas fram och har inte något samband med föräldrarnas avelsvärden. Familjerna kan alltså antas vara två likvärdiga sampel från förädlingspopulationen.

Höjdvariationen inom familj var större för sticklingar och skillnaderna i standardavvikelse och variationskoefficient mellan planttyperna ändrades obetydligt från 2014 till 2016. Den genetiska analysen visade att sticklingarna gav betydligt större felvarianser och gjorde att heritabiliteterna blev lägre. I detta tidiga skede finns fortfarande effekter från plantodlingen kvar som kan ligga bakom en större variation för sticklingar vilket avspeglar sig i den genetiska analysen.

Resultaten är sålunda blandade, etableringen har gått utmärkt, tillväxten är jämförbar för de båda planttyperna men den genetiska precisionen blir lidande av den större variationen för sticklingar. Ytterligare tid i fälttest och fler fälttester krävs för säkrare svar.

Referenser

- Ekberg I, Norell L. & von Arnold, S. 1993. Are there any associations between embryogenic capacity and phenological traits in two populations of *Picea abies*. *Can. J. For. Res.* 23: 731–737.
- Högberg K-A. 2005. Rooting response of late summer cuttings taken from *Pinus sylvestris* half-sib families. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 313–317.
- Högberg K-A. 2013. SE propagation and genetic diversity – example from a practical case. I: Park Y-S & Bonga J. 2013. Proceedings of the IUFRO Working Party 2.09.02 conference on “Integrating vegetative propagation, biotechnologies and sustainable forest management” June 25-28, 2012, Brno, Czech Republic. Publicerad online: <http://www.iufro20902.org/>.
- Högberg K-A. 2015. Selektionseffekter vid förökning av gran med somatisk embryogenes. Skogforsk, Arbetsrapport nr 887-2015, 10 s. Uppsala.
- Högberg K-A, Ekberg, I. Norell, L. & von Arnold, S. 1998. Integration of somatic embryogenesis in a tree breeding programme – a case study with *Picea abies*. *Can. J. For. Res.* 28: 1536–1545.
- Högberg, K-A., Hajek, J., Gailis, A., Stenvall, N., Zarina, I., Teivonen, S. & Aronen T. 2011. Practical testing of Scots pine cutting propagation – a joint Metla-Skogforsk-Silava project. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 198. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp198.htm>.
- Mauleová, M. & Vitámás, J. 2007. Differential success of somatic embryogenesis in random gene pool of Norway spruce. *Journal of Forest Science* 53: 74–87.
- Krutzsch, P. 1975. Die Pflanzschulenergebnisse eines inventierendes Fichtenherkunftversuches. Dept. Of Forest Genetics, Royal College of Forestry, Research Notes 14, 64 pp. Stockholm.
- Park, Y-S., Pond S.E. & Bonga, J. 1994. Somatic embryogenesis in white spruce (*Picea glauca*): genetic control in somatic embryos exposed to storage maturation treatments, germination, and cryopreservation. *Theoretical and Applied Genetics* 89: 742–750.
- Passerieux, E., Baud, S., Dulieu, H. & Pâques, M. 1999. RAPD variation in a Norway spruce seedlot: consequences of somatic embryogenesis. *Journal of Heredity* 90: 662–667.
- Ununger, J., Ekberg, I. & Kang, H. 1988. Genetic control and age-related changes of juvenile growth characters in *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 55–66.
- Wühlisch, U. & Muhs, H. 1986. Influence of age on sylleptic and proleptic free growth of norway spruce seedlings. *Silvae Genetica* 35: 42–48.

Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2016

År 2016

- Nr 892 Ågren, K., Hannrup, B., Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. och Nordström, M. Utvärdering av dimensionsmätning och förekomst av kapsprickor vid avverkning med Komatsu X19. – Evaluation of measurement quality and frequency of bucking splits in harvesting with the Komatsu X19 Harwarder. 21 s.
- Nr 893 Ågren, K., Möller, J. J. och Bhuiyan, N. 2016. Utveckling av en standardiserad metod för kalibrering av volymsbestämning vid avverkning med flerträdshalterande skördaraggregat. – Development of a standardised method for calibrating volume measurements when using a multi-tree handling harvester head. 27 s.
- Nr 894 Almqvist, C. & Rosenberg, O. 2016. Bekämpning av grankotterost (*Thekopsora areolata*) med fungicider – Försök utförda 2014 och 2015. – Control of cherry spruce rust infection (*Thekopsora areolata*) by use of fungicides – Trials performed in 2014 and 2015. 10 s.
- Nr 895 Westin, J., Helmersson, A. & Stener, L.-G. 2014. Förädling av lärk i Sverige. – Kunskapsläge och material. Genetic improvement of larch in Sweden – knowledge status and seed materias. 55 s.
- Nr 896 Mohtashami, S., Nordlund, S., Krook, M., Bergkvist, I., Ring, E. & Högbom, L. 2016. Körskador vid slutavverkning – en inventeringsstudie i Mälardalen. 16 s.
- Nr 897 von Hofsten, H. & Eliasson, L. 2016. Skotning av grot och rundved med en kombiskotare eller med två dedikerade skotare. 8 s.
- Nr 898 Rytter, L. & Mc Carthy, R. 2016. – Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2016 för Energimyndighetens projekt 30346. - Sustainable production of hybrid aspen after harvest – Final Report 2016 from Swedish Energy Agency Project 30346.
- Nr 899 Bhuiyan, N., Möller, J.J., Hannrup, B. & Arlinger, J. 2016. Automatisk gallringsuppföljning. – Arealberäkning samt registrering av kranvinkel för identifiering av stickvägsträd och beräkning av gallringskvot – Automatic follow-up of thinning- Stand area estimation and use of crane angle data to identify strip road trees and calculate thinning quotient.. 47 s.
- Nr 900 Pettersson, F. 2016. Effects of type of thinning and strip road distance on timber production and economy in the Scots pine field experiment at Kolfallet. Results after two thinnings and a 20-year study period.
- Nr 901 Eliasson, L., Mohtasami, S. & Eriksson, A. 2016. Analys av ett högproduktivt flissystem – Analysis of factors affecting a high productive chip supply system. 20 s.
- Nr 902 Enström, J., Asmomarp, V., Davidsson, A., Johansson, F., Jönsson, P. & Mohtashami, S. 2016. Transportsystemet Inlandsbanan – The Inlandsbanan transport system. 50 s.
- Nr 903 Klingberg, A., Persson, T. & Sundblad, L.G. 2016. Projektrapport – Fröskörd från tallfröplantage T2 Alvik – Effekt av inkorsning på planteringsresultatet i fält (projekt nr 244). – Project report Harvests from the T2 Alvik orchard – Effect of cross-pollination on operational planting outcome.
- Nr 904 Friberg, G. & Bergkvist, I. 2016. Så påverkar arbetsrutiner och markfuktighetskartor körskador i skogsbruket – How operational procedures and depth-to-water maps can reduce damage on soil and water and rutting in the Swedish forestry 28 s.
- Nr 905 Berlin, M. & Friberg, G. 2016. Proveniensval av Svartgran i Mellansverige. – Provenance choice of black spruce in central Sweden.. 22 s.

- Nr 906 Grönlund, Ö. 2016. Kontrollmätningens utformning vid chaufförens travmätning. – Quality control procedure for stack measurement by truck drivers. 16 s.
- Nr 907 Björheden, R. 2016. Mekaniserad avverkning av grova lövträd - en litteraturstudie. – Mechanised harvesting of large-size hardwood trees – a literature study. 26 s.
- Nr 908 Bhuiyan, N., Hannrup, B., Nordström, M. & Larsolle, A. 2016. Beslutsstöd för stubbskörd.– Utveckling av ett prototypprogram för snabbare implementering i skogsbruket. – Decision-support tool for stump harvest. – Development of prototype software for faster implementation in forestry. 22 s.
- Nr 909 Brunberg, T. & Lundström, H. 2016. Tidsåtgång och bränsleåtgång vid användning av sortimentsgripen 2014-Evaluation of assortment grapple 2014 in terms of processing time and fuel consumption. 19 s.
- Nr 910 von Hofsten, H., Eliasson, L., Lundström, H. & Granlund, P. 2016. Prestation och bränsleförbrukning för två stora trumhuggar avsedda för flisning på terminaler. – Production and fuel consumption for two large drum chippers. 14 s.
- Nr 911 Jonsson, R., Jönsson, H. & Lundström, H. 2016. Prestation och kostnader för slutavverkningsdrivare Komatsu X19 harwarder med snabbfäste. – Performance and cost in final felling for Komatsu X19. Harwarder with quick hitch. 40 s.
- Nr 912 Jonsson, R., Jönsson, P., Lundström, H. & Manner J. 2016. Prestation och kostnader för drivaren Komatsu X19 och tvåmaskinsystem med Komatsu 941 och 895 i grov slutavverkning – Performance and costs for the Komatsu X19 harwarder compared to Komatsu 941/895 harvester/forwarder in heavy-timber final felling. 38 s.
- Nr 913 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, P., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. – Cutting capacity of saw chains – a comparative study. 38 s.
- Nr 914 Skutin, S.G. & Bergqvist, M. 2016. Slutrapport – Rapport Bergtäkt. – Potentialer till kortare ledtider i miljöprövningen. – Final report of the 'Rock Quarry' project. Potential to shorten lead times in environmental assessment. 44 s.
- Nr 915 Ottosson, P., Andersson, D. & Fridh, L. 2016. Radarteknik för fukthaltsmätning – en förstudie. – Radar technology for measuring moisture content – a preliminary study. 23 s.
- Nr 916 Manner, J., Björheden, R., Jonsson, R., Jönsson, P. & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. – Productivity and logging costs of the harwarder prototype Komatsu X19 and a conventional CTL system. 27 s.
- Nr 917 Bergqvist, M., Björheden, R. & Eliasson, L. 2016. Kompakteringseffekter på skogsbilvägar. – Effect of compaction on forest roads. 24 s.
- Nr 918 Jönsson, P., Andersson, M., Hannrup, B., Henriksen, F. & Högdahl, A. 2016. Cutting capacity of saw chains – a comparative study. – Avverkningskapacitet för sågkedjor – en jämförande studie. Ss. 38.
- Nr 919 Asmoarp, V., Bergqvist, M., Frisk, M., Flisberg, Patrik & Rönnqvist Mikael. VägRust på SCA. En analys av vägupprustningsbehov på SCA Skog AB:s tre sydliga förvaltningar. – Decreased cost of logistics with RoadOpt. An analysis of road upgrading needs on three southern holdings at SCA Skog AB. 35 s.

År 2017

- Nr 920 Bergqvist, M., Bradley, A., Björheden, R. & Eliasson, L. 2017. Validering av STP (Surfacing Thickness Program) för svenska förhållanden – Validation of the Surfacing Thickness Program (STP) in Swedish conditions. 40 s.
- Nr 921 Eriksson, B. & Sääf, M. 2017. Branschanalys-Ekonomiska prestationer i entreprenadskogsbruket. – Sector analysis: economic performance in contractor forestry. 31 s.
- Nr 922 Söderberg, J., Willén, E. & Bohlin, J. 2017. Gallringspunkter från fjärranalys. – Identification of thinning needs using remote sensing. 14 s.
- Nr 923 Willén, E. & Mohtashami, S. 2017. Kartering av fornminnen i skogen med fjärranalys. – Identifying cultural heritage sites in forest with remote sensing. 32 s.
- Nr 924 Mörk, A., Englund, M. och Brunberg, T. 2017. Utvärdering av sortimentsgripen i simulator. 15 s.
- Nr 925 Mc Carthy, R., Johansson, F. & Bergqvist, I. 2017. Högläggning med tre- och fyra-uddigt rivhjul. 15 s.
- Nr 926 Sonesson, J., Eliasson, L., Jacobson, S., Wallgren, M., Weslien, J. & Willhelmsson, L. 2017. Hyggesfritt skogsbruk på landskapsnivå. 15 s.
- Nr 927 Asmoarp, V. Davidsson, A., Flisberg, P. & Palmér Carl Henrik. 2017. Skogsbrukets möjlighet att utnyttja föreslagna BK4-vägar för 74-tonsfordon. – Evaluation of forestry sector potential to operate 74-tonne vehicles on the proposed BK4 roads. 28 s.
- Nr 928 Bergqvist, I. & Friberg, G. 2017. Lutningsindex – beslutsstöd vid markberedning. – Slope index – decision support tool for scarification. 15 s.
- Nr 929 Arlinger, J., Möller, J.J., Eriksson, I. & Bhuiyan, N. 2017. Forestand – skördardata. – Standardisering av skördar-databaserade beskrivningar av uttag och kvarvarande skog efter gallring. 15 s.
- Nr 930 Willén, E. 2017. Turordnings-planering – Sequencing in operational planning. 28 s.
- Nr 931 Eliasson, L. & von Hofsten, H. 2017. Prestation och bränsleförbrukning för en stor mobil flishugg. – Albach 2000 Diamant. – Productivity and fuel consumption of a large mobile wood chipper – Albach 2000 Diamant. 16 s.
- Nr 932 Englund, M., Mörk, A., Andersson, H. & Manner, J. 2017. Delautomatiserad skotarkran. – Utveckling och utvärdering i simulator. – Semi-automated forwarder crane. – Development and evaluation in a simulator. 28 s.
- Nr 933 Jonsson, R., Mohtashami, S., Eliasson, L., Jönsson, P. och Ring, E. 2017. Risning av stickvägar i slutavverkning – Effekter på spårbildning, skotarens bränsleåtgång, körhastighet, helkroppsvibrationer och skördarprestation. – The effect of slash reinforcement of strip roads on rutting, forwarder's fuel consumption, driving speed, whole body vibrations and harvester performance. 21 s.
- Nr 934 Bjurholm, A., Jansson, G., Thierfelder, T. & Nordström, M. 2017. Utvärdering av metoder för mätning av rundved i trave -en statistisk och ekonomisk analys. – Evaluation of methods for measuring roundwood in stacks – a statistical and economical analysis 67 s.
- Nr 935 Enström, J., Asmoarp, V., Bergqvist, M. & Davidsson, A. 2017. Förstudie för projektet Pilotimplementering av 74 ton. - Preliminary study for the Pilot Implementation of 74-tonne Vehicles project, commissioned by the Swedish Transport Administration. 50 s.

- Nr 936 Eliasson, L. & von Hosten, H. 2017. Acceleratorhastighetens effekt på Prestation, bränsleförbrukning och fliskvalitet för en större trumhugg – Bruks 1006. –
- Nr 937 Söderberg, J., Willén, E., Möller, J.J., Arlinger, J. och Bhuiyan, N. 2017. Utvärdering av utbytesprognoser med skogliga laserskattningar oich skördardata – resultat från tre fall studier. 58 s.
- Nr 938 Högberg, K.-A. 2017. Effekter av förökningsmetod på plantors tidiga utveckling – somatisk embryogenes på gran och sticklingförökning av tall. – Effects of propagation method on early development of plants – somatic embryogenesis for spruce and cutting propagation for pine. 15 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiften, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

FORSKNING OCH UTVECKLING

Sex forskningsprogram och processer:

- Driftsystem
- Förädling
- Skogsskötsel
- Värdekedjor
- Digitalisering
- Skogens samhällsnyttor

UPPDRAG

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

KUNSKAPSFÖRMEDLING

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

Från Skogforsk nr. 938–2017



www.skogforsk.se