



Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 887–2015

Selektionseffekter vid förökning av gran med somatisk embryogenes

Selection effects of somatic embryogenesis in propagation of Norway spruce

Karl-Anders Högberg

Arbetsrapport

Från Skogforsk nr. 887-2015

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

Titel:

Selektionseffekter vid förökning av gran med somatisk embryogenes.

Selection effects of somatic embryogenesis in propagation of Norway spruce.

Bildtext:

Embryon, groddplantor, ungskog, alla framställda genom somatisk embryogenes.

Ämnesord:

Fröplantor, fältförsök, kloner, vegetativ förökning.
Clones, field trials, seedlings, vegetative propagation.

Redigering och formgivning:

Ingegerd Hallberg

© Skogforsk 2015

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) is a vegetative propagation method with the potential to be a fast and efficient tool for mass production of superior plant material. A substantial loss of genotypes is a typical effect during propagation by SE. Does this selection affect important traits? To investigate this question, a project has been launched where SE-propagated plants and seedlings of the same families are compared.

Embryos from 50 half-sib families of Norway spruce were put on an initiation medium in 2011, followed by proliferation and maturation of somatic embryos during 2012. Embryos germinated and plantlets were acclimatised in 2013, and cultivated until autumn 2014. Seedlings from the same families were grown in parallel.

Cuttings from both SE-plants and seedlings were excised and put in rooting environment in late summer 2014. After growth cessation and hardening, the plants were stored at -3° C until planting in the field in spring 2015.

When SE reached the acclimatisation step, only 26% of the original embryos had successfully propagated, and one family had been lost. The number of clones per family varied considerably, as did the number of plants per clone. These results are in line with earlier reports of SE propagation. The SE plants averaged 52.1 cm in height compared with 66.5 cm for seedlings at the end of plant cultivation. Stem base diameter was measured on two families, and SE plants had larger stem diameter relative to plant height in both cases. The cutting propagation resulted in low rooting percentages, lowest when SE plants were donors.

The field trials established in 2015 will show whether the differences observed between SE plants and seedlings after plant cultivation are caused by genetic selection, whether the differences prevail over time, or whether environmental factors are predominant.

Förord

Denna arbetsrapport behandlar ett pågående projekt med målet att etablera fältförsök som ska belysa frågan om vilka effekter som blir följden av den starka selektionen vid förökning av gran med somatisk embryogenes. Projektet har hittills finansierats genom medel från två källor dels forskningsprogrammet TC4F (Trees and Crops for the Future, ett samarbete mellan Skogforsk, SLU och Umeå Universitet), dels Föreningen Skogsträdsförädling.

Svalöv i november 2015

Karl-Anders Högberg

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning.....	3
Bakgrund	3
Material och metoder.....	4
Resultat	6
Diskussion	9
Referenser.....	10

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. För att utreda denna fråga har ett projekt inletts där fröplantor och SE-plantor från samma familjer jämförs.

Embryon från 50 halvsyskonfamiljer av gran utgör utgångsmaterial. Dessa lades för initiering 2011 och med en fortsatt förökning med somatisk embryogenes. Groning och acklimatisering av småplantor 2013 följdes av plantodling fram till hösten 2014. Fröplantor från samma familjer odlades parallellt. Hösten 2014 avslutades plantodlingen och plantorna frysagrades fram till planteringen av tre fältförsök våren 2015.

När SE-förökningen nådde acklimatiseringsstadiet återstod 26 procent av utgångsmaterialet, men endast en familj föll bort vid initieringen. Antalet kloner per familj varierade kraftigt, liksom antalet plantor per klon. Detta resultat liknar det som tidigare rapporterats för SE. Vid odlingens slut var SE-plantorna i genomsnitt 52,4 cm höga att jämföra med fröplantornas 66,5 cm. Rothalsdiameter mättes på plantorna från två familjer och för båda familjerna var SE-plantorna grövre i förhållande till höjden än fröplantorna.

Fältförsöken som anlades våren 2015 får utvisa om detta är en selektionseffekt eller om andra orsaker ligger bakom skillnader som konstaterats.

Bakgrund

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 principiella 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 förökning av utvalda kloner efter klontestning, 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 fröparti utan 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. Analysen gjordes med RAPD-teknik och DNA-segment som inte kunde bindas till någon särskild egenskap. Ekberg m.fl. (2003) 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 selektion, förökningsmetod och C-effekter.

Material och metoder

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 eller kloner från klonskogsbruksprojekten under 1980-talet. Från varje moderklon togs 50 frön från vilka embryon togs ut, mellan 37 och 58 embryon per familj, i genomsnitt 40,5.

Embryona lades på initieringsmedium och därefter följde de olika stegen i somatisk embryogenes: proliferering, mognad, groning och acklimatisering. Fram till och med groning följde proceduren ett standardprotokoll (Högberg m.fl., 1998). För att ge alla cellinjer (cellinje = beteckningen på en genotyp under laboratoriefasen, motsvarar begreppet klon när plantor bildats) samma chans avbröt prolifereringen och mognadsbehandlingen inleddes när ca 4 g vävnad/cellinjer hade producerats. Mellan groning och acklimatisering av småplantor inkluderades ett steg där plantorna sattes i ett lufttätt, sterilt kärl som tillät rötterna att utvecklas i näringslösning men med ovanjordsdelen i luft. Därefter överfördes plantorna till odlingscontainers (BCC-V90 fyllda med torv/perlit i relation 70/30), sattes ut i växthus och acklimatiserades till normal växthusmiljö genom en successiv nedtrappning av luftfuktigheten. Efter varje steg noterades hur många cellinjer som återstod.

Groning och tidig plantutveckling 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 i början av april. Följden blir 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. Beslutet fattades inte med lätthet eftersom man i största möjliga grad vill undvika att manipulera materialet. Det bedömdes ändå att det var viktigare att försöka uppnå jämnhet i plantstorlek för att göra fortsatta jämförelser enklare.

Fröplantjämförelserna såddes i mars 2013 och odlades i växthus 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. Samtliga 49 familjer som fanns kvar efter acklimatisering finns kvar också efter första årets odling (Tabell 1). Totalt fanns 2 872 plantor från 541 kloner, i genomsnitt 11 kloner per familj och 5,3 plantor per klon. Fördelningen av kloner på familjer är mycket ojämn och antalet plantor per klon varierar också kraftigt där en tredjedel av klonerna har mindre än 3 plantor (Figur 1).

I och med att många kloner har få plantor kunde inte materialet delas upp på plantor till fältförsök och plantor som skulle bli moderplantor i sticklingsförökning. Därför beslöts att klippa sticklingar före randomisering inför fältförsöken. Metoden användes i klonskogsbruksprojektet på 1970- och 80-talet. Fältförsöken utvecklades normalt trots den beskärning som klippningen av sticklingar innebar. Plantorna omskolades i april 2014 stund till 0,8 l odlingsbehållare för att ge maximal sticklingsproduktion. Sticklingarna klipptes och sattes för rotning i månadsskiftet juli/augusti 2014. Ett jämförelsematerial från samma familjer såddes upp i juni 2014.

Vid randomiseringen mättes höjden på alla SE-plantor och 12 fröplantor per familj. Vidare mättes rothalsdiameter för två familjer och ett robusthetsmått beräknades för dessa genom att dividera höjden i cm med rothalsdiametern i mm.

Tre fältförsök anlades våren 2015. Remningstorp, Västergötland, Toresbo och Åsmundsryd, Småland. Totalt planterades 3 867 plantor fördelade på 2 872 SE-plantor och 995 fröplantor.

Resultat

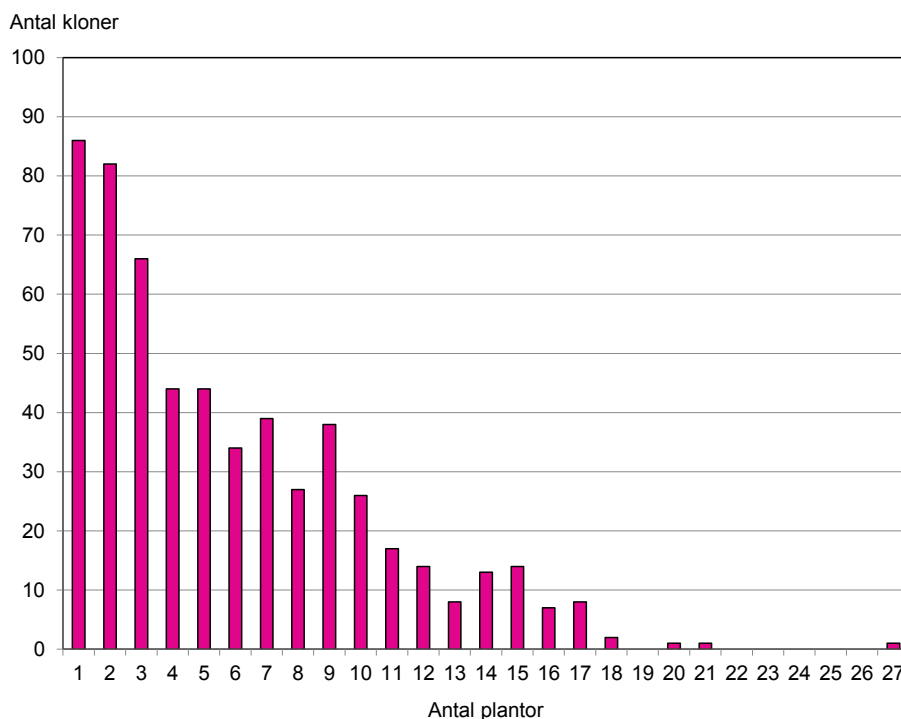
Fram till och med insättning av plantor i fryslager hösten 2014 blev bortfallet av cellinjer stort, 74 procent, och med stor variation mellan familjer (Tabell 1). Av familjerna föll endast en bort och det skedde redan vid initiering.

Tabell 1.

Sammanställning av utvecklingen av antalet kloner per familj för de 50 ingående halvsyskonfamiljerna som förökades genom somatisk embryogenes. Observera att kloner kallas cellinjer i laboratoriestegen.

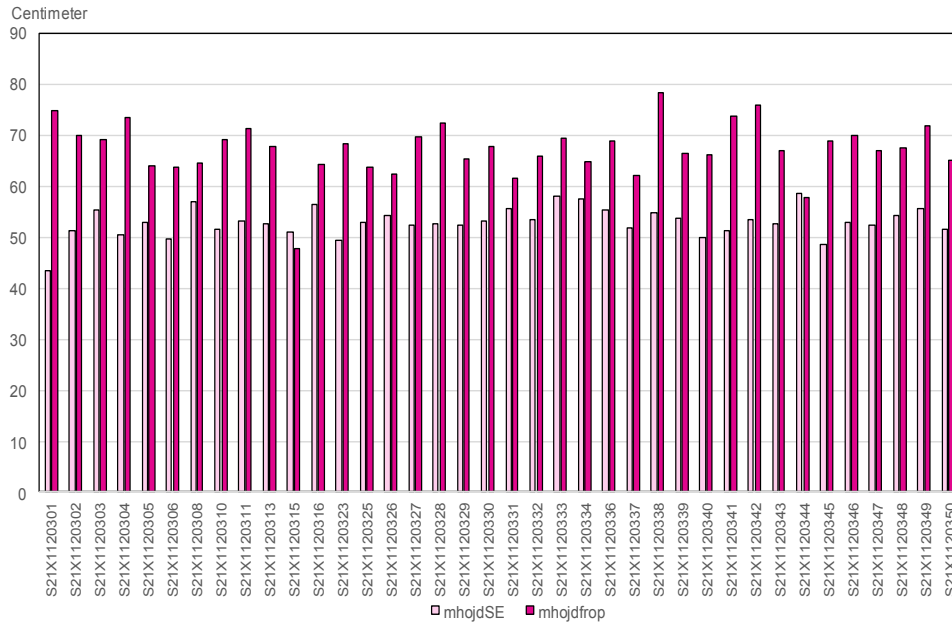
Familj	Till initiering	Till mognad	Till groning	Till växthus	I fryslager
1	44	22	17	12	9
2	40	17	13	10	10
3	40	22	16	11	9
4	40	27	24	23	23
5	40	35	25	23	22
6	40	23	18	11	10
7	40	28	20	19	17
8	40	33	28	23	23
9	37	16	6	4	4
10	40	25	18	14	13
11	40	28	22	17	17
12	40	7	3	3	3
13	40	27	12	11	9
14	37	13	5	4	4
15	40	21	15	7	6
16	40	20	13	10	9
17	41	10	8	6	4
18	40	13	5	5	5
19	40	24	7	5	3
20	40	14	12	4	3
21	40	0	0	0	0
22	48	11	7	6	5
23	41	19	13	11	11
24	40	13	9	5	5
25	40	18	12	10	8
26	40	23	18	16	16
27	40	27	24	18	17
28	44	24	16	11	10
29	57	32	24	13	11
30	40	25	17	13	13
31	38	28	19	14	13
32	40	17	14	8	8
33	40	25	22	18	15
34	40	17	15	13	13
35	40	7	5	5	5
36	40	30	19	15	15
37	80	20	18	11	11
38	40	22	19	17	16
39	40	22	17	13	13
40	40	11	10	8	8
41	40	26	23	18	18
42	40	16	8	7	7
43	40	13	22	11	11
44	40	19	15	10	10
45	40	24	19	11	11
46	40	25	20	13	13
47	40	30	20	14	13
48	40	12	19	11	11
49	40	26	22	15	15
50	40	26	18	17	17
Summa	2 067	1 033	771	574	542

Antalet plantor per klon blev mycket ojämnt fördelat med en tydlig övervikt av kloner med få plantor och ett fåtal kloner med många plantor (Figur 1).



Figur 1.
Fördelning av klonerna på plantantalsklasser.

Fröplantorna var vid andra odlingsårets slut högre än SE-plantor. Medelvärdet för fröplantorna blev 66,5 cm och för SE-plantorna 52,1 cm med respektive standardavvikelser 7,41 cm och 7,50 cm. Om endast de 38 familjer som hade mer än 5 SE-kloner studerades blev medelhöjden för fröplantorna 67,3 cm och för SE-plantorna 53,1 cm. I 36 av dessa 38 familjer var fröplantorna igenomsnitt högre än SE-plantorna (Figur 2). För detta sampel var den genomsnittliga standardavvikelsen i höjd per familj var 7,40 cm för fröplantor och 7,35 cm för SE-plantor.



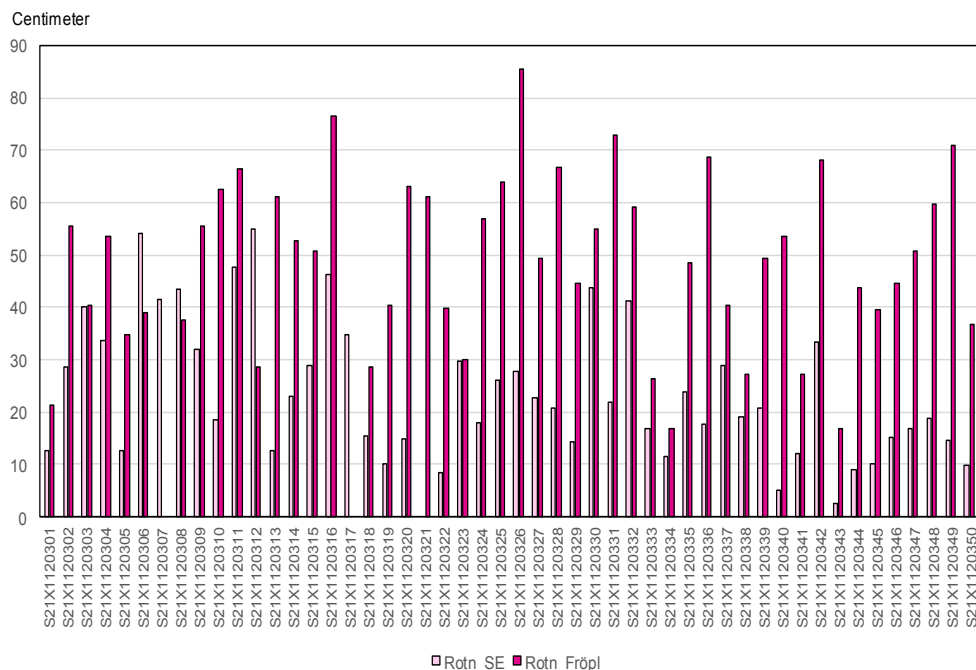
Figur 2.
Medelhöjd i cm för SE-plantor (rosa staplar) och fröplantor (röda staplar) för de familjer som representerades av mer än 5 SE-kloner.

För de två familjerna där också rothalsdiameter mättes var SE-plantorna robustare än fröplantorna, d.v.s. grövre i förhållande till höjden (Tabell 2). Skillnaden var signifikant på 95-procentnivån för den ena familjen men inte den andra.

Tabell 2.
Robusthet hos SE-plantor och fröplantor för två familjer. Robusthet = höjd/rothalsdiameter uttryckt i cm/mm.

Planttyp	Familj S21X1120308	Familj S21X1120341
SE-plantor	7,49	7,36
Fröplantor	8,08	8,16

Sticklingförökningen gick betydligt sämre än förväntat, genomsnittsrotning per familj blev 24 procent för SE-moderplantor och 49 procent för frömoderplantor. En typisk sticklingförökning av gran med motsvarande plantålder ligger kring 75–80 procent. Orsaken till den svaga rotningen är svår att fastställa. Sticklingarna upplevdes som klenare för SE-plantorna vid stickningen men inga data finns som kan bekräfta det. Totalt blev antalet rotade sticklingar från SE-moderplantor knappt 1 500 stycken och det dubbla för frömoderplantor. Ytterligare ett års odling väntar innan dessa plantor går ut i fältförsök.



Figur 3. Rotningsprocent för 50 halvsyskonfamiljer uppdelat på SE-moderplantor (rosa staplar) och frömoderplantor (röda staplar). För familj S21X1120321 fanns endast fröplantor.

Diskussion

Förökningen med somatisk embryogenes (SE) följde samma mönster som tidigare rapporterats för gran, såväl vad gäller successiv förlust av cellinjer som fördelning av cellinjer på familjer (Högberg, 1998; Mauleová & Vitámás, 2007; Högberg, 2013). Park m.fl. (1994) har rapporterat liknande resultat för vitgran (*Picea glauca*). Man kan notera att förökningen i utgångsläget var relativt väl balanserad med avseende på antal embryon per familj som inkluderades i experimentet. Trots detta blev alltså fördelningen av cellinjer på familj efter genomgången förökning mycket ojämn. Det är i praktiken omöjligt att arbeta med mer än ett standardprotokoll vid förökning av en storlek som i det här projektet. Att arbeta med flera protokoll skulle ge ett bättre utfall men det är osäkert hur mycket bättre och om det skulle motivera den ökade arbetsinsatsen. Förökningen som genomförs i det här projektet får anses väl motsvara en praktisk förökning av ett stort utgångsmaterial.

Vid aklimatisering och plantodling förlorades endast en liten mängd kloner och det är tydligt att det är under förökningen som förluster och ojämnheter. Precis som antalet kloner per familj är också antalet plantor per klon kraftigt varierande. Också i denna aspekt är utfallet i projektet representativt för en praktisk förökning även om det teoretiskt är möjligt att producera olika mängd embryogen vävnad före mognad.

Att odla SE-plantor och fröplantor till samma storlek vid samma tidpunkt är mycket svårt. Bara att enbart odla SE-plantor med det målet är svårt eftersom gröningsmomentet tar olika lång tid för olika cellinjer och aklimatiseringen därmed spänner över några månader. Det drastiska beslutet att toppbeskära de först aklimatiserade plantorna har bidragit till att SE-plantorna i slutänden blev jämnstora men också till att medelhöjden för SE-plantor drogs ner något.

Fröplantorna blev 14 cm högre i genomsnitt och det går inte att avgöra om detta enbart beror på förökningsmetoden, hur mycket toppbeskärningen har påverkat eller om någon annan faktor i odlingsmiljön har spelat in. Skillnaden är hursomhelst tydlig. Skillnaden i höjd var också den viktigaste orsaken till att SE-plantorna var mer robusta än fröplantorna. Höjdspridningen inom familj påverkades inte av förökningsmetoden, fröplantor och SE-plantor varierade på samma sätt. Att standardavvikelsen sjönk något när endast familjer med mer än 5 SE-plantor inkluderades kan vara ett tecken på att svårförökade familjer tenderar att ge större variation, även om effekten av denna begränsning inte blev stor.

Det är för tidigt att redan nu dra slutsatsen att selektionen vid SE-förökning medför att genotyper med lägre tillväxt än genomsnittet för en familj förökas. Som diskuterats ovan finns det en möjlighet att höjdskillnaderna beror på någon miljöfaktor i plantskolan men de två planttyperna har från och med utflyttningen från växthus stått sida vid sida, om än inte blandade med varandra. Toppbeskärningen av SE-plantor har medverkat men kan knappast förklara hela skillnaden. Det kan också vara fråga om en förökningseffekt där SE i sig har påverkat tillväxten under plantodling negativt oavsett genetik. För båda planttyperna gäller att plantorna är tillräckligt stora för att etableringen i fält ska bli likvärdig och att fortsatt tillväxt ska kunna jämföras på ett rättvisande sätt.

Under våren 2015 anlades tre fältförsök. Remningstorp, Västergötland, Toresbo och Åsmundsryd, Småland. Totalt planterades 3 867 plantor fördelade på 2 872 SE-plantor och 995 fröplantor. Vid de besök som gjorts under hösten har konstaterats god överlevnad och god vitalitet efter första växtsäsongen.

Referenser

- Ekberg, I. Norell, L. & von Arnold, S. 1993. Are there any associations between embryogenic capacity and phenological traits in two populations of Norway spruce? *Can. J. For. Res.* 23: 731–737.
- 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. 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.
- Mauleová, M. & Vitámás, J. 2007. Differential success of somatic embryogenesis in random gene pool of Norway spruce. *Journal of Forest Science* 53: 74–87.
- 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. *Theor Appl Genet* 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.

Arbetsrapporter från 2015

År 2015

- Nr 856 Widinghoff, J. 2015. Logistiklösning för delkvistat sortiment – Lätta skyddsplåtar på virkesbilar för transport av träddeklar och delkvistade sortiment. – Lightweight side-shields on timber trucks transporting partly delimbed energy wood. 15 s.
- Nr 857 Hannrup B, Bhuiyan N. Möller J.J. 2015. Rikstäckande utvärdering av ett system för automatiserad gallringsuppföljning. – Nationwide evaluation of a system for automated follow-up of thinning. 56 s.
- Nr 858 Frisk, M., Rönnqvist, M. & Flisberg, P. 2015. Vågrust – Projektrapport. 2015. – Vågrust – Project Report. 48 s.
- Nr 859 Asmoarp, V. & Jonsson, R. 2015. Fokusveckor 2014. Bränsleuppföljning för tre fordon inom ETT-projektet, ST-RME, ETT1 och ETT2. – Monitoring fuel consumption of three rigs in the ETT project: ST-RME, ETT1 and ETT2 42 s.
- Nr 860 Johannesson, T. 2015. Ny teknik för askåterföring i skogsmark. – New technology for ash recycling on forest floor. 14 s.
- Nr 861 Asmoarp, V., Nordström, M. & Westlund, K. 2015. Stämmer väglagervolymer? – En fallstudie inom projektet "Skogsbrukets digitala kedja". 17 s.
- Nr 862 Möller, J.J., Bhuiyan, N. & Hannrup, B. 2015. Utveckling och test av beslutsstöd vid automatiserad gallringsuppföljning. 38 s.
- Nr 863 Jonsson, R. 2015. Prestation och kvalitet i blädning med skördare och skotare. – Performance and costs in selective harvesting with harvester and forwarder. 27 s.
- Nr 864 Englund, M., Adolfsson, Niklas., Mörk, A., & Jönsson, P. 2015. Distribuerad arbetsbelysning – LED öppnar nya möjligheter för belysning hos arbetsmaskiner. – Distributed work lighting – LED lamps improve lighting on forest and agricultural machines. 20 s.
- Nr 865 Hofsten von, H. & Funck, J. 2015. Utveckling av HCT-fordon i Sverige. – HCT, heavier vehicle, truck design, ST, ETT. 28 s.
- Nr 866 Fridh, L. 2015. Utvärdering av fukthaltsmätare PREDIKTOR Spektron Biomass. – Evaluation of the Prediktor Spektron Biomass moisture content analyser. 10 s.
- Nr 867 Fridh, L. & Öhgren, J. 2015. Förstudie Automatisk skäppmätning av flis med laser.
- Nr 868 Eriksson, A., Hofsten von, H. & Eliasson, L. 2015. Systemkostnader, logistik och kvalitetsaspekter för sju försörjningskedjor för stubbränslen. – System costs, logistics and quality aspects relating to seven supply chains for stump fuel. 29 s.
- Nr 869 Englund, M., Lundström, H., Brunberg T. och Löfgren, B. Utvärdering av Head up-display för visning av apteringsinformation i slutavverkning. 15 s.
- Nr 870 Löfroth, C. 2015. ETTaero – En förstudie av aerodynamisk utformning av skogsfordon.
- Nr 871 Grönlund, Ö., Iwarsson Wide, M., Hjerpe, T. och Sonesson, J. 2015. Skadeförekomst efter tidig gallring. – Damage after early thinning. 14 s.
- Nr 872 Fogdestam, N. & Löfroth, C. 2015 ETTdemo, demonstration av ETT- och ST-fordon. – ETTdemo, demonstration of ETT- and ST-vehicles. 34 s.
- Nr 873 Fridh, L. 2015. Produkttegenskaper för skogsbränsle. – Förslag till indelning, struktur och definitioner. – Forest fuel product characteristics- proposal for categories, structure and definitions. 46 s.

- Nr 874 Enström, J. 2015. Möjligheter till inrikes sjötransporter av skogsbränsle. – Possibilities for coastal maritime transport of forest fuel in Sweden. 22 s.
- Nr 875 Grönlund, Ö. & Iwarsson Wide, M. 2015. Uttag av skogsbränsle vid avveckling av låg skärmar av björk. – Harvest of forest fuel when birch shelterwoods are removed. 15 s.
- Nr 876 Jacobson, S. 2015. Lågskärm av björk på granmark – Modellerings av beståndsutveckling och ekonomisk analys. – The use of birch as a shelter in young Norway spruce stands – Modelling stand development and economic outcome. 39 s.
- Nr 877 Grönlund, Ö., Iwarsson Wide, M., Englund, M. & Ekelund, F. 2015. Sektionsgallring en arbetmetod för täta klena gallringar. – Thinning in Sections – a work method for small-tree harvest. 17 s.
- Nr 878 Eliasson, L. & Nilsson, B. 2015. Skotning av GROT direkt efter avverkning eller efter hyggeslagring. – Forwarding of logging residue immediately after felling or after stor age on the clear-cut. – Effects on nutrient extraction, needle shedding, and moisture content. 10 s.
- Nr 879 Eriksson, B., Widinghoff, J., Norin K. & Eliasson, L. 2015. Processkartläggning – Ett verktyg för att förbättra försörjningskedjor. – Process mapping – a tool for improving supply chains.
- Nr 880 Möller, J.J., Nordström, M. & Arlinger, J. 2015. Förbättrade utbytesprognoser. – En förstudie genomförd hos SCA, Sveaskog och Södra. – Improved yield forecasts – a pilot study by SCA, Sveaskog and Södra. 14 s.
- Nr 881 von Hofsten, H. 2015. Vägning med hjälp av inbyggda vågar i fjädningen på lastbilar. – Payload weighing using onboard scales connected to the air suspension of trucks. 10 s.
- Nr 882 Rosvall, O., Kroon, J. & Mullin, T.J. 2015. Optimized breeding strategies at equivalent levels of population diversity.
- Nr 883 Andersson, G. & Frisk, M. 2015. Jämförelse av prioriterat funktionellt vägnät och skogsbrukets faktiska transporter.
- Nr 884 Hannrup, B., Andersson, M., Henriksen, F., Högdahl, A., Jönsson, P. & Löfgren, B. 2015. Utvärdering av V-Cut – en innovation med potential att minska förekomsten av kapsprickor. – Evaluation of V-Cut – an innovative saw bar with potential to reduce the occurrence of bucking splits. 32 s.
- Nr 885 Willén E. & Andersson, G. 2015. Drivningsplanering. En jämförelse mellan sju skogsföretag – A comparison of seven forest companies 2015. 31 s. + Bilaga 2-8.
- Nr 886 Johansson, F. 2015. Kontinuerlig uppföljning av drivmedelsförbrukning och lastfyllnadsgrad för ETT- och ST-fordon 2014. – Continual monitoring of fuel consumption and load utilisation of ETT and ST vehicles 21 s.
- Nr 887 Högberg, K.A. 2015. Selektionseffekter vid förökning av gran med somatisk embryogenes. – Selection effects of somatic embryogenesis in propagation of Norway spruce. 11 s.
- Nr 888 Enström, J. & von Hofsten, H. 2015. ETT-Chips 74-tonne trucks – Three 74-tonne chip trucks monitored in operation over one year. 23 s.
- Nr 889 Rytter, L., Stener, L.G. 2015. Gråal och hybrid alder.-En potential för ökad energiinriktad produktion i Sverige. – Grey alder and hybrid alder-Potentials for increased biomass production for energy in Sweden. 28 s.
- Nr 890 Asmoarp, V. & Enström, J. 2015. Fokusveckor 2015-Bränsleuppföljning för ETT 74 tons flisfordon inom projektet ETT-Flis. – Focus Weeks 2015 Monitoring fuel consumption of a 74-tonne chip truck in the ETT project.
- Nr 891 Johannesson, T., Enström J. & Ohls, J. 2015. Test av paraffinolja för att motverka fastfrysning av flis i containrar. – Test of paraffin oil to prevent wood chips freezing onto surfaces in steel containers. 5 s.

SKOGFORSK

– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, 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

Två forskningsområden:

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

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. 887–2015



www.skogforsk.se